



# اثر محلول پاشی سولفات روی بر پایداری غشاء، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و محلول‌های سازگاری گل همیشه بهار تحت شوری

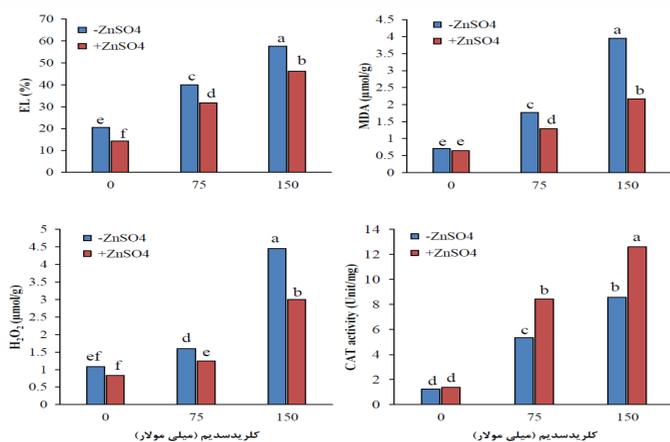
روح الله کریمی<sup>۱\*</sup>، نسترن وطن‌دوست<sup>۱</sup>

<sup>۱\*</sup> گروه علوم و مهندسی باغبانی و فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران - R.karimi@malayeru.ac.ir

## نتایج و بحث

اثر ساده شوری، سولفات روی و اثر متقابل آنها بر میزان نشت یونی، محتوای مالون‌دی‌آلدئید و پراکسید هیدروژن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. بر اساس نتایج با افزایش سطح شوری از صفر به ۱۵۰ میلی‌مولار میزان نشت یونی برگ روند افزایش نشان داد و در غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار به حداکثر رسید (نمودار ۱). کاربرد سولفات روی ۴۰۰۰ پی‌پی‌ام به طور معنی‌داری باعث کاهش میزان نشت یونی برگ در کل گیاهان شد (نمودار ۱). تحت تنش شوری ۱۵۰ میلی‌مولار کاربرد برگی سولفات روی ۴۰۰۰ پی‌پی‌ام تا ۲۰ درصد نشت یونی برگ را کاهش داد.

در رابطه با محتوای مالون‌دی‌آلدئید حاصل از پراکسیداسیون لیپیدهای غشا و پراکسید هیدروژن به عنوان گونه‌ای اکسیژن واکنش‌پذیر نیز روند تغییرات مشابه نشت یونی برگ بود و با افزایش غلظت نمک کلرید سدیم محتوای این دو شاخص آسیب‌پذیر غشاء روند افزایشی نشان داد و در غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار به اوج رسید (نمودار ۱). با این حال محتوای مالون‌دی‌آلدئید و پراکسید هیدروژن برگ گیاه همیشه بهار تحت تیمار نمک کلرید سدیم و سولفات روی ۴۰۰۰ پی‌پی‌ام به ترتیب ۴۵ و ۳۲ درصد کمتر از گیاهان شاهد تحت همین تیمار شوری بود (نمودار ۱). میزان فعالیت آنزیم کاتالاز با افزایش سطح شوری از صفر به ۱۵۰ میلی‌مولار افزایش نشان داد و در غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار به حداکثر رسید (نمودار ۱). همچنین کاربرد سولفات روی ۴۰۰۰ پی‌پی‌ام به طور معنی‌داری باعث افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز برگ در کل گیاهان شد. تحت تنش شوری ۱۵۰ میلی‌مولار کاربرد برگی سولفات روی ۴۰۰۰ پی‌پی‌ام تا ۳۲ درصد باعث افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز برگ شد (نمودار ۱).



نمودار ۱- اثر کاربرد برگی سولفات روی بر نشت یونی (EL)، مالون‌دی‌آلدئید (MDA) و پراکسید هیدروژن (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) و فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT) برگ گیاه همیشه بهار تحت تنش شوری (میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون از لحاظ آماری (سطح ۵ درصد) اختلاف معنی‌داری ندارند).

### نتیجه‌گیری کلی

در کل محتوای مالون‌دی‌آلدئید و پراکسید هیدروژن برگ گیاه همیشه بهار تحت تیمار نمک کلرید سدیم و سولفات روی ۴۰۰۰ پی‌پی‌ام به ترتیب ۴۵ و ۳۲ درصد کمتر از گیاهان شاهد تحت همین تیمار شوری بود. همچنین کاربرد سولفات روی تجمع محلول‌های سازگاری از قبیل قندهای محلول، پرولین و پروتئین محلول را بیشتر سولفات روی ضمن تحریک سیستم آنتی‌اکسیدانی گیاه منجر به پایداری غشاء گیاه همیشه بهار شد که می‌تواند به عنوان راهکاری برای افزایش تحمل به شوری استفاده شود.

## منابع

Alloway, B.J. (2004) Fundamental Aspects. In Zinc in Soils and Crop Nutrition; International Zinc Association: Brussels, Belgium, pp. 30–35.  
 Karimi, R., Gavili-Kilaneh, K., Khadivi, A., 2022. Methyl jasmonate promotes salinity adaptation responses in two grapevine (*Vitis vinifera*)  
 Sarlak, A., Karimi, R., Mahdavi, S. (2024). Salt stress alleviation in *Calendula officinalis* L. by potassium nanoparticles application and *Streptomyces* bacteria inoculation. Journal of Plant Nutrition, 47(17): 2849–2865.

## چکیده

در پژوهش حاضر اثر سولفات روی بر تحمل به شوری گل همیشه بهار به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه پژوهشی دانشگاه ملایر انجام شد. تیمارها شامل دو فاکتور (الف) کلرید سدیم در سه غلظت ۰، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار و (ب) سولفات روی در دو غلظت ۰ و ۴۰۰۰ پی‌پی‌ام بود. بر اساس نتایج درصد نشت یونی، محتوای مالون‌دی‌آلدئید و پراکسید هیدروژن برگ گیاه همیشه بهار تحت تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم و سولفات روی ۴۰۰۰ پی‌پی‌ام به ترتیب ۲۰ درصد، ۴۵ درصد و ۳۲ درصد کمتر از گیاهان شاهد بود. بیشترین افزایش در محتوای پرولین، قند محلول و پروتئین مربوط به گیاهان تیمار شده با سولفات روی ۴۰۰۰ پی‌پی‌ام تحت تنش شوری ۱۵۰ میلی‌مولار بود. فعالیت آنزیم کاتالاز در غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار نمک به حداکثر رسید و کاربرد سولفات روی ۴۰۰۰ پی‌پی‌ام باعث افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز برگ همه گیاهان شد. در کل کاربرد برگی سولفات روی ۴۰۰۰ پی‌پی‌ام از طریق تاثیر بر فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدانی و تجمع محلول‌های سازگاری منجر به حفظ انسجام غشای سلولی و بهبود تحمل به شوری گل همیشه بهار شد.

## مقدمه

گل همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) با گل‌های روشن و زرد است که برای اهداف دارویی، غذایی و زینتی استفاده می‌شود. یکی از مشکلات این گیاه حساسیت به غلظت بالای نمک در محیط ریشه است. یکی از راه‌های کاهش اثرات تنش شوری استفاده از ترکیباتی است که توانایی تعدیل اثرات مخرب شوری را دارا می‌باشند. در گیاهان عالی عنصر روی (Zn) به عنوان کوفاکتور برخی آنزیم‌ها از قبیل الکل دهیدروژناز، کربونیک آنهیدراز و RNA پلیمراز ایفای نقش می‌کند. اگرچه نیاز گیاهان به عنصر روی اندک است، ولی اگر مقدار کافی از این عنصر در دسترس نباشد گیاهان از تنش‌های فیزیولوژیکی حاصل از کارآیی پایین سیستم‌های متعدد آنزیمی و دیگر اعمال متابولیکی مرتبط با عنصر روی رنج خواهند برد (Eide, 2011). در شرایط تنش شوری، غلظت روی در محیط رشد ریشه می‌تواند اثرات منفی کلرید سدیم را به واسطه جلوگیری از جذب و یا انتقال سدیم و کلر کاهش دهد. در خاک‌های شور، جذب روی به علت رقابت کاتیونی قوی‌تر سدیم در سطح ریشه کاهش می‌یابد (Sarlak et al., 2024). تغذیه مناسب می‌تواند تا حدی به گیاه در تحمل اثرات تنش‌های مختلف کمک کند. محلول‌پاشی عناصر یکی از راه‌های سریع و جایگزین برای تامین عناصر و کاهش اثرات تنش شوری در گیاهان است که در مطالعه حاضر محلول‌پاشی سولفات روی بر کاهش تنش شوری در گیاه همیشه بهار بررسی شده است.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۴۰۰ روی گل همیشه بهار به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در شرایط گلخانه انجام شد. تیمارها شامل دو فاکتور (الف) کلرید سدیم در سه غلظت ۰، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار و (ب) سولفات روی در دو غلظت ۰ و ۴۰۰۰ پی‌پی‌ام بود. برای القاء جوانه‌زنی ابتدا بذرهای تهیه شده از شرکت پاکان بذر اصفهان با هیپوکلرید سدیم (۵/۰ در هزار) ضدعفونی و سپس در گلدان‌های ۲ لیتری حاوی نسبت حجمی مساوی پرلایت و کوکوپیت کاشته شد. بعد از جوانه زنی گیاهچه‌ها با کود ۲۰-۲۰-۲۰ (غلظت ۵/۰ گرم در لیتر) دو بار در هفته تا مرحله ظهور سه شاخه فرعی به صورت کودآبیاری تغذیه شد. بعد از این مرحله گیاهان به سه گروه تقسیم شدند. گروه اول که در شرایط طبیعی (غلظت صفر کلرید سدیم؛ بدون شوری) رشد داده شد و گروه دوم و سوم دوبار در هفته به ترتیب با محلول ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار تیمار شدند. بعد از یک هفته از اعمال تنش شوری نیمی از گیاهان با غلظت صفر (بدون تیمار روی) و نیمی دیگر با غلظت ۴۰۰۰ پی‌پی‌ام سولفات روی محلول‌پاشی شد. پس از گذشت شش هفته، برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی از جمله نشت یونی، مالون‌دی‌آلدئید، پراکسید هیدروژن، اسید آمینه پرولین، قند محلول، پروتئین محلول و فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدانی کاتالاز اندازه‌گیری شد (Sarlak et al., 2024). در پایان داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS تجزیه شد.