

## ارزیابی محلول پاشی سالیسیلیک اسید و تنش کم آبی بر گیاه دارویی گل ماهور

### Evaluation of Spray Solution of Salicylic Acid and Water Stress on Medicinal Plant *Verbascum songaricum*

رضا نوروزی اصفهانی<sup>۱</sup>، شهاب خاقانی<sup>۲\*</sup>، فروغ مرتضایی نژاد<sup>۳</sup>، مسعود گماریان<sup>۴</sup> و امیر عزیزی<sup>۵</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۱۱  
(مقاله پژوهشی)

#### چکیده

از آنجاکه کاربرد سالیسیلیک اسید می‌تواند موجب افزایش تحمل تنش خشکی از طریق بهبود مسیرهای متابولیک و افزایش فتوسنتز خالص شود و به منظور بررسی تأثیر کاربرد سالیسیلیک اسید و تنش کم آبی در روی برخی صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گل ماهور (*Verbascum songaricum*)، آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در شرایط مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد واحد اصفهان انجام پذیرفت. بررسی حاضر باهدف تعیین تأثیر کاربرد سالیسیلیک اسید در سه سطح شاهد، ۵۰ و ۱۵۰ پی‌پی‌ام و تنش کم آبی در دو سطح آبیاری معمول و تنش کم آبی (آبیاری در زمان ظرفیت زراعی خاک ۵۰ درصد) انجام پذیرفت. در نهایت، طول ریشه، وزن خشک، تعداد شاخه فرعی، تعداد برگ، تعداد گل ساقه اصلی، ارتفاع ساقه گل‌دهنده، کاروتنوئید، کلروفیل b، کلروفیل a، آنتی‌اکسیدان و آنتوسیانین ارزیابی شد. نتایج آزمایش نشان داد که تنش، اثر کاهنده روی رشد و عوامل مؤثر در عملکرد داشت. در اثر تنش، نسبت سطح برگ ابتدا کاهش ولی با افزایش خشکی افزایش یافت. کاهش ابتدایی این ویژگی به دلیل کاهش سطح برگ و افزایش نهایی آن به دلیل کاهش شدیدتر وزن خشک کل اندام هوایی نسبت به برگ بود. کاربرد سالیسیلیک اسید باعث بهبود صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گل ماهور در شرایط تنش کم آبی شد. در حالی که تیمار ۵۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک اسید بیش‌ترین تأثیر را بر اکثر صفات مورد بررسی نشان داد. در نتیجه، برای بهبود رشد رویشی و افزایش راندمان زایشی گیاه گل ماهور و کاهش هزینه‌های تولید در شرایط تنش، کاربرد سالیسیلیک اسید قابل توصیه است. در مطالعه حاضر محلول پاشی سالیسیلیک اسید کارآیی بالایی در افزایش عملکرد گیاه گل ماهور در شرایط آب‌وهوایی اصفهان از خود نشان داد.

واژه‌های کلیدی: اسیدهای آلی، خشکی، فتوسنتز، گیاهان دارویی

۱. دکتری، گروه معماری منظر و علوم گیاهی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، اراک، ایران  
۲ و ۴. به ترتیب استاد تمام و استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، اراک، ایران  
۳. دانشیار، گروه باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان، اصفهان، ایران  
۵. استادیار، گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه اراک، اراک، ایران  
\*: نویسنده مسئول  
Email: shahab.khaghani@gmail.com

## مقدمه

امروزه کاربرد سالیسیلیک اسید به عنوان یکی از هورمون‌های گیاهی در افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌هایی همچون تنش کم‌آبی افزایش یافته است (جزیری نوش‌آبادی و همکاران، ۱۳۸۵). تنش کم‌آبی<sup>۱</sup> در اکثر مناطق دنیا از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولیدات کشاورزی است، به طوری که بر اساس پژوهش‌های انجام شده در بین تنش‌های زیستی (بیماری‌ها، آفات و علف‌های هرز) و تنش‌های محیطی (خشکی، غرقابی، شوری، گرما و سرما)، تنش خشکی به تنهایی عامل ۴۵ درصد از کاهش عملکرد محصولات زراعی بوده است (امام و زواره، ۱۳۸۴). تنش کم‌آبی باعث ایجاد تنش اکسایشی می‌شود که این فرایند در تخریب سامانه فتوسنتزی، مهار فرایندهای متابولیکی، کلروز، پراکسایشی لیپیدها، تغییر در نفوذپذیری غشاء و نشت یون‌ها نقش ویژه‌ای دارد (چن<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۷؛ تدین، ۱۳۸۸)، گل ماهور گیاهی دارویی که از خواص این گیاه می‌توان به تأثیر آن در درمان سرماخوردگی و برونشیت و جهت تسکین حالت‌های عصبی، اضطراب، اختلال‌های ضربان قلب و ناراحتی‌های معده اشاره کرد (نوروزی اصفهانی و خاقانی، ۲۰۲۳) و به عنوان گیاه مقاوم به شرایط کم‌آبی شناخته شده است (مظفریان، ۱۳۹۳). سالیسیلیک اسید ماده‌ای شبه‌هورمونی است که بر رشدونمو گیاه اثر می‌گذارد (کانگ<sup>۳</sup>، ۲۰۰۳). اسید سالیسیلیک ماده‌ای طبیعی است که به طور معمول در عکس‌العمل گیاه در تنش‌های زیستی و فیزیکی به کار می‌رود و کاربرد سالیسیلیک اسید خارجی می‌تواند باعث افزایش سالیسیلیک اسید درون‌زا شود و اسید سالیسیلیک درون‌زا یک علامت القایی برای پاسخ‌های دفاعی ویژه گیاهان است (حیات<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۷). این ترکیب امروزه به عنوان ماده‌ای شبه هورمونی محسوب می‌گردد که نقش مهمی در رشدونمو گیاهان ایفا می‌کند و در اکثر پژوهش‌های انجام شده، مهم‌ترین عمل سالیسیلیک اسید را پاسخ و مقاومت نسبت به برخی تنش‌ها مانند کم‌آبی بیان کرده‌اند (کنگ، ۲۰۰۳؛ نوروزی اصفهانی و همکاران، ۲۰۲۳). در همین راستا مهربابان مقدم و همکاران (۱۳۹۰)، بیان کردند که در شرایط کمبود آب استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی مانند سالیسیلیک اسید می‌تواند به عنوان یک راهکار مؤثر برای جلوگیری از اثرات مخرب تنش خشکی مطرح بوده و زمینه سازگاری گیاه را فراهم آورند. فرجام و همکاران (۱۳۹۳) نیز گزارش کردند

که با وجود قطع آبیاری، عملکرد دانه گلرنگ تحت تأثیر محلول پاشی ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید، افزایش قابل توجهی داشت. کاربرد سالیسیلیک اسید در گیاهان باعث تولید گونه‌های اکسیژن واکنش‌پذیر (ROS) می‌گردد، که به دنبال آن مقاومت در گیاهان ایجاد می‌شود (حیات و همکاران، ۲۰۱۲) و همچنین کاهش نشت یونی از سلول‌های گیاهی می‌گردد (سیاری<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۱۳). اثرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گوناگونی از سالیسیلیک اسید، بر سیستم‌های گیاهی مشاهده شده است که شامل جذب یون، جوانه‌زنی بذر، نفوذپذیری غشاء، تنفس میتوکندریایی، بسته شدن روزنه‌ها، انتقال مواد، سرعت رشد و سرعت فتوسنتز است (سناراتنا<sup>۶</sup>، ۲۰۰۳).

این آزمایش به منظور کاهش تأثیرات مخرب تنش کم‌آبی، با استفاده از سالیسیلیک اسید، بر عملکرد و ویژگی‌های مورفولوژیک گل ماهور به اجرا درآمد.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان انجام شد. آزمایش به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. در ابتدا کاشت به صورت گلدانی برای نشاء‌گیری در گلخانه تحقیقاتی انجام و بعد از نشاء‌گیری در مرحله پنج‌برگی به مزرعه تحقیقاتی دانشگاه انتقال داده شد. بذرها به مدت ۵ تا ۷ دقیقه با هیپوکلریت سدیم تجاری ۵ درصد ضدعفونی شده و به دفعات با آب مقطر شستشو داده شدند. در مرحله اول بذرها را که از مرکز تحقیقات بذر، دانشگاه آزاد اصفهان تهیه شده بود با تراکم ۲۰ بذر در گلدان‌هایی به قطر دهانه ۱۶ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۴ سانتی‌متر در عمق ۲-۳ سانتی‌متری کشت شد. داخل تمامی گلدان‌ها به نسبت ۲ به ۱ خاک با بافت سیلتی-لومی و کود برگ ریخته شد. برای آبیاری گلدان‌ها از آبی با قابلیت هدایت الکتریکی ۰/۴۹ دسی‌زیمنس بر متر استفاده گردید. شرایط گلخانه به صورت ۱۵ ساعت روشنایی و دمای ۲۹ درجه سلسیوس در روز و ۲۲ درجه سلسیوس در شب و همچنین رطوبت ۷۴ درصد تنظیم شد. در نیمه اسفندماه به منظور مقاوم‌سازی گیاهان، گلدان‌ها به مدت یک هفته به بیرون از گلخانه انتقال داده شدند و بعد از انجام آنالیز خاک (جدول ۱)، گیاه‌ها در مرحله پنج‌برگی در مزرعه آزمایشی دانشگاه آزاد (طبق تصاویر از مرحله کاشت بذر تا گلدهی گل ماهور) کشت گردیدند. تا زمان سبز شدن، آبیاری به صورت روزانه انجام گرفت و بعد از استقرار گیاه تیمار، تنش آبی اعمال گردید.

1. Water stress
2. Chen
3. Kang
4. Hayat

5. Sayari  
6. Senaratna

صفات ارتفاع ساقه گل‌دهنده، طول ریشه، وزن خشک اندام هوایی، تعداد گل ساقه اصلی، تعداد گل‌آذین، تعداد برگ، آنتی‌اکسیدان، آنتوسیانین، کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید (چتنتدر و ولبرن<sup>۲</sup>، ۱۹۸۷) مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای تعیین وزن خشک، نمونه‌ها در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت در آون خشک شدند، سپس وزن آن‌ها تعیین گردید. به منظور تعیین محتوای رنگدانه‌های برگ بر اساس روش جوزف و همکاران<sup>۳</sup> (2010)، میزان ۰/۵ گرم از بافت تر برگ توزین و با ۲۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد روی یخ و با هاون چینی سرد مخلوط شده و عصاره به دست آمد به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۳۰۰۰ سانتریفیوژ گردید و سپس میزان کلروفیل و کاروتنوئید روی سومین برگ جوان پیش از برداشت، جذب آن توسط دستگاه اسپکتروفتومتر<sup>۴</sup> (مدل AA-6500 شرکت shimadzu ژاپن) در طول موج‌های ۶۴۵، ۶۷۰ و ۶۶۳ نانومتر اندازه‌گیری شد. داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹ تجزیه و تحلیل شدند و مقایسه میانگین‌ها نیز به روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ انجام شد.

### نتایج و بحث

نتیجه استفاده سالیسیلیک اسید نشان می‌دهد که اعمال فاکتور سالیسیلیک اسید در دو صفت ارتفاع ساقه گل‌دهنده و تعداد گل در ساقه اصلی تأثیر مثبت داشته و باعث افزایش معنی‌دار این صفات در مقایسه با شاهد شده است. به جهت کاهش مصرف نهاده‌ها می‌توان سطح پایین‌تر (۵۰ پی‌پی‌ام) را برای بهبود این صفات پیشنهاد نمود. با توجه به این که در سطوح بالاتر استفاده از سالیسیلیک اسید طول ریشه نیز کاهش یافته، می‌توان ادعا نمود که سالیسیلیک اسید باعث افزایش اثرات منفی ریشه‌های این گیاه شده است. برهم‌کنش سالیسیلیک اسید و تنش کم‌آبی نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع ساقه گیاه گل‌ماهور (۱۴۲/۸۵ سانتی‌متر) با کاربرد سالیسیلیک اسید به میزان ۵۰ پی‌پی‌ام و تنش کم‌آبی به دست آمد، که نسبت به ارتفاع ساقه گیاه گل‌ماهور در سطح ۱۵۰ پی‌پی‌ام از سالیسیلیک اسید و تنش کم‌آبی افزایش نشان داد (شکل ۱). کاربرد هورمون سالیسیلیک اسید با استفاده از تنش کم‌آبی به میزان ۵۰ پی‌پی‌ام باعث ارتفاع ساقه گیاه گل‌ماهور در مقایسه با شاهد یعنی عدم کاربرد سالیسیلیک اسید و تنش \_\_\_\_\_ (شکل ۱).

نشاءهای ذکر شده در کرت‌های یک در دو متر، که در هر کرت هشت نشاء کشت گردید، فاکتورهای آزمایش شامل تنش در دو سطح (آبیاری معمول و کم‌آبی) به عنوان کرت اصلی و سالیسیلیک اسید در سه سطح (شاهد، ۵۰ و ۱۵۰ پی‌پی‌ام) به عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شدند. سالیسیلیک اسید تهیه شده از مرکز تحقیقات دانشگاه (برند مرک<sup>۱</sup> آلمان نشان تجاری بیوریلاینس) که به صورت پودر سفید و در آب قابلیت حل شدن دارد، با توجه به میزان آب محلول‌پاشی شده روی برگ‌ها و محاسبه میزان گرم سالیسیلیک اسید مورد نیاز، ۰/۹ گرم برای ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و ۲/۷ گرم برای ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید استفاده شد. محلول‌پاشی در سه زمان مختلف (قبل از مرحله تشکیل غنچه، در مرحله تشکیل غنچه و مرحله قبل از گل‌دهی) صورت گرفت. نیاز آبی گیاه برای تیمار شاهد با استفاده از میانگین بلندمدت داده‌های روزانه فراسنجه‌های هواشناسی ثبت شده در ایستگاه هواشناسی اصفهان و از رابطه<sup>(۱)</sup> برآورد شد.

$$\text{ETc} = \text{ETo} \times \text{Kc} \quad \text{رابطه (۱)}$$

ETc: نیاز آبی گل‌ماهور (میلی‌متر در روز)؛ ETo: تبخیر-تعرق گیاه چمن (میلی‌متر در روز) و Kc ضریب گیاهی گل‌ماهور و لازم به توضیح است مقادیر ETo، بر پایه روش استاندارد فائو-پنمن-مانیت برآورد شد (وزیری و همکاران، ۱۳۸۷).

پس از محاسبه مقادیر ETc، مقادیر نیاز خالص و آب آبیاری گیاه گل‌ماهور بر پایه فواصل کشت، نوع سیستم آبیاری و دور آبیاری برآورد و سپس در هر نوبت آبیاری به گیاه داده شد. برای محاسبه نیاز آبی هر بوته، مجموع آب داده شده در طول دوره رشد به هر بوته محاسبه شد که در این صورت میزان نیاز آبی هر بوته برای تیمار شاهد برآورد شد. نیاز آبی دیگر تیمارها (تیمارهای تنش کم‌آبی) بر پایه نیاز آبی تیمار شاهد و درصد تنش آبی (۵۰ درصد)، برآورد و توزیع شد. در پایان آزمایش به منظور اندازه‌گیری صفات از هر واحد آزمایشی نمونه‌هایی به صورت تصادفی انتخاب شد و سپس بعد از ۲۴ ساعت از عمق توسعه ریشه‌ها (۰ تا ۳۰ سانتی‌متر) نمونه‌برداری شد. نمونه‌ها بلافاصله توزین شده و بعد به داخل آون منتقل و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس خشک شد در نهایت نمونه‌های خشک مجدداً توزین گردید. تعیین طول عمر گل بر پایه مشخصات ظاهری مورد نظر قرار گرفت، یعنی حالتی از گلبرگ‌ها که نخستین نشانه‌های کاهش تورژسانس و پژمردگی در آن‌ها ظاهر شد و درصد رطوبت محاسبه شد.

2. Lichtentaler and wellburn  
3. Joseph  
4. Spectrophotometer

1. Merck

جدول ۱: نتایج آنالیز خاک

Table 1: Soil Analysis Results

نتایج آنالیز Analysis results	خصوصیات مورد بررسی Properties investigated
4.48	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS/m)
7.32	اسیدیته pH
1.06	درصد مواد آلی Organic matter (%)
38	آهک Lime
39.7	فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم) P (mg/kg)
210.08	پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم) K (mg/kg)
لومی - شنی Lumi - Sandy	بافت خاک Soil Texture



تصاویر از مرحله کاشت بذر تا گلدهی گل ماهور

Pictures from the seed planting stage to the flowering of Verbascum plant

سالیسیلیک اسید هم بیش‌ترین میزان در سطح ۵۰ پی‌پی‌ام حاصل شد (جدول ۴). در صورتی که در وزن خشک اندام هوایی در میزان ۵۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک اسید (بدون استفاده از تنش) به مقدار ۶۲/۷۵ گرم شده که این امر می‌تواند ناشی از افزایش ظرفیت باز و بسته شدن روزنه‌ها جذب عناصر غذایی و تنظیم اسمزی باشد که در نتیجه بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی گیاه فراهم می‌گردد (شکل ۵). بر اساس نتایج حاصل از مطالعه حاضر، کاربرد تنش آبی سبب کاهش پارامترهای رشد شامل وزن خشک گیاه ماهور شد (شکل ۵). تنش‌های محیطی از جمله خشکی، به‌طور معمول سبب تولید رادیکال‌های آزاد شده که در نهایت سبب آسیب به اندامک‌ها و

نتایج نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع ساقه گیاه گل ماهور (۸۶/۰۳ سانتی‌متر) در تیمار تنش مشاهده شد. از طرف دیگر کاربرد هورمون سالیسیلیک اسید و تنش کم‌آبی به میزان ۱۵۰ پی‌پی‌ام موجب افزایش تعداد گل ساقه اصلی به میزان ۳۴۸ عدد در بوته نسبت به شاهد شد (شکل ۲). کاربرد هورمون سالیسیلیک اسید و تنش کم‌آبی موجب افزایش تعداد برگ به میزان ۳۵ عدد، تعداد ساقه فرعی به میزان ۱۳ و کاهش طول ریشه گل ماهور به میزان ۲۲/۵۸ سانتی‌متر نسبت به شاهد شد (شکل‌های ۳، ۴ و ۶). مقایسه میانگین اثرات ساده این صفت نشان داد که با استفاده از فاکتور تنش بیش‌ترین بازدهی حاصل گردید (جدول ۳) و در فاکتور

جذب بیش تر آب و مواد غذایی شده که در نهایت منجر به افزایش رشد گیاه می شود (شاکیروا<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۰۳). این افزایش رشد با تولید برگ های جدید همراه خواهد بود و در نهایت سطح برگ کل افزایش خواهد یافت (مرودی و خمر، ۱۳۹۲؛ نورین<sup>۷</sup> و اشرف، ۲۰۰۸). هم چنین 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 (نوروزی اصفهانی و همکاران، ۲۰۱۶). کاربرد سالیسیلیک اسید به صورت اسپری برگی در گیاه ذرت باعث افزایش سطح برگ، تعداد برگ، ارتفاع، وزن خشک گیاه و ریشه می شود (خاداری<sup>۸</sup>، ۲۰۰۴). هم چنین استفاده از سالیسیلیک اسید به صورت اسپری برگی باعث افزایش رشد و ارتفاع گیاهان جو می شود (پانچووا<sup>۹</sup> و همکاران، ۱۹۹۶). شاکیروا<sup>۱۰</sup> (۲۰۰۷) گزارش کرد که استفاده از سالیسیلیک اسید به صورت خیساندن بذری به میزان رشد دانه های گندم را افزایش می دهد که با نتایج به دست آمده از این پژوهش مطابقت دارد. هم چنین استفاده از سالیسیلیک اسید به صورت اسپری برگی باعث افزایش طول ریشه های سویا می شود (گتیرز<sup>۱۱</sup> و همکاران، ۱۹۹۸). این افزایش رشد سیستم ریشه ای و حفظ سلامت آن به وسیله سالیسیلیک اسید باعث جذب بیش تر آب و مواد غذایی شده که در نهایت منجر به افزایش رشد گیاه می شود. افزایش مشاهده شده در وزن خشک شاخسار، ریشه و بیوماس را می توان به بهبود فتوسنتز در اثر کاربرد سالیسیلیک اسید نسبت داد (حمدا و حکیمی<sup>۱۲</sup>، ۲۰۰۱). این ماده از طریق افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو و افزایش کلروفیل، میزان فتوسنتز کل را افزایش می دهد (سینق و یوشا<sup>۱۳</sup>، ۲۰۰۳). افزایش کلروفیل برگ در اثر کاربرد سالیسیلیک اسید در گیاهان خربزه (کارکاماز<sup>۱۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۷) و ذرت (خاداری و همکاران، ۲۰۰۴) دیده شده است که با نتایج به دست آمده از این پژوهش مطابقت دارد. علاوه بر این افزایش سطح و تعداد برگ در گیاهان تیمار شده با سالیسیلیک اسید میزان فتوسنتز کل گیاه را افزایش داده و باعث تجمع ماده خشک در گیاه می شود.

ترکیبات سلولی می شود و این مسئله به عدم تعادل متابولیکی منجر خواهد شد. توقف در رشد سلولی و کاهش ماده سازی نتیجه آسیب های حاصل از تولید گونه های فعال اکسیژن خواهد بود (تاناکا<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۶). هم چنین کاهش وزن خشک در شرایط تنش کم آبی به طور 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 می تواند سبب کاهش تلفات آب از سلول ها شده و به عنوان یکی از تنظیم کننده های مهم اسمزی محسوب شود (فروک، ۲۰۱۱). هم چنین، مطالعه حاضر نشان داد در تیمار تنش با افزایش میزان کاربرد سالیسیلیک تا سطح ۱۵۰ پی پی ام، وزن خشک گیاه کاهش یافت، باین حال مصرف بیش تر سالیسیلیک اسید تا سطح ۱۵۰ پی پی ام سبب کاهش صفت فوق گردید (شکل ۵). پژوهشگران زیادی به اثر دوگانه سالیسیلیک اسید در شرایط تنش های محیطی بر متابولیسم گیاهان مختلف اشاره کرده اند (حیات و احمد، ۲۰۰۷). حسن زاده و همکاران (۲۰۱۶) بیان کردند که سالیسیلیک اسید در غلظت های پایین با فعال نمودن و افزایش آنزیم های آنتی اکسیدانی، گونه های فعال حاصل از تنش اکسیداتیو را جاروب کرده و منجر به بهبود وضعیت حاصل از تنش می گردد؛ اما در مقابل در غلظت های بالا، نه تنها به عنوان آنتی اکسیدان عمل نمی کند بلکه به عنوان یک اکسیدان با ایجاد تنش اکسیداتیو و تأثیر بر اجزای سلولی به نتایج منفی در گیاه منجر می گردد (فریدودین<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۳). هم چنین، حیات و احمد (۲۰۰۷) بیان داشتند که گاهی مصرف غلظت های بالای سالیسیلیک اسید از طریق تغییرات pH و ایجاد مقدار زیادی از فرم های پروتونه شده سالیسیلیک اسید سبب کاهش جذب پتاسیم و فسفر شده و به این طریق در رشد ریشه اختلال ایجاد می کنند. افزایش وزن خشک در اثر محلول پاشی سالیسیلیک اسید طی شرایط خشکی توسط بسیاری از پژوهشگران روی گیاهانی مانند گوجه فرنگی و لوبیا (سنارانتا<sup>۳</sup>، ۲۰۰۳) خیار (بیات و همکاران، ۱۳۹۰) کلزا (فریدودین و همکاران، ۲۰۰۳) پنبه و سویا (خان<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۰) و مریم گلی (بروه<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۰۸) به اثبات رسید. اشرف و همکاران (۲۰۱۰) به این مسئله اشاره کردند که سالیسیلیک اسید از راه حفظ سلامت ریشه در برابر اثرات مضر تنش خشکی میزان رشد آن را افزایش داده و باعث

6. Shakireva  
7. Norin  
8. Khodary  
9. Pancheva  
10. Shakirova  
11. Gutierrez  
12. Hamda and Hakimi  
13. Singh and Usha  
14. Korkomaz

1. Tanaka  
2. Fariduddin  
3. Senaranta  
4. Khan  
5. Abreu

جدول ۲: نتایج تجزیه واریانس اثر تنش خشکی و سالیسیلیک اسید بر برخی صفات مورفولوژیک گل ماهور

Table 2: ANOVA Results of the effect of drought stress and salicylic acid on some morphological traits of *Verbascum*

میانگین مربعات Mean of square						درجه آزادی df	منابع تغییرات Source of variations
طول ریشه Root length	وزن خشک Dry weight	تعداد ساقه فرعی Number of branches	تعداد برگ Number of leaves	تعداد گل ساقه اصلی Number of main stem flowers	ارتفاع ساقه گل دهنده Flowering stem height		
2.67	8.93	2.04*	6.15	458.6*	143.5	3	تکرار Repeat
93.54**	30.38*	28.17**	77.04**	19054.8**	2780.4*	1	تنش Stress
0.68	1.49	0.15	2.04	48.78	243.2	3	خطا ۱ Error 1
229.6**	2175.0**	195.5**	586.3**	96602.8**	9865.5**	2	سالیسیلیک اسید Salicylic acid
1.63 <sup>ns</sup>	37.63*	1.29 <sup>ns</sup>	25.04**	2214.8**	1590.7*	2	سالیسیلیک اسید × تنش Salicylic acid × Stress
1.90	8.00	1.01	3.14	206.2	298.8	12	خطا ۲ Error 2
9.00	6.06	14.05	6.32	6.11	22.97	-	درصد ضریب تغییرات CV (%)

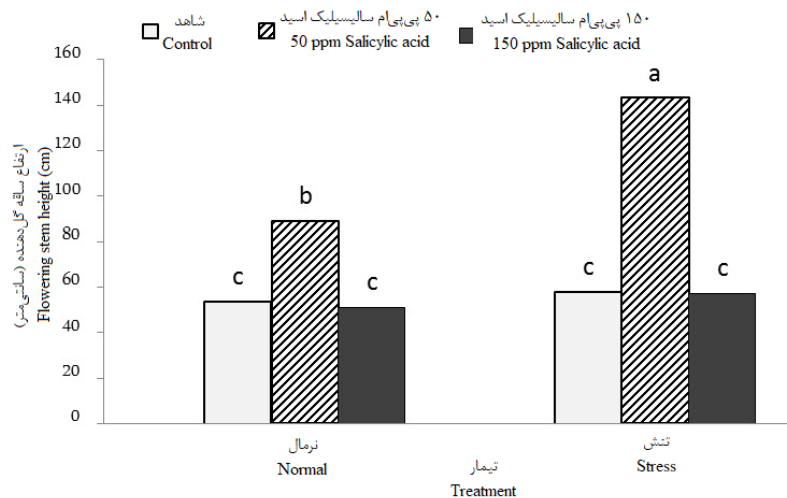
\*, \*\*, و ns: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و غیرمعنی دار  
\*, \*\*, and ns: Significant at 5 and 1% probability level, no significant, respectively

جدول ۳: مقایسه میانگین اثرات ساده فاکتور تنش در برخی صفات مورفولوژیک گیاه گل ماهور

Table 3: Comparison of the average effects of simple stress factor on some morphological traits of *Verbascum*

میانگین مربعات Mean of square						فاکتور تنش Stress
طول ریشه (سانتی متر) Root length (cm)	وزن خشک (گرم) Dry weight (g)	تعداد ساقه فرعی Number of branches	تعداد برگ Number of leaves	تعداد گل ساقه اصلی Number of main stem flowers	ارتفاع ساقه گل دهنده (سانتی متر) Flowering stem height (cm)	
13.33 <sup>b</sup>	47.83 <sup>a</sup>	6.08 <sup>b</sup>	26.25 <sup>b</sup>	206.73 <sup>b</sup>	64.51 <sup>b</sup>	نرمال Normal
17.28 <sup>a</sup>	45.58 <sup>a</sup>	8.25 <sup>a</sup>	29.83 <sup>a</sup>	263.08 <sup>a</sup>	86.03 <sup>a</sup>	تنش Stress

در هر ستون، با حروف مختلف در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن دارای تفاوت معنادار هستند  
In each column, meanings with different letters were significantly different at the 5% level of Duncan's test



شکل ۱: مقایسه میانگین اثر متقابل سالیسیلیک اسید و تنش بر ارتفاع ساقه گل دهنده گیاه گل ماهور. میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند

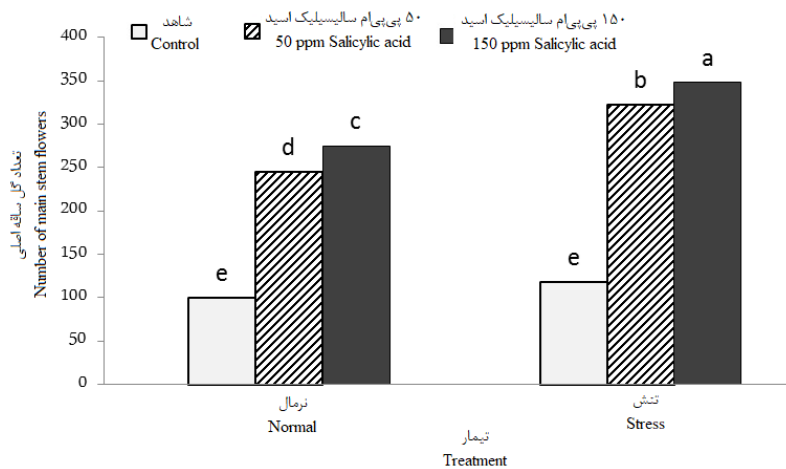
Fig. 1: Comparison diagram of the average interaction of salicylic acid and stress on flower height of *Verbascum*

جدول ۴: مقایسه میانگین اثر ساده فاکتور سالیسیلیک اسید در برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی گیاه گل ماهور

Table 4: Comparison of mean simple effect of salicylic acid on some morphological characteristics of *Verbascum*

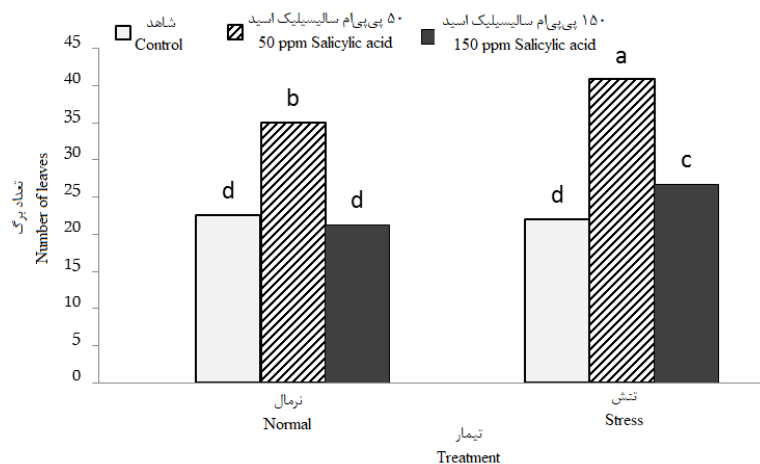
میانگین مربعات Mean of square						سالیسیلیک اسید Salicylic acid
طول ریشه (سانتی‌متر) Root length (cm)	وزن خشک (گرم) Dry weight (g)	تعداد ساقه فرعی Number of branches	تعداد برگ Number of leaves	تعداد گل ساقه اصلی Number of main stem flowers	ارتفاع ساقه گل‌دهنده (سانتی‌متر) Flowering stem height (cm)	
15.50 <sup>b</sup>	28.00 <sup>c</sup>	2.38 <sup>c</sup>	22.25 <sup>b</sup>	109.00 <sup>c</sup>	55.75 <sup>b</sup>	شاهد Control
20.56 <sup>a</sup>	59.13 <sup>a</sup>	12.25 <sup>a</sup>	37.88 <sup>a</sup>	284.22 <sup>b</sup>	115.81 <sup>a</sup>	۵۰ پی‌پی‌ام 50 ppm
9.85 <sup>c</sup>	53.00 <sup>b</sup>	6.68 <sup>b</sup>	24.00 <sup>b</sup>	311.50 <sup>a</sup>	54.25 <sup>b</sup>	۱۵۰ پی‌پی‌ام 150 ppm

در هر ستون، میانگین‌ها با حروف متفاوت در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری دارند  
In each column, meanings with different letters were significantly different at the 5% level of Duncan's test



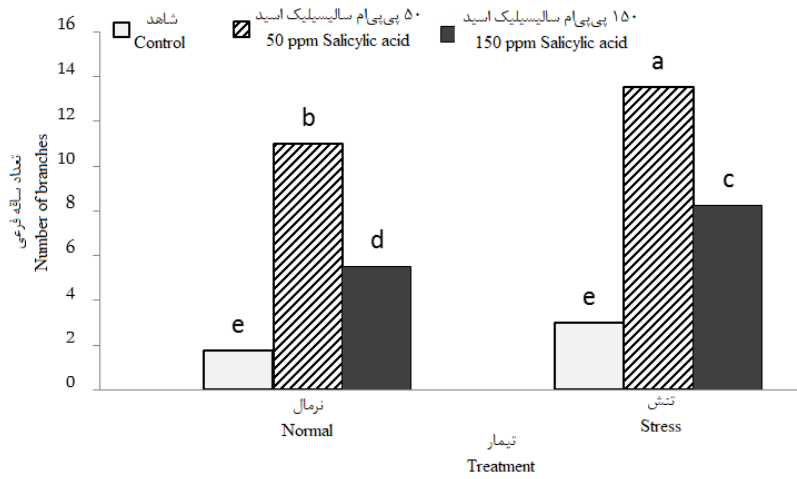
شکل ۲: مقایسه میانگین اثر متقابل سالیسیلیک اسید و تنش بر تعداد گل ساقه اصلی گیاه گل ماهور. میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

Fig. 2: Comparison of the mean interaction of salicylic acid and stress on the number of flowers of the main stem of *Verbascum*



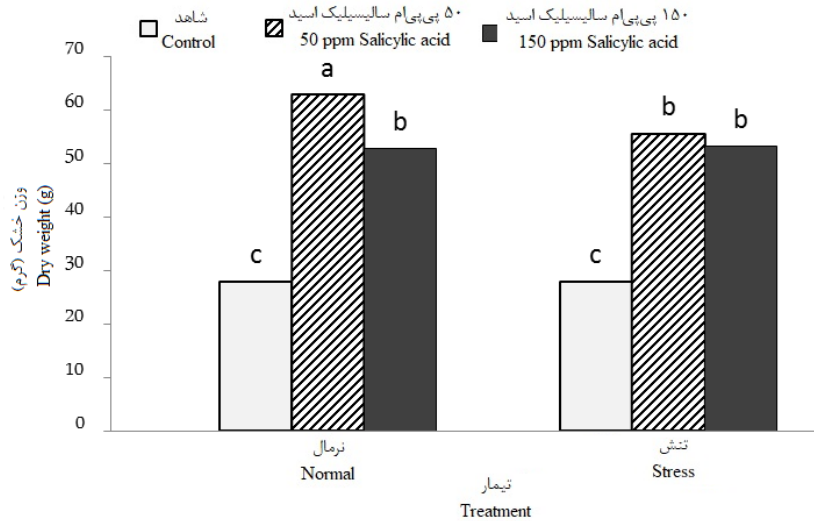
شکل ۳: مقایسه میانگین اثر متقابل سالیسیلیک اسید و تنش بر تعداد برگ گیاه گل ماهور. میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

Fig. 3: Comparison of the mean interaction of salicylic acid and stress on leaf number of *Verbascum*



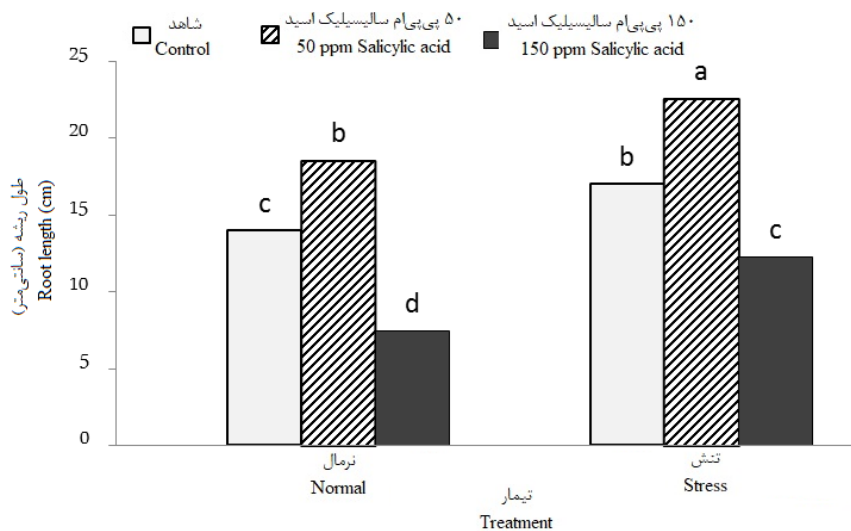
شکل ۴: مقایسه میانگین اثر متقابل سالیسیلیک اسید و تنش بر تعداد ساقه فرعی گیاه گل ماهور. میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

Fig. 4: Comparison of the mean interaction of salicylic acid and stress on the number of branches of *Verbascum*



شکل ۵: مقایسه میانگین اثر متقابل سالیسیلیک اسید و تنش بر وزن خشک اندام هوایی گیاه گل ماهور. میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

Fig. 5: Comparison of mean interaction of salicylic acid and stress on shoot dry weight of *Verbascum*



شکل ۶: مقایسه میانگین اثر متقابل سالیسیلیک اسید و تنش بر طول ریشه گیاه گل ماهور. میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

Fig. 6: Comparison of mean interaction of salicylic acid and stress on root length of *Verbascum*



همکاران (2003) به افزایش رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی با محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید روی کلزا اشاره کردند، درحالی‌که ماهرکار<sup>۲</sup> و همکاران (2003) 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 کاهش تنش خشکی و همچنین افزایش سالیسیلیک اسید تا سطح ۵۰ پی‌پی‌ام اشاره داشت (شکل ۱۱) با افزایش بیشتر سالیسیلیک اسید تا ۱۵۰ پی‌پی‌ام میزان این صفت نیز مانند پارامترهای رشد کاهش یافت. کاروتنوئیدها از جمله ترکیبات آنتی‌اکسیدانی غیرآنزیمی هستند که می‌توانند در کاهش غلظت یون سوپر اکسید نقش داشته و تشکیل رادیکال هیدروکسید را نیز کاهش دهند (رده<sup>۳</sup> و همکاران، 2012). بنابراین، به نظر می‌رسد کاروتنوئیدها در گیاه گل ماهور توانسته باشند به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان در شرایط تنش خشکی عمل کرده و به‌عنوان یک نیروی کمکی به گیاه تحت تنش یاری رسانند. همچنین سالیسیلیک اسید نیز سبب افزایش میزان کاروتنوئیدها شد که این مسئله با مطالعات دیگر روی گندم (ماهرکار و همکاران، 2003) و همیشه‌بهار (قاسمی پیر بلوطی و همکاران، 2012) و توت‌فرنگی<sup>۴</sup> (فرانک<sup>۵</sup>، 2011) و گلرنگ<sup>۱</sup> (دانشمند و همکاران، ۱۳۹۳) هماهنگ بود.

جدول ۵: نتایج تجزیه واریانس اثر تنش خشکی و سالیسیلیک اسید روی برخی صفات فیزیولوژیک گل ماهور

Table 5: ANOVA Results of the Effects of Drought Stress and Salicylic Acid on Some Physiological Traits of *Verbascum*

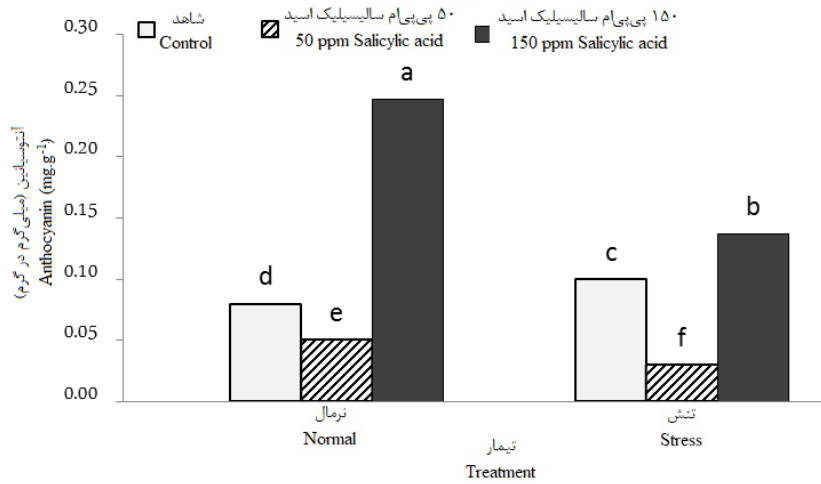
میانگین مربعات Mean of square					درجه آزادی df	منابع تغییرات Source of variations
کاروتنوئید Carotenoid	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل a Chlorophyll a	آنتی‌اکسیدان Antioxidants	آنتوسیانین Anthocyanin		
0.000	0.000	0.000006	0.22**	0.000006	2	تکرار Repeat
0.00001*	0.000006	0.0013*	40.86**	0.006**	1	تنش Stress
0.000	0.00009	0.00005	0.000	0.00005	2	خطا ۱ Error 1
0.0006**	0.0193**	0.0025**	236.23**	0.036**	2	سالیسیلیک اسید Salicylic acid
0.0006**	0.0097**	0.011**	55.15**	0.0066**	2	سالیسیلیک اسید × تنش Salicylic acid × Stress
0.0000001	0.00004	0.00003	0.11	0.00003	8	خطا ۲ Error 2
0.15	2.42	0.64	1.38	4.92	-	درصد ضریب تغییرات CV (%)

\* و \*\*: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد  
\* and \*\*: Significant at 5 and 1% probability level, respectively

2. Mohakar
3. Redha
4. Fragaria ananassa
5. Frunk
6. Carthamus tinctorius

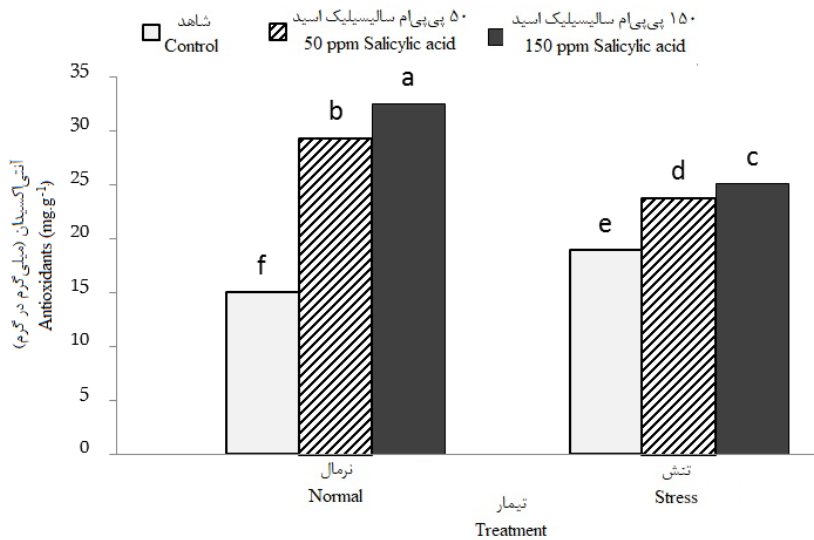
نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش سالیسیلیک اسید در شرایط تنش کم‌آبی نشان داد که بیش‌ترین محتوای کلروفیل a و کاروتنوئید با کاربرد سطوح ۵۰ پی‌پی‌ام از سالیسیلیک اسید و بدون تنش کم‌آبی به‌دست آمد (شکل ۹ و ۱۱). بیش‌ترین محتوای کلروفیل b با کاربرد کود سالیسیلیک اسید و با استفاده از شرایط تنش کم‌آبی در سطح ۱۵۰ پی‌پی‌ام به‌دست آمد (شکل ۱۰). بیش‌ترین محتوای آنتی‌اکسیدان و آنتوسیانین با کاربرد سالیسیلیک اسید در سطح ۱۵۰ پی‌پی‌ام بدون استفاده از تیمار تنش کم‌آبی مشاهده گردید (شکل ۷ و ۸). نتایج پژوهش حاضر گویای کاهش معنادار رنگیزه‌های فتوسنتزی شامل کلروفیل a و b با افزایش تنش خشکی بود. در شرایط تنش خشکی به علت کاهش اسیمیلاسیون کربن و افزایش گونه‌های فعال اکسیژن، گیاه به‌طورمعمول دچار تنش اکسیداتیو شده و به‌دنبال آن تخریب رنگیزه‌های فتوسنتزی، کاهش فعالیت فتوسیستم II، کاهش فعالیت آنزیم رابیسکو و مهار سنتز ATP اتفاق می‌افتد. آسیب‌های فوق درنهایت می‌توانند به کاهش رشد گیاه منجر گردند (لاوور<sup>۱</sup> و ردها، 2002). محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و همچنین برهم‌کنش آن با تیمار آبیاری بر محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی شامل کلروفیل a و b تأثیر معناداری داشت. مطالعات مختلف نیز در ارتباط با تأثیر سالیسیلیک اسید روی محتوای رنگیزه‌های کلروفیل a و b نتایج متفاوتی را نشان دادند. فریدودین و

1. Lawer and Redha



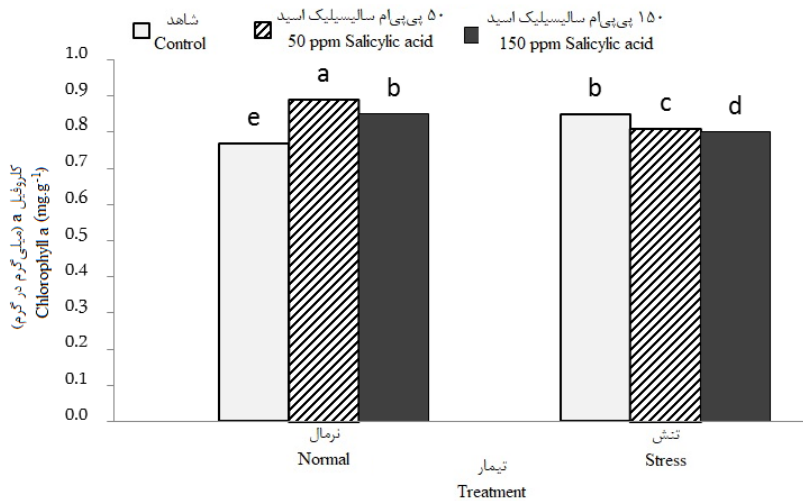
شکل ۷: مقایسه میانگین اثر متقابل سالیسیلیک اسید و تنش بر آنتوسیانین گیاه ماهور. میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند

Fig. 7: Comparison of mean interaction of salicylic acid and stress on anthocyanin of *Verbascum*



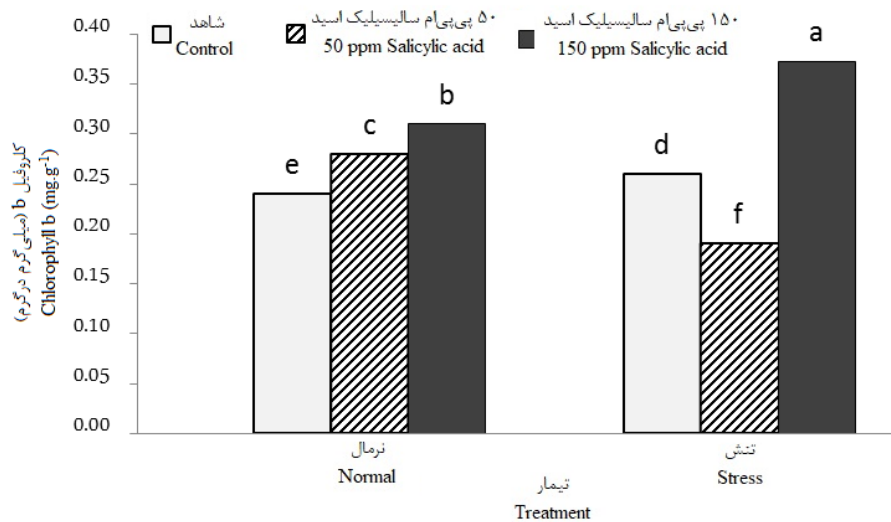
شکل ۸: مقایسه میانگین اثر متقابل سالیسیلیک اسید و تنش بر آنتی‌اکسیدان گیاه ماهور. میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند

Fig. 8: Comparison of mean interaction of salicylic acid and stress on antioxidant of *Verbascum*



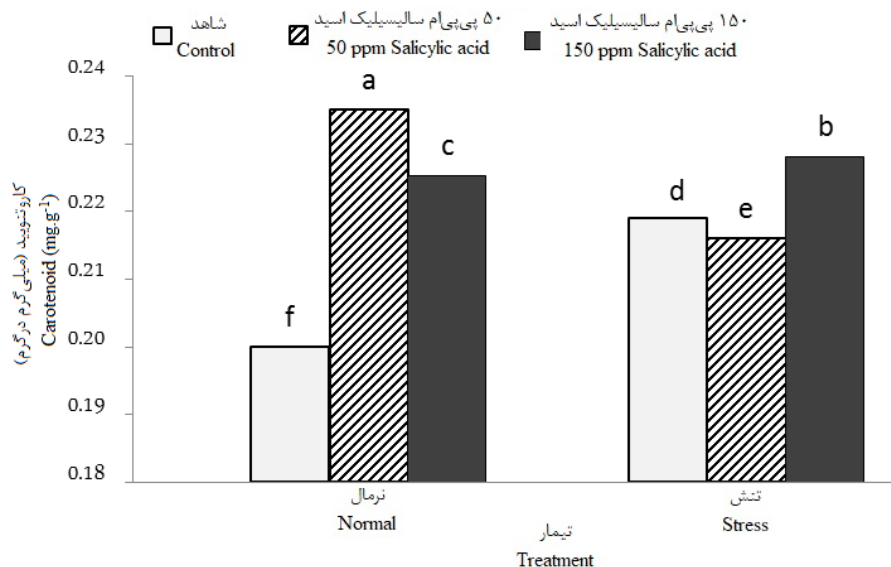
شکل ۹: مقایسه میانگین اثر متقابل سالیسیلیک اسید و تنش بر کلروفیل a گیاه ماهور. میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند

Fig. 9: Comparison of mean interaction of salicylic acid and stress on chlorophyll a of *Verbascum*



شکل ۱۰: مقایسه میانگین اثر متقابل سالیسیلیک اسید و تنش بر کلروفیل b گیاه ماهور. میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

Fig. 10: Comparison of mean interaction of salicylic acid and stress on chlorophyll b of *Verbascum*



شکل ۱۱: مقایسه میانگین اثر متقابل سالیسیلیک اسید و تنش بر کاروتنوئید گیاه ماهور. میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

Fig. 11: Comparison of mean interaction of salicylic acid and stress on the carotenoid of *Verbascum*

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 ۵۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک اسید نه‌تنها برای گیاه مفید نبوده که خود نیز نقش مخربی را ایفا نموده است ولی با افزایش غلظت این ماده تا ۵۰ پی‌پی‌ام بسیاری از پارامترهای رشد در مقابل تنش خشکی پاسخ مثبت دادند. شاید بتوان برای این ماده در غلظت‌های مطلوب نقش جبرانی در نظر گرفت.

### نتیجه‌گیری کلی

به نظر می‌رسد سالیسیلیک اسید از دو راه خاصیت هورمونی و آنتی‌اکسیدانی و تأثیر بر روی 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 دارد. نقش کم‌رسانی و تعدیل اثرات منفی تنش خشکی با مصرف سالیسیلیک اسید در گیاه گل ماهور مشاهده شد. البته غلظت سالیسیلیک اسید اهمیت

## منابع

- امام، ی. و زواره، م. ۱۳۸۴. تحمل خشکی در گیاهان عالی (تحلیل‌های ژنتیکی، فیزیولوژیکی و زیست‌شناختی مولکولی)، (ترجمه)، مرکز نشر دانشگاهی، ۱۹۶ صفحه.
- تدین، م. ر. ۱۳۸۸. واکنش‌های فیزیولوژیک گیاهان به تنش‌های محیطی، انتشارات دانشگاه شهرکرد، چاپ اول، ۳۱۰ صفحه.
- جزایری نوش‌آبادی، م. و رضایی، ع. م. ۱۳۸۵. ارزیابی روابط بین پارامترها در رقم جو دو سر در تنش‌های آبی و شرایط بدون تنش. مجله علم و متابولیسم کشاورزی، جلد ۱۱. شماره ۱، ۲۶۵-۲۷۸.
- حسن‌زاده، ک.، همتی، خ. و علیزاده، م. ۱۳۹۵. اثر کودهای آلی و سالیسیلیک اسید بر عملکرد و برخی متابولیت‌های ثانویه گیاه دارویی بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.). مجله پژوهش‌های تولید گیاهی، ۲۳ (۱): ۱۰۷-۱۳۰.
- رمرودی، م. و خمر، ع. ر. ۱۳۹۲. اثرات متقابل محلول پاشی اسید سالیسیلیک و تیمارهای مختلف آبیاری بر برخی ویژگی‌های کمی، کیفی و تنظیم‌کننده‌های اسمزی ریحان، نشریه تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهان، ۱: ۱۹-۳۱.
- دانشمند، ف.، آروین، م. ج.، کرامت، ب. و مؤمنی، ن. ۱۳۹۱. تأثیر تنش شوری و اسید سالیسیلیک بر پارامترهای جوانه‌زنی بذر و رشد گیاه ذرت در شرایط مزرعه. فرآیند و کارکرد گیاهی. ۱ (۱): ۵۷-۷۰.
- فرجام، س.، رزقادی، ا.، محمدی، ه. و قلعه شاخانی، س. ۱۳۹۳. اثر تنش قطع آبیاری و محلول پاشی اسید سالیسیلیک بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم گلرنگ بهاره، فصلنامه فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، ۶ (۲۳): ۹۹-۱۱۲.
- مهرابیان مقدم، ن.، آروین، م. ج.، خواجویی‌نژاد، غ. ر. و مقصود، ک. ۱۳۹۰. اثر اسید سالیسیلیک بر رشد و عملکرد علوفه و دانه ذرت در شرایط تنش خشکی در مزرعه. فصلنامه به‌زراعی نهال و بذر، ۲۷ (۱): ۴۷-۵۵.
- مظفریان، و. ۱۳۹۳. شناخت گیاهان دارویی و معطر ایران، ناشر فرهنگ معاصر ایران، ۱۴۴۴ صفحه.
- وزیری، ز. ح.، سلامت، ع.، انصاری، م.، مسیحی، م.، حیدری، ن. و دهقانی سانچ، ح. ۱۳۸۷. کارخانه تبخیر و تعرق (دستورالعمل مصرف آب برای گیاهان)، انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی، چاپ، تهران، ۴۱۰ صفحه.
- Abreu, M. E. 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.
- Ashraf, M., Akram, N. A., Arteca, R. N. and Foolad, M. R. 2010. The physiological, biochemical and molecular roles of brassinosteroids and salicylic acid in plant processes and salt tolerance. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 29: 162-190.
- Chen, J., Cheng, Z. and Zhong, S. 2007. Effect of exogenous salicylic acid on growth and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Metabolizing enzymes in rice seedlings lead stress. *Environmental Sciences*, 19: 44-49.
- 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*. *Photosynthetica*, 41: 281-284.
- Farouk, S. 2011. Ascorbic acid and  $\alpha$ -tocopherol minimize salt-induced wheat leaf senescence. *Journal of Stress Physiol and Biochem*, 7 (3): 58-79.
- 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.
- Ghasemi Pirbaloti, A., Mosavi Heris, A., Targar, 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.
- Hamada, A. M. and Al-Hakimi, A.M.A. 2001. Salicylic acid versus salinitydroughtinduced stress on wheat seedlings. *Rostlina Vyroba*, 47: 444-450.
- Hayat, S. and Ahmad, A. 2007. Salicylic acid a plant hormone. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18: 137-145.
- Hayat, Q., Hayat, S., Alyemeni, M. N. and Ahmad, A. 2012. Salicylic acid mediated changes in growth, photosynthesis, nitrogen metabolism and antioxidant defense system in *Cicer arietinum* L. *Plant soilenviron*, 58 (9): 417-423.
- Joseph, B., Jini, D. and Sujatha, S. 2010. Insight into the role of exogenous salicylic acid on plants grown under salt environment. *Asian Journal of Crop Science*, 2: 226-235.
- Kang, G. 2003. Salicylic acid changes activities of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> metabolizing enzymes and increases the chilling tolerance of banana seedlings. *Environmental and Experimental Botany*, 50: 9-15.
- Khan, N. A., Shabian, S., Masood, A., Nazar, A. and Iqbal, N. 2010. Application of salicylic acid increases contents of nutrients and antioxidative metabolism in mungbean and alleviates adverse effects of salinity stress. *International Journal of Plant Biology*, 1: 1-8.
- Khodary, S. F. A. 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plants. *International Journal of Agriculture and Biology*, 6: 5-8.
- Korkmaz, A., Uzunlu, M. and Demirkiran, A. R. 2007. Treatment with acetyl salicylic acid protects muskmelon seedlings against drought stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, 29: 503-508.

- Lawlor, D. W. Redha, A. 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants affected by N fertilization. *Agronomy Journal*, 73: 583-587.
- Lichtentaler, H. K. and Wellburn, A. R. 1985. Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf in different solvents. *Biochemical Society Transactions*, 11: 591-592.
- Moharekar, S. T., Lokhande, S. D., Hara, T., Tanaka, R., Tanaka, A. and Chavan, P. D. 2003. Effect of salicylic acid on chlorophyll and carotenoid contents of wheat and moong seedlings. *Photosynthetica*, 41: 315-317.
- Norouzi Esfahani, R., Khaghani, S., 2023. Ornamental Plant in Landscape. Azad University Press, Iran.p379.
- Noreen, S. and Ashraf, M. 2008. Alleviation of adverse effects of salt stress on sunflower (*Helianthus annuus* L.) by exogenous application of salicylic acid: growth and photosynthesis. *Pakistan Journal of Botany*, 40 (4): 1657-1663.
- Norouzi Esfahani, R. Khaqani, Sh. Mortezae Nejad, F. Azizi, A. Gemarian, M. 2023. Evaluation of the effect of laser and water stress on verbascum medicinal plant. *International Conference on Medicinal Plant Biology*, 340-353.
- Norouzi Esfahani, R. Ebrahimi, H. Miri, H. 2016. Effect of gibberellic acid and zinc sulfate on the quality and quantity (*Gladiolus Grandiflorus*) in Isfahan. *International Journal of Biology, Pharmacy and Allied Sciences*, 5(2) 156-164.
- Pancheva, T. V., Popova, L. P. and Uzunova, A. M. 1996. Effect of salicylic acid on growth and photosynthesis in barley plants. *Journal of Plant Physiology*, 149: 57-63.
- Redha, A., Mansor, N. A. L., Suleman, P., Hasan, R. A. and Afzal, M. 2012. Modulation of antioxidant defenses in *Conocarpus lancifolius* under variable abiotic stress. *Biochemical Systematics and Ecology*, 43: 80-86.
- Senaratna, T. 2003. Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induced multiple stress tolerance in bean and tomato plant. *Plant Growth Regulation*, 30: 157-161.
- 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.
- Shakirova, F. M., Shakhbutdinova, A. R., Bezrukova, M. V., Fatkhutdinova, R. A. and Fatkhutdinova, D. R. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedling induced by salicylic acid and salinity. *Plant Science*, 164: 317-322.
- Sayyari, M., Ghavami, M., Ghanbari, F. and Kordi, S. 2013. Assessment of salicylic acid impacts on growth rate and some physiological parameters of lettuce plants under drought stress conditions. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5 (17): 1951-1955.
- Singh, B. and Usha, K. 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. *Plant growth regulators*, 39: 137-141.
- Tanaka, A. and Tanaka, R. 2006. Chlorophyll metabolism. *Plant Biology*. 9: 248-255.

## Evaluation of Spray Solution of Salicylic Acid and Water Stress on Medicinal Plant *Verbascum songaricum*

Norouzi Esfahani<sup>1</sup>, R., Khaghani<sup>2\*</sup>, S., Mortazaeinezhad<sup>3</sup>, F., Gomarian<sup>4</sup>, M. and Azizi<sup>5</sup>, A.

### Abstract

Since application of salicylic acid can increase tolerance to drought stress by improving metabolic pathways and increasing net photosynthesis, and in order to investigate the effect of application of salicylic acid and drought stress on some morphological and physiological traits of the *Verbascum* plant, the experiment was conducted in the form of chopped plots in the form of a complete block design. Randomization was done in four replications in the conditions of the research farm of Azad University, Isfahan Branch. The present study was conducted with the aim of determining the effect of salicylic acid application at three control levels, 50 and 150 ppm, and water deficit stress at two levels of regular irrigation and water deficit stress (irrigation at the time of 50% soil crop capacity). Finally, root length, dry weight, number of secondary branches, number of leaves, number of flowers on the main stem, height of flowering stem, carotenoid, chlorophyll b, chlorophyll a antioxidant and anthocyanin were evaluated. The test results showed that stress had a reducing effect on growth and effective factors on performance. As a result of stress, the ratio of leaf area first decreased, but increased with increasing dryness. The initial decrease of this characteristic was due to the decrease in the leaf area, and its final increase due to the more severe decrease in the dry weight of the entire aerial organ compared to the leaf. The application of salicylic acid improved the morphological and physiological characteristics of *verbascum* under the stress of low irrigation. While, the treatment of 50 ppm salicylic acid showed the greatest effect on most of the studied traits. As a result, the use of salicylic acid is recommended to improve the vegetative growth and increase the reproductive efficiency of the *Verbascum* plant and reduce production costs under stress conditions. In the present study, salicylic acid foliar application showed high efficiency in increasing the yield of the *Verbascum* plant in Isfahan weather conditions.

**Keywords:** Drought, Medicinal plant, Organic acids, Photosynthesis,

---

1. PhD, Department of Landscape Architecture and Plant Science, Islamic Azad University, Arak, Iran

2 and 4. Associate Professor and Assistant Professor, Respectively, Department of Agriculture and Plant Breeding, Islamic Azad University, Arak Branch, Arak, Iran

3. Associate Professor, Department of Horticulture, Islamic Azad University of Isfahan Branch, Isfahan, Iran

5. Assistant Professor, Department of Chemistry, Faculty of Basic Sciences, Arak University, Arak, Iran

\*: Corresponding author      Email: shahab.khaghani@gmail.com