Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 48, No 4, Winter 2018 (965-975)
DOI: 10.22059/ijhs.2017.234670.1263

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۴۸، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۶ (ص ۹۷۵-۹۶۵)

اثر رژیم‌های مختلف آبیاری و اسید سالیسیلیک بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی گیاه همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) در شرایط اقلیمی زنجان

رقیه مولایی[۱]، میترا اعلایی[۲*]، مسعود ارغوانی[۲] و جعفر نیکبخت[۳]
۱، ۲ و ۳. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استادیار و دانشیار، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه زنجان
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۳/۱۱ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۶/۷)

چکیده

به‌منظور ارزیابی اثر اسید سالیسیلیک بر برخی از ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک گیاه همیشه‌بهار در شرایط کم‌آبی، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده بر پایهٔ طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در شرایط اقلیمی زنجان اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل سه رژیم آبیاری مختلف (۳۳، ٦٦ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) به‌عنوان عامل اصلی و اسید سالیسیلیک در چهار سطح (۰، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار) به‌عنوان عامل فرعی بودند. بر پایهٔ نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش تنش کم‌آبی به‌طور معنی‌داری میزان پرولین و فعالیت آنزیم پراکسیداز را افزایش داده و ارتفاع، وزن تر و درصد وزن خشک اندام‌های هوایی، شمار گل، طول عمر گل و محتوای نسبی آب برگ را کاهش داد. کاربرد برگی اسید سالیسیلیک در شرایط تنش کم‌آبی در غلظت ۱ میلی‌مولار به‌طور معنی‌داری باعث افزایش وزن تر و درصد وزن خشک اندام هوایی، شمار گل، طول عمر گل، محتوای نسبی آب برگ، فعالیت آنزیم پراکسیداز و میزان پرولین شد. با توجه به نتایج این پژوهش کاربرد برگی اسید سالیسیلک توانست واکنش گیاه در برابر تنش کم‌آبی را در بیشتر صفات در سطح احتمال ۱ درصد بهبود بخشد.

واژه‌های کلیدی: پراکسیداز، پرولین، شمار گل، محتوای نسبی آب برگ.

Effect of different irrigation regimes and salicylic acid on morphophysiological characters of *Calendula officinalis* L. under zanjan climate conditions

Roghayeh Molae[1], Mitra Aelaei[2*], Masoud Arghavani[2] and Jafar Nikbakht[3]
1, 2, 3. Former M.Sc. Student, Assistant Professors and Associate Professor, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran
(Received: Jun. 1, 2017 - Accepted: Aug. 29, 2017)

ABSTRACT

In order to evaluatethe effect of salicylic acid on some morpho physiological charactristics of *Calendula officinalis*.L. under water deficit stress, an experiment was set out in split plot design based on RCBD with three replications under Zanjan climate conditions. Treatments consisted of 3 different irrigation regimes (100, 66, 33% ETC) as main plot and SA at 4 levels (0, 0.5, 1, 1.5 mM) as sub plots. Results indicated that, water deficit stress significantly increased proline content and peroxidase enzyme activity and reduced height, fresh and dry weights of shoot, flower number, flower vase life and leaf relative water content (RWC). Foliar application of SA at the 1 mM significantly increased fresh and dry weight of shoot, flower number, flower vase life, relative water content (RWC), peroxidase enzyme activity and proline content under water deficit stress. According to the results of this research, foliar application of salicylic acid could improve plant response in most traits at 1% level to drought stress.

Keywords: Flower number, leaf relative water content (RWC), peroxidase, proline.

* Corresponding author E-mail: mitraaelaei@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

گسترش شهرها و کمبود منابع آبی سبب شده است که نقش گیاهان و ترکیب‌هایی که مقاومت به کم‌آبی را افزایش می‌دهند و همچنین اثر سوئی نیز بر محیط‌زیست ندارند بیش‌ازپیش در فضاهای سبز شهری مورد توجه قرار گیرند. در طراحی فضای سبز، گل‌های زینتی یک‌ساله و دائمی به علت تنوع رنگ و شکل، بیش‌تر مورد توجه قرار می‌گیرند و در بین گل‌های فصلی، گیاهان پاکوتاه با گل‌های درشت ارزش بیشتری دارند (Dole & Wilkins, 2005). همیشه‌بهار با نام علمی *Calendula officinalis* L.، از خانوادهٔ Asteraceae، گیاهی علفی، یک‌ساله و به‌ندرت دوساله (Shahrokhi, 1996) با گل‌های مروارید مانند روشن، زرد یا نارنجی است (Khalida & Teixeira da Silva, 2010). این گیاه رشد و نمو سریعی داشته و گلدهی آن از اوایل خرداد آغاز و تا آغاز فصل سرما ادامه دارد (Martin & Deo, 2000). تنش‌های محیطی اثر سوئی در کاهش گلدهی و نقصان جذابیت گل‌های فصلی دارد. کمبود آب به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، تأمین آب برای نگهداری فضای سبز این مناطق را روز به روز مشکل‌تر ساخته و نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی را تأمین نمی‌کند (Rahmani *et al*., 2009). ایران از نظر موقعیت جغرافیای در کمربند بیابانی جهان واقع شده است و از مناطق خشک و نیمه‌خشک به شمار می‌رود. میانگین بارندگی در کشور حدود ۲۵۰ میلی‌متر است که این میزان یک‌سوم متوسط بارندگی در جهان است. بنابراین یکی از محدودکننده‌ترین تنش‌های محیطی در کشاورزی ایران، تنش کم‌آبی است (Dezfooli & Koocheki, 1995). بسیاری از گیاهان سازوکار خاصی برای رویارویی با شرایط کم‌آبی و افزایش کارایی مصرف آب دارند و پاسخ گیاهان به کم‌آبی در سطوح فیزیولوژیک، یاخته‌ای و مولکولی است (Ghaderi *et al*., 2010). این پاسخ به گونه و نژادگان (ژنوتیپ) گیاه (Rampino *et al*., 2006)، طول دورهٔ رشد، شدت کمبود آب، سن و مرحلهٔ نموی آن بستگی دارد (Zadehbagheri *et al*., 2014). یکی از مهم‌ترین سازگاری‌های فیزیولوژیکی گیاهان تنظیم اسمزی است که از طریق تجمع ترکیب‌های آلی و غیر آلی در یاخته، پتانسیل آب را کاهش داده و امکان جذب بیشتر آب از محیط‌های کم‌آب را برای گیاه فراهم می‌کند (Ashraf, 2010). گیاهان برای تنظیم پتانسیل اسمزی درون‌یاخته در شرایط محیطی نامساعد، مواد محلول سازگار با وزن مولکولی کم را تجمع می‌دهند. این مواد به‌طور عمده شامل اسیدهای آمینه، قندها و اسیدهای آلی هستند که در بین آن‌ها به‌احتمال پرولین گسترده‌ترین ترکیب محلول است و به نظر می‌رسد تجمع آن در فرآیند سازگاری به تنش خشکی در بسیاری از گیاهان دخالت دارد (Jafarzadeh *et al*., 2013). تنش ناشی از کمبود آب سبب کاهش رشد قسمت‌های مختلف گیاه اعم از ریشه‌ها و اندام‌های هوایی (Yazdanpanah *et al*., 2010)، سطح برگ، ارتفاع بوته، وزن خشک، شدت نورساخت (فتوسنتز)، بسته شدن روزنه‌ها، تعرق، تخریب آنزیم‌ها، پروتئین‌ها، تجمع اسیدهای آمینه و کاهش سبزینه (کلروفیل) می‌شود (Hassani & Omidbaigi, 2002). ارتفاع و شمار گل در گیاه همیشه‌بهار در شرایط کم‌آبی به‌شدت کاهش نشان داد. همچنین، تنش کم‌آبی در رعنا زیبا و جعفری آفریقایی منجر به کاهش صفاتی همچون وزن خشک، ارتفاع، شمار گل و اندازهٔ گل شد (Razmjoo *et al*., 2004). بسیاری از گیاهان مهم اقتصادی از طریق سازوکارهای داخلی توان رویارویی با شرایط تنش‌های محیطی را ندارند. بنابراین بشر از طریق برخی علوم زیستی و به کار بردن ترکیب‌های خارجی روی گیاه، آن‌ها را در رویارویی با این شرایط همراهی می‌کند. این ترکیب‌ها شامل اسمولیت‌های آلی، هورمون‌های گیاهی و مواد کانی هستند (Ali *et al*., 2007). اسید سالیسیلیک یا اورتو هیدروکسی بنزوئیک اسید یکی از ترکیب‌های فنلی تولیدی در گیاهان است و نقش مهمی در مقاومت به تنش‌های زیستی و غیر زیستی ایفا می‌کند (Belkhadi *et al*., 2010) و سبب القای گلدهی، رشد و نمو، افزایش طول عمر گل و به تأخیر انداختن پیری با جلوگیری از ساخت (سنتز) اتیلن و تنفس می‌شود (Metwally *et al*., 2003). که این اثر اسید سالیسیلیک در بنفشهٔ آفریقایی (Jabbarzadeh *et al*., 2009) و گل تکمه‌ای (Kamali *et al*., 2013) مشاهده شده است. اسید سالیسیلیک بسته به غلظت به‌کاررفته روی گیاه، گونه، دورهٔ رشدی و شرایط محیطی، نقش محوری در تنظیم

Archive of SID

www.SID.ir

برخی فرآیندهای فیزیولوژیکی از جمله نورساخت، بسته شدن روزنه‌ها، تعرق، ساخت سبزینه و پروتئین، جذب و انتقال عنصرها دارد (Iqbal *et al*., 2012). سازوکار عمل اسید سالیسیلیک در برابر تنش‌ها، به نقش آن در تنظیم آنزیم‌های پاداکسندگی (آنتی‌اکسیدانی) و ترکیب‌های دارای گونه‌های اکسیژن فعال در گیاه بر می‌گردد (Shi & Zhu, 2008). افزایش فعالیت آنزیم‌های پاداکسندگی همانند کاتالاز، پراکسیداز، آسکوربات پراکسیداز و پلی‌فنل‌اکسیداز در شرایط تنش کم‌آبی با کاربرد اسید سالیسیلیک در آویشن گزارش شده است (Bahari *et al*., 2015). در بررسی اثر متقابل محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و تیمارهای مختلف آبیاری بر برخی ویژگی‌های کمی، کیفی و تنظیم‌کننده‌های اسمزی ریحان مشاهده شد که محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک سبب افزایش همهٔ ویژگی‌های مورد بررسی شد (Ramrudi & Khamar, 2013). کاربرد اسید سالیسیلیک در شرایط تنش شوری در همیشه‌بهار سبب افزایش وزن خشک اندام هوایی و ریشه و محتوای نسبی آب برگ شد (Moradi *et al*., 2010, Dehghan Niri *et al*., 2016). با توجه به داده‌های هواشناسی و نمودار آب و هوایی، زنجان جزو اقلیم‌های سرد و نیمه‌خشک به شمار می‌آید و کمترین میزان بارش در طول سال در ماه مرداد (مصادف با گلدهی بهینهٔ همیشه‌بهار) است. بنابراین استفاده از ترکیب‌هایی که مقاومت به تنش کم‌آبی را در این گیاه در این زمان بالا برده و سبب بهبود شاخص‌های رشدی گیاه شود می‌تواند اهمیت داشته باشد. همچنین با توجه به اهمیت فضای سبز شهری و موقعیت جغرافیایی بیشتر مناطق ایران به‌عنوان مناطق خشک و نیمه‌خشک و محدود بودن اطلاعات درزمینهٔ تأثیر تنش کم‌آبی بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی گیاهان زینتی فضای سبز این بررسی با هدف ارزیابی نقش اسید سالیسیلیک بر کاهش تأثیر مضر تنش کم‌آبی روی گیاه همیشه‌بهار انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در بهار سال ۱۳۹۵ به‌منظور بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری و اسید سالیسیلیک بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی گیاه همیشه‌بهار رقم پرپر (*Calendula officinalis* L.) اجرا شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده بر پایهٔ طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقاتی دانشگاه زنجان واقع در عرض شمالی ۳۵ درجه و ۲۵ دقیقه و طول شرقی ۴۷ درجه و ۱ دقیقه و ارتفاع ۱۶۲۰ متر از سطح دریا انجام شد. این منطقه بر پایهٔ تقسیمات اقلیمی و زیست‌اقلیمی ایران جزو اقلیم سرد و نیمه‌خشک است. ویژگی‌های خاک محل آزمایش در جدول ۱ آمده است.

تیمارهای آبیاری در کرت‌های اصلی و تیمارهای مربوط به اسید سالسیلیک در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. پس از مراحل آماده‌سازی زمین در ۲۵ اردیبهشت، نشاهای همیشه‌بهار به شمار هشت بوته در هر واحد آزمایشی بافاصلهٔ ۳۰cm از هم کشت شد. با استقرار کامل گیاه (۱۴ روز پس از کاشت نشا)، مرحلهٔ اول محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در چهار غلظت (۰، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار) که در آزمایشگاه با آب مقطر تهیه شده بود، همزمان با تنش کم‌آبی به روش پاشش روی برگ‌ها به‌طور یکنواخت اعمال شد. مرحلهٔ دوم محلول‌پاشی پیش از گلدهی گیاه اعمال شد. تیمارهای آبیاری نیز در سه سطح (۳۳، ۶۶ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) اعمال شد. نیاز آبی گیاه برای تیمار شاهد با استفاده از میانگین بلندمدت داده‌های روزانهٔ فراسنجه‌های هواشناسی ثبت‌شده در ایستگاه هواشناسی زنجان و رابطهٔ ۱ برآورد شد.

$$ETc = ET_0 \times Kc \qquad (1)$$

ETc: نیاز آبی همیشه‌بهار (میلی‌متر در روز)، ET_0: تبخیر- تعرق گیاه چمن (میلی‌متر در روز) و Kc ضریب گیاهی همیشه‌بهار. لازم به توضیح است مقادیر ET_0، بر پایهٔ روش استاندارد فائو- پنمن-مانیث برآورد شد (Vaziri *et al*., 2008).

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک ایستگاه تحقیقاتی محل اجرای آزمایش
Table 1. Physical and chemical properties of the soil used in the experiment

Bulk density (g/cm^3)	Calcium carbonate (%)	Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Soil texture	pH	EC (ds/m)	Organic matter (%)
1.45	14.09	17.85	56	27	17	Sandy clay loam	7.45	3.13	0.94

Archive of SID

www.SID.ir

پس از محاسبهٔ مقادیر ETc، مقادیر نیاز خالص و نیاز ناخالص آب آبیاری گیاه همیشه‌بهار بر پایهٔ فواصل کشت، نوع سیستم آبیاری (قطره‌ای-نواری) و دور آبیاری (دو روز) برآورد شده و سپس در هر نوبت آبیاری به گیاه داده می‌شد. برای محاسبهٔ نیاز آبی هر بوته، مجموع آب داده شده در طول دورهٔ رشد به هر بوته محاسبه شد که در این صورت میزان نیاز آبی هر بوته برای تیمار شاهد (۴۲۲۴/۵ مترمکعب در هکتار) برآورد شد. نیاز آبی دیگر تیمارها (تیمارهای تنش کم‌آبی) بر پایهٔ نیاز آبی تیمار شاهد و درصد تنش آبی (۶۶ و ۳۳ درصد)، برآورد و توزیع شد. مدت‌زمان اجرای آزمایش ۹۰ روز به طول انجامید. در پایان آزمایش به‌منظور اندازه‌گیری صفات از هر واحد آزمایشی سه نمونه به‌صورت تصادفی انتخاب شد و درنهایت از آن‌ها میانگین گرفته شد. در آزمایش به‌منظور حذف اثر حاشیه‌ای، از گیاهان موجود در بخش-های میانی کرت‌ها برای نمونه‌برداری استفاده شد. برای اندازه‌گیری ارتفاع، بوته‌ها از سطح خاک قطع شد و ارتفاع آن توسط خط کش اندازه‌گیری شد. شمار گل پس از استقرار کامل گل‌ها و در انتهای آزمایش شمارش شد. به‌منظور تعیین وزن تر و خشک اندام هوایی، پس از قطع کردن بوته‌ها از سطح خاک وزن تر آن‌ها اندازه‌گیری شد و سپس به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجهٔ سلسیوس آون قرار داده شد و دوباره توزین شد. تعیین طول عمر گل بر پایهٔ مشخصات ظاهری موردنظر قرار گرفت، یعنی حالتی از گلبرگ‌ها که نخستین نشانه‌های کاهش تورژسانس و پژمردگی در آن‌ها ظاهر شد (Ichimura & Goto, 2002). که این ویژگی به‌صورت روزانه ثبت شد. برای اندازه‌گیری محتوای درصد نسبی آب برگ در آغاز برگ‌های تازه با دستمال‌کاغذی تمیز و توزین شد. سپس برگ‌ها را به مدت ۴۸ ساعت درون آب مقطر غوطه‌ور و دوباره وزن کرده و درنهایت برگ‌ها را به مدت ۲۴ ساعت درون آون با دمای ۷۰ درجهٔ سلسیوس قرار داده و دوباره وزن شد. برای محاسبهٔ درصد محتوای نسبی آب برگ از رابطهٔ ۲ استفاده شد.

$$RWC = \frac{\text{وزن خشک - وزن تورژسانس}}{\text{وزن خشک - وزن تر}} \times 100 \quad (۲)$$

برای تهیهٔ عصارهٔ آنزیمی ۱ گرم نمونهٔ گیاهی (برگ) در ۵ میلی‌لیتر بافر استخراج سدیم پتاسیم فسفات (NaKPi) ۲۰۰ میلی‌مولار (pH ۷) در هاون، سابیده شد. همهٔ مراحل استخراج در یخ انجام گرفت. سپس عصاره‌ها به مدت ۳۰ دقیقه با ۱۵۰۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴ درجهٔ سلسیوس سانتریفیوژ شدند. قسمت بالایی محلول به‌عنوان عصارهٔ آنزیمی جدا و در فریز با دمای ۲۰- درجهٔ سلسیوس نگهداری شد.

فعالیت آنزیم پراکسیداز (POX) با استفاده از پیش مادهٔ گایاکول اندازه‌گیری شد. در این روش ۳ میلی‌لیتر مخلوط واکنش حاوی ۲/۹۴۰ میلی‌لیتر بافر پتاسیم فسفات ۵۰ میلی‌مولار (pH ۷)، ۷ میکرولیتر آب‌اکسیژنهٔ ۳۰درصد و ۶میکرولیتر گایاگول ۲۰درصد و ۴۰ میکرولیتر عصارهٔ آنزیمی بود. افزایش جذب بر پایهٔ میزان اکسید شدن گایاکول در طول‌موج ۴۷۰ نانومتر به‌مدت ۳ دقیقه برحسب ($units.g^{-1}\ FW.min^{-1}$) به‌روش طیف‌سنج نوری (اسپکتروفتومتری JENWAY مدل UV-6505) در دمای آزمایشگاه (۲۵ درجهٔ سلسیوس) اندازه‌گیری شد (Chance & Maehly, 1955). برای اندازه‌گیری پرولین برگ، ۰/۵ گرم از نمونه‌های برگ تر در ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک ۳ درصد با هاون، همگن (هموژن) شده و عصارهٔ به‌دست‌آمده صاف شد. ۲ میلی‌لیتر اسید استیک و ۲ میلی‌لیتر ناین هیدرین به ۲ میلی‌لیتر از این عصارهٔ صاف‌شده، اضافه شد. محلول به‌دست‌آمده به مدت ۱ ساعت در حمام آب و در دمای ۱۰۰ درجهٔ سلسیوس قرار داده شد. پس از آن برای پایان یافتن واکنش، لوله‌های آزمایش درون یک بستر یخی قرار گرفتند و ۴ میلی‌لیتر تولوئن به هر لوله اضافه شد. غلظت پرولین نمونه‌ها در تولوئن با استفاده از غلظت‌های مختلف پرولین، برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر محاسبه شد (Bates *et al*., 1973).

تجزیهٔ داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SAS و Mstat c و رسم نمودارها و جدول‌های نیز توسط نرم‌افزارهای Excel و Word صورت گرفت. برای مقایسهٔ میانگین داده‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد استفاده شد.

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج و بحث

نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش نشان داد، اثر تنش کم‌آبی بر همهٔ صفات اندازه‌گیری در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. اسید سالیسیلیک نیز در همهٔ صفات به‌جز ارتفاع در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. همچنین اثر متقابل سطوح مختلف اسید سالیسیلیک و تنش کم‌آبی بر درصد وزن خشک اندام هوایی، محتوای نسبی آب برگ، فعالیت آنزیم پراکسیداز و میزان تجمع پرولین در سطح آماری ۱ درصد و شمار گل، وزن تر اندام هوایی و طول عمر گل در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول‌های ۲ و ۳).

ارتفاع بوته

اثر سطوح مختلف تنش کم‌آبی بر ارتفاع گیاه نشان داد، با کاهش میزان آبیاری ارتفاع گیاه کاهش یافت. به‌طوری‌که بیشترین ارتفاع مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه (۴۴/۳۸ سانتی‌متر) و کمترین ارتفاع مربوط به تیمار ۳۳ درصد نیاز آبی گیاه (۱۸/۸ سانتی‌متر) بود (شکل ۱-a). با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک نیز بر ارتفاع گیاه افزوده شد، ولی این افزایش معنی‌دار نبود. در دسترس بودن آب از طریق افزایش طول میانگره‌ها و افزایش شمار گره‌ها ارتفاع گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. ازآنجاکه تقسیم و افزایش اندازهٔ یاخته به کم‌آبی بسیار حساس است، لذا به نظر می‌رسد که در تیمارهای تحت کم‌آبی، افزایش اندازهٔ یاخته تحت تأثیر قرار گفته و با جلوگیری از رشد طولی ساقه، سبب کاهش ارتفاع می‌شود (Amiri dah Ahmadi *et al.*, 2012). در پژوهشی روی گل اطلسی تنش کم‌آبی سبب کاهش ارتفاع گیاه شد (Zadehbagheri *et al.*, 2014). کم‌آبی در اطلسی، رعنازیبا و شمعدانی منجر به کاهش ارتفاع گیاه شد ولی این کاهش ارتفاع معنادار نبود که با نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش همخوانی ندارد (Razmjoo *et al.*, 2004).

جدول ۲. تجزیهٔ واریانس اثر اسید سالیسیلیک، تنش خشکی و اثر متقابل آن‌ها بر ویژگی‌های مورفولوژیکی همیشه‌بهار

Table 2. Variance analysis of the salicylic acid, drought stress and their interaction on morphological characteristic of *Calendulaofficinalis* L.

S.O.V	df	Mean of Squares				
		Height	Shoot dry weight	Shoot fresh weight	Flowers number	Flower vase life
Replication	2	7.42	58.80	159.7171	12.718	0.0073
Drought Stress	2	1971.20**	13028**	84680.12**	4246.24**	12.24**
Error (a)	4	8.13	103.63	308.2004	3.8394	0.026
Salicylic acid	3	18.10^{ns}	938.69**	5915.2214**	702.355**	1.30**
Salicylic acid × Drought Stress	6	9.82^{ns}	255.81**	555.8849*	11.0086*	0.11*
Error (b)	18	9.64	41.91	3187.6499	67.9183	0.11
Coefficient of Variation (%)	-	10	11.61	3.70	3.77	7.74

ns، * و **: به ترتیب بدون اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱درصد.

ns,*, **: Non-significantly differences, and ignificantly differences at 5 and1% of probability levels., respectively.

جدول ۳. تجزیهٔ واریانس اثر اسید سالیسیلیک، تنش خشکی و اثر متقابل آن‌ها بر ویژگی‌های فیزیولوژی گل همیشه‌بهار

Table 3. Variance analysis of the salicylic acid, drought stress and their interaction on morphological characteristic of *Calendulaofficinalis* L.

S.O.V	df	Mean of Squares		
		Relative water content	Peroxidase	Proline
Replication	2	1.09	0.001413	0.0010
Drought Stress	2	553.45**	0.0872**	00.647**
Error (a)	4	1.21	0.00139	0.000594**
Salicylic acid	3	88.55**	0.00832**	0.2197**
Salicylic acid × Drought Stress	6	4.99**	0.00172**	0.01964**
Error(b)	18	0.8	0.00049	0.0076
Coefficient of Variation (%)	-	1.39	14	2.37

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵درصد و ۱

ns,*,**: Non significant, Significant at 5 and 1%, Respectively

Archive of SID

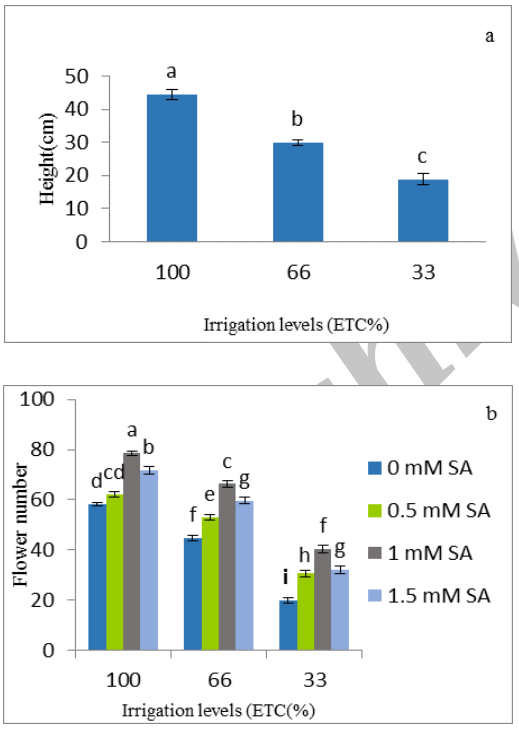
www.SID.ir

شمار گل

با افزایش تنش کم‌آبی شمار گل کاهش یافت. کاربرد اسید سالیسیلیک باعث افزایش شمار گل طی تنش کم‌آبی شد. به‌طوری‌که این اثر در گیاهان در شرایط تنش کم‌آبی متوسط در غلظت ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بسیار بارز بود. همچنین بیشترین شمار گل در آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه به همراه غلظت ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک مشاهده شد. (شکل ۱ b). در گیاهان زینتی عنصر اساسی گل است و در گیاهانی که در معرض تنش‌های گوناگون قرار گرفته‌اند میزان گل‌دهی برای ذخیره‌سازی کربوهیدرات‌های مورد نیاز برای حیات، کاهش پیدا می‌کند (Auge *et al.*, 2003). کم‌آبی در اطلسی، رعنازیبا و شمعدانی منجر به کاهش شمار گل شد (Razmjoo *et al.*, 2004). که با نتایج این پژوهش نیز همخوانی دارد. از جمله فرآیندهای فیزیولوژی که اسید سالیسیلیک در آن‌ها دخیل است می‌توان به تحریک گلدهی اشاره کرد (Hayat *et al.*, 2010). این هورمون با بالا بردن پروتئین‌ها و ایجاد باندهای ایزوزایم جدید سبب القا و افزایش شمار جوانه گل می‌شود (Raskin,1992). که این اثر اسید سالسلیک در بنفشهٔ آفریقایی (Jabbarzede *et al.*, 2009) و گل تکمه‌ای (Kamali *et al.*, 2013) مشاهده شده است. نتایج به‌دست‌آمده از یک تحقیق در مورد ارزیابی سطوح مختلف اسید سالیسیلیک بر شماری از شاخص‌های رشد گیاه همیشه‌بهار در شرایط تنش کم‌آبی نشان داد، سطوح مختلف اسید سالیسیلیک اثر معنی‌داری بر شمار گل در بوته داشت. همچنین نتایج اثر متقابل اسید سالیسیلیک و تنش کم‌آبی گویای آن بود که مصرف اسید سالیسیلیک اثر تنش کم‌آبی را کاهش داده به‌طوری‌که شمار گل را به‌طور معنی‌داری افزایش داد (Moradi & Goldani, 2010).

وزن تر و درصد وزن خشک اندام هوایی

نتایج بررسی‌ها نشان داد، وزن تر و درصد وزن خشک اندام هوایی در شرایط تنش کم‌آبی کاهش یافت. کاربرد اسید سالیسیلیک هم در شرایط تنش و هم در شرایط مطلوب آبیاری وزن تر و درصد وزن خشک اندام هوایی را تحت تأثیر قرار داد و بیشترین تأثیر در جهت افزایش وزن این دو صفت مربوط به غلظت ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بود (شکل ۲). با کاربرد سالیسیلیک اسید روند کاهش وزن تر و خشک طی تنش کم‌آبی متوقف شد. به‌ویژه در سطح تنش کم‌آبی متوسط اثر سالیسیلیک اسید در غلظت ۱ میلی‌مولار بر این روند خیلی بارز بود، به نظر می‌رسد سالیسیلیک اسید از نظر تولید زیست‌توده در شرایط مطلوب از نظر آبیاری نیز بسیار مؤثر بوده است. کمبود آب با تأثیر منفی بر باز و بسته شدن روزنه‌ها و فعالیت آنزیمی گیاه، فرآیندهای نورساختی، تنفس و تعرق گیاه را مختل می‌کند و در نتیجه رشد گیاه و تولید مادهٔ خشک را کاهش می‌دهد (Andalibi & Nouri, 2014).



شکل ۱. اثر متقابل اسید سالیسیلیک و تنش کم‌آبی بر ارتفاع (a) و شمار گل (b)

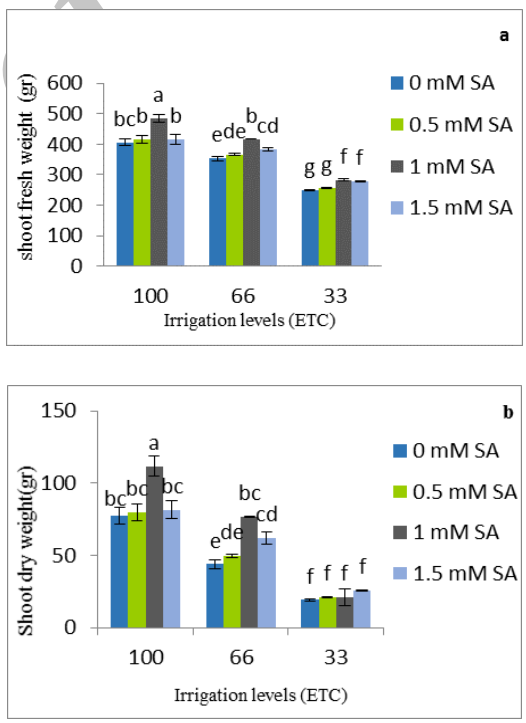
Figure 1. Interaction of salicylic acid and drought stress on height (a) and flowers number (b)

هر چه دورهٔ خشکی طولانی‌تر باشد، رشد اندام هوایی کاهش بیشتری پیدا می‌کند که این کاهش می‌تواند مربوط به افزایش اسید آبسیزیک در اندام هوایی باشد (Xing *et al.*, 2004). افزایش سطح

Archive of SID

www.SID.ir

کم‌آبی سبب کاهش وزن خشک ریشه و بخش هوایی اطلسی (Zadehbagheri *et al.*, 2014) شد. کاربرد اسید سالیسیلیک باعث افزایش جذب دی‌اکسید کربن توسط کلروپلاست و افزایش زمان باز ماندن روزنه‌ها و در نتیجه افزایش سرعت نورساخت شده که آن را می‌توان توجیهی برای افزایش وزن خشک گیاه در اثر کاربرد اسید سالیسیلیک دانست (heng Zhou *et al.*, 2009). همچنین اسید سالیسیلیک با القای تولید دیگر هورمون‌های رشد از جمله اکسین هاو سیتوکینین‌ها می‌تواند به افزایش وزن گیاه کمک کند (Shakirova *et al.*, 2003). نتایج این پژوهش با یافته‌های Zargarian *et al.* (2016) همخوانی دارد، آنان نیز با بررسی اثر متقابل تنش کم‌آبی و اسید سالیسیلیک بر گل آهار، ابری، جعفری آفریقایی و جعفری فرانسوی شاهد افزایش وزن خشک اندام هوایی شدند.



شکل ۲. اثر متقابل اسید سالیسیلیک و تنش کم‌آبی بر وزن تر اندام هوایی (a) و درصد وزن خشک اندام هوایی (b)

Figure 2. Interaction of salicylic acid and drought stress on Shoot fresh weight (a) and Shoot dry weight (b)

طول عمر گل

نتایج بررسی‌ها نشان داد، با کاهش آبیاری از طول عمر گل کاسته شد. کاربرد اسید سالیسیلیک سبب افزایش طول عمر گل شد. که بیشترین طول عمر گل مربوط به تیمار شاهد آبیاری و غلظت ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بود که تفاوت معنی‌داری با غلظت ۰/۵ و ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در تیمار آبیاری کامل نداشت (شکل ۳-a). اسید سالیسیلیک فعالیت پاداکسندگی آنزیم‌ها را افزایش می‌دهد، آغاز تجزیهٔ ترکیب‌های ساختاری یاخته را به تأخیر می‌اندازد، فعالیت و حساسیت ACC اکسیداز را کم می‌کند، تولید اتیلن را کاهش داده و در نتیجه طول عمر گل را افزایش می‌دهد (Mei-hua *et al.*, 2008). غلظت ۱/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک روی گل بریدهٔ گلایول طول عمر گل را از ۱۸ روز برای شاهد به ۲۱ روز افزایش داد (Jalili Marandi *et al.*, 2011).

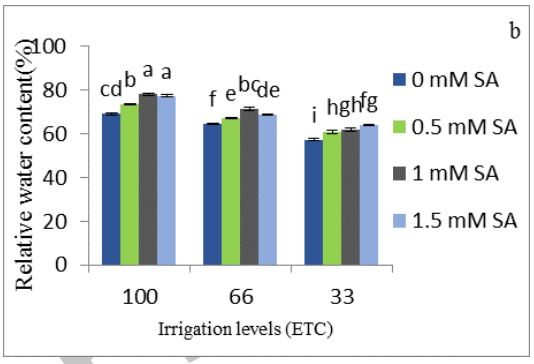
درصد محتوای نسبی آب برگ

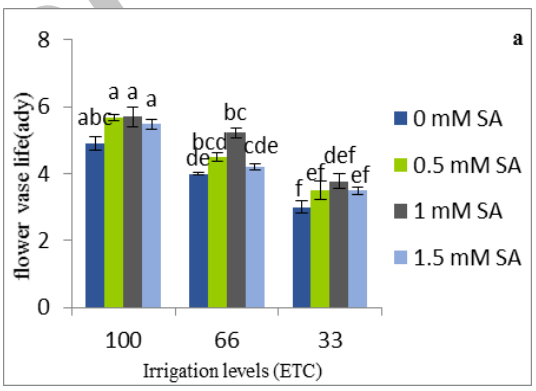
درصد محتوای نسبی آب برگ در شرایط تنش کم‌آبی کاهش یافت. استفاده از اسید سالیسیلیک سبب افزایش درصد محتوای نسبی آب برگ شد. نتایج نشان داد، در شرایط تنش کم‌آبی اسید سالیسیلیک در هر دو غلظت ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار اثر معنی‌داری در افزایش درصد این صفت نسبت به شاهد داشت. همچنین غلظت ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در سطوح مختلف تنش کم‌آبی نسبت به دیگر غلظت‌ها مؤثرترین غلظت در افزایش این صفت بود (شکل۳-b). علت کاهش محتوای نسبی آب برگ، کاهش پتانسیل آب برگ و کاهش جذب از ریشه‌ها در شرایط خشک است (Ma Q *et al.*, 2006). در شرایط کم‌آبیاری به دلیل کاهش سطح برگ، تجمع سبزینه‌ها افزایش یافته اما به علت تعرق بالا گیاه آب بیشتری از دست می‌دهد و در نتیجه محتوای نسبی آب برگ و به دنبال آن نورساخت کاهش می‌یابد (Masumi *et al.*, 2010). در بررسی روی گیاه اطلسی با افزایش شدت کم‌آبی محتوای نسبی آب برگ کاسته شد (Zadehbagheri *et al.*, 2014). که با نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش همسویی دارد. اسید سالیسیلیک با نگهداری و حفظ آماس و تورم (تورژسانس) یاخته‌ای، تنظیم و باز و بسته شدن روزنه‌ها، واکنش متقابل با دیگر تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی مانند اسید آبسیزیک و

Archive of SID

www.SID.ir

جلوگیری از دست رفتن آب در اثر تعرق باعث افزایش محتوای نسبی آب می‌شود (Kafi *et al.*, 2009). این نتایج با مشاهده‌های Zargarian *et al.* (2016)در گل آهار همخوانی دارد. کاربرد برگی اسید سالیسیلیک تحت تنش کم‌آبی در ۱/۵ میلی‌مولار میزان سبزینه‌ها و محتوای نسبی آب برگ را در چمن لولیوم افزایش داد (Hosseini *et al.*, 2016).





شکل ۳. اثر متقابل اسید سالیسیلیک و تنش کم‌آبی بر طول عمر گل (e) و محتوای نسبی آب (f)

Figure 3. Interaction of salicylic acid and drought stress on flower vase life (a) and Relative water content (b)

فعالیت آنزیم پراکسیداز

نتایج بررسی‌ها نشان داد، با افزایش شدت تنش کم‌آبی میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز افزایش یافت. افزایش در غلظت اسید سالیسیلیک سبب افزایش در میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز شد به‌گونه‌ای که در تیمار ۳۳ درصد نیاز آبی گیاه و غلظت ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بیشترین میزان را داشت (شکل ۴-a). گیاهان برای کاهش دادن تأثیر زیانبار گونه‌های فعال اکسیژن، سازوکارهای متفاوتی دارند که از جملهٔ آن‌ها می‌توان به سامانهٔ دفاع آنزیم‌های پاداکسندگی اشاره کرد که پراکسیدازها از مهم‌ترین آنزیم‌های از بین‌برندهٔ پراکسید هیدروژن به شمار می‌آیند (Shen*et al.*, 2010). در پژوهشی با بررسی اثر تنش کم‌آبی بر آنزیم‌های پاداکسندگی گیاه *Brassica napus* دریافتند که تنش کم‌آبی باعث افزایش فعالیت در چندین آنزیم پاداکسنده از جمله گایاکول پراکسیداز می‌شود (Abedi *et al.*, 2012). تیمار اسید سالیسیلیک (۵ میلی مولار) در *Nigella sativa* باعث افزایش فعالیت پاداکسندگی آنزیم گایاکول پراکسیداز و پراکسیداسیون لیپیدها شد. می‌توان نتیجه گرفت که عملکرد اسید سالیسیلیک باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های نابودکنندهٔ ROS شده و با کاهش آسیب اکسیداتیو سبب مقاومت گیاه به تنش کم‌آبی می‌شود (Kabiri *et al*,. 2012). تحریک سیستم پاداکسندگی ممکن است به دلیل القای ساخت پروتئین‌ها توسط اسید سالیسیلیک به دست آید (Mazen, 2004). افزایش فعالیت آنزیم‌های پاداکسنده همانند کاتالاز، پراکسیداز، آسکوربات پراکسیداز و پلی فنل اکسیداز در آویشن در شرایط کم‌آبی با کاربرد اسید سالیسیلیک گزارش شده است (Bahari *et al.*, 2015).

میزان پرولین

نتایج به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری پرولین نشان داد، با افزایش شدت تنش کم‌آبی میزان پرولین افزایش یافت. در سطوح مختلف تنش کم‌آبی، افزایش در غلظت اسید سالیسیلیک سبب افزایش در میزان پرولین شد و غلظت ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک مؤثرترین غلظت در افزایش این صفت بود (شکل۴-b). افزایش پرولین در دورهٔ تنش ممکن است نتیجهٔ تجزیهٔ پروتئین‌ها و نیز کاهش استفاده از آن‌ها به دلیل کاهش رشد گیاه باشد (Movahhedi Dehnavi *et al.*, 2011). پرولین به‌عنوان محافظ اسمزی در گیاهان تحت تنش، در غلظت‌های بالا در یاخته‌های گیاه بدون ایجاد اختلال در ساختار یاخته‌ای یا سوخت‌وساز (متابولیسم)، تجمع می‌یابد. بنابراین تجمع پرولین نقش مهمی در تنظیم اسمزی، سم‌زدایی ROS و یکپارچگی غشای یاخته‌ای گیاهان در شرایط تنش

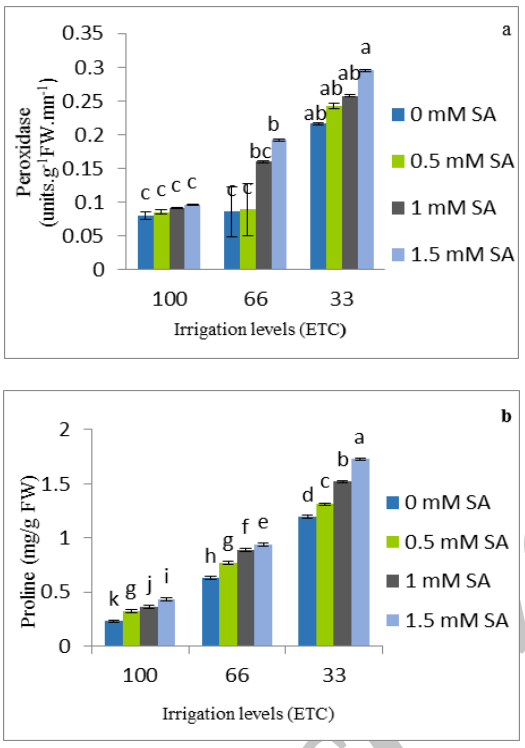
Archive of SID

www.SID.ir

ایفا می‌کند (Demiralay *et al*., 2013). میزان تجمع پرولین در گیاه پروانش در پاسخ به تنش کم‌آبی افزایش یافت (Abdalla & El-Khoshiban, 2007). افزودن اسید سالیسیلیک در غلظت‌های مختلف می‌تواند با افزایش میزان پرولین سبب بهبود مقاومت گیاه در برابر تنش کم‌آبی شود (Yazdanpanah et.al., 2012). افزایش سطوح پرولین در گیاهان موز تیمارشده با غلظت‌های ۰، ۱، ۲ و ۳ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک که در شرایط تنش کم‌آبی قرار داشتند مشاهده شد (Bidabadi, *et al*,. 2012). که این یافته‌ها با نتایج این پژوهش همخوانی دارد.

نتیجه‌گیری کلی

بنابر نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش کاهش ارتفاع، شمار گل، وزن تر و درصد وزن خشک اندام هوایی، طول عمر گل و درصد محتوای نسبی آب برگ و نیز افزایش میزان پرولین و فعالیت آنزیم پراکسیداز نشان از اثر سطوح مختلف تنش کم‌آبی و تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن است. به نظر می‌رسد استفاده از اسید سالیسیلیک به‌عنوان تنظیم‌کنندهٔ رشد با ویژگی‌های پاداکسندگی و تأثیر در تولید اسمولیت‌های آلی و تنظیم اسمزی در زمان تنش، منجر به بهبود صفات کمی و کیفی همیشه‌بهار شد و بر مقاومت گیاه افزود. همچنین اسید سالیسیلیک در غلظت ۱ میلی‌مولار بیشترین کارایی را در بهبود این صفات به همراه داشت. بنابراین با توجه به ارزان‌قیمت بودن اسید سالیسیلیک و نداشتن تأثیر سوء زیست‌محیطی می‌توان کاربرد این تنظیم‌کنندهٔ رشد گیاهی را برای رویارویی با تنش کم‌آبی در این گیاه پیشنهاد کرد. ازآنجایی‌که گیاهان مختلف پاسخ یکسان و همانندی به استعمال مواد ندارند و به‌طورمعمول بین غلظت مواد مصرفی و نوع گیاه و اقلیم اثر متقابلی وجود دارد بنابراین بررسی تأثیر نوع و میزان مواد بر گیاهان مختلف تحت اقلیم‌های مختلف می‌تواند اهمیت داشته باشد.



شکل ۴. اثر متقابل اسید سالیسیلیک و تنش کم‌آبی بر فعالیت آنزیم پراکسیداز (a) و میزان پرولین (b)

Figure 4. Interaction of salicylic acid and drought stress on Peroxidase(a) and Praline (b)

Archive of SID

REFERENCES

1. Abdalla, M. M. & El-Khoshiban, N. H. (2007). The influence of water stress on growth, relative water content, photosynthetic pigments, some metabolic and hormonal contents of two *Triticumaestivum* cultivars. *Journal of Applied Sciences Research*, 3(12), 2062-2074.
2. Abedi, T. & Pakniyat, H. (2012). Antioxidantenzyme changes in response to drought stressin ten cultivar of oilsed rap (*Brassicanapus*L.). *Plant Breed*, 46(4), 27-34. (in Farsi)
3. Ali, Q., Ashraf, M. & Athar, H. R. (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.
4. Amiri dah Ahmadi, S. R., Rezvani Moghaddam, P. & Ahyaii, H. R. (2012). Effect of drought stress on some morphological properties and yield of dill (*Anethum graveolens*), coriander (*Coriandrum sativum*) and fennel (*Foeniculum vulgare*) in greenhouse conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 10(1), 116-124. (in Farsi)
5. Andalibi, B. & Nouri, F. (2014). Effect of cycocel on photosynthetic activity and essential oil of (*Foeniculum vulgare*) Mill. under drought stress. *Iranian Journal of Plant Biology*, 22, 91-104. (in Farsi)
6. Ashraf, M. (2010). Inducing drought tolerance in plants. Recent advances. *Biotechnology Advance*, 28, 169-183.

www.SID.ir

7. Auge, R. M., Stodola, A. J. W., Moore, J. L., Klingeman, W. E. & Duan, X. (2003). Comparative dehydratation tolerance of foliage of several ornamental crops. *Science Horticulture*, 98, 511-516.
8. Bahari, A. A., Sokhtesaraei, R., Chaghazardi, H. R., Masoudi, F. & Nazari, H. (2015). Effect of waterdeficit stress and foliar application of salicylic acidon antioxidants enzymes activity in leaves of *Thymusdaenensis* subsp.*lancifollius*. *Cercetări Agronomiceîn Moldova*, 17(1), 57-67..(in Farsi)
9. Bates, L. S., Waldran. R. P. & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water studies. *Plant Soil*, 39, 205-208.
10. Belkhadi, A., Hediji, H., Abbes, Z., Nouairi, I., Barhoumi, Z., Zarrouk, M., Chaibi, W. & Djebali, W. (2010). Effects ofexogenous salicylic acid pre-treatment on cadmium toxicity and leaf lipid content in (*Linum usitatissimum* L.). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 73(5), 1004-1011.
11. Bidabadi, S. S., Baninasab, B. & Ghobadi, C. (2012). Influence of salicylicacid on morphological and physiological responses of banana (*Musa acuminata* cv.'Berangan', AAA) shoot tips to in vitrowater stress induced by polyethylene glycol. *Plant Omics Journal*, 5(1), 33-39. (in Farsi)
12. Chance, B. & Maehly, A. C. (1955). Assay of catalases and peroxidases. *Methods in Enzymology*, 2, 764-775.
13. Demiralay, M., Sağlam, A. & Kadıoğlu, A. (2013). Salicylic acid delays leaf rolling by inducingantioxidantenzymes & modulating osmoprotectant content in *Ctenanthe setosa* under osmoticstress. *Turkish Journal of Biology*, 37, 49-59.
14. Dehghan Niri, F., Saffari, V. R. & Maghsoudi Moud, A. A. (2016). Salicylic acid effects on stomatal characteristics and some growth of calendula plants (*Calendula officinalis* L.) under salt stress. *Journal of Horticultural Science*, 47(2), 193-202.
15. Dole, J. M. & Wilkins, H. F. (2005). *Floriculture. Principles and Species.*
16. Ghaderi, N., Talayi, A., Ebadi, A. & Lesani, H. (2010). Effect of drought stress and reirrigation on some physiological properties of grape varieties Sahany, Farokhi and white currants. *Horticultural Science*, 41(2), 179-188. (in Farsi)
17. Hassani, A. & Omidbaigi R. (2002). Effect of water stress on some morphological, physiological and metaboliccharacteristics of basil. *Agricultural Science*, 12(3), 47-59. (in Farsi)
18. Hashemi Dezfooli, A. & koocheki, A. (1995). *Increase crop yield*. Jahad Daneshgahi Publications of Mashhad University, P. 360. (in Farsi)
19. Hayat, Q., Hayat, Sh., Irfan, M. & Ahmad, A. (2010). Effect of exogenous salicylic acid under changing enveironment. A review. *Enviromental and Experimental Botany*, 68, 14-25. (in Farsi)
20. Heng Zhou, Z., Guo, K., Abdou Elbaz, A. & Min Yang, Z. (2009). Salicylic acid alleviates mercury *Dracocephalum*. *Chemistry and Bioviversity*, 7(8), 1919-1929.
21. Hosseini, S. M., Kafi, M. & Arghavan, M. (2016). Effect of salicylic acid on physiological andmorphological characteristics of *Lolium perenne* cv. Numan under drought stress. *Horticulture Sceience*, 47(2), (167-176). (in Farsi)
22. Ichimura, K. & Goto, R. (2002). Effect of Gibberellin A on leaf yellowing and vase life of cut *Narcissustazzeta* var *chinensis* flowers. *Journal of. Japanes Society of Horticulturae*, 69(4), 423-427.
23. Iqbal, D., Habib, U., Abbasi, N. A. & Chaudhry, A. N. (2012). Improvement in postharvest attributes of Zinnia (*Zinnia elegans* cv. Benarys Giant) cut flowers by the application of various growth regulators. *Pakistan Journal of Botany*, 44, 1091-1094.
24. Jabbarzadeh, Z., Khosh-Khui, M., & Salehi, H. (2009) .The Effect of Foliar-applied Salicylic Acid on Flowering of African Violet. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3, 4693-4696. (in Farsi)
25. Jalili Marandi, R., Hassani, A., Abdollahi A. & Hanafi, S. (2011). Improvement of thevase life of cut gladiolus flowers by essentialoils, salicylic acid and silver thiosulfate. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(20), 5039-5043. (in Farsi)
26. Jafarzadeh, L., Omidi, H. & Bostani, A. A. (2013). Effect of drought stress and bio-fertilizer on flower yield, photosynthesis pigments and proline content of Marigold (*Calendula officinalis* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 29(3), 666-680. (in Farsi)
27. Kabiri, R., Farahbakhsh, H. & Nasibi, F. (2012). Salicylic acid ameliorates the effectsof oxidative stress induced by water deficit inhydroponic culture of *Nigella sativa*. *Journalof Stress Physiology and Biochemistry*, 12(11), 1420-1425. (in Farsi)
28. Kafi, M., Borzoee, A., Salehi, M. & Kamandi, A. (2009). Physiology of environmental stresses inplants. University of Mashhad. (pp. 58-89). (in Farsi)
29. Kamali, M., Kharazi, S., Tehranifar, M., & Selahvarzi, Y. (2013). Effect Salicylic asid on growth and Some morpho-physiological traits of *Gompherna globosa* L. under salt stress. *Journal of Horticultural Science*, 26(1), 104-112. (in Farsi)
30. Khalida, K. A. & Teixeira da Silva, J. A. (2010). Yield, essential oil and pigment content of *Calendula officinalis* L. flower heads cultivated under salt stress conditions. *Scientia horticulturae*, 126, 297-305.

Archive of SID

www.SID.ir

31. Ma, Q. Q., Wang, W., Li, Y. H., Li, D. Q. & Zou, Q. (2006). Alleviation of photoinhibition in drought-stressed wheat (*Triticum aestivum*) by foliar-applied glycinebetaine. *Journal of plant physiology*, 163(2), 165-175.
32. Martin, R. J. & Deo, B. (2000). Effect of planpopulation on Calendula flower production. New Zealand. J. Crop and. *Journal of Horticultural Science*, 28, 37-47.
33. Masumi, A., Kafi, M., Khazaii, H. R., Davari, K. & Zare Mehrjerdi, M. (2010). Effect of drought stress on water condition and electrolyte leakage, photosynthesis and chlorophyll fluorescence at different growth stages of twonative masses of *Kochia Scoparia in salinity conditions. Iranian Journal of Field Crops Research*, 10(3), 476-484. (in Farsi)
34. Mazen, A. (2004). Accumulation of four metals in tissues of *Corchorus olitorius* and possiblemechanisms of their tolerance. *Biologia Plantarum*, 48(2), 267-272.
35. Mei-hua, F., Jian-xin, W., Shi, L. & Fan, G. L. (2008). Salicylic Acid and 6-BA Effects in Shelf-life -Improvement of *Gerbera jamesonii* Cut Flowers. *Anhui Agricultural Science Bulletin*.
36. Metwally, A., Finkemeier, I., Georgi, M., & Dietz, K. J. (2003). Salicylic acid alleviated thecadmium toxicity in barley seedling. *Physiology and Biochemistry of Plant*, 132, 272-281.
37. Moradi, M. & Goldani, M. (2010). Evalution of different levels of salicylic acid on some growth indexes of (*Calendula officinalis* L.) under low irrigation conditions. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 4(1), 33-45. (in Farsi)
38. Movahhedi Dehnavi, M., Ranjbar, M., Yadavi, A. R. & Kavusi, B. (2011). Effect ofcycocel on proline, soluble sugares, protein, oil and fatty acids of flax (*Linum usitatissimum* M.) plants under drought stressin a pot trial Environ. *Stresses in Crop Science*, 3, 129-138. (in Farsi)
39. Rahmani, N., Taherkhani, T. & Daneshian, J. (2009). Effect of nitrogen application on physiological yield indexesunder conditions of drought stress in calendula medicinal plants (*Calendula officinalis* L.). *New Findings inAgriculture*, 4, 355-365. (in Farsi)
40. Rampino, P., Spano, G., Pataleo, S., Mita, G., Napier, J. A., Di Fonzo, N., Shewry, P. R. & Perrotta C. (2006). Molecular analysis of a durum wheat stay green mutant: Expression pattern of photosynthesis- related genes. *Journal of Cereal Science*, 43, 160-168.
41. Ramrudi, M. & Khamar, A.R. (2013). Interaction effects of foliar spray of salicylic acid and different irrigation treatments on some of the quantity, quality and osmotic regulators of basil. *Journal of Plant Ecophysiology Applied Research*, 1(1), 19-31. (in Farsi)
42. Raskin, I. (1992). Role of salicylic acid in plants. Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 43,439-463.
43. Razmjoo J., Shariatmadari, H., Etemadi, N., Khajealdin, J., Landi, A., Namazi, Y., Borhani, M. & Aslsni, H. (2004). Effect of environmental stresses on the most important landscaping plants and optimized selected conditions. In: Proceedings of *Isfahan municipality landscaping and Parks organization*. Research Presenter: Isfahan Industerial University. (in Farsi)
44. Shakirova, M. F., akhabutdinova, A., Bezrukova, R., Fatkhutdinova, V. R. & Fatkhutdinova, D. R. (2003). Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced bysalicylic acid and salinity. *Plant Science*, 164 (3), 317-322.
45. Shahrokhi, N. (1996). *Quality control methods for raw materials of herbal medicines*. 1st. Tehran: Jahad Daneshgahi Publications of Shahid Beheshti University.
46. Shen, X., Zhou, Y., Duan, L., Li, Z., Enej, A. E. & Li, J. (2010). Silicon effects on photosynthesis andantioxidant parameters of soybean seedlings under drought and ultraviolet-B radiation. *Plant*
47. *Physiology*, 167, 1248-1252.
48. Shi, Q. & Zhu, Z. (2008). Effects of exogenous salicylic acid on manganesetoxicity, element contentsand antioxidative system in cucumber. *Environmental and Experimental Botany* 63, 317-326.
49. Vaziri, Z. H., Salamat, A., Ansari, M., Masihi, M., Heydari, N. & Dehghani sanich, H. (2008). *Evapotranspiration plant (water consumption guidelines for plants) (Translation*). Publications of the National Committee of Irrigation and Drainage, printing, Tehran. (in Farsi)
50. Xing, H. L., Tan, L., An, L., Zhao, Z., Wang, S. & Zhang, C. (2004). Evidence for the involvement of nitric oxide and reactive oxygen species in osmotic stress tolerance of wheat seedlings: inverse correlation between leaf abscisicacid accumulation and leaf water loss. *Plant Growth Regulation*, 42, 61-68.
51. Yazdanpanah, S., Abasi, F. & Baghzadeh, A. (2010). Effect of salicylic acid and ascorbic acid on proline, sugar and protein content in *Satureja hortensis L*. under aridity stress. *Proceeding of the First National Conference of Environmental Stress in Agricultural Science*, 28-29. *The University of Birjand.* (in Farsi)
52. Zadehbagheri, M., Al Buali, F., Sadeghi, H. & Javanmardi, Sh. (2014). Evaluation of low irrigation on ionicchanges, RWC, proline content and some apparent characteristics of Petunia. *Journal of Horticultural Science*, 28(3), 347-359. (in Farsi)
53. Zargarian, S. M., Tehranifar, A., Nemati, S. H. & Siavashpor, B. (2016). Effect of salicylic acid on morphophysiological traits of Flower bed of Asteraceae under water deficit stress. *Journal of Horticultural Science*, 30(1), 151-162. (in Farsi)

Archive of SID

www.SID.ir