# اثر غلظت‌های متفاوت سالیسیلیک‌اسید بر تحمل شوری گیاهچه جو (*Hordeum vulgare* L.)

کبری مهدویان*

استادیار گروه زیست‌شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

* نویسنده مسئول: **mahdavian.k@gmail.com**

**تاریخ دریافت:** ۹۶/۰۵/۰۴ **تاریخ پذیرش:** ۹۶/۰۸/۰۲

## چکیده

**سالیسیلیک‌اسید، یک تنظیم‌کننده رشد گیاهی است که در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی و پاسخ گیاه به شرایط نامطلوب زیستی از قبیل شوری، نقش دارد. در همین حال، شوری خاک یک محدودیت عمده برای تولید مواد غذایی است. به‌واسطه سم‌زدایی رادیکال‌های سوپراکسید که در نتیجه شوری تولید می‌شود، سالیسیلیک‌اسید نقش مهمی در جلوگیری از آسیب‌های اکسیداتیو در گیاهان دارد. در این تحقیق اثر غلظت‌های مختلف سالیسیلیک‌اسید، شوری و برهمکنش سالیسیلیک‌اسید و شوری بر پارامترهای مورفولوژیکی و بیوشیمیایی در جو مورد مطالعه قرار گرفت. شوری با غلظت‌های صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار از شوری و سالیسلیک‌اسید با غلظت‌های صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار در یک طرح کاملاً تصادفی، به‌صورت فاکتوریل در سال ۱۳۹۴ مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که شوری باعث کاهش معنی‌دار رشد ساقه و ریشه، کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، هم‌چنین کاهش کلروفیل و کاروتنوئید شد؛ در حالی‌که در گیاهان پیش‌تیمار شده با سالیسیلیک‌اسید، مقدار این کاهش تعدیل شده است. از طرف دیگر، افزایش مقدار آنتوسیانین، کلروفیل و کاروتنوئید نشان دهنده نقش مصرف یک و یک ونیم میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید بر افزایش تحمل این گیاه در برابر تنش شوری است. با بررسی مطالب فوق احتمالاً می‌توان نتیجه‌گیری کرد که کاربرد سالیسیلیک‌اسید، تحمل گیاه را در مقابله با تنش شوری افزایش می‌دهد.**

**واژه‌های کلیدی:** آنتوسیانین، کاروتنوئید، کلروفیل و وزن خشک.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-24 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.36.8.9 ]

**مقدمه**

شوری یک فاکتور محیطی است که تمام مراحل رشد و نمو گیاه را از جوانه‌زنی تا تولید زیست‌توده، دانه و میوه، کم و بیش تحت اثر قرار می‌دهد. البته پاسخ گیاهان به شوری، به نوع گیاه، مراحل نموی گیاه، شدت و مدت تنش وابسته است (Manchanda and Garg, 2008). تنش شوری از رشد گیاهان می‌کاهد و تولید محصول در نتیجه بر هم‌خوردن تعادل در جذب عناصر ضروری، آب و تنش اکسیداتیو کاهش می‌یابد. اگرچه رشد گیاه، نتیجه فرایندهای فیزیولوژیک منظم و کامل است و مهار رشد گیاه توسط عوامل محیطی را نمی‌توان تنها به یک فرایند فیزیولوژیک خاص نسبت داد؛ اما پدیده فیزیولوژیک غالب، فتوسنتز است (Parida and Das, 2005). رشد گیاه و تولید زیست‌توده به میزان فتوسنتز خالص بستگی دارد و تنش شوری، بسته به شدت آن بر فتوسنتز اثر می‌گذارد. تنش شوری و خشکی نیز تعادل بین تولید گونه‌های فعال اکسیژن و از بین رفتن آن‌ها را برهم می‌زنند. تنش شوری با القای تنش آبی، موجب بسته شدن روزنه، کاهش غلظت دی‌اکسیدکربن در سلول‌های مزوفیل برگ گیاهان تحت تنش و تجمع NADPH در کلروپلاست می‌شود. در این شرایط مقدار $NADP^+$ در دسترس برای انجام واکنش‌های نوری فتوسنتز کاهش یافته، بنابراین اکسیژن به‌عنوان پذیرنده الکترون عمل کرده و منجر به تولید رادیکال سوپراکسید و به‌دنبال آن سایر گونه‌های فعال اکسیژن و در نهایت تنش اکسیداتیو می‌شود (Abdul Jaleel *et al*., 2009). برخی مواد از جمله سالیسیلیک‌اسید، هم‌چنین ارتوهیدروکسی‌بنزوئیک‌اسید، باعث کاهش آثار سوء تنش شوری در گیاهان می‌شوند (مهدویان، ۱۳۹۶). سالیسیلیک‌اسید یک ترکیب فنلی و شبه هورمونی است و نقش آن به‌عنوان یک مولکول علامتی، در پاسخ گیاهان به عوامل محیطی نشان داده شده است. این ترکیب باعث افزایش فعالیت سیستم دفاع آنتی‌اکسیداتیو و اثر بر تنفس و تمامیت غشاها می‌شود (Rajeshwari and Bhuvaneshwari, 2017; Nazar *et al*., 2011; Syeed *et al*., 2011; Khan *et al*., 2012). سالسیلیک‌اسید می‌تواند به سرعت از نقطه اولیه استعمال به بافت‌های مختلف گیاه منتقل شود. علاوه‌بر آن سالیسیلیک‌اسید یک هورمون تنظیم‌کننده درونی است که نقش آن در سازوکارهای دفاعی بر علیه تنش‌های زیستی و غیر زیستی به‌خوبی شناخته شده است (Szalai *et al*., 2000). در این پژوهش با هدف افزایش رشد و تحمل جو به شوری خاک، اثر سالیسیلیک‌اسید بر کاهش اثر تنش شوری بر رشد و تغییرات بیوشیمیایی گیاه جو بررسی شد.

**مواد و روش ها**

**شرایط کشت گیاهان**

این آزمایش در تابستان سال ۱۳۹۴ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط گلخانه‌ای دانشگاه پیام نور کرمان طراحی و اجرا شد. هنگامی که گیاه بعد از دو هفته به مرحله سه تا چهار برگی رسید، تیماردهی آغاز

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-24 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.36.8.9 ]

شد. در این آزمایش از پنج غلظت کلریدسدیم شامل صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار برای آبیاری و چهار غلظت سالیسیلیک‌اسید شامل صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار برای محلول‌پاشی استفاده شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه بار تکرار (در مجموع ۶۰ گلدان) در شرایط گلخانه‌ای اجرا شد. ابتدا بذرها با هیپوکلریت‌سدیم پنج درصد به مدت دو دقیقه ضدعفونی شده و سپس سه مرتبه با آب مقطر شستشو شدند. پنج بذر در گلدان‌هایی با خاک مزرعه، شن شسته‌شده و کود برگ با نسبت ۱:۱:۲ کاشته شده و در شرایط گلخانه‌ای در دمای ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد با طول دوره روشنایی ۱۶ ساعت (با استفاده از ترکیبی از لامپ‌های معمولی و مهتابی) نگهداری شدند. در مرحله تیماردهی، ابتدا سالیسیلیک‌اسید هر روز و به مدت یک هفته روی برگ‌ها اسپری شد. محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید در اولین ساعات صبح، با اسپری فشار ثابت و به‌طور کاملاً یکنواخت انجام شد. میزان محلول‌پاشی به اندازه‌ای بود که قطرات محلول بر روی برگ‌ها قابل مشاهده بود. هم‌چنین جهت تیمار سالیسیلیک‌اسید از تریتون X-100 به‌مقدار یک صدم درصد به‌عنوان سورفکتانت استفاده شد و سپس تیمارهای شوری هر روز به‌مدت یک هفته استفاده شد. به‌منظور جلوگیری از تجمع نمک، علاوه بر زهکشی گلدانی، از زمان اعمال تیمار شوری آب‌شویی با آب به‌طور یکنواخت برای تمامی تیمارها صورت گرفت. اندام هوایی و ریشه ۳۵ روز پس از آغاز آزمایش، از یک‌دیگر جدا و وزن هر یک بر حسب گرم با ترازوی Sartarius مدل BP211D با دقت g ۰/۰۰۰۱ اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک، اندام هوایی و ریشه گیاه به‌طور جداگانه به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و پس از خشک شدن کامل نمونه‌ها، وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. یک هفته بعد از پایان تیماردهی، طول اندام هوایی و ریشه با استفاده از خط‌کش اندازه‌گیری شد. طول اندام هوایی از یقه تا قسمت انتهای اندام هوایی و طول ریشه از یقه تا انتهای ریشه در نظر گرفته شد. مقادیر بر اساس سانتی‌متر گزارش شد. اندازه‌گیری مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی شامل کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها با استفاده از روش Lichtenthaler (۱۹۸۷) انجام پذیرفت. مقدار ۰/۲ گرم از برگ‌های تازه گیاه با ۱۵ میلی‌لیتر استن ۸۰ درصد سائیده شده و پس از عبور از صافی، جذب آن‌ها با دستگاه اسپکتروفتومتر ( Carry 50 استرالیا) در طول موج‌های ۶۴۶/۸، ۶۶۳/۲۰ و ۴۷۰ نانومتر خوانده شد و غلظت رنگیزه‌ها با استفاده از فرمول‌های زیر و بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر محاسبه شد:

رابطه ۱: $Chl= (12.25\ A663.2 - 2.79\ A646.8)$

رابطه ۲: $Chlb= (21.21\ A646.8 - 5.1\ A663.2)$

رابطه ۳: $ChlT= Chla + Chlb$

رابطه ۴: $Car= [1000\ A470 - 1.8\ Chla - 85.02\ Chlb] /198$

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-24 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.36.8.9 ]

در این فرمول Chla، Chlb، ChlT و Car به‌ترتیب غلظت کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها (شامل کاروتن‌ها و گزانتوفیل‌ها) می‌باشد (Lichtenthaler, 1987). جهت اندازه‌گیری مقدار آنتوسیانین‌ها، مقدار ۰/۱ گرم از اندام هوایی تازه گیاه در هاون چینی با ۱۰ میلی‌لیتر متانول اسیدی (شامل الکل متیلیک ۹۹/۵ درصد و اسید کلریدریک خالص به نسبت ۹۹ به ۱) کاملاً سائیده و به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. سپس به‌مدت ۱۰ دقیقه در ۴۰۰۰ دور سانتریفوژ شد و جذب محلول بالایی در طول موج ۵۵۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. با استفاده از ضریب خاموشی ۳۳۰۰۰ مول بر سانتی‌متر مکعب، غلظت آنتوسیانین‌ها محاسبه و نتایج بر حسب میلی‌مولار بر گرم وزن تر ارائه شد (Wanger, 1979). تجزیه آماری در این پژوهش بر اساس طرح کاملاً تصادفی انجام شد. مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح احتمال پنج درصد و با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شد. برای ارزیابی اثر برهمکنش دو فاکتور بر صفات اندازه-گیری شده، همه داده‌های به‌دست آمده نیز با استفاده از نرم افزار SPSS تجزیه واریانس دو طرفه شدند.

## نتایج و بحث

### طول اندام هوایی و ریشه

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس ۱ نشان داد که اثر سالیسیلیک‌اسید و برهمکنش آن با شوری در سطح احتمال پنج درصد و اثر شوری در سطح احتمال یک درصد بر طول اندام هوایی و ریشه معنی‌دار شد. با افزایش مقدار شوری، طول اندام هوایی کاهش یافته است. نتایج نشان داد که تیمار هم‌زمان سالیسیلیک‌اسید با غلظت‌های ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار و شوری، باعث افزایش طول اندام هوایی گیاه نسبت به گیاهانی که فقط با شوری تیمار شده اند می‌شود (شکل ۱a). از طرف دیگر همان‌طور که در شکل ۱b مشاهده می‌شود، در اعمال تنش شوری، طول ریشه کم‌تر است. هم‌چنین تیمار هم‌زمان سالیسیلیک‌اسید با غلظت‌های ۱ و ۱/۵ میلی مولار و شوری باعث افزایش طول ریشه گیاه نسبت به گیاهانی که فقط با شوری تیمار شده‌اند، شد. مشخص شده است که در گونه‌های مقاوم به شوری گیاه سویا، پارامترهای رشد در تنش‌های شوری ملایم کاهش نیافت و در تنش‌های شدید شوری کاهش یافت؛ اما در گونه‌های نیمه حساس و حساس، در تنش‌های کم شوری نیز پارامترهای رشد کاهش یافت (Kao *et al*., 2006). مهار گسترش تقسیم سلولی، کاهش سطح برگ و کاهش سطح دریافت نور، تسریع پیری برگ‌ها، تحت اثر قرار گرفتن دستگاه فتوسنتزی، غیرفعال شدن فتوسیستم I و فتوسیستم II به‌دلیل جدا شدن برخی از پروتئین‌ها از آن‌ها در حضور غلظت‌های بالای سدیم و کلر، تغییر در هدایت روزنه‌ای، نرخ تعرق، محتوای نسبی آب و کاهش تورگر، تغییر در هدایت روزنه‌ای، تغییر در مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی و القای کلروفیلاز، سمیت نمک به‌دلیل جذب مقادیر زیاد یون‌های سدیم و کلر، رقابت و اختلال در جذب و انتقال یون‌های ضروری، عدم تعادل و

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-24 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.36.8.9 ]

کمبود عناصر ضروری، تنش اکسیداتیو و اکسیداسیون ترکیبات مهم زیستی از جمله پروتئین‌ها و یا پراکسیداسیون لیپیدها و آسیب به غشاهای زیستی از جمله غشاهای تیلاکوئیدی، دلایلی است که در کاهش رشد در شرایط تنش شوری و خشکی در گزارشات مختلف ذکر شده است (Shibli *et al*., 2007). کاربرد برون‌زای تنظیم‌کننده رشد به ویژه سالیسیلیک‌اسید موجب تعدیل آثار ناشی از تنش می‌شود. مطالعات انجام شده توسط Gunes و همکاران (۲۰۰۷) نیز نشان داد که کاربرد برون‌زای سالیسیلیک‌اسید در گیاهان تحت تنش شوری به‌طور معنی‌داری رشد را افزایش می‌دهد. در این مطالعه معین شده است که سالیسیلیک‌اسید پارامترهای رشد را در گیاه جو در مقایسه با شاهد افزایش داد. مشابه این یافته‌ها توسط Yildirim (۲۰۰۸) برای خیار گزارش شده است که نشان می‌دهد سالیسیلیک‌اسید اثر مثبتی بر پارامترهای رشد ریشه و ساقه دارد. اثرات تحریکی سالیسیلیک‌اسید بر رشد می‌تواند به‌دلایلی چون افزایش میزان تقسیم در مناطق مریستمی و رشد سلولی باشد که موجب افزایش رشد می‌شود و دلیل دیگر آن نیز اثر سالیسیلیک‌اسید بر سایر هورمون‌های گیاهی می‌باشد و در یک بررسی در مورد اثر سالیسیک‌اسید بر بهبود رشد در گیاه گندم در شرایط غیر تنش و تنش، گزارش شده است که تیمار با سالیسیلیک‌اسید در شرایط کنترل، موجب افزایش مقدار اکسین و آبسیزیک‌اسید شد، اما بر مقدار سیتوکینین اثری نداشت. در حالی‌که در شرایط تنش، سالیسیلیک‌اسید مانع از کاهش اکسین و سیتوکینین شد. از آن‌جا که این هورمون‌ها در شرایط تنش کاهش می‌یابند، کاهش آن‌ها موجب کاهش رشد می‌شود، سالیسیلیک‌اسید با اثر بر این دو هورمون می‌تواند موجب بهبود رشد در گیاهان تحت تنش شود ( Sakhabutdinova *et al*., 2003). هم‌چنین گزارش شده است که طول ریشه و اندام هوایی در خردل (Yusuf *et al*., 2008)، آفتابگردان (مهدویان، ۱۳۹۶) و گندم (Afzal, 2005) با کاربرد سالیسیلیک-اسید افزایش یافته است.

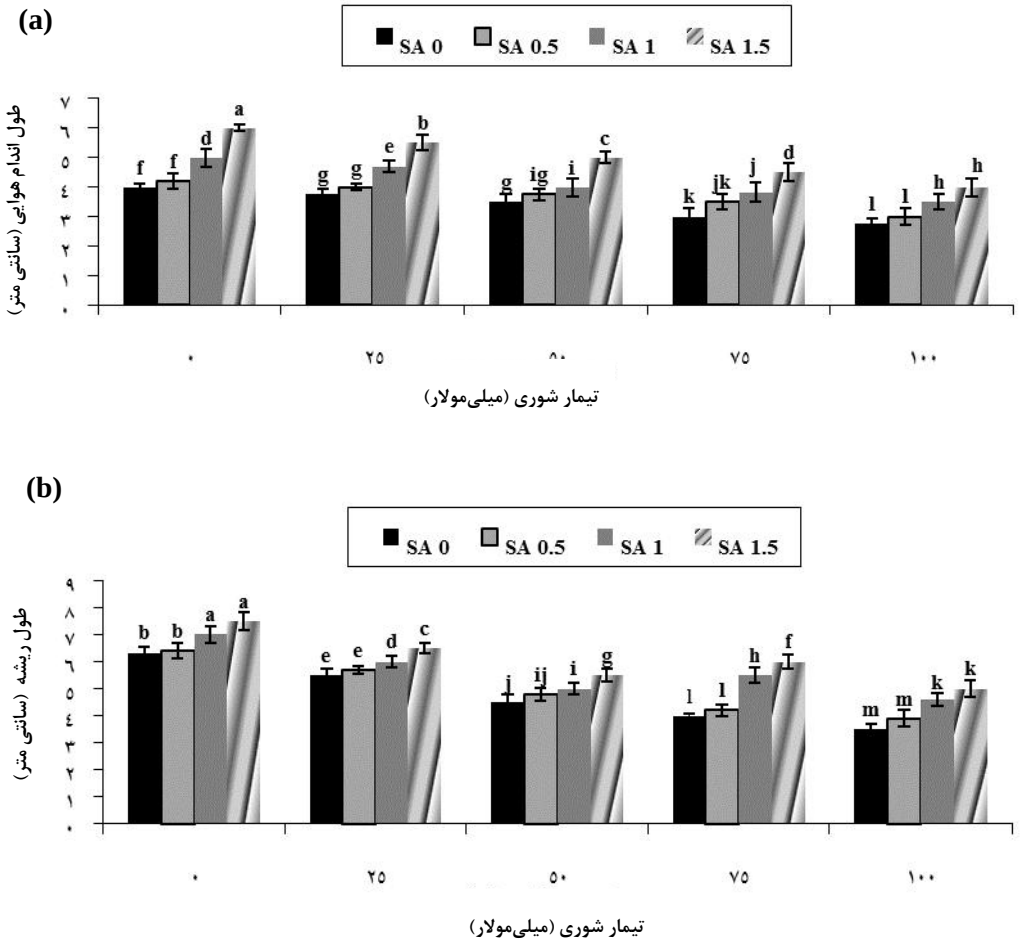
**جدول ۱: تجزیه واریانس اندازه صفات در جو تحت تیمار سالسیلیک‌اسید در سطوح مختلف شوری**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | طول ریشه | طول اندام هوایی | وزن خشک ریشه | وزن تر ریشه | وزن خشک اندام هوایی | وزن تر اندام هوایی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| شوری | ۴ | ۱۱/۸۶$^{**}$ | ۴/۲۵۰$^{**}$ | ۰/۰۰۲$^{**}$ | ۰/۰۳۶$^{**}$ | ۰/۰۰۲$^{**}$ | ۰/۰۳۰$^{*}$ |
| اسید سالیسیلیک | ۳ | ۵/۵۴۱$^{**}$ | ۷/۷۱۸$^{**}$ | ۰/۰۰۱$^{**}$ | ۰/۰۱۵$^{**}$ | ۰/۰۰۲$^{**}$ | ۰/۰۳۴$^{**}$ |
| شوری × اسید سالیسیلیک | ۱۲ | ۰/۱۵۵$^{*}$ | ۰/۱۱۷$^{*}$ | ۰/۰۰۰۰۱۹$^{*}$ | ۰/۰۰۰۱۷$^{*}$ | ۰/۰۰۰۱۲$^{*}$ | ۰/۰۰۰۱۳$^{*}$ |
| خطای آزمایشی | ۴۰ | ۰/۰۷۱ | ۰/۰۵۹ | ۰/۰۰۰۰۳۸ | ۰/۰۰۰۳۰ | ۰/۰۰۰۰۰۷ | ۰/۰۰۰۰۹ |
| ضریب تغییرات (٪) | - | ۱۹/۹۲ | ۲۱ | ۲۲/۷۷ | ۲۲/۳۳ | ۱۷/۰۲ | ۱۷/۱۲ |

*، ** و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد، غیر معنی‌دار.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-24 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.36.8.9 ]




**شکل ۱: اثر سالیسیلیک‌اسید در سطوح مختلف شوری بر طول اندام هوایی (a) و ریشه (b) در گیاه جو.**

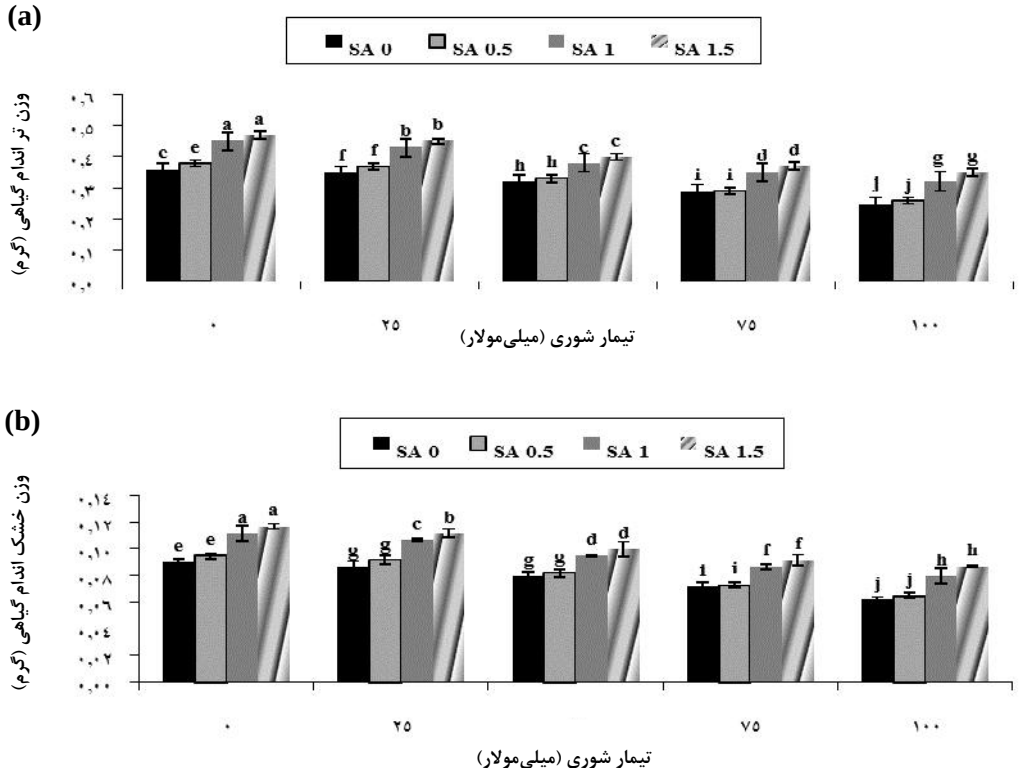
ستون‌های دارای حروف غیر مشابه در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار است.

### وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سالیسیلیک‌اسید و برهمکنش آن با شوری در سطح احتمال پنج درصد، هم‌چنین اثر شوری در سطح احتمال یک درصد بر وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه معنی‌دار شد (جدول ۱). بررسی نتایج حاصل از اندازه‌گیری وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه جو تحت تیمار غلظت‌های مختلف شوری نشان داد که اندازه این صفات تحت اثر تیمار شوری نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (شکل ۲). هم‌چنین تیمار هم‌زمان سالیسیلیک‌اسید در غلظت ۱و ۱/۵ میلی‌مولار و شوری باعث افزایش وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه نسبت به گیاهانی که فقط با شوری تیمار شده‌اند شد (شکل ۲). هم‌چنین وزن تر و خشک ریشه تحت تیمار غلظت‌های مختلف شوری نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (شکل ۳). نتایج حاصل از تیمار هم‌زمان سالیسیلیک‌اسید و شوری نشان داد که تیمار هم‌زمان سالیسیلیک‌اسید در غلظت‌های ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار و شوری باعث افزایش وزن تر و خشک ریشه گیاه نسبت به گیاهانی که

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-24 ]
[ DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.36.8.9 ]

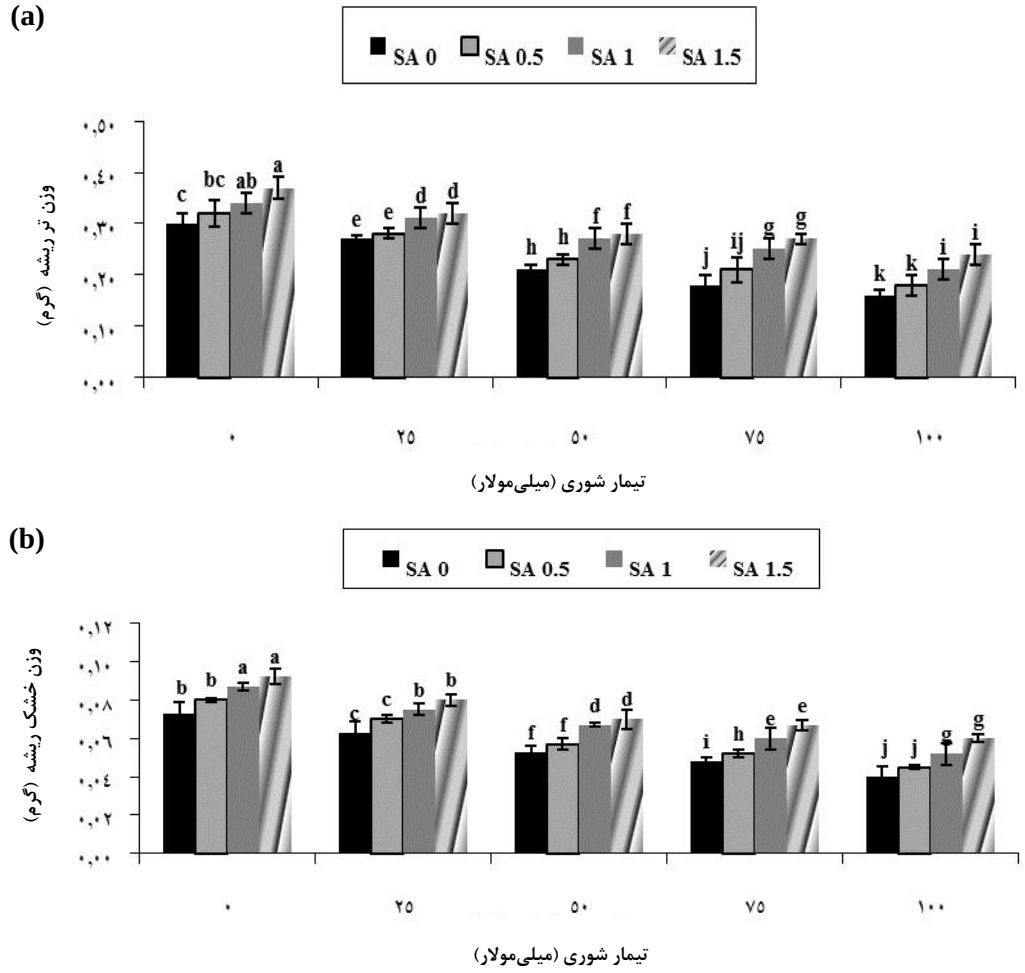
فقط با شوری تیمار شده‌اند شد (شکل ۳). میزان کاهش وزن تر و خشک ریشه بستگی به شدت و مدت تنش، نوع گیاه و مرحله زندگی گیاه دارد. کاهش پارامترهای رشد درگیاهان گوجه فرنگی (Shibli *et al*., 2007) و یونجه (Wang *et al*., 2009) در تنش شوری گزارش شده است. هم‌چنین در توت‌فرنگی تحت تنش شوری، کاهش تعداد برگ، سطح برگ و وزن خشک گزارش شده است (Pirlak and Esitken, 2004). مطالعات نشان داده‌اند که تیمار شوری بعضی از پارامترهای رشد مانند وزن تر و خشک را در ریشه و ساقه گیاه خیار کاهش می‌دهد (Yildirim, 2008). هم‌چنین در این مطالعه پیش تیمار سالیسیلیک‌اسید موجب بهبود پارامترهای رشد گیاهان تحت تنش شد. نتایج آزمایش‌های بر روی گوجه‌فرنگی (Stevens *et al*., 2006)، ذرت (Khodary, 2004؛ Gunes *et al*., 2007)، گندم (Jabeen *et al*., 2007)، آفتابگردان (مهدویان، ۱۳۹۶) و خردل (Yusuf *et al*., 2008) نشان داده‌اند که تیمار سالیسیلیک‌اسید، اثرات منفی تنش شوری بر وزن تر و خشک گیاهان را تعدیل کرده است. Gunes و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که وزن ماده خشک در گیاهان تحت تنش شوری در پاسخ به سالیسیلیک‌اسید افزایش می‌یابد، که ممکن است در ارتباط با القاء پاسخ آنتی‌اکسیدانی و نقش حفاظتی غشاهایی که مقاومت گیاه به آسیب را افزایش می‌دهد باشد. تولید گندم به شدت تحت اثر شوری قرار می‌گیرد. در بذرهای گندم آغشته به سالیسیلیک‌اسید، افزایش تحمل در برابر تنش شوری مشاهده شده است. سالیسیلیک اسید تحمل به شوری را در گیاهچه‌های گندم افزایش داد (Sakhabutdinova, 2003).




**شکل ۲: اثر تیمار هم‌زمان سالیسیلیک‌اسید و شوری بر وزن تر و خشک اندام هوایی در گیاه جو**

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-24 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.36.8.9 ]




**شکل ۳: اثر تیمار هم‌زمان سالیسیلیک‌اسید و شوری بر وزن تر و خشک ریشه در گیاه جو**

ستون‌های دارای حروف غیر مشابه در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار است.

### غلظت کلروفیل

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس ۲ نشان داد که اثر سالیسیلیک‌اسید و برهمکنش آن با شوری در سطح احتمال پنج درصد و اثر شوری در سطح احتمال یک درصد بر غلظت کلروفیل معنی‌دار شد. نتایج حاصل از اثر غلظت‌های مختلف شوری نشان داد که کلروفیل a، b و کل، در برگ جو در تیمار با غلظت‌های مختلف شوری ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد یافت. نتایج حاصل از تیمار هم‌زمان سالیسیلیک‌اسید و شوری نشان داد که محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید سبب بهبود غلظت کلروفیل برگ جو در شرایط تنش شوری در مقایسه با گیاهانی شد که تحت اثر تیمار سالیسیلیک‌اسید قرار نگرفتند (شکل ۴). از دلایل دیگر بهبود پارامترهای رشد در واکنش به تیمار سالیسیلیک‌اسید می‌توان اثر سالیسیلیک‌اسید بر دستگاه فتوسنتزی و حفاظت از دستگاه فتوسنتزی، فعالیت آنزیم روبیسکو، مقدار رنگیزه‌های

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-24 ]
[ DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.36.8.9 ]

فتوسنتزی، هدایت روزنه‌ای، سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی، کاهش تنش اکسیداتیو و نشت یونی، افزایش همبستگی غشاهای زیستی، متابولیسم نیتروژن و تغذیه معدنی گیاه نام برد که در مطالعه‌های مختلف به آن‌ها اشاره شده است (El- Tayeb, Popova *et al*., 2009, Stevens *et al*., 2006, 2005). کاهش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی از اثر تنش‌های محیطی نظیر شوری و خشکی می‌باشد و این کاهش بستگی به نوع گیاه، مدت و شدت تنش و مرحله نموی گیاه دارد. در این بررسی نیز تنش شوری موجب کاهش مقدار کلروفیل و کاروتنوئیدها درگیاه جو شد. کاهش مقدار کلروفیل و کاروتنوئید در شرایط تنش شوری در گیاه گوجه‌فرنگی (Tari *et al*., 2002؛ Juan *et al*., 2005) گزارش شده است و این کاهش در ارقام حساس بیش‌تر از ارقام متحمل بود (Juan *et al*., 2005). گزارش‌هایی نیز وجود دارد که نشان دهنده افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی در تنش شوری می‌باشد (Abd-El Samad and Shaddad, 1997). کاهش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی در شرایط تنش شوری می‌تواند عمدتاً به‌دلیل تخریب ساختمان کلروپلاست و دستگاه فتوسنتزی، فتواکسیداسیون کلروفیل‌ها، واکنش آن‌ها با اکسیژن یکتایی، تخریب پیش‌ماده‌های سنتز کلروفیل و ممانعت از بیوسنتز کلروفیل‌های جدید و فعال شدن آنزیم‌های تجزیه‌کننده کلروفیل از جمله کلروفیلاز و اختلالات هورمونی باشد. هر چند که تجمع یون‌های سدیم و کلر در برگ‌ها در تنش شوری نیز اثر منفی بر غلظت کلروفیل دارد (Stepien and klobus, 2006). علاوه‌بر این، تنش شوری بر جذب برخی عناصر ضروری نظیر آهن و منیزیم اختلال ایجاد می‌کند که در سنتز کلروفیل ضروری می‌باشد. کاربرد سالیسیلیک‌اسید در گیاهان ذرت (Khodary, 2004; Tuna *et al*., 2007)، گندم (Jabeen *et al*., 2007; Agarwal *et al*., 2005)، نخود (Popova *et al*., 2009)، آفتابگردان (مهدویان، ۱۳۹۶) و گوجه فرنگی (Tari *et al*., 2002; Szepesi, 2006) موجب افزایش مقدار کلروفیل در شرایط شوری شد. تنش شوری اثر منفی بر رشد، محتوای کلروفیل و جذب مواد معدنی گیاه توت-فرنگی دارد. به هرحال، گیاهان تیمار شده با سالیسیلیک‌اسید، مقدار وزن تر و خشک ساقه و ریشه و محتوای کلروفیل بالاتری را تحت تنش شوری داشتند (Karlidag *et al*., 2009)؛ از این رو، گزارش شده است که سالیسیلیک‌اسید، همانند-سازی دی‌اکسیدکربن و نرخ فتوسنتزی را افزایش می‌دهد؛ بنابراین وزن ماده خشک افزایش می‌یابد (Fariduddin *et al*., 2003). Parida و Das (۲۰۰۵) گزارش کردند که تنش شوری، محتویات کلروفیل و کاروتنوئید را در برگ‌های تعدادی از محصولات کاهش داد. هم‌چنین Gunes و همکاران (۲۰۰۷) نتیجه گرفتند که تیمار سالیسیلیک‌اسید سبب افزایش محتوی کلروفیل در برگ‌های ذرت تحت تنش شوری شد. Khodary (۲۰۰۴) گزارش کرد که تیمار سالیسیلیک‌اسید محتوی کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها را تحت تنش شوری افزایش داد. Tari و همکاران (۲۰۰۲) بیان کردند که سالیسیلیک‌اسید کاهش داد تنش شوری را که موجب کاهش در محتوی کلروفیل برگ‌های گیاه گوجه فرنگی شد. هم‌چنین کلروفیل a و b تحت تنش شوری در گندم کاهش یافت اما با کاربرد سالیسیلیک افزایش یافت (Hamid *et al*., 2010).

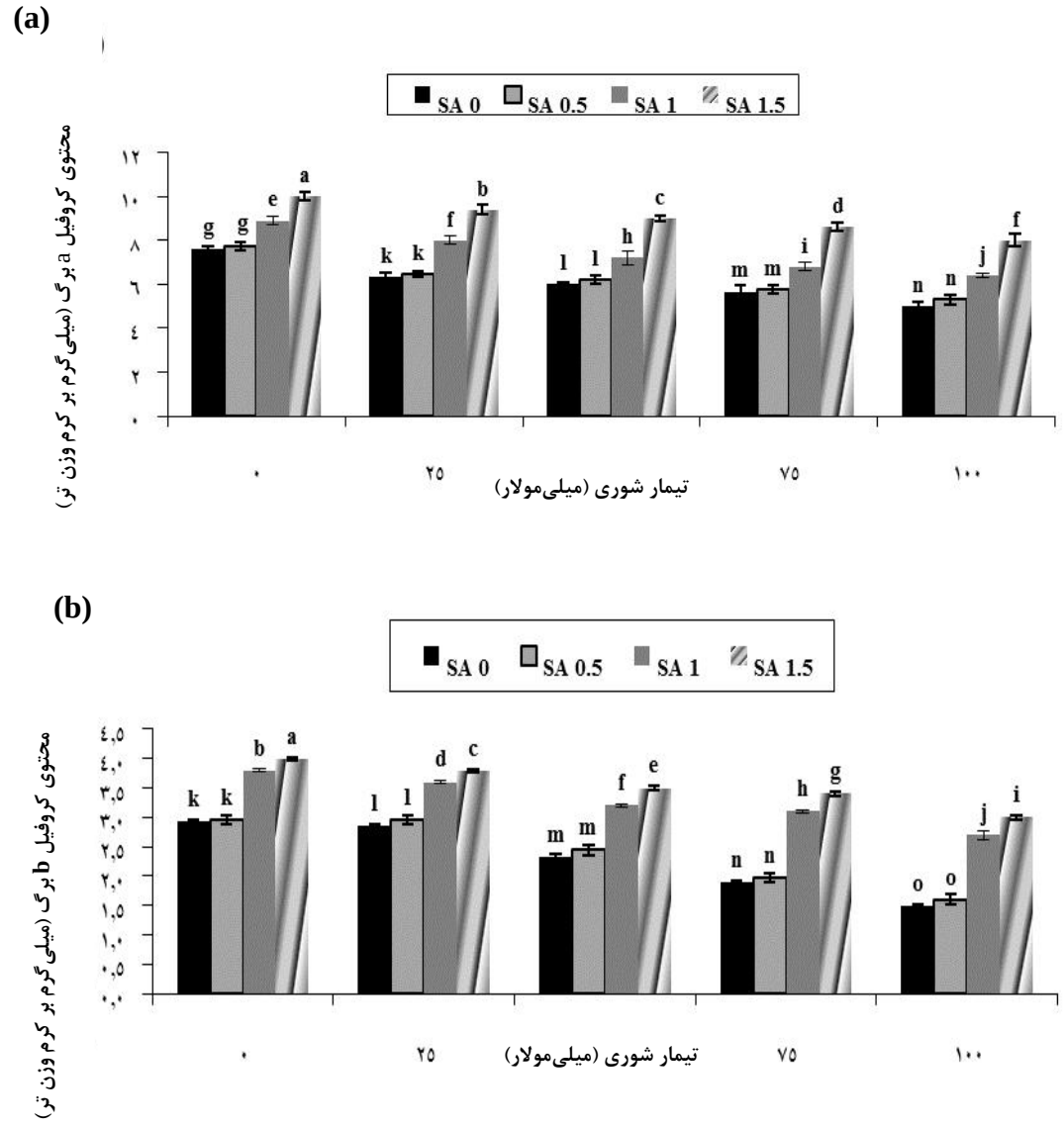
[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-24 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.36.8.9 ]

**جدول ۲: تجزیه واریانس اندازه صفات در جو تحت تیمار سالسیلیک اسید در سطوح مختلف شوری**

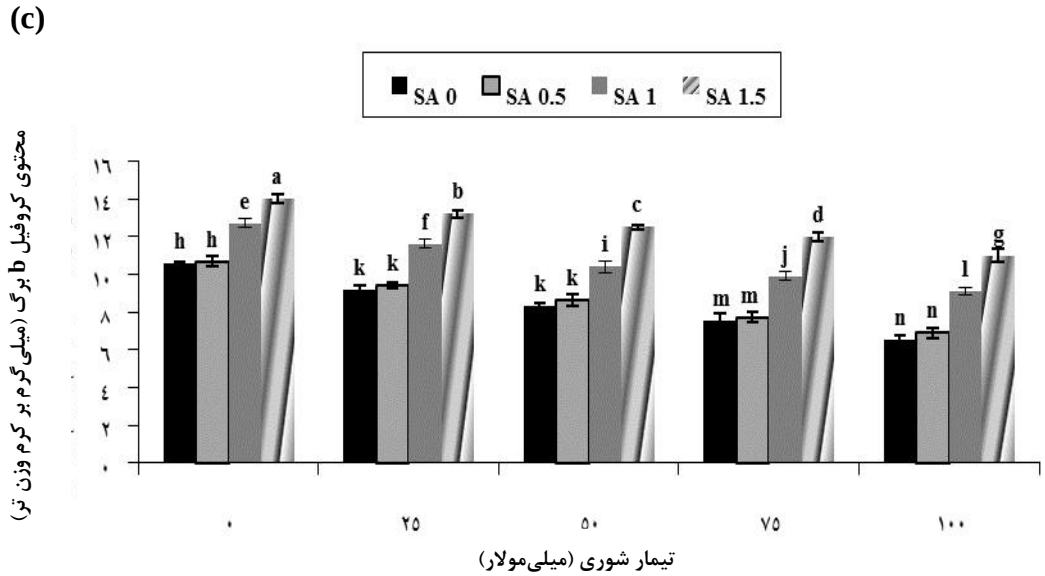
| منابع تغییرات | درجه آزادی | کاروتنوئید | کلروفیل کل | کلروفیل b | کلروفیل a | آنتوسیانین |
|---|---|---|---|---|---|---|
| شوری | ۴ | ۰/۷۸۴$^{**}$ | ۲۲/۹۶۵$^{**}$ | ۳/۰۳۲$^{**}$ | ۱۰/۰۶۴$^{**}$ | ۱۰/۸۶۵$^{**}$ |
| اسید سالیسیلیک | ۳ | ۰/۶۰۱$^{**}$ | ۵۶/۲۵۸$^{**}$ | ۶/۱۲۳$^{**}$ | ۲۷/۲۳۶$^{**}$ | ۱۶/۱۵۲$^{**}$ |
| شوری × اسید سالیسیلیک | ۱۲ | ۰/۰۰۷$^{**}$ | ۰/۱۲۷$^{**}$ | ۰/۰۶۰$^{**}$ | ۰/۱۰۴$^{*}$ | ۰/۰۹۲$^{ns}$ |
| خطای آزمایشی | ۴۰ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۴۰ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۴۷ | ۰/۰۶۲ |
| ضریب تغییرات (٪) | | ۳۱/۴۷ | ۲۰/۹۵ | ۲۵/۲۶ | ۲۰/۱۲ | ۴۱/۰۶ |

*، ** و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد، غیر معنی‌دار .




[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-24 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.36.8.9 ]




**شکل ۴: اثر تیمار هم‌زمان سالیسیلیک‌اسید و شوری بر مقدار کلروفیل a (a)، کلروفیل b (b) و کلروفیل کل (c) در گیاه جو**

ستون‌های دارای حروف غیر مشابه در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار است.

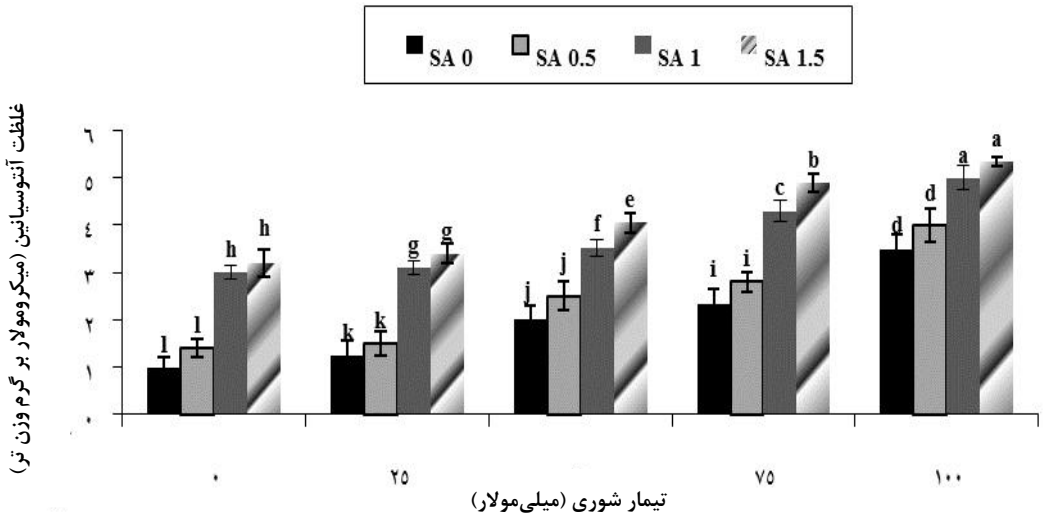
### غلظت کاروتنوئید

بر اساس نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس ۲ اثر تنش شوری، محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و برهمکنش آن‌ها بر غلظت کاروتنوئید در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. هم‌چنین نتایج حاصل از اثر غلظت‌های مختلف شوری نشان داد که کاروتنوئید در برگ گیاه جو در تیمار با غلظت‌های مختلف شوری ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری داشت. نتایج حاصل از تیمار هم‌زمان سالیسیلیک‌اسید و شوری نشان داد که محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید سبب بهبود غلظت کاروتنوئید برگ جو در شرایط تنش شوری در مقایسه با گیاهانی شد که تحت اثر تیمار سالیسیلیک‌اسید قرار نگرفتند (شکل ۵). کاروتنوئیدها انرژی زیادی را از فتوسیستم I و II به‌صورت گرما، یا واکنش‌های شیمیایی بی‌ضرر دفع کرده و می‌توانند غشاهای کلروپلاستی را حفظ نمایند (Juan *et al.*, 2005). Juan و همکاران (۲۰۰۵) مقدار کلروفیل و کارتنوئیدها را در هنگام تنش شوری به‌عنوان یکی از شاخص‌های مقاومت به شوری در گیاهان ذکر نموده‌اند (Juan *et al.*, 2005). در این مطالعه پیش‌تیمار سالیسیلیک‌اسید موجب افزایش مقدار کلروفیل و محتوای کاروتنوئیدها در گیاهان تحت تنش شد که نشان‌دهنده توانایی سالیسیلیک اسید برای بهبود رشد می‌باشد. سالیسیلیک اسید در گیاه ذرت (Khodary, 2004)، آفتابگردان (مهدویان، ۱۳۹۶) و گوجه فرنگی (Tari *et al.*, 2002 ;Szepesi, 2006)، نیز موجب افزایش کاروتنوئید شد.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-24 ]
[ DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.36.8.9 ]

### آنتوسیانین

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تنها اثر تنش شوری و سالیسیلیک‌اسید بر غلظت آنتوسیانین در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). هم‌چنین نتایج حاصل از اثر غلظت‌های مختلف شوری نشان داد که آنتوسیانین در برگ گیاه جو در تیمار با غلظت‌های مختلف شوری ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری یافت. نتایج حاصل نشان داد که تیمار هم‌زمان سالیسیلیک‌اسید با غلظت ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار و شوری نسبت به گیاهانی که فقط با شوری تیمار شده‌اند باعث افزایش مقدار آنتوسیانین شد. (شکل ۶). در بسیاری از مطالعات گزارش شده است که سالیسیلیک‌اسید موجب افزایش مقاومت گندم به شوری و تنش‌های اکسیداتیو می‌شود (Sakhabutdinova *et al*., 2003). هم‌چنین گزارش شده است که پیش‌تیمار سالیسیلیک‌اسید موجب تحمل گوجه‌فرنگی به تجمع شوری بالا می‌شود (Zahra *et al*., 2010 ; Szepesi *et al*., 2006). کاهش اثر تنش‌های غیر زیستی توسط اسپری سالیسیلیک‌اسید به برگ ذرت بررسی شده است (Khodary, 2004). بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که سالیسیلیک‌اسید تحمل به شوری و تنش‌های اسمزی را در ذرت افزایش می‌دهد (Tuna *et al*., 2007). هم‌چنین تجمع آنتوسیانین در ریشه‌های ذرت (Kaliamoorthy and Rao, 1994) و عشقه (Murray, 1994) تحت تنش شوری گزارش شده است. هم‌چنین در گیاه آفتابگردان به هنگام شوری مقدار آنتوسیانین‌ها افزایش نشان داد که به نظر می‌رسد آنتوسیانین‌ها بتوانند در شرایط تنش شوری، به‌عنوان یک محلول سازگارکننده اسمزی عمل کنند. گزارش‌هایی حاکی از محتوای بالای آنتوسیانین در گیاهان بردبار به شوری در دست است (Wahid and Ghazanfar, 2006).




**شکل ۶: اثر تیمار هم‌زمان سالیسیلیک‌اسید و شوری بر مقدار آنتوسیانین در گیاه جو**

ستون‌های دارای حروف غیر مشابه در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار است.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-24 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.36.8.9 ]

## نتیجه‌گیری

در این تحقیق اثر غلظت‌های مختلف سالیسیلیک‌اسید، شوری و اثر برهمکنش هم‌زمان سالیسیلیک‌اسید و شوری بر پارامترهای مورفولوژیکی و بیوشیمیایی در گیاه جو مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که شوری باعث کاهش رشد ساقه، ریشه، وزن تر و خشک، کلروفیل و کاروتنوئید می‌شود؛ در حالی‌که بر اساس نتایج ذکر شده در این تحقیق، در گیاهان پیش‌تیمار شده با سالیسیلیک‌اسید این کاهش تعدیل شده است. از طرف دیگر افزایش مقدار آنتوسیانین، کلروفیل و کاروتنوئید نشان‌دهنده نقش سالیسیلیک‌اسید بر افزایش تحمل این گیاه در برابر تنش شوری است. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که پیش‌تیمار گیاه جو با سالیسیلیک‌اسید با غلظت ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار، باعث افزایش تحمل گیاه نسبت به تنش شوری می‌شود. بنابراین می‌توان استفاده از این ماده را در تخفیف اثرات مخرب ناشی از تنش شوری پیشنهاد کرد.

## سپاسگزاری

نگارنده از حوزه معاونت محترم پژوهشی دانشگاه پیام نور به‌دلیل حمایت مالی از پژوهش حاضر، صمیمانه سپاسگزاری می‌نماید.

## منابع

**مهدویان، ک. ۱۳۹۶.** تاثیر غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید در تعدیل اثرات تنش کلرید سدیم بر روی پارامترهای رشد و رنگدانه‌های فتوسنتزی در گیاه آفتابگردان. نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی. ۴۷: ۱۰۶-۹۳.

**Abd-El Samad, H. M. and Shaddad, M. A. K. 1997.** Salt tolerance of soybean cultivars. Biologia plantarum, 39 (2): 263-269.

**Abdul Jaleel, C., Riadh, K., Gopi, R., Manivannan, P., Ines, J., Al-Juburi, H. J., Chang-Xing, Z., Hong-Bo, S. and Panneerselvam, R. 2009.** Antioxidant defense responses: Physiological plasticity in higher plants under abiotic constrains. Acta Physiologiae Plantarum, 31: 427-436.

**Afzal, I. 2005.** Seed enhancements to induced salt tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). Ph.D. Thesis, Agricultural University of Faisalabad, Pakistan, 266 p.

**Agrawal, S., Sairam, P. K., Srivasta, G. C. and Meena, R. C. 2005.** Changes in antioxidant enzymes activity and oxidative stress by abscisic acid and salicylic acid in wheat genotypes. Biologia plantarum, 49 (4): 541-550.

**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.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-24 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.36.8.9 ]

**Gunes, A., Inal, A., Alpaslam, M., Erslan, F., Bagsi, E. G. and Cicek, N. 2007.** Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity. Journal of Plant Physiology, 164: 728-736.

**Hamid, M., Rehman, K. H. and Ashraf, M. 2010.** Salicylic acid–induced growth and biochemical changes in salt-stressed wheat. Communications in soil science and plant analysis, 41: 373-389.

**Jabeen, S., Shahbaz, M. and Akram, N. A. 2007.** Influence of exogenous application of salicylic acid on growth and gas exchange characteristics of wheat (*Triticum aestivum* L.) under control or saline conditions. International Journal of Life Sciences, 1: 425-431.

**Juan, M., Rivero, R. M., Romero, L. and Rviz, J. M. 2005.** Evaluation of some nutritional and biochemical indicators in selecting salt-resistant tomato cultivars. Environmental and Experimental Botany, 54: 193-201.

**Kaliamoorthy, S. and Rao, A. S. 1994.** Effect of salinity on anthocyanin accumulation in the root of maize. Indian Journal of Plant Physiology, 37: 169-170.

**Kao, W. Y., Tsai, T. T., Tsai, H. C. and Shih, C. N. 2006.** Response of three glycine species to salt stress. Environmental and Experimental Botany, 56: 120-125.

**Karlidag, H., Yildirim, E. and Metin, T. 2009.** Salicylic acid ameliorates the adverse effect of stress on strawberry. Scientia Agricola, 66 (2): 180-187.

**Khan, M .I. R., Syeed, S., Nazar, R. and Anjum, N. A. 2012.** An insight into the role of salicylic acid and jasmonic acid in salt stress tolerance. In: Phytohormones and abiotic stress tolerance in plants (Eds. Khan, N. A., Nazar, R., Iqbal, N. and Anjum, N. A.) 277-300. Springer, New York.

**Khodary, S. E. A. 2004.** Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt-stressed maize plants. Journal of Agriculture and Biology, 6: 5-8.

**Lichtenthaler, H. K. 1987.** Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymology, 148: 350-382.

**Manchanda, G. and Garg, N. 2008.** Salinity and its effects on the functional biology of legumes. Acta Physiologiae Plantarum, 30: 595-618.

**Murray, Y. 1994.** $Ca^{2+}$ regulation of outward rectifying $K^{+}$ channel in the plasma membrane of tobacco cultured cells in suspension: a role of the $K^{+}$ channel in mitigation of salt-stress effects by external $Ca^{+}$. Plant Cell Physiology, 39: 1039-1044.

**Nazar, R., Iqbal, N., Syeed, S. and Khan, N. A. 2011.** Salicylic acid alleviates decreases in photosynthesis under salt stress by enhancing nitrogen and sulfur assimilation and antioxidant metabolism differentially in two mungbean cultivars. Journal of Plant Physiology, 168: 807-815.

**Parida, A. K. and Das, A. B. 2005.** Salt tolerance and salinity effects on plants:a review.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-24 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.36.8.9 ]

Ecotoxicology and Environmental Safety, 60: 324-349.

**Pirlak, L. and Esitken, A. 2004.** Salinity effects on growth, proline and ion accumulation in strawberry plants. Journal of Plant and Soil Science, 54: 189-192.

**Popova, L. P., Maslenkova, L. T., Yordanova, R. Y., Ivanova, A. P., Krantev, A. P. and Szalai, G. 2009.** Exogenous treatment with salicylic acid attenuates cadmium toxicity in Pea seedlings. Plant Physiology and Biochemistry, 47: 224-231.

**Rajeshwari, V and Bhuvaneshwari, V. 2017.** Salicylic acid induced salt stress tolerance in plants. International Journal of Plant Biology and Research, 5 (3): 1067.

**Sakhabutdinova, A. R., Fatkhutdinova, D. R., Bezrukova, M. V. and Shakirova, F. M. 2003.** Salicylic acid prevents the damaging action of stress factors on wheat plants. Bulgarian Journal of Plant Physiology, 1: 314-319.

**Shibli, R. A., Kushad, M., Yousef, G. G. and Lila, M. A. 2007.** Physiological and biochemical responses of tomato micro shoots to induced salinity stress with associated ethylene accumulation. Plant Growth Regulation, 51: 159-169.

**Stepien, P. and Klobus, G. 2006.** Water relations and photosynthesis in *Cucumis sativus* L. Leaves under salt stress. Biologia Plantarum, 50: 610-616.

**Stevens, J., Seneratna, T. and Sivasithamparam, K. 2006.** Salicylic acid induces salinity tolerance in tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Roma): Associated changes in gas exchange, water relations and membrane stabilisation. Plant Growth Regulation, 49: 77-83.

**Syeed, S., Anjum, N. A., Nazar, R., Iqbal, N., Masood, A. and Khan, N. A. 2011.** Salicylic acid mediated changes in photosynthesis, nutrients content and antioxidant metabolism in two mustard (*Brassica juncea* L.) cultivars differing in salt tolerance. Acta Physiologiae Plantarum, 33: 877-886.

**Szalai, G., Tari, I., Janda, T., Pestenacz, A. and Paldi, E. 2000.** Effects of cold acclimation and salicylic acid on changes in ACC and MACC contents in maize during chilling. Biologia Plantarum, 43: 637-640.

**Szepesi, A. 2006.** Salicylic acid improves the acclimation of *Lycopersicon esculentum* Mill. L. to high salinity by approximating its salt-stress response to that of the wild species L. pennellii. Acta Biologica Szegediensis, 50 (3-4): 177.

**Tari, I., Csiszar, J., Gabriella, S., Horvath, F., Pecsvaradi, A., Kiss, G., Szepsi, A., Szabo, M. and Erdei, L. 2002.** Acclimation of tomato plants to salinity stress after a salicylic acid pre-treatment. Acta Biologica Szegediensis, 46: 55-56.

**Tuna, A. L., Kaya, C., Dilkilitas, M., Yokas, I., Buruni, B. and Altunlu, H. 2007.** Comparative effects of various salicylic acid derivatives on key growth parameters and some

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-24 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.36.8.9 ]

enzyme activities in salinity stressed maize (*Zea mays* L.) plants. Pakistan Journal of Botany, 39: 787-798.

**Wahid, A. and Ghazanfar, A. 2006.** Possible involvement of some secondary metabolites in salt tolerance of sugarcane. Journal of Plant Physiology, 163: 723-730.

**Wang, Y., Yang, Z. M., Zhang, Q. F. and Li, J. L. 2009.** Enhanced chilling tolerance in *Zoysia matrella* by pre-treatment with salicylic acid, calcium chloride, hydrogen peroxide or 6-benzylaminopurine. Biologia Plantarum, 53: 179-182.

**Wanger, G. J. 1979.** Content and vacuole/extra vacuole distribution of neutral sugars, free amino acids, and anthocyanins in protoplasts. Plant Physiology, 64: 88-93.

**Yildirim, E., Turan, M. and Guvenc, I. 2008.** Effect of foliar salicylic acid applications on growth, chlorophyll, and mineral content of cucumber grown under salt stress. Journal of Plant Nutrition, 31: 593-612.

**Yusuf, M., Hasan, S. A., Ali, B., Hayat, S., Fariduddin, Q. and Ahmad, A. 2008.** Effect of salicylic acid on salinity induced changes in *Brassica juncea*. Journal of Integrative Plant Biology, 50: 1096-1102.

**Zahra, S., Amin, B., Mohamad Ali, V. S., Ali, Y. and Mehdi, Y. 2010.** The salicylic acid effect on the tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.) sugar, protein and proline contents under salinity stress (NaCl). Journal of Biophysical Structural Biology, 2: 35-41.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-24 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.36.8.9 ]