

## تأثیر شوری بر وضعیت آب برگ، غلظت پرولین، کل قندهای محلول و فعالیت آن‌تی‌اکسیدانی گیاه ارزن پادزهری

حمیدرضا عشقی‌زاده<sup>۱\*</sup>، محمد کافی<sup>۲</sup>، احمد نظامی<sup>۲</sup> و امیرحسین خوشگفتارمنش<sup>۳</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۷/۲۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۵/۱۸)

### چکیده

مطالعه تغییرات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی در شرایط تنش، راهکار مناسبی جهت بررسی جنبه‌های وراثتی تحمل به تنش فراهم می‌آورد. در این مطالعه، تغییرات وضعیت آب، تنظیم‌کننده‌های اسمزی و فعالیت آنزیم‌های آن‌تی‌اکسیدان بافت برگ گیاه ارزن پادزهری (*Panicum antidotale* Retz) تحت تنش شوری در شرایط گلخانه طی پنج هفته متوالی ارزیابی شد. اعمال تیمارهای شوری آب آبیاری (صفر (شاهد)، ۷۰، ۱۴۰، ۲۱۰ و ۲۸۰ میلی‌مولار NaCl) در مرحله چهار برگی گیاهچه‌ها آغاز شد. نتایج نشان داد که اختلاف بین بیشترین محتوای نسبی آب برگ در تیمار غیر شور در مقایسه با کمترین مقدار در تیمار ۲۸۰ میلی‌مولار شوری به ترتیب ۸/۶۷، ۳۱، ۲۵، ۲۸ و ۲۷ درصد در هفته‌های اول تا پنجم بود. پتانسیل اسمزی آب برگ در تیمارهای مختلف شوری با گذشت زمان روندی کاهشی نشان داد و از ۰/۷۱۷- مگاپاسکال در هفته اول به ۱/۲۶- مگاپاسکال در هفته پنجم پس از اعمال تنش رسید. مقدار کل کربوهیدرات‌های محلول برگ نیز با شوری کاهش یافت. در ۲۸ روز پس از اعمال تنش، فعالیت اسکوربات پراکسیداز در تیمار غیر شور ۴۰٪ بیشتر از تیمار ۲۸۰ میلی‌مولار بود؛ هر چند بیشترین فعالیت آنزیم اسکوربات پراکسیداز به تیمار ۷۰ میلی‌مولار شوری تعلق داشت. محتوای نسبی آب برگ ( $r=0/62^{**}$ ) و پایداری غشا ( $r=0/52^{**}$ ) بیشترین همبستگی مثبت را با تولید ماده خشک گیاه ارزن پادزهری داشتند. هم‌چنین، افزایش فعالیت مهار رادیکال DPPH ( $r=-0/61^{**}$ ) و فنول کل ( $r=-0/69^{**}$ ) در تولید ماده خشک و تحمل شرایط شور نقش مؤثری داشتند. روش رگرسیون گام به گام نشان داد که غلظت کل فنول ( $\beta = -0/722$ ) و مقدار پرولین بخش هوایی ( $\beta = -0/265$ ) از مؤلفه‌های اصلی تحمل به شوری در گیاه ارزن پادزهری محسوب می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: پتانسیل اسمزی برگ، اسکوربات پراکسیداز، پایداری غشای سلول، فعالیت مهار رادیکال DPPH

### مقدمه

نموده است ولی هزینه زیاد، کاربرد آن را برای بعضی از کشاورزان این گونه مناطق که با تنش‌های شدید محیطی مواجه هستند، ناممکن ساخته است (۶). تحت این شرایط، شناسایی و کشت گونه‌های متحمل به شوری راه‌حلی کاربردی جهت استفاده مؤثر از خاک‌های در معرض تنش می‌باشد (۷، ۱۱ و ۲۲).

در مناطق خشک و نیمه خشک جهان مانند ایران، شوری خاک یکی از عوامل عمده کاهش تولید محصولات زراعی و علوفه‌ای محسوب می‌شود (۳). اگرچه بهره‌گیری از فناوری‌های پیشرفته راهکارهای جدید و مؤثری برای غلبه بر این مشکل فراهم

۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳. گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

\* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: hr.eshghizadeh@cc.iut.ac.ir

(مرحله اول در شش تکرار) در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در شرایط نسبی کنترل شده شامل: طول روز ۱۴ ساعت، رطوبت نسبی ۶۰٪ و دمای ۲۵ درجه سلسیوس در روز و ۲۰ درجه سلسیوس در شب، در تابستان سال ۱۳۹۰ اجرا شد. تعداد ۲۰ عدد بذر گونه‌ی شورزی ارزن پادزهری (*Panicum antidotale* Retz.) پس از تعیین قوه نامیه (حدود ۹۵٪) در تاریخ ۱۳۹۰/۳/۲۸ در گلدان‌هایی با قطر دهانه ۲۳ سانتی‌متر، ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر و گنجایش چهار کیلوگرم خاک کاشته شد. بستر مورد استفاده شامل: ۹۲٪ شن، ۴٪ رس و ۴٪ سیلت بود. سپس گلدان‌ها به‌طور یک روز در میان با ۲۵۰-۲۰۰ میلی‌لیتر آب معمولی تا مرحله چهار برگگی گیاهچه‌ها آبیاری شدند. در این مدت، گیاهچه‌ها طی چند مرحله تنک شده و در نهایت دو گیاهچه در هر گلدان نگه داشته شد.

اعمال تیمارهای شوری آب آبیاری (صفر، ۷۰، ۱۴۰، ۲۱۰ و ۲۸۰ میلی‌مولار NaCl)، به‌ترتیب ۴/۰۹، ۸/۱۸، ۱۲/۳ و ۱۶/۴ گرم نمک در هر لیتر آب، در مرحله چهار برگگی گیاهچه‌ها آغاز شد. به منظور جلوگیری از شوک ناشی از غلظت زیاد نمک، در نوبت اول، آبیاری کلیه گلدان‌ها (به‌جز شاهد) با محلول ۷۰ میلی‌مولار نمک انجام شد. سپس، در نوبت‌های بعدی، غلظت نمک افزایش یافت و در نهایت سطح شوری بعد از سه روز به مقادیر مورد نظر رسید. اعمال تیمارهای شوری تا پایان مرحله رسیدگی با غلظت‌های ذکر شده ادامه داشت. در طول آزمایش، تغذیه گیاهچه‌ها با استفاده از محلول غذایی نیم‌جانسون انجام شد.

پس از شروع اعمال تنش، هر هفت روز یکبار و تا ۳۵ روز (طی پنج مرحله) گلدان‌ها به آزمایشگاه تحقیقات عالی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد منتقل شد. ابتدا محتوای نسبی آب برگ با انتخاب نمونه از برگ‌های جوان کاملاً توسعه یافته و از طریق روش سایرام و همکاران (۲۹) اندازه‌گیری شد. سپس، ۱۰۰ میلی‌گرم نمونه‌های برگ تازه جدا شده، با ریختن ۵۰ میکرولیتر آب مقطر روی آن در درون میکروتیوب‌های ۰/۵ میلی‌لیتری به‌وسیله همگن‌ساز برقی همگن شد و با استفاده از

ارزیابی اثر تنش خشکی و شوری بر سه گونه مرتعی *Agropyron* و *Avena barbata intermedium* در شرایط گلخانه، نشان داد که تنش شوری و خشکی موجب کاهش شدید ماده خشک (ساقه، برگ، ریشه)، رطوبت نسبی و پتانسیل آب برگ گونه‌ها شده است و گونه‌های مورد مطالعه حساسیت زیادی به شوری‌های اعمال شده تا ۲۰۰ میلی‌مولار نشان ندادند (۱). در گیاهان متحمل به تنش‌های مختلف، مانند ارزن پادزهری (۷ و ۱۱)، ارزیابی تغییرات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی در شرایط تنش‌زا راهکاری مناسب جهت مطالعه جنبه‌های وراثتی تحمل به تنش فراهم می‌آورد (۱۰ و ۲۶). با توجه به اثرهای اسمزی و یونی ناشی از تنش شوری، گیاهان سازوکارهایی نظیر: تعدیل تنش اسمزی، حفظ تعادل یونی سلول و کاهش آثار سمیت یونی را به‌کار می‌گیرند (۲۴ و ۳۷). به دنبال تنش شوری، تنش‌های ثانویه نظیر تنش اکسیداتیو نیز بروز می‌کنند که در این حالت، تولید و انباشتگی رادیکال‌های فعال به اکسیده شدن پروتئین‌ها، لیپیدها و در نهایت مرگ سلول منجر می‌شود (۲۳ و ۲۵). در تعدادی از گونه‌های گیاهی، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نقش کلیدی در تحمل به تنش‌های محیطی ایفا می‌کنند (۱۵ و ۲۷). گیاهان برای مقابله با تنش اکسیدانی از سیستم دفاعی مؤثری که شامل افزایش فعالیت آنزیم‌های اسکوربات پراکسیداز، کاتالاز، سوپراکسید دسموتاز، پراکسیداز، گلووتاتیون ردوکتاز، فعالیت مهار رادیکال DPPH، ترکیبات فنولی و تعداد دیگری از مواد آنتی‌اکسیدانی است، استفاده می‌کنند (۳۴). غلظت این بیومولکول‌ها پس از مواجهه گیاه با تنش به سرعت افزایش یافته و هزینه‌های پاسخ به تنش را در گیاه تعدیل می‌کنند (۱۹، ۲۰ و ۲۱).

این مطالعه، با هدف بررسی تأثیر شوری بر وضعیت آب، غلظت برخی تنظیم‌کننده‌های اسمزی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی برگ ارزن پادزهری و شناسایی صفات مؤثر در تحمل به تنش انجام شد.

## مواد و روش‌ها

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار

اعمال تنش معنی‌دار نشد (جدول ۱). اختلاف بین بیشترین محتوای نسبی آب برگ در تیمار غیر شور با کمترین مقدار در تیمار ۲۸۰ میلی‌مولار شوری به ترتیب ۸٪ در هفته اول، ۳۱٪ در هفته دوم، ۲۵٪ در هفته سوم، ۲۸٪ در هفته چهارم و ۲۷٪ در هفته پنجم پس از اعمال تنش شوری بود (جدول ۲ و شکل ۱-الف). هم‌چنین، محتوای نسبی آب برگ در تیمارهای مختلف شوری در روزهای مختلف پس از تنش، به غیر از هفته سوم، کاهش جزئی نشان داد (شکل ۱-ب).

### پتانسیل اسمزی آب برگ

اختلاف بین مقادیر پتانسیل اسمزی آب برگ گیاه ارزن پادزهری، ۱۴ و ۲۱ روز پس از اعمال تنش شوری، در سطوح مختلف تنش از نظر آماری در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد؛ ولی در سایر هفته‌ها این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۱). اختلاف بین پتانسیل اسمزی آب برگ در گیاهان شاهد در مقایسه با بیشترین سطح تنش شوری در تیمار ۲۸۰ میلی‌مولار به ترتیب ۰/۳۶۱- مگا پاسکال در هفته اول (۰/۴۳)، ۱/۰۳- در هفته دوم (۰/۷۹)، ۱/۱۸- در هفته سوم (۰/۶۹)، ۱/۵۴- در هفته چهارم (۰/۶۲) و ۱/۲۴- مگا پاسکال در هفته پنجم (۰/۶۵) پس از اعمال تنش شوری بود (جدول ۲ و شکل ۲-الف). هم‌چنین، به‌طور متوسط، پتانسیل اسمزی آب برگ در تیمارهای مختلف شوری با گذشت زمان روندی کاهشی نشان داد و از ۰/۷۱۷- مگا پاسکال در هفته اول به ۱/۲۶- در هفته پنجم پس از تنش رسید (شکل ۲-ب).

### غلظت پرولین برگ

همان‌گونه که در جدول ۱ نشان داده شده است، اختلاف غلظت پرولین برگ در سطوح مختلف تیمار شوری در هفته چهارم پس از اعمال تنش شوری در سطح احتمال ۱٪ و در هفته پنجم در سطح احتمال ۵٪ از نظر آماری معنی‌دار شد. این در حالی است که تفاوت بین تیمارها در ارتباط با غلظت پرولین برگ در هفته‌های اول، دوم و سوم از نظر آماری معنی‌دار نبود. مقایسه

دستگاه اسمومتر مدل OM-802-D پتانسیل اسمزی عصاره نمونه تعیین شد. پایداری غشا نیز از طریق اندازه‌گیری نشت الکترولیتی برگ ارزیابی شد (۲۹). قند محلول برگ با استفاده از روش فنول سولفوریک اسید (۱۴) و استاندارد گلوکز تعیین شد. غلظت پرولین در بافت برگ براساس روش بیاتس (۱۲) و استاندارد پرولین تعیین شد. هم‌چنین، غلظت فنول کل در نمونه برگ تازه و براساس روش فولین شیکالتو (۳۲) تعیین شد. برای تعیین فعالیت مهار رادیکال DPPH از محلول استاندارد اسید آسکوربیک استفاده شد (۵). فعالیت آنزیم اسکوربات پراکسیداز براساس روش یاماگوجی و همکاران (۳۵) تخمین زده شد.

اعداد حاصل با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تجزیه و تحلیل شد. میانگین‌ها با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ مقایسه و نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شد. هم‌چنین، به منظور ارزیابی نقش صفات اندازه‌گیری شده در تحمل به شوری گیاه ارزن پادزهری، از داده‌های به‌دست آمده پس از ۲۸ و ۳۵ روز از اعمال تنش استفاده شد. برای این منظور، ابتدا نسبت وزن خشک کل در هر تیمار به وزن خشک بوته‌های رشد یافته در شرایط شاهد به‌عنوان شاخص تحمل به شوری در نظر گرفته شد. سپس، با استفاده از نسخه ۱۸ نرم‌افزار آماری PASW و از روش رگرسیون گام به گام جهت پردازش و تحلیل داده‌ها استفاده شد. در این روش، شاخص تحمل به‌عنوان متغیر وابسته و ۹ صفت دیگر به‌عنوان متغیر مستقل وارد مدل شدند. تجزیه پیوستگی صفات نیز به روش پیرسون انجام گرفت.

### نتایج و بحث

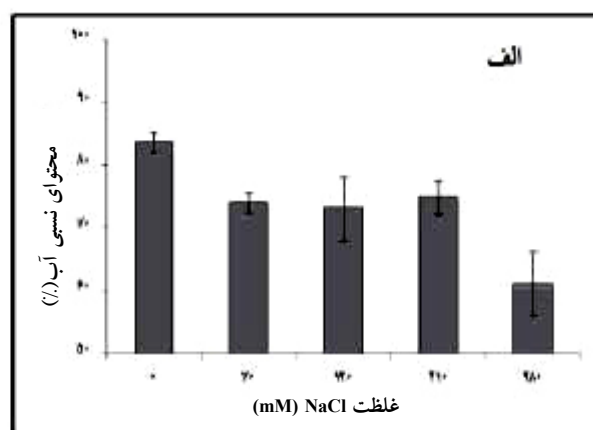
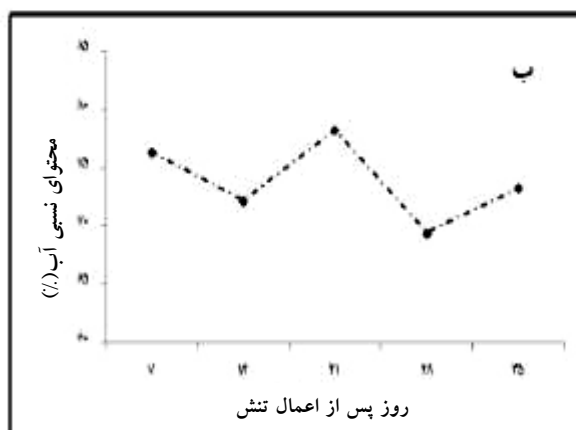
#### محتوای نسبی آب برگ

میانگین مربعات محتوای نسبی آب برگ گیاه ارزن پادزهری پس از گذشت ۲۱ روز (سطح احتمال ۱٪)، ۲۸ روز (سطح احتمال ۱٪) و ۳۵ روز (سطح احتمال ۵٪) از اعمال تنش شوری، از نظر آماری معنی‌دار شد؛ ولی تفاوت محتوای نسبی آب برگ تیمارهای مختلف در هفته‌های اول و دوم پس از

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس محتوای نسبی آب، پتانسیل اسمزی، غلظت پرولین، غلظت کل قندهای محلول، غلظت DPPH و فعالیت آنزیم پراکسیداز در برگ گیاه ارزن پادزهری در مراحل مختلف پس از اعمال تنش شوری

میانگین مربعات						درجه آزادی	منابع تغییر	روز پس از اعمال تنش
فعالیت پراکسیداز	DPPH	کل قندهای محلول	پرولین	پتانسیل اسمزی	محتوای نسبی آب			
۵۰۳۹۸۵	۱۶۰۹۸۸*	۱۳۵۲۶۴۱	۷۱۳۲۸	۰/۲۱۰	۵۳/۶	۵	بلوک	
۱۵۴۱۷۷۹**	۲۳۸۹۱۷**	۴۵۹۷۹۸۸ <sup>ns</sup>	۶۵۸۹۳ <sup>ns</sup>	۰/۳۷۵ <sup>ns</sup>	۸۶/۴ <sup>ns</sup>	۴	شوری	۷
۳۲۰۲۳۱	۵۱۹۵۱	۲۶۲۵۳۳۴	۴۷۳۸۳	۰/۱۴۱	۱۱۵	۲۰	خطا	
۳۹۶	۲۳۷	۲۵۳۹۷۰۸	۱۴۷	۰/۰۰۴	۶۳/۴	۲	بلوک	
۶۷۱۱ <sup>ns</sup>	۵۹۵۰**	۳۶۸۵۹۹۳ <sup>ns</sup>	۱۵۲۲۵**	۰/۵۰۲**	۳۵۷ <sup>ns</sup>	۴	شوری	۱۴
۱۴۶۷۷	۳۷۵	۱۹۳۰۷۸۸	۲۹۷	۰/۰۵۳	۱۲۴	۸	خطا	
۱۵۳۷۹	۱۰۵۸۶۵	۵۷۰۹۶۲	۶۳۷۶	۰/۰۶۳	۸۰/۰	۲	بلوک	
۲۳۹۱۳ <sup>ns</sup>	۱۷۷۰۴۵*	۸۲۴۳۰۷ <sup>ns</sup>	۱۱۰۵۸ <sup>ns</sup>	۰/۷۹۱**	۱۸۹**	۴	شوری	۲۱
۶۸۵۴	۳۷۰۲۳	۴۸۲۴۸۸	۵۶۲۹	۰/۱۲۰	۲۳/۱	۸	خطا	
۶۲۹۲	۱۴۶۹۳	۲۸۸۷۳۵۲	۱۲۷۸۷۷	۰/۱۳۸	۱۸/۳	۲	بلوک	
۲۴۵۵۱ <sup>ns</sup>	۱۳۶۹۵۸۳**	۲۴۴۷۵۲۹ <sup>ns</sup>	۱۵۶۹۱۴۷**	۱/۶۶ <sup>ns</sup>	۲۶۵**	۴	شوری	۲۸
۱۲۶۹۳	۱۰۹۵۵۳	۱۴۲۳۲۵۴	۱۲۹۶۶۸	۰/۵۴۳	۱۷/۷	۸	خطا	
۸۹۲۵	۱۰۲۲۷۴۷	۸۰۹۹۳۹۹	۸۱۸۴۷	۰/۵۷۶	۳۵/۰	۲	بلوک	
۲۲۳۵۱ <sup>ns</sup>	۶۲۰۸۱۷۱**	۸۹۴۸۶۳۳ <sup>ns</sup>	۱۱۸۰۲۰*	۰/۹۵۵ <sup>ns</sup>	۱۹۶*	۴	شوری	۳۵
۱۲۵۱۶	۱۴۹۲۶۹	۲۵۲۸۲۱۸	۲۳۲۸۰	۰/۳۷۲	۳۷/۸	۸	خطا	

\*\*, \* و <sup>ns</sup>: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار



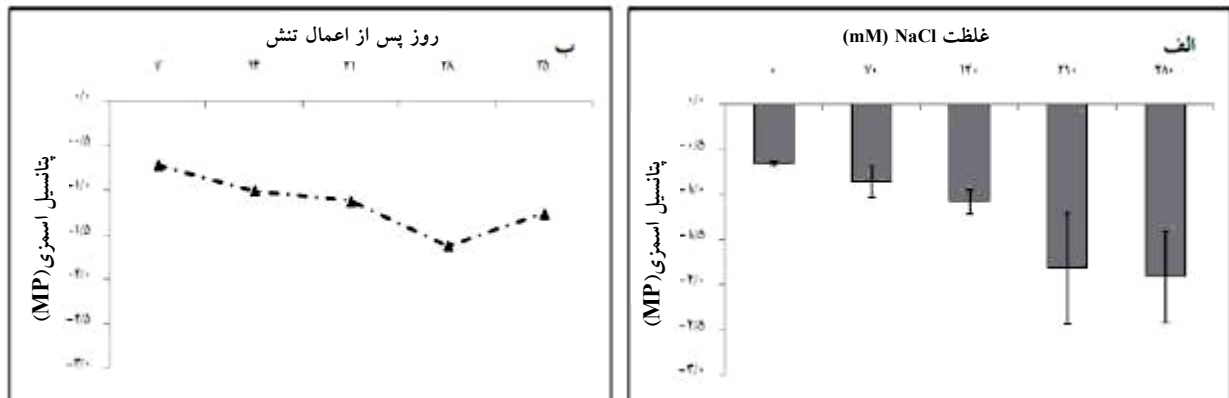
شکل ۱. محتوای نسبی آب برگ گیاه ارزن پادزهری ۳۵ روز پس از اعمال سطوح مختلف شوری آب آبیاری (الف)، و روند تغییرات محتوای نسبی آب برگ گیاه ارزن پادزهری در روزهای مختلف پس از اعمال تنش شوری (ب)

جدول ۲. تأثیر شوری بر محتوای نسبی آب، پتانسیل اسمزی، غلظت پرولین، غلظت کل قندهای محلول، غلظت DPPH و فعالیت آنزیم پراکسیداز گیاه ارزن پادزهری در روزهای مختلف پس از اعمال تنش

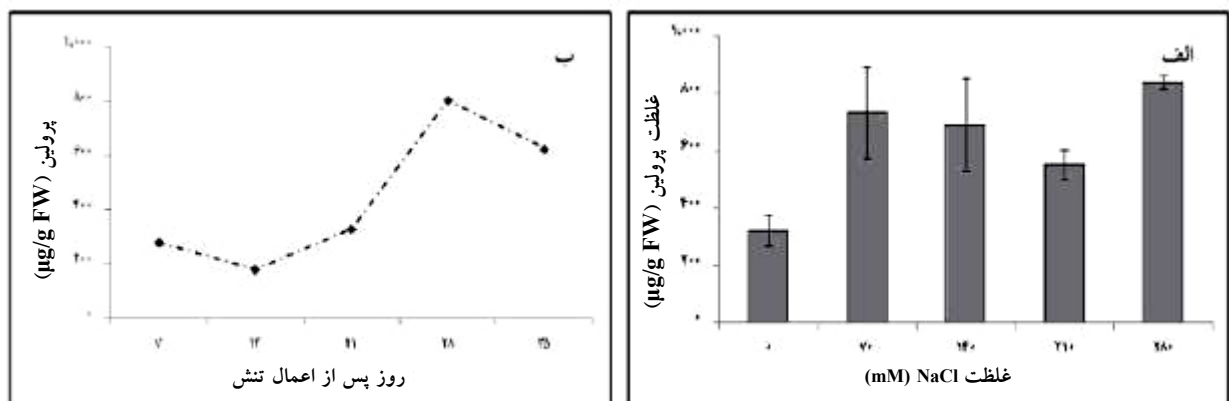
پراکسیداز (units/g FW)	DPPH ( $\mu\text{g ascorbat/g FW}$ )	قندهای محلول ( $\mu\text{g/g FW}$ )	پرولین ( $\mu\text{g/g FW}$ )	پتانسیل اسمزی (MPa)	محتوای نسبی آب (%)	شوری (میلی مولار)	روز پس از اعمال تنش
۲۲۱۴	۴۷۷	۴۹۷۵	۱۱۲	-۰/۴۶۱	۸۳/۰	صفر	
۲۹۸۷	۸۰۳	۷۰۱۹	۲۶۸	-۰/۵۶۸	۷۴/۱	۷۰	
۱۷۶۹	۸۲۶	۵۸۷۷	۲۹۴	-۰/۶۳۶	۷۵/۵	۱۴۰	۷
۲۴۴۲	۶۸۵	۵۹۸۱	۳۶۰	-۱/۱۰	۷۳/۷	۲۱۰	
۲۹۱۹	۱۰۱۹	۷۰۶۲	۳۷۵	-۰/۸۲۲	۷۵/۸	۲۸۰	
۶۸۱	۲۷۴	۱۹۵۱	۲۶۲	۰/۴۵۳	۱۲/۹	LSD <sub>/۵</sub>	
۴۰۷	۷۴/۸	۶۵۱۱	۵۴/۵	-۰/۴۵۸	۸۶/۱	صفر	
۳۱۴	۸۴/۸	۵۲۸۴	۲۱۸	-۰/۷۵۸	۶۷/۹	۷۰	
۴۳۰	۱۳۹	۴۵۰۳	۲۱۱	-۱/۰۸	۸۰/۹	۱۴۰	۱۴
۳۴۹	۱۴۵	۶۰۵۰	۲۰۳	-۱/۲۵	۶۶/۹	۲۱۰	
۳۴۹	۱۸۱	۷۳۸۳	۲۱۹	-۱/۴۹	۵۹/۴	۲۸۰	
۲۲۸	۳۶/۵	۲۶۱۶	۳۲/۵	۰/۴۳۵	۲۰/۹	LSD <sub>/۵</sub>	
۳۸۰	۲۰۸۲	۶۵۴۵	۲۵۰	-۰/۵۰۱	۸۹/۸	صفر	
۲۲۳	۲۲۷۲	۷۱۳۲	۳۷۹	-۰/۷۴۶	۷۶/۲	۷۰	
۱۵۲	۱۷۴۱	۶۰۶۸	۲۸۷	-۱/۰۹	۷۸/۴	۱۴۰	۲۱
۱۷۸	۱۷۸۴	۷۴۱۹	۳۴۷	-۱/۵۷	۷۹/۴	۲۱۰	
۲۶۳	۲۲۰۷	۶۷۰۲	۳۹۱	-۱/۶۹	۶۷/۷	۲۸۰	
۱۵۵	۳۶۲	۱۳۰۷	۶۷۸	۰/۶۵۳	۹/۰۵	LSD <sub>/۵</sub>	
۲۸۵	۹۲۶	۷۳۶۵	۱۵۷	-۰/۹۴۲	۸۲/۶	صفر	
۴۸۸	۱۰۷۷	۶۸۷۱	۳۷۷	-۱/۰۲	۷۵/۲	۷۰	
۴۰۹	۲۱۰۴	۵۲۲۹	۳۱۴	-۱/۳۲	۶۶/۸	۱۴۰	۲۸
۳۶۵	۲۱۶۸	۶۱۶۶	۱۶۷۹	-۲/۳۷	۶۳/۵	۲۱۰	
۲۶۸	۲۳۷۹	۷۳۳۳	۱۵۰۱	-۲/۴۸	۵۹/۲	۲۸۰	
۲۱۲	۶۲۳	۲۲۴۶	۶۷۸	۱/۳۸	۷/۹۲	LSD <sub>/۵</sub>	

(جدول ۲ و شکل ۳-الف). به‌طور متوسط، تجمع پرولین در برگ گیاه ارزن پادزهری در تیمارهای مختلف شوری با گذشت زمان روندی افزایشی نشان داد و غلظت پرولین در هر گرم برگ تازه در ۳۵ روز پس از اعمال تنش شوری در مقایسه با هفته اول

میانگین داده‌های به‌دست آمده نیز نشان داد که به‌طور کلی با افزایش تنش شوری، مقدار پرولین برگ افزایش یافت هر چند این افزایش در هفته‌های مختلف پس از اعمال تنش شوری، از شدت یکسانی متناسب با سطوح مختلف تنش برخوردار نبود



شکل ۲. پتانسیل اسمزی آب برگ گیاه ارزن پادزهری ۳۵ روز پس از اعمال سطوح مختلف شوری آب آبیاری (الف) و روند تغییرات پتانسیل اسمزی آب برگ گیاه ارزن پادزهری در روزهای مختلف پس از اعمال تنش شوری (ب)



شکل ۳. غلظت پرولین برگ گیاه ارزن پادزهری ۳۵ روز پس از اعمال سطوح مختلف شوری آب آبیاری (الف) و روند تغییرات غلظت پرولین برگ گیاه ارزن پادزهری در روزهای مختلف پس از اعمال تنش شوری (ب)

سی و پنج روز پس از اعمال تنش مقدار کل کربوهیدرات‌های محلول در هر گرم وزن تازه برگ در تیمار ۲۸۰ میلی مولار نسبت به تیمار غیر شور یا شاهد ۴۴۰۴ میکروگرم بیشتر بود (شکل ۴-الف). همچنین، غلظت کل کربوهیدرات‌های محلول در برگ بوته‌های گیاه ارزن پادزهری در تیمارهای مختلف شوری ابتدا در هفته دوم کاهش، سپس در هفته‌های سوم و چهارم افزایش و دوباره در هفته پنجم کاهش یافت (شکل ۴-ب).

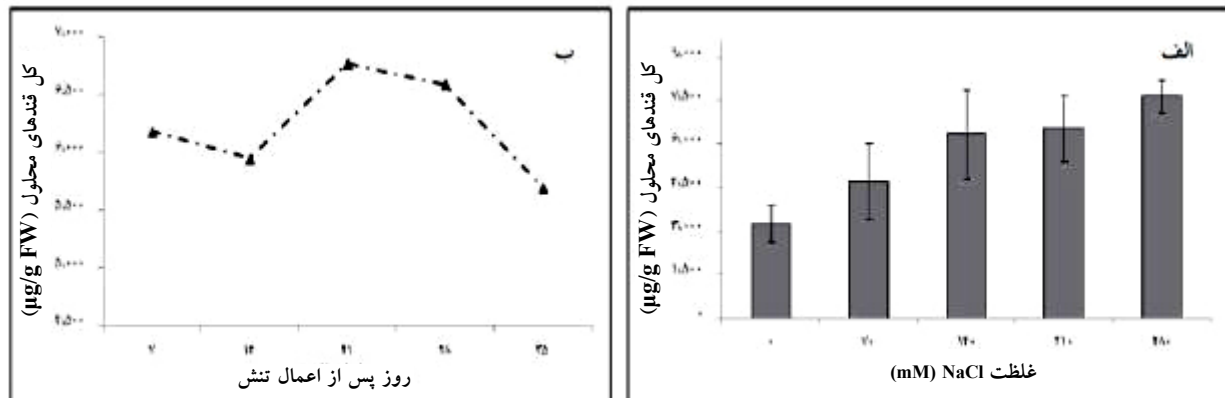
#### فعالیت مهار رادیکال DPPH

بین سطوح مختلف شوری آب آبیاری تفاوت معنی‌داری از نظر آماری در فعالیت مهار رادیکال DPPH برگ هر گیاه وجود

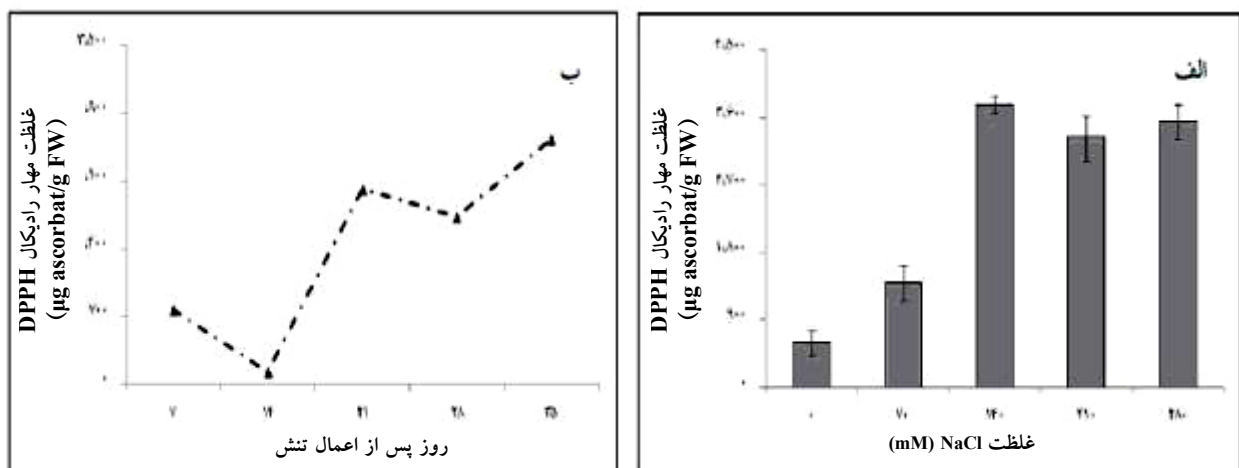
حدود ۳۴۶ میکروگرم (۰.۵۵٪) بیشتر بود (شکل ۳-ب).

#### غلظت کربوهیدرات‌های محلول

تجزیه واریانس میانگین مربعات مقادیر غلظت کل کربوهیدرات‌های محلول در سطوح مختلف تیمار تنش شوری اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول ۱). هفت روز پس از اعمال تنش شوری، بیشترین و کمترین مقادیر به ترتیب به سطح ۲۸۰ و صفر میلی مولار کلرید سدیم در محلول آب آبیاری تعلق داشت. با گذشت زمان و پس از ۱۴ روز از اعمال تنش شوری، تیمار ۲۸۰ میلی مولار بیشترین و ۱۴۰ میلی مولار کمترین مقدار کربوهیدرات‌های محلول را به خود اختصاص دادند (جدول ۲).



شکل ۴. محتوای کل قندهای محلول برگ گیاه ارزن پادزهری ۳۵ روز پس از اعمال سطوح مختلف شوری آب آبیاری (الف) و روند تغییرات محتوای کل قندهای محلول برگ گیاه ارزن پادزهری در روزهای مختلف پس از اعمال تنش شوری (ب)



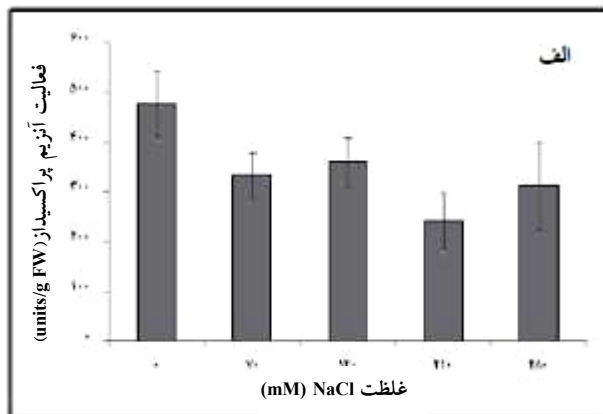
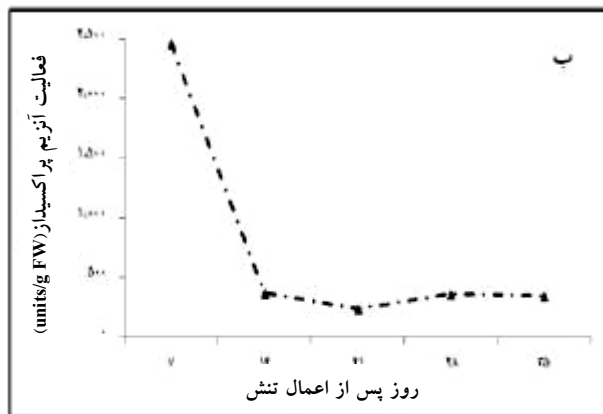
شکل ۵. فعالیت مهار رادیکال DPPH در برگ گیاه ارزن پادزهری ۳۵ روز پس از اعمال سطوح مختلف شوری آب آبیاری (الف) و روند تغییرات فعالیت مهار رادیکال DPPH برگ گیاه ارزن پادزهری در روزهای مختلف پس از اعمال تنش شوری (ب)

### فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی

#### فعالیت آنزیم پراکسیداز

تجزیه واریانس میانگین مربعات فعالیت آنزیم پراکسیداز در سطوح مختلف شوری اختلاف معنی‌داری (سطح احتمال ۰/۱)، به غیر از هفته اول، نشان نداد (جدول ۱). تغییرات فعالیت آنزیم پراکسیداز در سطوح مختلف شوری طی هفته‌های مختلف روند منظمی نداشت (جدول ۲). هرچند ۳۵ روز پس از اعمال تنش شوری، فعالیت آنزیم پراکسیداز با افزایش تنش شوری کاهش یافت، ولی این کاهش متناسب با شدت تنش شوری نبود (شکل ۶-الف). هم‌چنین، هفت روز پس از اعمال

داشت (جدول ۱). اختلاف بین کمترین فعالیت مهار رادیکال DPPH در تیمار غیر شور با بیشترین غلظت آن در تیمار ۲۸۰ میلی‌مولار شوری به ترتیب ۵۳٪ در هفته اول، ۵۸٪ در هفته دوم، ۶۱٪ در هفته چهارم و ۸۳٪ در هفته پنجم پس از اعمال تنش شوری بود (جدول ۲ و شکل ۵-الف). هم‌چنین، متوسط فعالیت مهار رادیکال DPPH در برگ بوته‌های گیاه ارزن پادزهری در تیمارهای مختلف شوری با گذشت زمان روندی افزایشی نشان داد و فعالیت رادیکال در هر گرم برگ تازه در ۳۵ روز پس از اعمال تنش شوری در مقایسه با هفته اول حدود ۱۷۶۸ میکروگرم (۷۰٪) بیشتر بود (شکل ۵-ب).



شکل ۶. فعالیت آنزیم پراکسیداز برگ گیاه ارزن پادزهری ۳۵ روز پس از اعمال سطوح مختلف شوری آب آبیاری (الف) و روند تغییرات فعالیت آنزیم پراکسیداز برگ گیاه ارزن پادزهری در روزهای مختلف پس از اعمال تنش شوری (ب)

۲۸ و ۳۵ روز از اعمال تنش شوری، با افزایش سطح شوری آب آبیاری، پایداری غشا کاهش یافت و در تیمار ۲۸۰ میلی‌مولار کلرید سدیم نسبت به تیمار غیر شور به ترتیب حدود ۴۸٪ و ۲۳٪ کمتر بود (جدول ۴).

#### غلظت فنول کل

تفاوت غلظت فنول کل برگ گیاه ارزن پادزهری، ۳۵ روز پس از مواجهه با سطوح مختلف شوری، از نظر آماری در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۳). غلظت فنول کل در هر گرم برگ تازه در تیمار ۲۸۰ میلی‌مولار کلرید سدیم در مقایسه با تیمار غیر شور حدود ۱۴۹۰ میکروگرم بیشتر بود؛ هر چند بیشترین مقدار به تیمار ۱۴۰ میلی‌مولار کلرید سدیم تعلق داشت (شکل ۷).

#### رگرسیون چندگانه گام به گام

همان‌گونه که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، براساس مقادیر B در جدول ۶، معادله رگرسیون را می‌توان به شرح زیر نوشت:

$$TI = 0.994 + 0.0001 \text{ PHE} + 0.0001 \text{ PRO} \quad [1]$$

که در آن TI شاخص تحمل به شوری، PHE غلظت کل فنول و PRO مقدار پرولین است. همچنین، براساس بتای به‌دست آمده برای غلظت کل فنول، به ازای یک واحد تغییر غلظت کل فنول

تنش شوری، به‌طور متوسط فعالیت آنزیم پراکسیداز برگ در تیمارهای مختلف شوری کاهش چشمگیری داشت. ولی پس از آن روند ثابتی یافت (شکل ۶-ب).

#### فعالیت آنزیم اسکوربات پراکسیداز

تفاوت فعالیت اسکوربات پراکسیداز برگ در سطوح مختلف شوری آب آبیاری در هفته چهارم در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود؛ ولی در هفته پنجم این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار نشد (جدول ۳). در هفته چهارم، اختلاف بین فعالیت اسکوربات پراکسیداز در تیمار غیر شور با تیمار ۲۸۰ میلی‌مولار شوری ۴۰٪ بود؛ هر چند بیشترین فعالیت آنزیم اسکوربات پراکسیداز به تیمار ۷۰ میلی‌مولار شوری تعلق داشت (جدول ۴). در هفته پنجم، فعالیت آنزیم اسکوربات پراکسیداز ابتدا در تیمار ۷۰ میلی‌مولار نسبت به شاهد افزایش و سپس با افزایش سطوح شوری کاهش یافت (جدول ۴).

#### پایداری غشا

در ارتباط با درصد پایداری غشا، همان‌طور که در جدول ۳ آورده شده است، تفاوت بین سطوح مختلف تنش شوری در هفته چهارم پس از اعمال تنش در سطح احتمال ۱٪ و در هفته پنجم در سطح احتمال ۵٪ از نظر آماری معنی‌دار بود. با گذشت



جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس میانگین مربعات غلظت اسکوربات پراکسیداز، پایداری غشا و غلظت فنول کل برگ گیاه ارزن پادزهری، ۲۸ و ۳۵ روز پس از اعمال تنش شوری

روز پس از اعمال تنش	منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	
			اسکوربات پراکسیداز	پایداری غشا
۲۸	بلوک	۲	۳۷/۶	۱۹۶
	شوری	۴	۸۰۷**	۱۵۱۴**
	خطا	۸	۲۷/۴	۷۱/۸
۳۰	بلوک	۲	۱۹۸	۳۵/۰
	شوری	۴	۱۷۰ <sup>ns</sup>	۱۹۶*
	خطا	۸	۲۹۷	۳۷/۸

\*\*، \* و ns: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی دار

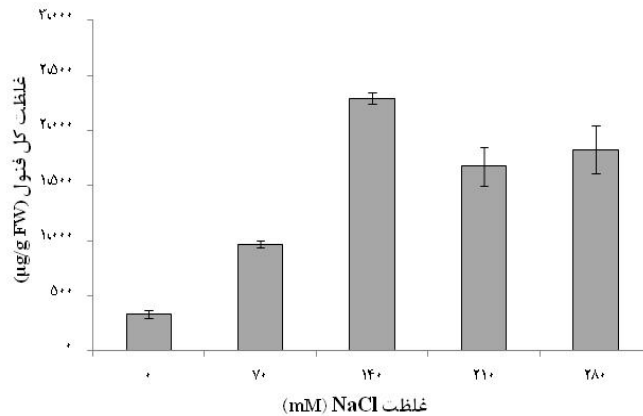
جدول ۴. تأثیر شوری بر غلظت اسکوربات پراکسیداز و پایداری غشای برگ گیاه ارزن پادزهری، ۲۸ و ۳۵ روز پس از اعمال تنش شوری

روز پس از اعمال تنش	شوری (میلی مولار)	اسکوربات پراکسیداز (unit/gFW)	پایداری غشا (%)
۲۸	صفر	۱۹/۷	۷۶/۸
	۷۰	۵۵/۴	۶۸/۷
	۱۴۰	۱۹/۰	۳۸/۵
	۲۱۰	۱۵/۶	۳۰/۲
	۲۸۰	۳۲/۹	۲۹/۲
LSD <sub>۵٪</sub>		۹/۸۶	۱۵/۹
۳۵	صفر	۳۱/۸	۸۳/۷
	۷۰	۴۳/۷	۷۴/۰
	۱۴۰	۳۰/۷	۷۳/۱
	۲۱۰	۲۷/۶	۷۴/۸
	۲۸۰	۲۳/۵	۶۱/۰
LSD <sub>۵٪</sub>		۳۲/۴	۱۱/۶

#### بحث

بررسی وضعیت آب برگ گیاه ارزن پادزهری در شرایط این مطالعه نشان داد که با افزایش شدت تنش شوری، محتوای نسبی و پتانسیل آب برگ کاهش یافت (جدول ۲، شکل‌های ۱ و ۲). اگرچه ۷ روز پس از اعمال تنش، تفاوت محتوای نسبی و

به اندازه ۰/۷۲۲- در انحراف معیار متغیر وابسته (شاخص تحمل به شوری) تغییر ایجاد می‌شود. در حالی که به ازای یک واحد تغییر در انحراف معیار غلظت پرولین برگ، ۰/۲۶۵- واحد در انحراف معیار متغیر وابسته (شاخص تحمل به شوری) تغییر ایجاد می‌شود.



شکل ۷. غلظت فنول کل برگ گیاه ارزن پادزه‌ری، ۳۵ روز پس از اعمال سطوح مختلف شوری آب آبیاری

جدول ۵. نتایج رگرسیون گام به گام شاخص تحمل به تنش شوری در گیاه ارزن پادزه‌ری

مدل	متغیر	R <sup>2</sup> تصحیح شده	درجه آزادی	F	سطح معنی داری
گام اول	غلظت کل فنول (PHE)	۰/۶۶۷	۱	۵۸/۹	۰/۰۰۰
گام دوم	پرولین (PRO)	۰/۷۱۹	۲	۳۸/۱	۰/۰۰۰

جدول ۶. ضرایب مدل شاخص تحمل به تنش شوری در گیاه ارزن پادزه‌ری در روش رگرسیون گام به گام

مدل	مدل	ضریب B استاندارد نشده	ضریب β استاندارد شده	t	سطح معنی داری
گام اول	عرض از مبدأ	۰/۹۴۳		۱۱/۳	۰/۰۰۰
	غلظت کل فنول (PHE)	۰/۰۰۰۱	-۰/۸۲۳	-۷/۶۸	۰/۰۰۰
گام دوم	عرض از مبدأ	۰/۹۹۴		۱۲/۵	۰/۱۸۱
	غلظت کل فنول (PHE)	۰/۰۰۰۱	-۰/۷۲۲	-۶/۷۸	۰/۰۰۰
	پرولین (PRO)	۰/۰۰۰۱	-۰/۲۶۵	-۲/۴۹	۰/۰۱۹

دو شاخص از کاهش جذب آب حکایت می‌کند (جدول ۷). افزایش غلظت سدیم بافت نیز از دلایل احتمالی کاهش محتوای نسبی و پتانسیل آب برگ است (۱۳). ضرایب همبستگی منفی و قوی بین غلظت سدیم بخش هوایی با محتوای نسبی آب برگ ( $r = -0.72^{**}$ ) و پتانسیل اسمزی آب برگ ( $r = -0.83^{**}$ ) نیز بر این موضوع تأکید می‌کند (جدول ۸). یافته‌های محققین دیگر در ارتباط با تأثیر تنش شوری بر محتوای نسبی آب برگ در گیاه *Papulos cathayana* (۳۶)، کوشیا (۴)، ذرت (۱۳)، *Atriplex hortensis* (۲۸) و نیز تأثیر تنش شوری بر کاهش

پتانسیل آب برگ در سطوح مختلف تنش زیاد نبود ولی به تدریج با افزایش شدت تنش شوری در اثر گذشت زمان اختلافات چشمگیرتر شد (جدول ۲، شکل‌های ۱ و ۲). اختلاف زیاد سطوح شوری آب آبیاری (۲۱/۵-۰ دسی‌زیمنس در متر) مورد استفاده در این آزمایش باعث تجمع تدریجی نمک در بستر رشد گیاه، توان جذب آب توسط گیاه را کاهش داد و بنابراین افت محتوای آب برگ و پتانسیل اسمزی دور از انتظار نبود. ارتباط مثبت و قوی بین محتوای نسبی آب و پتانسیل اسمزی آب برگ ( $r = -0.62^{**}$ ) نیز بر تأثیرپذیری همزمان این

جدول ۷. ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورد ارزیابی در گیاه ارزن پادزهری تحت شرایط متفاوت تنش شوری

	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	
۱									۱	محتوای نسبی آب برگ
۲								۱	۰/۶۲** <sup>۱</sup>	پتانسیل اسمزی آب برگ
۳							۱	-۰/۴۹**	-۰/۵۳**	غلظت پرولین
۴					۱	۰/۲۵ <sup>NS</sup>	-۰/۲۲ <sup>NS</sup>	-۰/۲۷ <sup>NS</sup>	-۰/۲۷ <sup>NS</sup>	غلظت کل قندهای محلول
۵					۱	۰/۳۲ <sup>NS</sup>	۰/۳۲ <sup>NS</sup>	-۰/۴۱**	-۰/۴۷**	غلظت DPPH
۶				۱	-۰/۳۱ <sup>NS</sup>	-۰/۲۸ <sup>NS</sup>	-۰/۱۹ <sup>NS</sup>	۰/۳۸*	۰/۱۷ <sup>NS</sup>	آنزیم پراکسیداز
۷			۱	۰/۲۰ <sup>NS</sup>	-۰/۲۷ <sup>NS</sup>	-۰/۰۵ <sup>NS</sup>	-۰/۱۹ <sup>NS</sup>	۰/۲۵ <sup>NS</sup>	۰/۱۱ <sup>NS</sup>	آنزیم اسکوربات پراکسیداز
۸		۱	۰/۲۳ <sup>NS</sup>	۰/۰۰ <sup>NS</sup>	-۰/۱۹ <sup>NS</sup>	-۰/۲۰ <sup>NS</sup>	-۰/۶۵**	۰/۵۸**	۰/۷۵**	پایداری غشا
۹	۱	-۰/۵۵**	-۰/۱۹ <sup>NS</sup>	-۰/۱۵ <sup>NS</sup>	۰/۷۹**	۰/۱۷ <sup>NS</sup>	۰/۳۸*	-۰/۳۹*	-۰/۶۲**	غلظت کل فنول

\*\*، \* و NS: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی دار

انرژی مورد نیاز برای جایگذاری یون‌ها در واکنش را تأمین می‌کند. در بسیاری از گیاهان شورزیست، پرولین یا گلیسین بتائین به اندازه کافی و به مقدار زیادی در برگ‌ها وجود دارد (بیش از ۴۰ میلی‌مولار در یک بافت آبدار) که در ایجاد فشار اسمزی (بیش از ۰/۱ مگاپاسکال) در سلول نقش دارند (۱۷).

غلظت کل کربوهیدرات‌های محلول در تیمارهای مختلف شوری طی روزهای مختلف پس از اعمال تنش الگوی متفاوتی نشان داد (جدول ۲، شکل ۵). به‌طور کلی می‌توان به افزایش غلظت قندهای محلول در اثر تنش شوری اشاره داشت (شکل ۵). نباتی (۴) نیز در ارزیابی روش‌های مختلف اعمال تنش شوری بر گیاه کوشیا (*Kochia scoparia*) اعلام کرد که تجمع کربوهیدرات‌های محلول در تیمارهای مختلف شوری در آزمایش‌های مختلف روند متفاوتی نشان داد.

به‌طور کلی، با افزایش تنش در سطوح مختلف شوری و نیز با گذشت زمان، فعالیت مهار رادیکال DPPH در برگ گیاه ارزن پادزهری افزایش یافت (جدول ۲، شکل ۶). یافته‌های محققین دیگر نیز بیانگر ارتباط نزدیک تحمل به شوری با فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی است (۹ و ۱۸).

وضعیت شاخص پایداری غشا در سطوح مختلف شوری به‌وضوح تخریب غشاهای سلولی و افزایش نشت الکترولیت‌ها

پتانسیل آب برگ در *Suaeda fruticosa* (۸) و *Sporobolus virginicus* Dixi (۳۳) با نتایج این مطالعه همخوانی دارد. هر چند ممکن است نحوه اعمال تیمار تنش شوری، مرحله رشد گیاه، مدت زمان مواجهه گیاه با تنش و نیز مقدار تحمل به شوری گیاهان مورد مطالعه بر نتایج به‌دست آمده مؤثر باشد (۲).

همزمان با افت محتوای آب در برگ و تشدید تنش شوری در روزهای پس از تنش، غلظت پرولین نیز افزایش یافت (جدول ۲، شکل‌های ۳ و ۴). با توجه به نقش مؤثر اسید آمینه پرولین در تعدیل آثار مخرب ناشی از تنش‌های محیطی، به‌ویژه شوری، و تنظیم اسمزی (۲۵)، این افزایش قابل توجیه است. ضرایب همبستگی متوسط و منفی بین غلظت پرولین و محتوای نسبی ( $r = -0/53^{**}$ ) و پتانسیل اسمزی آب برگ ( $r = -0/49^{**}$ ) نیز افزایش غلظت پرولین جهت تنظیم اسمزی و تعدیل اثرهای مخرب تنش را به خوبی نشان می‌دهد (جدول ۷). سانادا و همکاران (۳۰) نیز با بررسی تأثیر شوری بر مقدار پرولین در برگ و ریشه گیاه *Mesembryanthemum crystallinum* L. به‌عنوان گیاه شورپسند و گندم و جو به‌عنوان محصولات زراعی عنوان کردند که افزایش غلظت پرولین در شرایط تنش شوری ممکن است به‌دلیل بیوسنتز یا کاهش اکسیداسیون پرولین به گلوتامات و یا تبدیل پروتئین به پرولین باشد. پرولین هم‌چنین

جدول ۸. ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورد ارزیابی و عملکرد ماده خشک، غلظت سدیم و پتاسیم بخش هوایی در گیاه ارزن پادزهری تحت شرایط متفاوت تنش شوری

ماده خشک			ویژگی
کل	ریشه	بخش هوایی	
۰/۶۲**	۰/۵۸**	۰/۶۲**	محتوای نسبی آب برگ
۰/۴۷**	۰/۴۳**	۰/۴۸**	پتانسیل اسمزی آب برگ
-۰/۴۳*	-۰/۴۱*	-۰/۴۳*	غلظت پرولین
-۰/۴۷*	-۰/۴۶*	-۰/۴۸**	غلظت کل قندهای محلول
-۰/۶۱**	-۰/۶۳**	-۰/۵۹**	غلظت DPPH
۰/۳۸*	۰/۴۰*	۰/۳۶ <sup>ns</sup>	آنزیم پراکسیداز
۰/۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۹ <sup>ns</sup>	آنزیم اسکوربات پراکسیداز
۰/۵۲**	۰/۴۷**	۰/۵۲**	پایداری غشا
-۰/۶۹**	-۰/۶۹**	-۰/۶۷**	غلظت کل فنول

\*\*، \* و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

در بین صفات مورد بررسی، به ترتیب محتوای نسبی آب برگ ( $r=0/62^{**}$ ) و پایداری غشا ( $r=0/52^{**}$ ) نقش مثبت بیشتری در تولید ماده خشک گیاه ارزن پادزهری ایفا نمودند. همچنین، افزایش غلظت DPPH ( $r=-0/61^{**}$ ) و غلظت فنول کل ( $r=-0/69^{**}$ ) در بقای گیاه ارزن پادزهری و تحمل شرایط شور نقش مؤثری داشت (جدول ۸).

### نتیجه‌گیری

به‌طورکلی، تحت شرایط این آزمایش و بر مبنای پردازش و تحلیل داده‌ها با استفاده از روش رگرسیون گام به گام، غلظت کل فنول ( $\beta=-0/722$ ) و مقدار پرولین بخش هوایی ( $\beta=-0/265$ ) از مؤلفه‌های اصلی تحمل به شوری در گیاه ارزن پادزهری محسوب می‌شوند.

را نشان داد. کاهش محتوای آب برگ و افزایش پتانسیل اسمزی، به همراه افزایش غلظت یون سدیم، پراکسیداسیون چربی‌ها و اختلال در کارکرد و ساختار غشاهای سلولی را در پی دارد (۳ و ۱۶). این وضعیت سبب افزایش تولید رادیکال‌های فعال اکسیژن در سلول‌ها شده و به دنبال آن فعالیت مهار رادیکال DPPH نیز افزوده می‌شود (۱۸).

تنش شوری، غلظت ترکیبات فنول کل در برگ را نیز کاهش داد (شکل ۷). ترکیبات فنولی جزئی از مواد محلول سلولی هستند که در طی دوره تنش اثرهای آن را تعدیل می‌کنند. همچنین، تجمع ترکیبات فنولی در گیاهان متحمل به شوری راهکاری برای مهار فعالیت رادیکال‌های اکسیژن فعال و محافظت غشای سلول از صدمات تنش شوری محسوب می‌شود (۳۱). نتایج این مطالعه با یافته‌های نباتی (۴) که افزایش غلظت فنول کل را در توده‌های مختلف کوشیا تحت تنش شوری گزارش کرده بود، مطابقت دارد.

### منابع مورد استفاده

۱. زهتابیان، غ. ر.، ح. آذرینوند و م. م. شریفی کاشان. ۱۳۸۰. بررسی اثر شوری و خشکی بر روی سه گونه مرتعی. مجله منابع طبیعی ایران ۵۴(۴): ۴۰۹-۴۲۱.

۲. عشقی‌زاده، ح. ر. ۱۳۸۶. تأثیر رژیم‌های آبیاری بر رشد، فلورسانس کلروفیل و عملکرد ذرت. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۳. کافی م.، م. صالحی و ح. ر. عشقی‌زاده. ۱۳۸۹. کشاورزی شورزیست: راهبردهای مدیریت گیاه، آب و خاک (تألیف). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
۴. نباتی، ج. ۱۳۸۹. تأثیر شوری بر خصوصیات فیزیولوژیکی و ویژگی‌های کمی و کیفی علوفه کوشیا (*Kochia scoparia*). رساله دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
5. Abe, N., T. Murata and A. Hirota. 1998. Novel DPPH radical scavengers, bi sorbicillinol and demethyl trichodimerol, from a fungus. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 62: 661-666.
6. Ahmad, M.S.A., Q. Ali, M. Ashraf, M. Z. Haider and Q. Abbas. 2009. Involvement of polyamines, abscisic acid and anti-oxidative enzymes in adaptation of Blue Panicgrass (*Panicum antidotale* Retz.) to saline environments. *Environ. Exp. Bot.*, 66: 409-417.
7. Ahmad, M.S., M. Ashraf and Q. Ali. 2010. Soil salinity as a selection pressure is a key determinant for the evolution of salt tolerance in Blue Panic grass (*Panicum antidotale* Retz.). *Flora* 205: 37-45.
8. Ajmal Khan, M., I.A. Ungar and A.M. Showalter. 2000. The effect of salinity on the growth, water status, and ion content of a leaf succulent perennial halophyte, *Suaeda fruticosa* (L.) Forssk. *J. Arid Environ.* 45: 73-84.
9. Arbona, V., V. Flors, J. Jacas, P. García-Agustín and A. Gómez-Cadenas. 2003. Enzymatic and non-enzymatic antioxidant responses of *Carrizo citrange*, a salt-sensitive citrus rootstock, to different levels of salinity. *Plant Cell Physiol.* 44(4): 388-394.
10. Ashraf, M. 2004. Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants. *Flora* 199: 361-376.
11. Ashraf, M. and P.J. Harris. 2005. *Abiotic Stresses: Plant Resistance through Breeding and Molecular Approaches*. Haworth Press, New York.
12. Bates, L.S. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant Soil* 39: 205-207.
13. Çiçek, N. and H. Çakırlar. 2002. The effect of salinity on some physiological parameters in two maize cultivars. *Bulg. J. Plant Physiol.* 28(1-2): 66-74.
14. Dubois, M., K.A. Gilles, J.K. Hamilton, P.A. Rebers and F. Smith. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* 28(3): 350-356.
15. Fadrzilla, M.M., R.P. Finch and R.H. Burdon. 1997. Salinity, oxidative stress and antioxidant responses in shoot cultures of rice. *J. Exp. Bot.* 48: 325-331.
16. Farooq, S. and F. Azam. 2006. The use of cell membrane stability (CMS) technique to screen for salt tolerant wheat varieties. *J. Plant Physiol.* 163(6): 629-637.
17. Flowers, T.J., P.F. Troke and A.R. Yeo. 1977. The mechanism of salt tolerance in halophytes. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 28: 89-121.
18. Hernández, J.A., M.A. Ferrer, A. Jiménez, A.R. Barceló and F. Sevilla. 2001. Antioxidant systems and  $O_2^-/H_2O_2$  production in the apoplast of pea leaves. Its relation with salt-induced necrotic lesions in minor veins. *Plant Physiol.* 127(3): 817-831.
19. Iqbal, M. and M. Ashraf. 2006. Wheat seed priming in relation to salt tolerance: Growth, yield and levels of free salicylic acid and polyamines. *Ann. Bot. Fennici* 43: 250-259.
20. Iqbal, M. and M. Ashraf. 2007. Seed preconditioning modulates growth, ionic relations, and photosynthetic capacity in adult plants of hexaploid wheat under salt stress. *J. Plant Nutr.* 30(3): 381-396.
21. Iqbal, M., M. Ashraf, S. Rehman and E.S. Rha. 2006. Does polyamine seed pretreatment modulate growth and levels of some plant growth regulators in hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.) plants under salt stress? *Bot. Stud.* 47(3): 239-250.
22. Kafi, M. and M.A. Khan. 2008. *Crop and Forage Production using Saline Waters*. Daya Publishers, New Delhi, India.
23. Molassiotis, A., T. Sotiropoulos, G. Tanou, G. Diamantidis and I. Therios. 2006. Boron induced oxidative damage and antioxidant and nucleolytic responses in shoot tips culture of the apple rootstock EM9 (*Malus domestica* Borkh). *Environ. Exp. Bot.* 56: 54-62.
24. Munns, R. and M. Tester. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Ann. Rev. Plant Biol.* 59: 651-681.
25. Nasir Khan, M., M.H. Siddiqui, F. Mohammad, M. Masroor, A. Khan and M. Naem. 2007. Salinity induced changes in growth, enzyme activities, photosynthesis, proline accumulation and yield in linseed genotypes. *World J. Agric. Sci.* 3: 685-695.
26. Niknam, S.R. and J. McComb. 2000. Salt tolerance screening of selected Australian woody species: A review. *Forest Ecol. Manage.* 139: 1-19.

27. Raza, S.H., M. Ashraf and H.R. Athar. 2007. Glycinebetaine-induced modulation of antioxidant enzyme activities and ion accumulation in two wheat cultivars differing in salt tolerance. *Environ. Exp. Bot.* 60: 368-376.
28. Sai Kachout, S., A. Ben Mansoura, K. Jaffel Hamza, J.C. Leclerc, M.N. Rejeb and Z. Ouerghi. 2011. Leaf-water relations and ion concentrations of the halophyte *Atriplex hortensis* in response to salinity and water stress. *Acta Physiol. Planta.* 33(2): 335-342.
29. Sairam, R.K., K.V. Rao and G.C. Srivastava. 2002. Differential response of wheat genotypes to longterm salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. *Plant Sci.* 163: 1037-1046.
30. Sannada, Y., H. Ueda, K. Kuribayashi, T. Andoh, F. Hayashi, N. Tamai and K. Wada. 1995. Novel light-dark change of proline levels in halophyte (*Mesembryanthemum crystallinum* L.) and glycophytes (*Hordeum vulgare* L. and *Triticum aestivum* L.) leaves and roots under salt stress. *Plant Cell Physiol.* 36(6): 965-970.
31. Singh, A.K. 2004. The physiology of salt tolerance in four genotypes of chickpea during germination. *J. Agric. Sci. Technol.* 6: 87-93.
32. Singleton, V.L. and J.A. Rossi. 1965. Colorimetry of total phenolics with hosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Viticult.* 16(3): 144-158.
33. Tawfik, M.M., E.M. Abd El Lateef, A.B. Amany and AB Elham. 2011. Prospect of biofertilizer inoculation for increasing saline irrigation efficiency. *Res. J. Agric. Biol. Sci.* 7(2): 182-189.
34. Walker, M.A. and B.D. McKersie. 1993. Role of the ascorbateglutathione antioxidant system in chilling resistance of tomato. *J. Plant Physiol.* 141: 234-239.
35. Yamaguchi, K., H. Mori and M. Nishimura. 1995. A novel isoenzyme of ascorbate peroxidase localized on glyoxysomal and leaf peroxisomal memberanes in pumpkin. *Plant Cell Physiol.* 36(6): 1157-1162.
36. Yang, F., X. Xiao, S. Zhang, H. Korpelainen and C. Li. 2009. Salt stress responses in *Populus cathayana* Rehder. *Plant Sci.* 176: 669-677.
37. Yokoi, S., R.A. Bressan and P.M. Hasegawa. 2002. Salt stress tolerance of plants. *JIRCA Working Report*, pp. 25-33.