



## به‌زرعی کشاورزی

دوره ۱۹ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۶  
صفحه‌های ۵۹۱-۶۰۳

# اثر سالیسیلیک اسید بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی و تیورگرس تحت شرایط تنش کم‌آبی

محمد صفری<sup>۱</sup>، مسعود ارغوانی<sup>۲\*</sup> و عزیزاله خیری<sup>۲</sup>

۱. کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران  
۲. استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۷/۰۵

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۵/۰۵/۱۳

### چکیده

پژوهش حاضر به‌منظور بررسی پاسخ‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه و تیورگرس (*Chrysopogon zizanioides* L. Roberty) به تنش کم‌آبی و کاربرد سالیسیلیک اسید در سال ۱۳۹۴ در گروه علوم باغبانی دانشگاه زنجان انجام شد. پس از شش ماه از کاشت نشای گیاهان در گلدان، سه سطح آب در دسترس خاک (۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ درصد) و سالیسیلیک اسید (۰، ۱ و ۲ میلی‌مولار) به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرحی کاملاً تصادفی در سه تکرار به مدت شش هفته اعمال شد. سالیسیلیک اسید به‌صورت هفتگی روی گیاهان محلول‌پاشی شد. به‌طور کلی، تنش کم‌آبی سبب کاهش وزن خشک ریشه و شاخساره و میزان کلروفیل برگ‌ها شد. طول ریشه، میزان فنل کل، میزان پرولین و نشت یونی برگ‌ها با کاهش میزان آب در دسترس افزایش یافت. کاربرد سالیسیلیک اسید در تمامی صفات آثار منفی تنش کم‌آبی را بهبود بخشید. این اثر در تیمار ۴۰ درصد آب در دسترس چشمگیرتر بود. در صفات وزن خشک ریشه و میزان فنل کل برگ‌ها، در تمام سطوح آب در دسترس تفاوت معناداری بین تیمارهای ۱ و ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید مشاهده نشد، ولی در سایر صفات کاربرد ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید نتیجه بهتری در برداشت، به‌طوری که گیاهان در این تیمار وزن خشک شاخساره، پرولین و کلروفیل بیشتر و نشت یونی کمتری نسبت به تیمار ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید داشتند. بررسی غلظت‌های بالاتر این تنظیم‌کننده رشد در افزایش تحمل به کم‌آبی گیاه و تیورگرس پیشنهاد می‌شود.

**کلیدواژه‌ها:** آب در دسترس، تحمل، تنظیم‌کننده رشد، فنل کل، وزن خشک شاخساره.

## ۱. مقدمه

فرایندهای فیزیولوژیکی می شود که مقاومت گیاه در برابر تنش های محیطی را افزایش می دهد [۴۲].

تاکنون گزارشی در ارتباط با اثر سالیسیلیک اسید بر رشدونمو گیاه و تیورگرس در دسترس نیست. با این حال مطالعاتی در مورد سایر گیاهان خانواده گندمیان موجود است. در پژوهشی روی گیاه ذرت در شرایط تنش خشکی سه سطح ۰/۴، ۰/۷ و ۱ میلی مولار سالیسیلیک اسید و نتایج نشان داد که تیمار ۱ میلی مولار سالیسیلیک اسید با افزایش شاخص سطح برگ و وزن دانه، بهترین نتیجه را در افزایش تحمل به خشکی در برداشت [۱]. همچنین، با مقایسه تیمارهای ۰/۵، ۱ و ۲ میلی مولار سالیسیلیک اسید مشخص شد که تیمار ۲ میلی مولار اثر بهتری در بهبود شاخص های فیزیولوژیکی گیاه ذرت در شرایط تنش شوری دارد [۴۳]. هر چند در مورد گندم، محلول پاشی گیاهان با ۰/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید اثر بهتری نسبت به تیمار ۱ میلی مولار در جهت افزایش تحمل به شوری داشت [۶].

هدف از انجام پژوهش حاضر بررسی امکان افزایش تحمل به خشکی گیاه و تیورگرس با کاربرد سالیسیلیک اسید بود. از این رو، پاسخ های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی این گیاه تحت تأثیر کاربرد سالیسیلیک اسید در شرایط تنش کم آبی مطالعه شده است.

## ۲. مواد و روش ها

به منظور بررسی اثر تنش کم آبی و سالیسیلیک اسید بر برخی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه و تیورگرس آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرحی کاملاً تصادفی با سه سطح تنش خشکی ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ درصد آب در دسترس، به عنوان فاکتور اول و سه سطح سالیسیلیک اسید صفر (آب مقطر)، ۱ و ۲ میلی مولار به عنوان فاکتور دوم در سه تکرار، در گلخانه گروه علوم باغبانی دانشگاه زنجان در سال ۱۳۹۴ اجرا شد. هر واحد

و تیورگرس<sup>۱</sup> گیاهی چندساله متعلق به خانواده گندمیان<sup>۲</sup>، بومی مناطق جنوب هند است. برگ های و تیورگرس باریک و راست است و ۱۲۰ تا ۱۵۰ سانتی متر رشد می کند. قطر پایه هر بوته حدود ۳۰ سانتی متر و ارتفاع آن به ۵۰ تا ۱۵۰ سانتی متر می رسد [۳۶]. از این گیاه، علاوه بر استفاده به عنوان گیاه زینتی، به دلیل داشتن ریشه های مترآمک در تثبیت خاک نیز استفاده می شود. همچنین، اسانس و تیورگرس یکی از مهم ترین مواد خامی است که در عطرسازی کاربرد دارد. از گیاه و تیورگرس در صنایع آرایشی-بهداشتی و از ریشه آن در طب سنتی به عنوان ضد نفخ، محرک و معرق استفاده می شود [۳۶].

تنش کم آبی یکی از مهم ترین عوامل محدودکننده رشد و تولید محصول در سراسر دنیا به شمار می آید. این تنش از طریق ایجاد تغییرات آناتومیکی، مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی بر جنبه های مختلف رشدونمو گیاه تأثیر می گذارد. شدت خسارت های کم آبی بستگی به طول مدت تنش و مرحله رشد گیاه متفاوت است. این تنش باعث کاهش فتوسنتز، هدایت روزنه ای، بیوماس، رشد و در نهایت عملکرد گیاه می شود [۱۷].

سالیسیلیک اسید<sup>۳</sup> یا اورتو هیدروکسی بنزوئیک اسید<sup>۴</sup> تنظیم کننده رشد گیاهی از گروه فنل ها و عامل غیر آنزیمی آنتی اکسیدانی در تنظیم بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیکی در گیاهان با غلظت های کم مؤثر است. سالیسیلیک اسید در تعدادی از فعالیت های فیزیولوژیکی گیاه نظیر تنفس، بسته شدن روزنه ها، جوانه زنی بذر، رسیدن میوه، گلیکولیز و گلدهی نقش مهمی ایفا می کند. استفاده از سالیسیلیک اسید باعث تغییر در بعضی

1. Vetiver grass, *Chrysopogon zizanioides* (L). Roberty
2. Poaceae
3. Salicylic Acid, (SA)
4. Ortho hydroxy benzoic acid

در گرم وزن تر برگ) با استفاده از فرمول (۱) محاسبه شد [۱۹].

(۱)

$$\text{mg Chl/g FW} = [(20.2(D_{645 \text{ nm}}) + (8.02(D_{663 \text{ nm}}) \times V/G \times 1000] \times 1000$$

در این فرمول D نشان‌دهنده جذب عصاره، G وزن تر برگ‌ها به میلی‌گرم و V حجم نهایی عصاره به میلی‌لیتر است.

برای اندازه‌گیری میزان پرولین به‌طور خلاصه، ۰/۱ گرم نمونه تازه با استفاده از نیتروژن مایع خردشده و با ۲ میلی‌لیتر سولفوسالیسیلیک اسید<sup>۶</sup> ۳ درصد هموزن شد. پس از ۲۰ دقیقه سانتیفریوژ با شدت ۱۵۰۰۰ دور در دقیقه، ۰/۵ میلی‌لیتر از روشناور به‌همراه ۲ میلی‌لیتر اسید ناین هیدرین<sup>۷</sup> و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک به‌مدت یک ساعت داخل آب جوش قرار داده شد و واکنش در داخل یخ به پایان رسید. با اضافه‌کردن ۲ میلی‌لیتر تولوئن جذب مایع رنگی حاوی پرولین در طول موج ۵۲۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری و میزان پرولین با استفاده از فرمول حاصل از منحنی استاندارد پرولین محاسبه شد [۲۰].

به‌منظور سنجش ترکیبات فنلی ۰/۱ گرم از وزن تر برگ در ۱ میلی‌لیتر اتانول ۸۰ درصد ساییده شد. عصاره حاصل به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق (در تاریکی) نگهداری، سپس سانتیفریوژ شد. ۱۰۰ مایکرولیتر از عصاره گیاهی با ۲۰۰ مایکرولیتر از معرف فولین<sup>۸</sup> و ۲ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط شد و به مدت سه دقیقه در دمای اتاق قرارگرفت. سپس، ۱ میلی‌لیتر کربنات سدیم ۲۰ درصد به مخلوط اضافه شد و به‌مدت یک ساعت در دمای اتاق قرارگرفت. پس از این مدت، جذب رنگ آبی تولیدشده در طول موج ۷۶۵ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر

آزمایشی (تکرار) شامل سه گلدان بود. نشاهای گیاه و تیورگرس به ارتفاع ۱۵ سانتی متر از شرکت تک جم تنکابن تهیه و در گلدان‌هایی به ارتفاع ۵۰ و قطر ۲۵ سانتی متر پر شده با خاک لوم کشت شد. پس از شش ماه رشد گیاه، تیمارها به‌مدت شش هفته اعمال شد. سطوح مختلف سالیسیلیک اسید به‌طور هفتگی روی شاخساره تیورگرس محلول پاشی شد. برای اعمال تیمارهای تنش کم‌آبی، میزان آب در دسترس<sup>۱</sup>، ظرفیت زراعی<sup>۲</sup> و نقطه پژمردگی دائم<sup>۳</sup> خاک مورد استفاده در آزمایشگاه خاک شناسی مشخص شد. از تفاضل اعداد رطوبتی ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم، میزان آب در دسترس به‌دست آمد و تیمارهای ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ درصد آب در دسترس اجرا شد. برای اندازه‌گیری رطوبت خاک و محاسبه تغییرات آن در حد فاصل دو آبیاری از دستگاه تاپروب<sup>۴</sup> استفاده شد.

در پایان آزمایش و پس از خارج کردن گیاهان از گلدان برای محاسبه طول ریشه، میانگین ۱۰ عدد از بلندترین ریشه‌ها اندازه‌گیری شد. سپس، ریشه و شاخساره در آون با درجه حرارت ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت خشک شد. وزن خشک آن با ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد [۲].

در اندازه‌گیری میزان کلروفیل کل، مقدار ۰/۱ گرم وزن تازه برگ در هاون چینی با ازت مایع خرد و ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد به آن اضافه شد. سپس، نمونه‌ها در دستگاه سانتیفریوژ با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه قرارگرفت. میزان جذب عصاره استخراج‌شده در طول موج‌های ۶۴۵ نانومتر و ۶۶۳ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر<sup>۵</sup> قرائت و میزان کلروفیل (میلی‌گرم کلروفیل

1. available water
2. field capacity
3. permanent wilting point
4. Theta Probe (Spectrum TDR Inc, USA)
5. Spectrophotometer (Analytikjena, Specord 250)

6. sulfosalicylic acid  
7. acid ninhydrin  
8. folin-cicalteu

اسید و آب در دسترس بر تمام صفات در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن معنادار بود. اثر متقابل سالیسیلیک اسید و میزان آب در دسترس بر همه صفات، به جز طول ریشه، معنادار بود. به همین دلیل در مورد این صفت مقایسه میانگین آثار ساده ارائه شد.

### ۱.۳. رشد ریشه و شاخساره و طول ریشه

تنش کم آبی سبب کاهش وزن خشک ریشه و شاخساره گیاه و تیورگرس شد. کاربرد سالیسیلیک اسید وزن خشک ریشه و شاخساره را در شرایط تنش افزایش داد. البته، در مورد وزن خشک ریشه، این اثر تنها در شرایط ۴۰ درصد آب در دسترس معنادار بود. همچنین، طول ریشه با کاربرد سالیسیلیک اسید، همچنین با کاهش میزان آب در دسترس افزایش یافت، هر چند برهم کنش تنش کم آبی و کاربرد سالیسیلیک اسید در رابطه با طول ریشه معنادار نشد (شکل ۱ و ۲).

اندازه گیری شد. برای محاسبه غلظت پلی فنل ها از منحنی استاندارد گالیک اسید استفاده شد [۲۸].

به منظور محاسبه نشت یونی، نمونه های برگگی با آب مقطر شسته شده و در ۲۰ میلی لیتر آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت روی شیکر قرار داده شد. سپس، هدایت الکتریکی محلول اندازه گیری شد. پس از آن لوله های آزمایش حاوی نمونه به مدت ۲۰ دقیقه در آب جوش قرار گرفت و پس از سرد شدن در دمای اتاق، مجدداً هدایت الکتریکی محلول اندازه گیری شد. میزان نشت یونی به صورت درصد، از تقسیم هدایت الکتریکی اولیه بر هدایت الکتریکی سلول های مرده محاسبه شد [۴۸]. آنالیز واریانس داده ها با استفاده از نرم افزار SAS 9.1.3 انجام شد. برای مقایسه میانگین ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

### ۳. نتایج و بحث

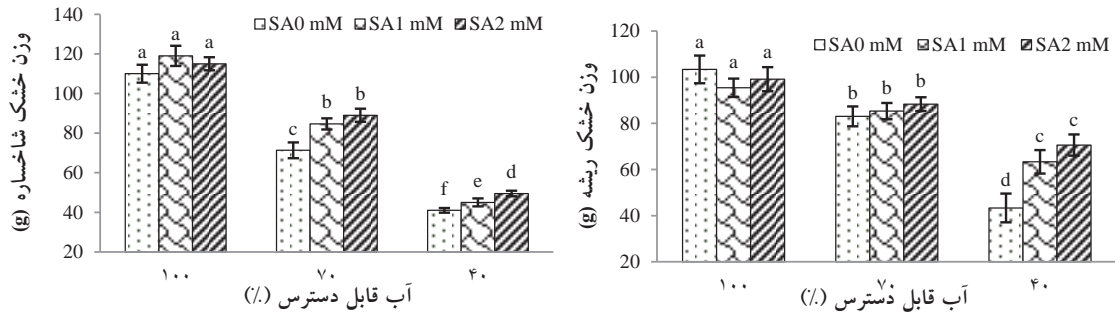
بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده ها آثار ساده سالیسیلیک

جدول ۱. تجزیه واریانس اثر میزان آب در دسترس و سالیسیلیک اسید بر برخی ویژگی های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی

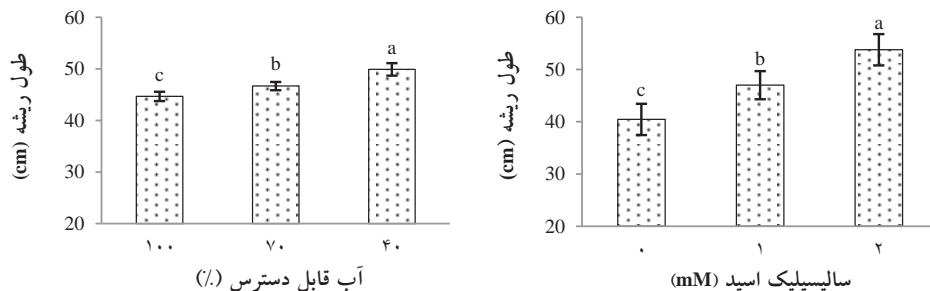
وتیورگرس		میانگین مربعات						منبع تغییرات
پرو لین	نشت یونی	فنل کل	کلروفیل	طول ریشه	وزن خشک شاخساره	وزن خشک ریشه	درجه آزادی	
۱۴/۷۹**	۱۸۱۳/۲*	۱۴/۰۱**	۰/۹۲۸**	۶۲/۴۸**	۲۸۱/۴**	۳۷۵۸/۷*	۲	آب در دسترس
۰/۲۳۲**	۴۶/۰۵*	۰/۲۷**	۰/۱۰۲**	۴۰۰/۰۳*	۱۰۸۷۷**	۲۰۰/۴۲*	۲	سالیسیلیک اسید
۰/۰۳۳**	۱۰/۰۱*	۰/۰۱۸**	۰/۰۰۱۹**	۲/۳۷ <sup>ns</sup>	۴۴/۱۳**	۲۳۲/۴*	۴	آب در دسترس × سالیسیلیک اسید
۰/۰۰۵۳	۲/۷۹	۰/۰۰۴۵	۰/۰۰۰۳	۱/۱۸	۷/۲۵	۲۵/۹	۱۸	خطا
۱/۶۵	۶/۵۹	۱/۵۲	۱/۷۲	۲/۳۱	۳/۳۴	۶/۲۶	-	ضریب تغییرات (%)

\*\* و \* به ترتیب معنادار در سطح احتمال ۱ و ۰/۵ درصد ns غیر معنادار

اثر سالیسیلیک اسید بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی و تیورگرس تحت شرایط تنش کم‌آبی



شکل ۱. برهم‌کنش تنش کم‌آبی و سالیسیلیک اسید بر وزن خشک شاخساره و ریشه گیاه و تیورگرس؛ در هر شکل میانگین‌های با حروف مشابه اختلاف معنادار در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن ندارد. خطوط عمودی روی میانگین‌ها نشان‌دهنده خطای استاندارد است.



شکل ۲. اثر سالیسیلیک اسید و تنش کم‌آبی بر طول ریشه گیاه و تیورگرس؛ در هر شکل میانگین‌های با حروف مشابه اختلاف معنادار در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن ندارد. خطوط عمودی روی میانگین‌ها نشان‌دهنده خطای استاندارد است.

مورد نیاز گیاه را تأمین کند [۱۵]. طول ریشه تحت شرایط کم‌آبی در گیاه مرزه [۵] و دو گونه چمن [۱۲] نیز افزایش یافته است. گزارش شده است که کاربرد سالیسیلیک اسید فعالیت آنزیم روبیسکو را افزایش می‌دهد. در نتیجه، بر فتوسنتز اثر مثبت دارد. همچنین، سالیسیلیک اسید با افزایش توان آنتی‌اکسیدانی گیاه در حفظ ساختار کلروپلاست در شرایط تنش مؤثر است [۴۱].

افزایش مشاهده‌شده در وزن خشک شاخساره و ریشه را می‌توان به بهبود فتوسنتز در اثر کاربرد سالیسیلیک اسید نسبت داد. با توجه به غیرمعنادار بودن اثر سالیسیلیک اسید در شرایط بدون تنش، به‌نظر می‌رسد در این رابطه نقش

گزارش شده است که با کاهش میزان آب مورد نیاز گیاه، میزان فتوسنتز و تولید خالص کاهش می‌یابد، در نتیجه وزن خشک گیاه نیز کاهش می‌یابد [۱۱]. کاهش وزن خشک اندام هوایی تحت شرایط خشکی، در دو گونه چمن فصل سرد کتاکی و چمانوش نیز مشاهده شده است [۲۷].

ریشه جزء اصلی گیاه است و در استقرار و پایداری آن اهمیت ویژه‌ای دارد. ریشه‌های گیاهان در شرایط آبیاری کامل، لایه‌های کم‌عمق خاک را برای رشد ترجیح می‌دهد، اما در شرایط تنش آبی ریشه‌ها بیشتر در لایه‌های عمیق‌تر خاک رشد می‌کند که مرطوب است تا بدین وسیله آب

کلروفیل شد. البته، تنها در تیمار ۴۰ درصد آب در دسترس بین سطوح ۱ و ۲ میلی-مولار سالیسیلیک اسید تفاوت معنادار مشاهده شد (شکل ۳).

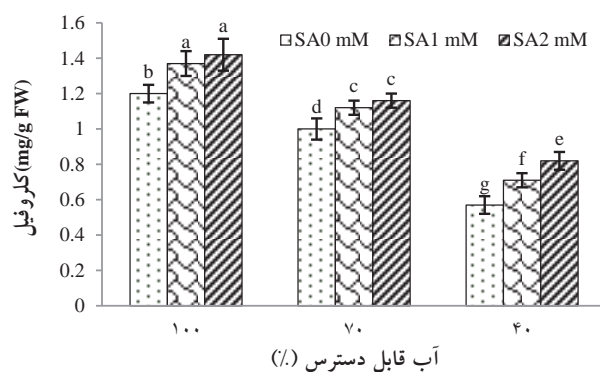
میزان کلروفیل در گیاهان یکی از فاکتورهای مهم در حفظ ظرفیت فتوسنتزی و نشانگر جهت تنش خشکی است [۵۰]. از جمله دلایلی که برای کاهش محتوای کلروفیل در شرایط تنش خشکی عنوان شده می‌توان به تخریب غشای تیلاکوئیدهای کلروپلاست و اکسایش نوری کلروفیل در اثر افزایش فعالیت گونه‌های فعال اکسیژن و افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز اشاره کرد [۱۸]. همچنین، در اثر تنش خشکی تشکیل پلاستیدهای جدید حاوی کلروفیل کاهش می‌یابد. از دیگر عوامل کاهش کلروفیل، رقابت آنزیم گلوتامیل کیناز و آنزیم گلوتامات لیگاز در شرایط تنش کم‌آبی است که باعث شده تا پیش‌ساز گلوتامات، بیشتر به مصرف سنتز پرولین برسد. در نتیجه بیوسنتز کلروفیل با محدودیت مواجه می‌شود [۹]. کاهش میزان کلروفیل برگ چمن پوا پراتنسیس [۴] و جو وحشی [۱۰] در اثر تنش خشکی مشاهده شده است.

غیرمستقیم این تنظیم‌کننده رشد در افزایش فتوسنتز، یعنی بالابردن توان دفاعی گیاه در برابر رادیکال‌های آزاد اکسیژن، مؤثرتر بوده است.

در پژوهشی روی گندم کاربرد سالیسیلیک اسید علاوه بر افزایش سطح و تعداد برگ، میزان فتوسنتز کل گیاه را افزایش داد و باعث تجمع ماده خشک در شرایط تنش شوری شد [۲۹]. از دیگر دلایل اثر مثبت سالیسیلیک اسید بر میزان رشد گیاه بهبود جذب آب و مواد معدنی در اثر کاربرد این ماده است [۲۹]. مشاهدات دیگری نیز در ارتباط با افزایش رشد ریشه و شاخساره در اثر کاربرد سالیسیلیک اسید وجود دارد [۸، ۳۴، ۳۷]. همچنین، سالیسیلیک اسید توانسته است طول ریشه را در گیاهان گلرنگ [۳] و گندم [۷] افزایش دهد که با نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر مطابقت دارد.

### ۲.۳. میزان کلروفیل کل

میزان کلروفیل کل برگ‌ها با کاهش میزان آب در دسترس در محیط ریشه گیاهان کاهش یافت. کاربرد سالیسیلیک اسید در تمام سطوح تنش کم‌آبی سبب افزایش میزان



شکل ۳. برهم‌کنش تنش خشکی و سالیسیلیک اسید بر میزان کلروفیل برگ گیاه وتیورگرس؛ در هر شکل میانگین‌های با حروف مشابه اختلاف معنادار در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن ندارد. خطوط عمودی روی میانگین‌ها نشان‌دهنده خطای استاندارد است.

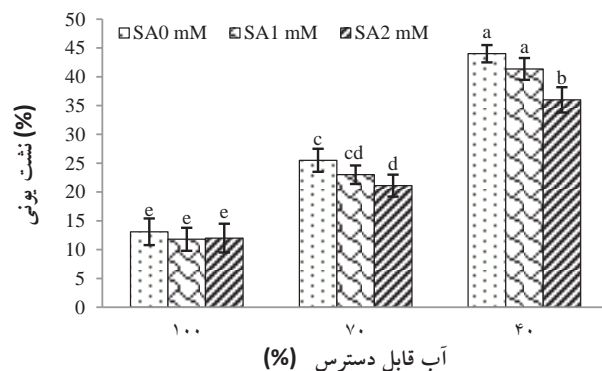
در شرایط ۷۰ درصد آب در دسترس بین سطوح ۱ و ۲ میلی‌مولار هم تفاوت معنادار وجود نداشت. ولی کاربرد ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید در شرایط تنش کم‌آبی توانست نشت یونی را به‌طور معناداری نسبت به گیاهان تیمارنشده کاهش دهد (شکل ۴).

از راهبردهای مهم توسعه مقاومت به خشکی در گیاهان، حفاظت غشای سلولی در زمان مواجهه با خشکی است. کمبود آب سبب خسارت به غشای سلولی می‌شود. نتیجه آن افزایش نشت الکترولیت‌هاست. افزایش میزان نشت الکترولیت متناسب با افزایش شدت تنش خشکی گزارش شده است [۳۲]. افزایش تنش کم‌آبی سبب افزایش تولید و تجمع ترکیبات سمی اکسیژن‌دار و رادیکال‌های آزاد در گیاهان تحت تنش می‌شود و این رادیکال‌های آزاد سبب پراکسایش ترکیبات لیپیدی بافت‌ها نظیر فسفولیپیدهای غشای سلولی می‌شود. تغییر در ساختار غشای سلول موجب افزایش تراوایی سلول می‌شود و الکترولیت‌های سلول به بیرون تراوش می‌شود و گیاه دچار پژمردگی می‌گردد [۲۶].

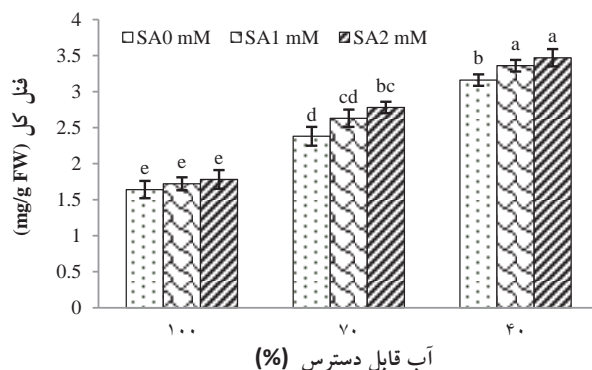
مشابه نتایج پژوهش حاضر، کاربرد سالیسیلیک اسید در شرایط تنش کم‌آبی موجب افزایش کلروفیل برگ ذرت شد [۱۳]. محتوای کلروفیل برگ وابستگی زیادی به سلامت کلروپلاست‌ها دارد و عواملی که سبب آسیب به غشای کلروپلاست می‌شود، در کاهش میزان کلروفیل نقش دارد [۳۵]. با توجه به افزایش نشت یونی در اثر تنش کم‌آبی در این آزمایش که نشان‌دهنده آسیب به غشای سلولی است، احتمالاً یکی از دلایل کاهش میزان کلروفیل آسیب به غشای کلروپلاست‌ها بوده است. از طرفی، در مطالعات مختلف به نقش سالیسیلیک اسید در کاهش خسارت به غشاهای سلولی و افزایش پایداری غشا اشاره شده است [۱۳، ۱۴] که توجیهی در جهت اثر مثبت کاربرد سالیسیلیک اسید بر میزان کلروفیل است.

### ۳.۳. نشت یونی

در پژوهش حاضر، تنش کم‌آبی نشت یونی سلول‌ها را در شاخساره به‌طوری معناداری افزایش داد. در تیمارهای ۴۰ و ۷۰ درصد آب در دسترس، بین گیاهانی که ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید دریافت کرده بودند و گیاهان تیمارنشده تفاوت معناداری از نظر نشت یونی مشاهده نشد. همچنین،



شکل ۴. برهم‌کنش تنش خشکی و سالیسیلیک اسید بر نشت یونی برگ گیاه وتیورگرس. در هر شکل میانگین‌های با حروف مشابه اختلاف معنادار در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن ندارد. خطوط عمودی روی میانگین‌ها نشان‌دهنده خطای استاندارد است.



شکل ۵. برهم‌کنش تنش خشکی و سالیسیلیک اسید بر میزان فنل کل برگ گیاه و تیورگرس. در هر شکل میانگین‌های با حروف مشابه اختلاف معنادار در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن ندارد. خطوط عمودی روی میانگین‌ها نشان‌دهنده خطای استاندارد است.

قرارگرفتن به‌عنوان سوبسترای آنزیم‌های پراکسیداز. افزایش ترکیبات پلی‌فنلی در شرایط تنش مربوط به ساختار ژنتیکی و محیط رشد گیاهان است. در واقع، تنش‌های غیرزیستی باعث تجمع ترکیبات پلی‌فنلی در گیاه می‌شود [۲۲].

در گیاهان مختلف، به‌دلیل وجود درجات متفاوتی از مقاومت به خشکی، میزان تجمع ترکیبات فنولیک برای پاکسازی رادیکال‌های آزاد متغیر است [۲۱]. بر اساس تحقیقات انجام‌شده مسیر فنیل پروپانویید مسئول سنتز طیف متفاوتی از متابولیت‌های فنولیک است که اغلب آن‌ها در اثر تنش تولید می‌شود و دارای پیش‌سازها و مواد حدواسط مشترکی است [۳۰]. در بررسی اثر تنش خشکی ناشی از پلی‌اتیلن گلایکول در گیاه گندم مشخص شد که علت بالارفتن سطوح ترکیبات فنلی، افزایش فعالیت و میزان آنزیم بیوسنتزی فنل‌ها (فنیل‌آلانین آمونیا لیاز) است [۴۹].

همسو با نتایج پژوهش حاضر، افزایش ترکیبات فنلی تحت تنش خشکی در گیاهان دیگر نیز گزارش شده است [۳۸، ۱۶]. سالیسیلیک اسید جزء پیام‌رسان کلیدی در فعال‌سازی پاسخ‌های اختصاصی دفاعی گیاه شناخته

سالیسیلیک اسید از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، گیاه را از صدمات حاصل از واکنش‌های اکسایشی حفظ می‌کند. همچنین، کاربرد سالیسیلیک اسید میزان پلی‌آمین‌های پوترسین، اسپرمیدین و اسپرمین را در گیاه افزایش می‌دهد که به یکپارچگی و حفظ غشا تحت شرایط تنش خشکی کمک می‌کند [۴۵]. کاهش میزان نشت یونی در شرایط تنش کم‌آبی در گیاهانی مانند ذرت و خردل نیز گزارش شده است [۸، ۱۳].

#### ۴.۳. فنل کل

میزان فنل کل شاخصه با پیشرفت تنش کم‌آبی افزایش یافت. به‌طور کلی، گیاهان تیمار شده با سالیسیلیک اسید فنل کل بیشتری نسبت به گیاهان تیمار نشده داشت، هر چند که اختلاف معنادار بین سطوح ۱ و ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید دیده نشد (شکل ۵).

ترکیبات فنلی یکی از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی شناخته شده است که با سازوکارهای متعددی نقش آنتی‌اکسیدانی خود را ایفا می‌کند، مثل حذف رادیکال‌های آزاد و قطع واکنش‌های زنجیره‌وار اکسایشی، دادن هیدروژن به رادیکال‌های پراکسیل، کلاته کردن یون‌های فلزی و



شاخساره می‌شود. کاربرد ۱ و ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید بر شاخساره در سطوح آب در دسترس ۴۰ و ۷۰ درصد به‌طور معناداری موجب افزایش پرولین شد (شکل ۶).

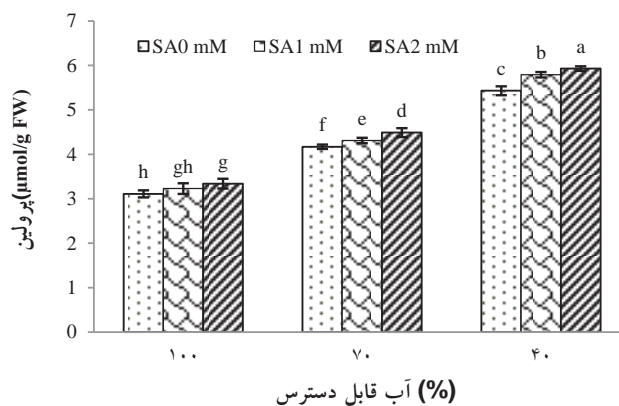
پرولین از طریق سازوکارهای مختلف شامل تنظیم وضعیت اسمزی، سم‌زدایی گونه‌های فعال اکسیژن و ثبات آنزیم‌ها یا پروتئین‌ها، گیاهان را در مقابل تنش‌های محیطی محافظت می‌کند. در برخی گیاهان ثابت شده است که تغییرات میزان پرولین با توانایی آن‌ها در تحمل یا سازش به شرایط تنش مرتبط است و شاخصی برای انتخاب گیاهان مقاوم به تنش استفاده می‌شود [۳۹]. افزایش پرولین هنگام تنش نشان‌دهنده نقش این اسید آمینه در تنظیم فشار اسمزی است. تنظیم اسمزی در گیاهان سازوکار اصلی اجتناب از تنش‌های آبی در محیط‌های خشک و شور است [۴۰]. تنش خشکی از دو طریق افزایش بیان آنزیم‌های سنتزکننده پرولین و کاهش فعالیت آنزیم‌های تخریب‌کننده پرولین باعث افزایش میزان پرولین در گیاه می‌شود [۳۱].

می‌شود و مولکولی پیام‌رسان است که سبب افزایش رونویسی mRNA خاص آنزیم فنیل‌آلانین آمونیلایز می‌شود که پاسخ‌های دفاعی گیاه و بیوسنتز و تجمع ترکیبات فنولی را به دنبال دارد. در نتیجه، استفاده از ترکیبات البیستوری مانند سالیسیلیک اسید راهکاری مؤثر در افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه مانند ترکیبات فنلی و فلاونوئیدها و سایر ترکیبات شناخته شده است [۴۴].

اثر محرک سالیسیلیک اسید بر آنزیم فنیل‌آلانین آمونیلایز، ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی در گیاه سیاهدانه [۳۳] و کنگرفرنگی [۴۴] گزارش شده است. همچنین، کاربرد سالیسیلیک اسید در گیاه برنج موجب القای بیان ژن پروتئین‌های مربوط به سوخت‌وساز فنیل پروپانوئید و القای سنتز ترکیبات فنلی شد [۲۵]. افزایش میزان ترکیبات فنلی تحت تأثیر سالیسیلیک اسید در گیاه مریم‌گلی نیز مشاهده شده است [۲۳].

### ۵.۳. میزان پرولین

نتایج نشان داد که تنش کم آبی باعث افزایش میزان پرولین



شکل ۶. برهم‌کنش تنش خشکی و سالیسیلیک اسید بر میزان پرولین برگ گیاه و تیورگرس؛ در هر شکل میانگین‌های با حروف مشابه اختلاف معنادار در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن ندارد. خطوط عمودی روی میانگین‌ها نشان‌دهنده خطای استاندارد است.

۲. ارغوانی م (۱۳۸۸) مطالعه فیزیولوژی و مورفولوژیکی چمن‌های لولیوم پرنه و پوآ پراتنسیس، تحت تأثیر کاربردترینگزپاک اتیل، مدیریت سربرداری و منبع نیتروژن در شرایط تنش شوری. دانشگاه تهران. تهران. رساله دکتری.
۳. امیری ا، یداللهی ده‌چشمه پ، سیروس مهر س و اسماعیل زاده بهابادی ص (۱۳۹۴) تأثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک و کیتوزان بر صفات مورفولوژیکی گیاه گلرنگ در منطقه سیستان. نشریه تولید گیاهان روغنی. ۲(۱): ۴۳-۵۵.
۴. تاتاری م، فتوحی قزوینی ر، اعتمادی نا، احدی عم و موسوی ا (۱۳۹۲) مطالعه واکنش‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی چمن *Poa pratensis* L. رقم Barimpala تحت تنش خشکی. علوم باغبانی ایران. ۴۴: ۳۲۹-۳۴۰.
۵. سودائی زاده ح، شمسانی م، تجملیان م، میرمحمدی سع و حکیم‌زاده مع (۱۳۹۵) بررسی تأثیر تنش خشکی بر برخی از صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی مرزه. فرایند و کارکردهای گیاهی. ۵(۱۵): ۱-۱۲.
۶. شعاع م و میری ح (۱۳۹۱) کاهش اثرات سوء تنش شوری بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی گندم از طریق کاربرد اسید سالیسیلیک. مجله الکترونیکی تولید گیاهان زراعی. ۵(۱): ۷۱-۸۸.
۷. عبداللهی م و شکاری ف (۱۳۹۲) اثر پرایمینگ با سالیسیلیک اسید روی بنیه و کارکرد گیاهچه‌های گندم در تاریخ‌های کاشت متفاوت. تحقیقات غلات. ۳(۱): ۱۷-۳۲.
- در پژوهش‌های متعدد افزایش میزان پرولین در شرایط تنش خشکی مشاهده شده است [۱۲، ۱۴]. در گندم سالیسیلیک اسید باعث افزایش محتوای آب‌سازیک اسید شد. یکی از دلایل اثر سالیسیلیک اسید بر تجمع پرولین، ممکن است القای تولید آب‌سازیک اسید باشد [۴۶]. همچنین، گزارش شده است که سالیسیلیک اسید از طریق فعال‌سازی ژن  $P_5CS_2$  به افزایش بیوسنتز و تجمع پرولین می‌انجامد [۲۴]. افزایش میزان پرولین در شرایط تنش خشکی در اثر کاربرد سالیسیلیک اسید در برخی آزمایش‌های دیگر نیز مشاهده شده است [۱، ۴۷].
- در مجموع، با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در رابطه با برهم‌کنش تنش خشکی و کاربرد سالیسیلیک اسید بر صفات اندازه‌گیری شده می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از سالیسیلیک اسید در شرایط بدون تنش، تأثیر کمتری بر بهبود شاخصهای فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گیاه و تیورگرس داشت، ولی در شرایط تنش کم‌آبی کاربرد این تنظیم‌کننده رشد توانست با جلوگیری از کاهش شدید میزان کلروفیل برگ‌ها، افزایش محتوای پرولین، فنل کل و کاهش خسارت‌های وارد شده به غشای سلولی، رشد ریشه و شاخساره گیاه را افزایش دهد. در تیمار ۴۰ درصد آب در دسترس، به غیر از صفات فنل کل و وزن خشک ریشه، در سایر صفات کاربرد ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید نتیجه بهتری نسبت به تیمار ۱ میلی‌مولار داشت و پیشنهاد می‌شود در مطالعات بعدی غلظت‌های بالاتر این ماده مطالعه شود.

## منابع

۱. ابراهیمی م و جعفری حقیقی ب (۱۳۹۱) اثر کاربرد سالیسیلیک اسید بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت در شرایط تنش خشکی. اکوفیزیولوژی گیاهی. ۴(۱۰): ۱-۱۳.

15. Abdalla MM and El-Khoshiban NH (2007) The influence of water stress on growth, relative water content, photosynthetic pigments, some metabolic and hormonal contents of two (*Triticum aestivum*) cultivars. *Journal of Applied Sciences Research*. 3(12): 2062-2074.
16. Abdelrahman R, Ahmed MM and Hanan MA (2012) Effect of drought and salinity stress on total phenolic, flavonoids and flavonols contents and antioxidant activity in in vitro sprout cultures of garden cress (*Lepidium sativum*). *Journal of Applied Sciences Research*. 8: 3934-3942.
17. Abdul Jaleel C, Manivannan P, Wahid A, Farooq M, Somasundaram R and Panneerselvam R (2009) Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. *International Journal of Agriculture and Biology*. 11: 100-105.
18. Alonso R, Elvira S, Castillo FJ and Gimeno BS (2001) Interactive effects of ozone and drought stress on pigments and activities of antioxidative enzymes in *Pinus halepensis*. *Plant Cell and Environment*. 24: 905-916.
19. Arnon DJ (1956). Chlorophyll absorption spectrum and quantitative determination. *Biochemical and Biophysical Acta*. 20: 449-461.
20. Bates L, Waldern RP and Teare D (1973) Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil*. 39(1): 205-207.
21. Boscaiu M, Sanchez M, Bautista I, Donat P, Lidon A, Llinares J, Llul C, Mayoral O, and Vicente O (2010) Phenolic compounds as stress markers in plants from gypsum habitats. *Bulletin of the University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca Horticulture*. 67: 44-49.
۸. فاضلی کاخاکی س ف، غیاث‌آبادی م و گلدانی م (۱۳۹۳) اثر سالیسیلیک اسید در تخفیف تنش خشکی از طریق بهبود برخی صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، عملکرد بوته و اجزای آن در گیاه خردل. *تنش‌های محیطی در علوم زراعی*. ۷: ۶۵-۷۷.
۹. کافی م، برزویی ا، صالحی م، کمندی ع، معصومی ع و نباتی ج (۱۳۹۳) فیزیولوژی تنش‌های محیطی در گیاهان. *انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد*. ۵۰۴ ص.
۱۰. گنجی م، فرهمندفر ا، شهبازی م و زهزای م (۱۳۹۵) بررسی خصوصیات بیوشیمیایی و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های منتخب جو وحشی (*Hordeum vulgare ssp. spontaneum*) در سطوح مختلف تنش خشکی. *فرایند کارکرد گیاهی*. ۵(۱۵): ۸۹-۷۵.
۱۱. لباسچی م ح و شریفی عاشورآبادی ا (۱۳۸۳) شاخص‌های رشد برخی گونه‌های گیاهان دارویی در شرایط مختلف تنش خشکی. *فصلنامه پژوهشی تحقیقاتی گیاهان دارویی و معطر ایران*. ۲۰(۳): ۲۶۱-۲۴۹.
۱۲. مصطفائی ا، روزبان م، اعتمادی ن و عرب م (۱۳۹۴) ارزیابی مقاومت به خشکی در دو گونه چمن بومی ایران. *فرایند و کارکرد گیاهی*. ۴(۱۴): ۴۰-۳۱.
۱۳. مهربان مقدم ن، آروین م ج، خواجه‌جویی‌نژاد غ و مقصودی ک (۱۳۹۰) اثر اسید سالیسیلیک بر رشد و عملکرد علوفه و دانه ذرت در شرایط تنش خشکی در مزرعه. *به‌زراعی نهال و بذر*. ۲۷(۱): ۵۵-۴۱.
۱۴. نقی‌زاده م و غلامی‌توران‌پشتی م (۱۳۹۳) بررسی خصوصیات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی ژنوتیپ‌های منتخب جو وحشی در سطوح مختلف تنش خشکی. *نشریه بوم‌شناسی کشاورزی*. ۶(۱): ۱۷۰-۱۶۲.

22. Chu YH, Chang CL and Hsu HF (2000) Flavonoid content of several vegetable and their antioxidant activity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 80(5): 561-566.
23. Dong J, Wan G and Liang Z (2010) Accumulation of salicylic acid-induced phenolic compounds and raised activities of secondary metabolic and antioxidative enzyme in *Salvia miltiorrhiza* cell culture. *Journal of Biotechnology*. 148: 99-104.
24. Fabro G, Kovacs I, Pavet V, Szabados, L and Alvarez ME (2004) Proline accumulation and At P5CS2 gene activation are induced by plant pathogen incompatible interactions in *Arabidopsis*. *Molecular Plant-Microbe Interactions*. 17: 345-350.
25. Fang CX, Xiong J, Qiu L, Wang HB, Song BQ, He HB, Lin RY and Lin WX (2009) Analysis of gene expression associated with increased allelopathy in rice (*Oryza sativa* L.) induced by exogenous salicylic acid. *Plant Growth Regulation*. 57: 163-172.
26. Foyer CH, Leadis M and Kunert KJ (1994) Photo oxidative stress in plants. *Plant Physiology*. 92: 696-717.
27. Fu J and Huang B (2001) Involvement of antioxidants and lipid peroxidation in the adaptation of two cool season grasses to localized drought stress. *Environmental and Experimental Botany*. 45: 105-114.
28. Gao X, Ohlander M, Jeppsson N, Bjork L and Trajkovski V (2000) Changes in antioxidant effects and their relationship to phytonutrients in fruit of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) during maturation. *Agricultural and Food Chemistry*. 48: 1458-1490.
29. Hamada AM and Al-Hakimi AMA (2001) Salicylic acid versus salinity drought-induced stress on wheat seedlings. *Rostlinna Vyroba*. 47(10): 444-450.
30. Hernandez I, Alegre L and Munne-Bosch S (2004) Drought-induced changes in flavonoids and other low molecular weight antioxidants in *Cistus clusii* grown under Mediterranean field conditions. *Tree Physiology*. 24: 1303-1311.
31. Heuer B (1994) Osmoregulatory role of proline in water and salt stressed plants. In: Pessaraki M (Ed.), *Handbook of Plant and Crop Stress*, Marcel Dekker Pub., New York. pp. 363- 481.
32. Hura T, Hura K, Grzesiak M and Rezepka A (2007) Effect of long-term drought stress on leaf gas exchange and fluorescence parameters in C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> Plant. *Acta Physiologiae Plantarum*. 29: 103-113.
33. Kabiri R, Nasibi F and Farahbakhsh H (2014) Effect of exogenous salicylic acid on some physiological parameters and alleviation of drought stress in *nigella sativa* under hydroponic culture. *Journal of Plant Protection Science*. 50 1): 43-51.
34. Khodary SFA (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.
35. Krause GH and Weis E (1991) Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: The Basics. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 42: 313-349.
36. Maffei M (2002) *Vetiveria*; The Genus *Vetivria*. Taylors and Francis, London, 193 p.
37. Metwally A, Finkemeier I, Georgi M and Dietz KJ (2003) Salicylic acid alleviates the cadmium toxicity in barley seedlings. *Plant Physiology*. 132: 272-281.
38. Min oh M, Cary E and Rajashekar CB (2010)

- Regulated water deficits improve phytochemical concentration in lettuce. *Journal of American Society for Horticultural Science*. 135: 223-229.
39. Niknam V, Razavi N, Ebrahimzadeh H and Sharifzadeh B (2006) Effect of NaCl on biomass, protein and proline contents and antioxidant enzymes in seedlings and calli of two *Trigonella* Species. *Biologia Plantarum*. 50(4): 591-596.
40. Perez-Perez JG, Robles JM, Tovar JC and Botia P (2009) Response to drought and salt stress of lemon Fino 49' under field conditions: Water relations, osmotic adjustment and gas exchange. *Scientia Horticulturae*. 122: 83-90.
41. Popova LP, Maslenkova LT, Yordanova RY, Ivanova AP, Krantev AP, Szalai G and Janda T (2009) Exogenous treatment with salicylic acid attenuates cadmium toxicity in pea seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry*. 47: 224-231.
42. Raskin I (1992) Salicylate, a new plant hormone. *Plant Physiology*. 99: 799-803.
43. Saeidnejad A, Mardani H and Naghibolghora M (2012) Protective effects of salicylic acid on physiological parameters and antioxidants response in maize seedlings under salinity stress. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*. 2(8): 364-373.
44. Samadi S, Ghasemnezhad A and Alizadeh M (2014) Investigation on phenylalanine ammonia-lyase activity of artichoke (*Cynara scolymus* L.) affected by methyl jasmonate and salicylic acid in in-vitro conditions. *Journal of Plant Production Research*. 21(4): 135-148.
45. Senaratna T, Touchell D, Bunn E and Dixon K (1999) Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulation*. 30: 157-161.
46. Sakhabutdinova AR, Fatkhutdinova DR, Bezrukova MV, Shakirova FM (2003) Salicylic acid prevents the damaging action of stress factors on wheat plants. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*. Special issue: 314-319.
47. Singh B and Usha K (2003) Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. *Plant Growth Regulation*. 39: 137-141.
48. Wang Z and Huang B (2004) Physiological Recovery of Kentucky bluegrass from simultaneous drought and heat stress. *Crop science*. 44: 1729-1736.
49. Wen PF, Chen JY, Wan SB, Kong WF, Zhang P, Wang W, Zhan J, Pan QH and Hung WD (2005) Salicylic acid activates phenylalanine ammonia-lyase in grape berry in response to high temperature stress. *Plant Growth Regulation*. 55: 1-10.
50. Yanbao L, Chunying Y and Chunyang L (2006) Differences in some morphological, physiological and biochemical responses to drought stress in two contrasting population of *populus przewalskii*. *Physiologia Plantarum*. 127: 182-191.



## Crops Improvement

(Journal of Agricultural Crops Production)

Vol. 19 ■ No. 3 ■ Autumn 2017

### Effect of salicylic acid on morphological and physiological characteristics of vetiver grass under water deficit stress conditions

Mohammad Safari<sup>1</sup>, Masoud Arghavani<sup>2\*</sup> and Azizollah Kheiry<sup>2</sup>

1. M.Sc., Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran

2. Assistant Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran

Received: August 3, 2016

Accepted: September 26, 2016

#### Abstract

This experiment was conducted in order to investigate the morphological and physiological responses of vetiver grass (*Chrysopogon zizanioides* L. Roberty), to water deficit stress and salicylic acid application at Department of Horticultural Sciences, University of Zanjan in 2015. After 6 months of planting transplants into pots, three soil available water levels (40, 70 and 100%) and salicylic acid concentrations (0, 1 and 2 mili Molar) were applied in a factorial experiment based on completely randomized design with three replications for six weeks. Salicylic acid applied through foliar spray weekly. Generally, water deficit reduced root and shoot dry weight and leaf chlorophyll content. Root length, total phenol, proline and electrolyte leakage of leaves were increased by reducing the amount of available water. Salicylic acid application improved negative effects of water deficit in all attributes and its effect was more pronounced in 40% available water treatment. In all available water levels, there was no significant difference between 1 and 2 mili Molar salicylic acid treatments in root dry weight and leaves total phenol whereas in other factors. 2 mili Molar salicylic acid application had better result and plants in this treatment had higher shoot dry weight, proline and chlorophyll content and less electrolyte leakage than 1 mili Molar salicylic acid treatment, suggesting that in order to increase water deficit tolerance of vetiver grass, higher concentration of this plant growth regulator must be evaluated.

**Keywords:** available water, growth regulators, shoot dry weight, tolerance, total phenol.