تأثیر گلایسین بتائین بر افزایش تحمل به شوری گیاه سالیکورنیا (*Salicornia persica*)

محسن آب‌شناس، محمدعلی اسماعیلی و ایوب حیدرزاده*

گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۲۶، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۷/۰۴/۰۲)

چکیده

افزایش روز افزون جمعیت جهان و نیاز بیشتر به‌تأمین خوراک برای انسان و دام، استفاده از خاک‌های شور در زراعت را به امری بدیهی تبدل می‌کند. گیاه سالیکورنیا با نام علمی *Salicornia persica.* از خانواده اسفناجیان (Chenopodiaceae) گزینه مناسبی جهت معرفی به‌منظور زراعت در خاک‌های شور و نیمه‌شور است. با هدف بررسی واکنش گیاه سالیکورنیا به تنش شوری و گلایسین بتائین دو آزمایش طراحی شد. محلول‌پاشی گلایسین بتائین در کشت گلخانه‌ای و پیش‌تیمار این ماده در مرحله جوانه‌زنی تحت غلظت‌های مختلف شوری در دو آزمایش به‌اجرا درآمد. در آزمایش اول تیمارهای شوری در پنج سطح (صفر، ۱۵۰، ۳۰۰، ٤٥٠ و ٦٠٠ میلی‌مولار) سدیم کلرید، به‌عنوان فاکتور اول و گلایسین بتائین در پنج سطح (صفر، ۳۰، ٦٠، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار) به‌عنوان فاکتور دوم در نظر گرفته شدند. آزمایش دوم شامل تیمار شوری با سدیم کلرید در سه سطح (۱۵۰، ۳۰۰ و٤٥٠ میلی‌مولار) به‌عنوان فاکتور اول و گلایسین بتائین در سه سطح (صفر، ٦٠ و ۱۲۰ میلی‌مولار) به‌عنوان فاکتور دوم بود. سطوح بالاتر از۳۰۰ میلی‌مولار شوری در هر دو آزمایش باعث کندی و توقف صفات مرتبط با جوانه‌زنی و رشدی گیاه سالیکورنیا و افزایش فعالیت آنزیمی شد؛ از طرفی پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی با گلایسین بتائین با غلظت‌های ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار را به‌دلیل تأثیر بهتر بر مجموع صفات مورد بررسی می‌توان به‌عنوان مناسب‌ترین سطوح پیش‌تیمار معرفی نمود و در آزمایش گلدانی محلول‌پاشی با غلظت ۱۲۰ میلی‌مولار این ترکیب نیز بیشترین اثربخشی را از خود نشان داده است. نتایج نشان داد مناسب‌ترین سطح شوری برای رشد و نمو سالیکورنیا در آزمایش دوم، شوری ۳۰۰ میلی‌مولار NaCl بوده است.

کلمات کلیدی: تنش شوری، جوانه‌زنی، آنزیم آنتی‌اکسیدان، سالیکورنیا، گلایسین بتائین

مقدمه

شوری یکی از قدیمی‌ترین و جدی‌ترین مشکلات زیست محیطی جهان است که سبب کاهش تولیدات کشاورزی در نواحی وسیعی از سطح زمین می‌شود و موجب بروز خسارت‌های جبران ناپذیری به محصولات کشاورزی در طول صدها سال گذشته شده است (Rajpar *et al.*, 2006). با توجه به اینکه ایران کشوری نیمه بیابانی با خاک‌های شور است، بهره‌گیری از آب و خاک شور و نیمه‌شور به‌جهت تولید محصولات کشاورزی اعم از غذا، علوفه، ایجاد پوشش سبز با هدف ایجاد فضای سبز راهکاری مناسب برای حل بحران پیش رو است. علاوه بر این افزایش روز افزون جمعیت جهان و نیاز بیشتر به‌تأمین خوراک برای انسان و دام و همین‌طور حفظ محیط زیست، استفاده از منابع عظیم آب شور در مناطق خشک و نیمه‌خشک را به امری منطقی بدل می‌کند (Ventura *et al.*, 2011). در این میان گیاه سالیکورنیا با نام علمی *Salicornia persica.* از خانواده اسفناجیان (Chenopodiaceae) با

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: a.heidarzade@gmail.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.23.1]

کاربردهای چندگانه خود از جمله تولید روغن، علوفه، سبزی، سوخت زیستی، پاکسازی مناطق نفتی و حذف فلزات سنگین از خاک گزینه مناسبی جهت معرفی به‌منظور زراعت با آب‌های شور و نیمه‌شور است. ارتفاع این گیاه معمولاً حدود ۳۰ سانتی‌متر است. دارای ساقه بندبند و آبدار است و برگ‌ها کوچک و فلس مانند است تا جایی‌که گاهی بی‌برگ تلقی می‌شود. این گیاه یکساله می‌تواند در آب‌های شور غوطه‌ور باشد. محدوده تحمل به شوری در محدوده ۲۰۰ تا ٤۰۰ میلی‌مولار بیان شده است (خوش خلق سیما، ۱۳۸۷ و محمدی و همکاران، ۱۳۸۹). همچنین صالحی و همکاران (۱۳۹۵) نیز در مطالعات خود محدوده تحمل به شوری در آزمایش جوانه‌زنی این گیاه را ۵۰۰ میلی‌مولار بیان نموده و افزودند که بعد از شوری dS/m ۱۰، جوانه‌زنی به‌ازای افزایش هر ۱۰۰ میلی‌مولار شوری در گونه پرسیکا و بیگلوی به‌ترتیب ۲ و ۱۳ درصد کاهش می‌یابد.

فرآیند تحمل به تنش‌های غیرزنده در گیاهان و در سطوح سلولی بسیار پیچیده است. گیاه سالیکورنیا با ذخیره‌سازی نمک در واکوئل‌ها یا همان پدیده جداسازی واکوئلی (vacular compartmentation) نمک را از محیط داخل سلول دور نگه می‌دارد. انتقال نمک به واکوئل‌های سلول برگ از ویژگی‌های گیاهان شورپسند دولپه‌ای است که با دیگر مکانیسم‌های سازگاری مانند تنظیم تعرق همبستگی دارد (Flower and dalmond, 1992) بنابراین جداسازی واکوئلی، محیط سیتوسول را عاری از یون‌های سمی نگه می‌دارد. ازطرفی برای حفظ نمک در واکوئل باید یون پتاسیم و اسمولیت‌های آلی در سیتوپلاسم تجمع یابند تا تعادل اسمزی و یونی بین سیتوپلاسم و فضای درون واکوئل برقرار گردد (Flower *et al.*, 1999). همچنین یکی از معمول‌ترین پاسخ‌ها به تنش در گیاهان تولید انواع مختلف محلول‌های آلی یا اسمولیت‌های سازگار است (Serraj and Sinclair, 2002). که این در مورد گیاه سالیکورنیا نیز صدق می‌کند به‌گونه‌ای که این گیاه پرولین و گلایسین بتائین را به‌میزان کمی در خود تولید می‌کند.این گیاه با فعال کردن ژن‌های خود در شرایط شور برای سنتز برخی متابولیت‌ها و آنزیم‌های محافظت‌کننده و با ذخیره‌سازی قندهای محلول در سلول‌ها، در مقابل تنش شوری مقاومت نشان می‌دهد (Mishra and Tanna, 2017) از طرفی محلول‌های سازگار ترکیباتی با انحلال‌پذیری بالا و وزن مولکولی پایین هستند که معمولاً در غلظت‌های سلولی بالا غیرسمی می‌باشند (Iqbal *et al.*, 2008). گلایسین بتائین از مهم‌ترین اسمولیت‌های آلی است که در بافت‌های مختلف گونه‌های گیاهی در پاسخ به تنش‌های محیطی همچون خشکی، شوری، اشعه فرابنفش و غیره تجمع می‌یابد. به‌نظر می‌رسد، این ترکیب دارای اثرات مثبتی بر فرایند سنتز آنزیم‌ها، استحکام غشای پلاسمایی و تنظیم اسمزی گیاهان در شرایط تنش محیطی که درنهایت منجر به افزایش سازگاری آنها به شرایط تنش‌زا می‌شود را دارد (yang *et al.*, 2003). مطالعات مختلف رابطه مثبتی بین تجمع گلایسین بتائین و تحمل به تنش در گیاه را نشان می‌دهند (Katschnig *et al.*, 2012) این ماده در سلول فشار تورژسانس سلولی را حفظ می‌کند تا مانع ایجاد تنش اکسیداتیو شود (Jamil *et al.*, 2005). به‌طور خاص بیشتر گیاهان شورزی زمانیکه در معرض تنش قرار می‌گیرند، گلایسین بتائین را به‌عنوان یک تعدیل‌کننده اسمزی در سلول‌های خود افزایش می‌دهند (Nawaz and Ashraf, 2010). با کاربرد خارجی، گلایسین بتائین سریعاً به داخل برگ‌های گیاهی نفوذ کرده و بلافاصله به ریشه‌ها، مریستم‌ها و برگ‌های توسعه‌یافته منتقل می‌شود و اندام‌های گیاهی در حال نمو و توسعه را از تنش حفظ می‌کند. علاوه بر این مشاهده شده است که گلایسین بتائین در بافت گیاهی برای چند هفته به حالت غیرمتابولیزه باقی می‌ماند و به محض وارد شدن تنش به اندام‌های گیاهی منتقل‌شده و به‌عنوان یک تعدیل‌کننده اسمزی در سلول‌ها فعالیت می‌کند (Smirnoff and Stewart, 2003). همه گونه‌های گیاهی قادر به تولید و تجمع این مواد نیستند، مطالعات نشان می‌دهد که سالیکورنیا قادر به تولید گلایسین بتائین به‌میزان بسیار کمی است (Katschnig *et al.*, 2012). برای ایجاد اثرات ضدتنش این ماده در گیاهان، می‌توان از محلول‌پاشی آن بهره جست از این‌رو تحقیقات گسترده‌ای نیز در این زمینه انجام شده است. از جمله

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.23.1]

کدخدایی و همکاران (۱۳۹۳) طی مطالعه‌ای به‌بررسی اثر محلول‌پاشی گلایسین بتائین بر رشد و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه کلزا تحت تنش خشکی در مزرعه پرداختند، نتایج حاصله نشان داد که کاربرد گلایسین بتائین به‌عنوان یک اسمولیت آلی به‌طور معنی‌داری باعث افزایش قند و پرولین گیاه کلزا در مقایسه با تیمار شاهد شد. Murata و همکاران (۱۹۹۲) بیان نمودند که گلایسین بتائین با محافظت از فتوسیستم II و تولید ATP در شرایط تنش شوری از اثرات مخرب سدیم کلرید می‌کاهد. همچنین Raza و همکاران (۲۰۱٤) نیز در تحقیقی به تأثیر کاربرد خارجی گلایسین بتائین و بهبود روابط آبی و عملکرد دانه گندم تحت شرایط خشکی پرداختند؛ آنها بیان نمودند که کاربرد خارجی گلایسین بتائین برای گندم به‌طور قابل ملاحظه‌ای طول سنبله، تعداد دانه در هر سنبله و عملکرد دانه را بهبود می‌بخشد. مصرف خارجی گلایسین بتائین روی برنج با کاهش اثرات مخرب شوری بر سیستم‌های فتوسنتزی میزان فتوسنتز را بهبود بخشیده است (Harinasut *et al*., 1996). به‌طور کلی کاربرد این ماده در گونه‌های گیاهی منجر به افزایش قابل توجهی در رشد و عملکرد نهایی در شرایط تنش شده است (حسن زاده فرد و آروین، ۱۳۹۲). براساس یافته‌های توکلو (۱۳۸۸) محلول‌پاشی گلایسین بتائین توانسته است سرعت رشد سویا را در شرایط تنش خشکی افزایش دهد. همچنین ریاحی و همکاران (۱۳۹۰) بیان نمودند که محلول‌پاشی گلایسین بتائین وزن تر و خشک و همچنین میزان کلروفیل را در گیاه سورگوم تحت تنش اسمزی افزایش می‌دهد.

از سوی دیگر هنگامی که گیاهان در معرض تنش‌های محیطی قرار می‌گیرند، تعادل بین تولید گونه‌های اکسیژن فعال، که شامل سوپراکسید، هیدروژن پراکسید، رادیکال‌های هیدروکسی و اکسیژن یکتایی است، و فعالیت سیستم حذف‌کننده آنها به‌هم می‌ریزد. حذف مولکول‌های اکسیژن واکنشگر توسط آنتی‌اکسیدان‌هایی با وزن مولکولی پایین نظیر آسکوربات، توکوفرول، گلوتاتیون، کاروتنوئیدها و همچنین آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی شامل کاتالاز و پراکسیداز، صورت می‌گیرد. توازن بین تولید گونه‌های اکسیژن فعال و حذف آنها تحت شرایط تنش به‌صورت نرمال از طریق سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی صورت می‌گیرد (Harinasut *et al*., 2003). سیستم‌های دفاعی گیاهان در برابر این گروه‌های فعال اکسیژن شامل آنزیم‌های است که قادر به جابجا کردن و یا خنثی‌کردن رادیکال‌های آزاد و واسطه‌های دارای اکسیژن هستند .آنزیم‌هایی مثل پراکسیداز، کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز است که به‌صورت ایزوفرم‌های مختلف در یاخته‌ها ظاهر می‌شوند و ویژگی‌های متفاوت دارند و این گروه‌های فعال اکسیژن را از بین می‌برند (Mathe *et al*., 2010; Turrens *et al*., 1982). افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی به‌علت دفاع گیاه در مقابل ROS و محصول اصلی آن یعنی H_2O_2 است .از این‌رو سیستم مهار H_2O_2 برای خروج سریع این ترکیب اکسیداتیو مورد نیاز است. در سلول‌های گیاهی تعدادی از آنزیم‌ها سطوح H_2O_2 دورن سلولی را تنظیم می‌کنند؛ اما کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز از جمله آنزیم‌های مهمی به‌شمار می‌روند که در حذف این ترکیب آنتی‌اکسیدانی نقش به‌سزایی دارند که در این آزمایش نیز به این آنزیم‌ها پرداخته شده است. تحقیقات نشان داده است آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در بالا بردن تحمل در برابر تنش‌های محیطی شرکت دارند .افزایش این آنزیم‌ها تحت شرایط تنش در بسیاری از گونه‌ها گزارش شده است (Horvath *et al*., 2007; Eraslan *et al*., 2008; Xu *et al*., 2008). لذا با توجه به مطالب پیش‌گفت، این مطالعه با هدف بررسی واکنش گیاه سالیکورنیا به پیش تیمار بذر و محلول‌پاشی برگی با استفاده از گلایسین بتائین در شرایط تنش شوری و همچنین تعیین محدوده مناسب شوری برای رشد و جوانه‌زنی این گیاه و بررسی فعالیت آنزیمی در این گیاه به‌صورت آزمایشگاهی به‌اجرا درآمد.

مواد و روش ها

آزمایش اول، بررسی پیش‌تیمار گلایسین بتائین بر شاخصه‌های جوانه‌زنی گیاه سالیکورنیا پرسیکا: به‌منظور بررسی تأثیر پیش‌تیمار گلایسین بر شاخص‌های مرتبط با

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.23.1]

جوانه‌زنی بذر سالیکورنیا در سطوح مختلف تنش شوری آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار به اجرا در آمد. تیمار شوری در پنج سطح (صفر، ۱۵۰، ۳۰۰، ۴۵۰ و ۶۰۰ میلی‌مولار) سدیم کلرید به‌عنوان فاکتور اول و گلایسین بتائین در پنج سطح صفر، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار (Kausar *et al.*, 2014; صالحی و همکاران، ۱۳۹۶؛ میری و ضمانی مقدم، ۱۳۹۳) به‌صورت پیش‌تیمار و به‌عنوان فاکتور دوم در نظر گرفته شدند. به‌همین منظور تعداد ۵۰ عدد بذر که از مؤسسه پاکان بذر تهیه شده بود به‌مدت ۸ ساعت در محلول گلایسین بتائین با غلظت‌های فوق غوطه‌ور نموده و پس از شست‌شو با آب‌مقطر برای کشت به پتری‌دیش‌هایی که حاوی ۵ میلی‌لیتر از غلظت‌های مختلف NaCl بودند منتقل گردید. شمارش از روز دوم به‌مدت چهارده روز صورت گرفت (Ellis and Roberts, 1981). شاخص‌های مربوط به جوانه‌زنی مورد بررسی قرار گرفت و صفات مورد ارزیابی شامل: طول گیاهچه، وزن تر، درصد جوانه‌زنی، شاخص بنیه و سرعت جوانه‌زنی بود که از طریق معادله‌های زیر محاسبه گردید.

معادله ۱: درصد جوانه‌زنی

$$GP = \frac{I \times t}{T} \times 100$$

معادله ۲: سرعت جوانه‌زنی

$$GR = \frac{I \times t}{I}$$

I: تعداد روزهای مورد نظر پس از شروع آزمایش

t: تعداد بذور جوانه‌زده تا روز مورد نظر

T: تعداد کل بذور

شاخص بنیه بذر (VI) نیز با استفاده از معادله زیر محاسبه گردید (Ellis and Roberts, 1981):

معادله ۳: شاخص بنیه

$$VI = \frac{\text{میانگین طول گیاهچه} \times \text{درصد جوانه زنی}}{100}$$

آزمایش دوم، بررسی محلول‌پاشی گلایسین بتائین بر گیاه سالیکورنیا پرسیکا: این آزمایش نیز به‌صورت گلدانی با آرایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار به اجرا درآمد. تیمار شوری در سه سطح (۱۵۰، ۳۰۰ و ۴۵۰ میلی‌مولار) سدیم کلرید، که سطح شوری ۱۵۰ میلی‌مولار به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد را به‌عنوان فاکتور اول و گلایسین بتائین در سه سطح صفر، ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار (Kausar *et al.*, 2014; صالحی و همکاران، ۱۳۹۶؛ میری و ضمانی مقدم، ۱۳۹۳) به‌عنوان فاکتور دوم به‌صورت محلول‌پاشی انجام شد. همچنین گزینش سطوح در این آزمایش براساس نتایج آزمایش مقدماتی بود. کشت در گلدان‌های پلاستیکی با قطر ۲۵ و ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر و با ظرفیت ۳۰ کیلوگرم خاک با خصوصیات بیان شده در جدول ۱، صورت گرفت. جهت تسریع ظهور گیاهچه‌ها، بذور سالیکورنیا به‌مدت ۸ ساعت در آب‌مقطر قرار گرفتند و سپس با قارچ‌کش (کاربوکسین تیرام دو در هزار) آغشته شد و در عمق نیم سانتی‌متر و به تعداد ۳۰ عدد در هر گلدان کشت شدند. تعداد زیاد بذر برای حصول اطمینان از داشتن تعداد بوته کافی در هر گلدان بوده است که پس از استقرار کامل گیاهچه‌ها تعداد آنها در هر گلدان به پنج بوته رسید. به‌منظور اعمال تیمار شوری از سدیم کلرید محلول در آب آبیاری استفاده شد. در این روش روزانه ۲۰ لیتر آب بنا به نیاز آبی گیاه براساس یافته‌های Glenn و همکاران (۱۹۹۷) برای هر تیمار در مخزن‌های جداگانه ریخته شده و پس از اضافه‌کردن مقدار سدیم کلرید مورد نظر، با سیستم آبیاری قطره‌ای به گلدان‌ها اضافه شد. گلدان‌ها بر روی صفحه‌های توری قرار داشتند و در زیر هر گلدان ظرفی برای جمع‌آوری آب خروجی قرار داده شد و آب خروجی از گلدان‌ها مجدد به آن برگرداننده می‌شد تا یک سیستم بسته را ایجاد نماید. برای رساندن آب آبیاری به شوری‌های مورد نظر (۱۵۰و ۳۰۰ و ۴۵۰ میلی‌مولار) به‌ترتیب مقادیر (۸/۷۵، ۱۷/۵ و ۲۶/۳ گرم) نمک به‌ازاء هر لیتر آب آبیاری به آب مورد نیاز گلدان‌ها اضافه شد. البته برای آگاهی از میزان شوری خاک و برای ممانعت از رسوب و انباشتگی نمک در خاک گلدان‌ها، میزان شوری آب خارج‌شده از زه‌کش هر گلدان جداگانه محاسبه می‌شد و در ادامه در صورت مطابقت‌داشتن با مقدار شوری اعمال‌شده،

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.23.1]

جدول ۱- خصوصیات فیزکو- شیمیایی خاک محل آزمایش

پتاسیم (mg/kg)	فسفر (mg/kg)	کربن آلی %	نیتروژن کل %	هدایت الکتریکی (m.mohs/cm)	اسیدیته (pH)	بافت خاک	ذرات خاک		
							رس	سیلت	شن
۲۸۱/۱	۱۳/۱	۱/۸	۰/۱۵	۱/۱۵	۷/۱	رسی سیلتی	٤٥/٦	٤٤/۱	۱۰/۳

گلدان‌ها با آب معمولی آبیاری (آب بدون سدیم کلرید) می‌شد. این روند از ابتدای ظهور گیاهچه‌ها تا پایان آزمایش که حدود هفت ماه به‌طول انجامید، ادامه داشت. برای تیمار محلول‌پاشی نیز غلظت‌های مختلف از محلول گلایسین بتائین در چهار مرحله براساس پیشینه تحقیق، پس از استقرار کامل، ابتدای به ساقه‌رفتن، قبل و بعد از گلدهی کامل به بوته‌ها افشانده شد (میری و ضمانی مقدم، ۱۳۹۳؛ کدخدایی و همکاران، ۱۳۹۳).

صفات مورد بررسی در این آزمایش شامل: فلاونوئید اندام هوایی، مهار رادیکال آزاد DPPH، میزان پروتئین اندام هوایی، میزان فنل کل، طول اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه و اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز است.

محتوای فلاونوئید کل: برای سنجش میزان فلاونوئید کل پس از عصاره‌گیری از نمونه‌های گیاهی به ۵۰۰ میکرولیتر از هر عصاره ۱/۵ میلی‌لیتر متانول (۸۰٪)، ۱۰۰ میکرولیتر محلول آلومینیوم کلرید (۱۰٪)، ۱۰۰ میکرولیتر محلول استات پتاسیم ۱ مولار و ۲/۸ میلی‌لیتر آب‌مقطر اضافه شد. جذب مخلوط بعد از گذشت ٤٠ دقیقه در طول‌موج ٤١٥ نانومتر نسبت به بلانک اندازه‌گیری شد. بلانک حاوی تمام ترکیبات بالا خواهد بود اما بجای عصاره، به همان اندازه متانول ۸۰٪ به آن اضافه شد. برای رسم منحنی استاندارد از ماده کوئرستین استفاده گردید. میزان فلاونوئید کل عصاره‌ها براساس میلی‌گرم معادل کوئرستین بر گرم وزن خشک ریشه و یا برگ گیاه گزارش شد (Chang *et al.*, 2002).

فعالیت مهار رادیکال DPPH: غلظت‌های مختلف عصاره، با ۲ میلی‌لیتر محلول متانولی ۰/۰۰٤٪ DPPH مخلوط می‌شود. محلول کنترل شامل ۲ میلی‌لیتر DPPH و ۲ میلی‌لیتر متانول می‌باشد. محلول‌ها به‌مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی و در دمای اتاق انکوبه گردید. جذب نمونه‌ها در طول‌موج ۵۱۷ نانومتر در مقابل شاهد (متانول) خوانده شد درصد مهار رادیکال آزاد (%I) هر عصاره نیز به کمک معادله زیر محاسبه می‌شود (Miliauskas *et al.*, 2004).

معادله ٤

$$\%I = \frac{A\ control - A\ sample}{A\ control} \times 100$$

اندازه‌گیری مقدار فنل کل: محتوی فنل کل با استفاده از معرف فولین سیوکالتیو توسط دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. به نیم میلی‌لیتر از عصاره ۲ میلی لیتر واکنش‌گر فولین سیوکالتیو ۱۰ درصد و پس از ۵ دقیقه، ۲ میلی لیتر از محلول ۵ درصد کربنات سدیم به آن اضافه شد. جذب نمونه‌ها پس از دو ساعت در طول‌موج ۷٦۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر در مقابل بلانک خوانده شد و میزان فنل کل براساس نمودار استاندارد به‌دست آمده از غلظت‌های متفاوت گالیک اسید محاسبه می‌گردد (AlFarsi *et al.*, 2005).

اندازه‌گیری پروتئین: جهت تعیین مقدار پروتئین نمونه مجهول، در مقدار ۱۰۰ میکرولیتر نمونه، ۹۰۰ میکرولیتر آب‌مقطر ریخته و پس از مخلوط‌کردن محتویات لوله ۵ میلی‌لیتر از معرف برادفورد به آن اضافه شد. پس از ۵ دقیقه جذب نوری نمونه را در طول‌موج ٤٢٠ نانومتر خوانده و با استفاده از نمودار استاندارد و ضریب رقت سرم آلبومین گاوی مقدار پروتئین نمونه مجهول را به‌دست آمد (Bradford, 1976).

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز: بدین منظور مقدار ۰/۱ گرم از نمونه منجمدشده در ۳ میلی‌لیتر بافر سدیم فسفات ۲۵ میلی‌مولار با pH ٦/۱، عصاره‌گیری و مخلوط اخیر در ٦۰۰۰ دور و دمای ٤ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۰ دقیقه سانتریفوژ گردید. از محلول روشناور برای سنجش فعالیت آنزیمی استفاده شد. سپس مخلوط واکنش شامل بافر فسفات ۲۵ میلی‌مولار، با

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.23.1]

pH ٦/٨، هیدروژن پراکسید ۱۰ میلی‌مولار و عصاره آنزیمی تهیه گردید. فعالیت کاتالاز با توجه به روند تجزیه هیدروژن پراکسید و درنتیجه کاهش جذب آن درطول یک دقیقه در طول‌موج ٢٤٠ نانومتر سنجیده و به‌ازای میلی‌گرم پروتئین عصاره آنزیمی محاسبه شد. کلیه مراحل استخراج آنزیمی بر روی یخ انجام گرفت (Cakmak *et al*., 1992).

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز: برای سنجش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز مخلوط واکنش شامل ۲۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی، ۷۷۰ میکرولیتر بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار، ۱۰۰ میکرولیتر EDTA ۰/۱ میلی‌مولار، ۱۰۰ میکرولیتر آسکوربیک اسید پنج میلی‌مولار و ۱۰ میکرولیتر آب اکسیژنه ۰/۱ میلی‌مولار بود. سرعت واکنش آنزیمی به‌صورت تغییرات جذب بر زمان (OD/min) در طول‌موج ۲۹۰ نانومتر درمدت یک دقیقه ثبت گردید. یک واحد آنزیمی معادل تجزیه یک میکرومول آسکوربات در مدت زمان یک دقیقه و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد است. فعالیت آنزیمی با استفاده از قانون بیرلامبرت و با ضریب خاموشی آسکوربات پراکسیداز ۲/۸ $mM^{-1}cm^{-1}$ محاسبه و در نهایت بر حسب میکرومول بر گرم بافت تازه دردقیقه بیان شد (Nakano and Asada, 1981).

برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel و برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم‌افزار SAS 9.4 و از آزمون LSD برای مقایسه میانگین‌ها استفاده گردید.

نتایج و بحث

آزمایش اول: صفات اندازه‌گیری شده در هر دو عامل پیش‌تیمار گلایسین بتائین و تیمار شوری تحت تأثیر اثرات اصلی و برهمکنش آنها قرار گرفتند و کلیه صفات در سطح ۱٪ معنی‌دار شدند (جدول۲).

در سطح شوری صفر تفاوت معنی‌داری بین سطوح مختلف پیش‌تیمار گلایسین بتائین برای وزن تر گیاهچه‌ها مشاهده نشد (جدول۳). با این وجود برهمکنش پیش‌تیمار گلایسین بتائین و تیمار شوری نشان داد که در اکثر صفات مورد بررسی با افزایش سطح گلایسین از میزان تنش شوری کاسته شد (جدول۳). تیمار بذور با استفاده از گلایسین بتائین، سیتوپلاسم را از سمیت یون سدیم حفظ می‌کند (Ashraf and Foolad., 2007). طی مطالعه‌ای که Chen و همکاران (۲۰۰۰) روی تیمار بذور سورگوم با گلایسین بتائین انجام دادند، دریافتند که تیمار ترکیب فوق موجب حفظ غشاها و پایداری آن در برابر پراکسیداسیون چربی‌ها و حفظ سیالیت و ثبات آن تحت تنش شوری می‌شود.

با افزایش سطح شوری طول گیاهچه کاهش معنی‌داری از خود نشان دادند. البته از این نظر در شوری ۱۵۰ میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری با شوری صفر مشاهده نشد، با این وجود از شوری ٤٥٠ و بیشتر، کاهش قابل توجهی در طول گیاهچه‌ها مشاهده شد. اما با افزایش میزان گلایسین بتائین در هر یک از سطوح شوری بهبودی چشمگیری در طول گیاهچه‌های سالیکورنیا مشاهده شد، به‌طوریکه بهترین نتیجه از برهمکنش شوری صفر و گلایسین بتائین ۱۲۰ میلی‌مولار حاصل شد و کمترین آن نیز از تیمار شوری ٤٥٠ میلی‌مولار سدیم کلرید و گلایسین بتائین ٦٠ میلی‌مولار مشاهده شد. در این خصوص علی و همکاران (۱۳۸۸) در مورد گیاه ذرت و Lacerda و همکاران (۲۰۰۳) در خصوص گیاه سورگوم نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند.

در شوری صفر وزن تر گیاهچه‌ها پاسخ معنی‌داری به سطوح مختلف گلایسین بتائین نشان ندادند. اما در شوری‌های ۱۵۰ میلی‌مولار و بالاتر کاهش وزن تر قابل توجه بود و اثر بخشی گلایسین بتائین نیز در شوری ۳۰۰ میلی‌مولار به‌خوبی خود را نشان داد با این وجود بالاترین مقادیر صفت فوق درسطح شوری صفر حاصل شد. در این میان کمترین وزن تر به تیمار شوری ٦٠٠ میلی‌مولار سدیم کلرید در برهمکنش با گلایسین بتائین (۳۰ میلی‌مولار) تعلق داشت. این نتایج با یافته‌های Wyn Jones و همکاران (۲۰۰۲) و لون و همکاران (۲۰۰۳) مطابقت دارد. آنها بیان کردند که اضافه‌کردن پرولین و گلایسین بتائین به گیاهچه‌های جو موجب افزایش وزن تر و ساقه‌چه در شرایط شوری می‌شود.

در کلیه سطوح شوری با افزایش سطح پیش‌تیمار گلایسین بتائین درصد جوانه‌زنی بذور سالیکورنیا بهبود یافت. اما در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.23.1]

جدول ۲- میانگین مربعات مربوطه به صفات مورد بررسی در نتیجه پیش‌تیمار گلایسین بتائین

منابع تغییرات	df	میانگین مربعات (MS)				
		طول گیاهچه	وزن تر	درصد جوانه‌زنی	شاخص بنیه	سرعت جوانه‌زنی
شوری (a)	٤	۲/۲۲**	۰/۰۰۷**	۱۳۲۵/۵۰**	۳۵۳/۳۷**	۱/٤۷**
گلایسین‌بتائین (b)	٤	۰/۱۱**	۰/۰۰۰۱**	۱۲۳/۸۳**	۲۲/۵۲**	۰/۱٤**
A×B	۱٦	۰/۰۲**	۰/۰۰۰۰٤**	۲۹/۰٤**	۳/۷۹**	۰/۰۳**
خطا	۷۵	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰٤	۲/٦۷	۰/۳۰	۰/۰۰٤
ضریب‌تغییرات CV (٪)		۲/۳۲	۱/۸۰	۲/۰۱	۳/٤۲	۲/۳۰

*،**: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ ٪

شوری سطح ۱۵۰ میلی‌مولار تفاوت چندانی مشاهده نشد. در شوری ٦۰۰ میلی‌مولار اثر گلایسین بتائین به‌خوبی قابل مشاهده بود. بهترین نتیجه از تیمار شوری سطح صفر و گلایسین بتائین ۱۲۰ میلی‌مولار حاصل شد و کمترین آن نیز از تیمار شوری ٦۰۰ میلی‌مولار سدیم کلرید و گلایسین بتائین ۳۰ میلی‌مولار به‌دست آمد. پیش تیمار بذر با گلایسین بتائین می‌تواند آسیب‌های ناشی از اثرات بازدارنده شوری را کاهش دهد و موجب افزایش درصد جوانه‌زنی شود (Arafa *et al.*, 2009). پیش‌تیمار با گلایسین بتائین با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مانند کاتالاز و پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز موجب کاهش تأثیرات تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن تولیدی توسط غلظت‌های بالا NaCl شده و درنهایت موجب بهبود جوانه‌زنی می‌گردد (Islam *et al.*, 2009). نتایج مشابهی را در گیاه سیاهدانه با اعمال گلایسین بتائین در تنش کادمیوم توکلی حسنکلو و همکاران (۱۳۹۳) و اثر گلایسین بر ذرت در تنش خشکی میری و ضمانی مقدم (۱۳۹۳) نیز گزارش نمودند.

بهترین نتیجه برای صفت شاخص بنیه نیز از برهمکنش شوری سطح صفر و گلایسین بتائین ۱۲۰ میلی‌مولار حاصل شد و کمترین آن نیز از تیمار شوری سطح ٤۵۰ میلی‌مولار سدیم کلرید و گلایسین بتائین ٦۰ میلی‌مولار به‌دست آمد. این صفت در شوری سطح ٦۰۰ میلی‌مولار سدیم کلرید به‌خوبی اثر بخشی گلایسین بتائین را نشان می‌دهد. از آنجایی که این صفت برآیندی از صفت‌های درصد جوانه‌زنی و میانگین طول گیاه‌چه است نتایج مشابهی با این صفات را نشان می‌دهد. افزایش شاخص بنیه و طول ساقه در اثر اعمال پلی آمین که همانند گلایسین بتائین یکی از اسموپروتکتانت‌های مؤثر در تحمل به تنش است را Aziz-Khan و همکاران (۲۰۱۲) نیز گزارش نمودند.

در صفت سرعت جوانه‌زنی نیز همانند صفت درصد جوانه‌زنی از برهمکنش سطح شوری ۱۵۰ میلی‌مولار سدیم کلرید با سطوح ۳۰ تا ۱۲۰ میلی‌مولار گلایسین بتائین تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. اما در سایر غلظت‌های شوری با افزایش غلظت گلایسین بتائین نتایج بهتری حاصل شد. البته در شوری سطح ۳۰۰ میلی‌مولار سدیم کلرید اثر بخشی پیش‌تیمار گلایسین بتائین بهتر از سایر سطوح مشهود بود. بهترین نتیجه برای این صفت نیز از تیمار شوری صفر و گلایسین بتائین ۹۰ میلی‌مولار و کمترین آن نیز از تیمار شوری ٤۵۰ میلی‌مولار سدیم کلرید و گلایسین بتائین ۱۲۰ میلی‌مولار حاصل شد. گلایسین بتائین به‌عنوان یک اسمولیت سیتوپلاسمی عمل می‌کند و آنزیم‌ها و غشاها را از اثرات پسابیدگی نمک حفظ می‌کند و لذا جذب آب توسط بذر راحت‌تر صورت می‌گیرد (Yang *et al.*, 2003). به‌همین دلیل سرعت جوانه‌زنی افزایش می‌یابد. نتایج حاصل از این تحقیق با یافته‌های Silva و همکاران (۲۰۰۳) و علی و همکاران (۱۳۸۸) مطابقت دارد.

آزمایش دوم: جدول تجزیه واریانس داده‌های آزمایش دوم (جدول ٤) به‌خوبی نشان می‌دهد که میانگین مربعات صفات

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.23.1]

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل شوری × پیش‌تیمار گلایسین بتائین بر صفات مرتبط با جوانه‌زنی سالیکورنیا

سدیم کلراید (mM)	گلایسین بتائین (mM)	طول گیاهچه (cm)	وزن تر (gr)	درصد جوانه‌زنی (%)	شاخص بنیه	سرعت جوانه‌زنی (بذر جوانه‌زده در روز)
شاهد (آب مقطر)	شاهد (صفر)	۲/۳۳ d	۰/۱۳۷	۸٦ c	۲۰/۲۲ d	۲/۸۹ c
	۳۰	۲/٤۰ c	۰/۱۳۷	۸٦ c	۲۰/۸۰ d	۲/۸۹ c
	٦۰	۲/٤۷ b	۰/۱۳۸	۹۰ bc	۲۲/۲۰ c	۳/۰۰ bc
	۹۰	۲/۵۰ b	۰/۱۳۹	۹۳ ab	۲۳/۳۳ b	۳/۱۱ ab
	۱۲۰	۲/٦۳ a	۰/۱۳۹	۹۵ a	۲۵/۰۳ a	۳/۱۷ a
۱۵۰	شاهد (صفر)	۲/۰۳ c	۰/۱۱۳ d	۸٦ b	۱۷/٦۲ b	۲/۸۸ b
	۳۰	۲/۱۰ b	۰/۱۱٦ c	۹۰ a	۱۸/۸۲ a	۳/۰۰ a
	٦۰	۲/۱۰ b	۰/۱۱٦ c	۹۰ a	۱۸/۸۸ a	۳/۰۰ a
	۹۰	۲/۱۳ ab	۰/۱۱۹ ab	۹۰ a	۱۹/۲۵ a	۳/۰۰ a
	۱۲۰	۲/۱۷ a	۰/۱۲۰ a	۹۰ a	۱۹/٤۲ a	۳/۰۰ a
۳۰۰	شاهد (صفر)	۱/۸۳ c	۰/۱۰۲ c	۸۰ c	۱٤/٦۷ d	۲/٦۷ c
	۳۰	۱/۷۰ d	۰/۰۹۳ d	۷۵ d	۱۲/٦۳ e	۲/۵۰ d
	٦۰	۱/۹۳ b	۰/۱۰۷ b	۸۵ b	۱٦/٤۰ c	۲/۸۳ b
	۹۰	۲/۰۷ a	۰/۱۱۳ a	۹۰ a	۱۸/۲۸ a	۳/۰۰ a
	۱۲۰	۲/۰۰ ab	۰/۱۱۱ a	۸۵ b	۱٦/۹٦ b	۲/۸۳ b
٤۵۰	شاهد (صفر)	۱/۵۰ b	۰/۰۸٤ a	۷۰ a	۱۰/٦۵ a	۲/۳۳
	۳۰	۱/۵۳ ab	۰/۰۵۸ a	۷۰ a	۱۰/۷۰ a	۲/۳۹
	٦۰	۱/٤۰ c	۰/۰۷۹ b	٦۵ b	۹/۲۹ b	۲/۵۰
	۹۰	۱/۵۷ a	۰/۰۸۷ a	۷۰ a	۱۰/۹۵ a	۲/۳۳
	۱۲۰	۱/۵۷ a	۰/۰۸۵ a	۷۰ a	۱۰/۷۸ a	۲/۱٦
٦۰۰	شاهد (صفر)	۱/۵۳ c	۰/۰۸٦ c	۷۱ c	۱۱/۱۸ c	۲/۳۹ c
	۳۰	۱/٤۳ d	۰/۰۷۹ d	٦٦ d	۹/۵٦ d	۲/۲۲ d
	٦۰	۱/٦۰ c	۰/۰۹۰ bc	۷۵ b	۱۲/۱٦ b	۲/۵۰ b
	۹۰	۱/۷۰ b	۰/۰۹٤ b	۷٦ b	۱۲/۹٤ b	۲/۵۵ b
	۱۲۰	۱/۸۰ a	۰/۰۹۸ a	۸۰ a	۱٤/۱٤ a	۲/٦۷ a

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم‌اختلاف معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد است.

اندازه‌گیری‌شده در هر دو فاکتور محلول‌پاشی گلایسین بتائین و تیمارشوری تحت تأثیر اثرات اصلی قرار گرفتند و صفت میزان فنل کل و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز نیز تحت تأثیر برهمکنش دو فاکتور ذکرشده قرار گرفت و در غلظت ۱٪ معنی‌دار شدند.

فلاونوئید کل: با بررسی مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۵) به‌خوبی می‌توان دریافت با افزایش میزان شوری میزان فلاونوئید نیز افزایش معنی‌داری را نشان داد. به‌گونه‌ای که بیشترین میزان آن در شوری ٤۵۰ میلی‌مولار سدیم کلرید و کمترین میزان آن نیز در شوری ۱۵۰ میلی‌مولار سدیم کلرید

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.23.1]

جدول ٤- تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات مورد بررسی درنتیجه محلول‌پاشی گلایسین بتائین

منابع تغییرات	df	میانگین مربعات								
		فلاونوئید	مهار رادیکال آزاد DPPH	پروتئین	فنل	طول اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه	آنزیم کاتالاز	آنزیم آسکوربات پراکسیداز
تنش شوری (A)	۲	۱۹/۵۰۱**	۶۱/۵۲۷ns	۲/۳۱۲**	۶۱/۹۶۷**	۱٤۷**	۵۷/۵۵۱**	۱/۲۱۳**	۲۸٦/۵۰٤**	۲۳۰/٤۲۹**
گلایسین بتائین (B)	۲	۰/۵۷۷**	۸۳٦/۵۰۸**	۰/۹۲۳ns	۳۵٦/۳۵٦**	۱۰/۳۳۳**	۰/۰۲۵ns	۰/۰٤۸**	۸/٦۹۰**	۵/۰۸۲**
اثر متقابل A×B	٤	۰/۰۷۵ns	٤۱/۲۵۲ns	۰/۰٤۳ns	۳۲/٦۰٦**	۰/۳۳۳ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۳ns	۱/٤۵۲**	۳/۲۳٦**
خطا	۲٤	۰/۰٤٦	۲۳/۷۵٦	۰/۲۸۲	۲/۵٦۸	۰/۵۰۹	۰/۰۲۵	۰/۰۰۲	۰/۱۸۲	۰/۱٦٦
ضریب تغییرات		۱/۷۸۷	۱۹/٦۰۷	۱۱/٤۷۱	۷/۲٦۲	۲/۱۳	۱/۷۰۸	٤/۲٦٦	۱/٤٦۳	۰/٤۱۹

***، ** و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ ٪ وعدم‌معنی‌دار.**

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر ساده شوری و محلول‌پاشی گلایسین بتائین بر صفات مورد آزمایش

منابع تغییرات	سطوح تیمار (mM)	فلاونوئید(mg/l)	مهارراديكال آزاد (%) DPPH	پروتئین(µg/ml)	طول اندام هوایی (cm)	وزن‌خشک اندام‌هوایی (گرم در بوته)	وزن‌خشک ریشه (گرم در بوته)
تنش شوری	۱۵۰	۱۰/۵٦۵ c	۲٤/٦۰۳ ab	۵/۱۹۲ a	۳۲/۷۲۲ b	۷/۹۱۱ b	۱/۰٦۳ b
	۳۰۰	۱۱/۹۳٤ b	۲۲/۳۸۱ b	٤/۵۱۲ b	۳۷/۷۲۲ a	۱۲/۱۳۳ a	۱/۵۲۲ a
	٤۵۰	۱۳/۵۰۷ a	۲۷/۵۹۱ a	٤/۲۰۱ b	۲۹/۷۲۲ c	۷/٦۱۱ c	۰/۷٦۹ c
گلایسین بتائین	۰	۱۱/۷۲۹ b	۱٤/۹۷٦ c	٤/۳۷۰ b	۳۲/٦۱۱ b	۹/۱۷۷ a	۱/۰۷۷ b
	٦۰	۱۲/۰٤۸ a	۲۵/۳٦۱ b	٤/۵٤٤ ab	۳۲/۹٤٤ b	۹/۲۰۰ a	۱/۰۹۲ b
	۱۲۰	۱۲/۲۲۹ a	۳٤/۲۳۸ a	٤/۹۹۱ a	۳٤/٦۱۱ a	۹/۲۷۷ a	۱/۲۱۱ a

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم‌اختلاف معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد است.

حاصل شد. یافته‌های پیشین افشار محمدیان و همکاران (۱۳۹٤) با افزایش تنش شوری به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ میزان فلاونوئید در برگ‌های هر سه رقم بادام زمینی افزایش یافت. فلاونوئیدها به‌عنوان ترکیب‌های فعال فیزیولوژیکی، عوامل محافظت‌کننده‌ای در مقابل تنش‌ها بوده و به‌عنوان یک مهارکننده رادیکال‌های آزاد، نقش مهمی در مقاومت گیاهان به شرایط سخت محیطی دارند (Tattini *et al.*, 2004). از سوی دیگر گلایسین بتائین نیز بر میزان فلاونوئید تأثیر مثبتی به‌جای گذاشته است هرچند که در سطوح ٦۰ میلی‌مولار و ۱۲۰ میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد اما افزایش میزان فلاونوئید نسبت به عدم‌محلول‌پاشی گلایسین بتائین به‌خوبی مشهود بود. کمترین میزان آن در سطح صفر و بیشترین میزان آن هم در سطح ۱۲۰ میلی‌مولار مشاهده شد. در تحقیقی مشابه سیاری و همکاران (۱۳۹۳) بیان کردند که گلایسین بتائین در هر دو روش کاربرد بذری و برگی سبب حفاظت از غشای سلولی و کاهش نشت یونی و محتوای مالون

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.23.1]

دی‌آلدئید شد و درنهایت با کاربرد آن تحمل به تنش اسمزی در نشاء خیار افزایش یافت.

مهار رادیکال آزاد DPPH: مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد که مهار رادیکال آزاد در شوری سطح ٤٥٠ میلی‌مولار در بیشترین حد خود بوده است اما با کاهش شوری تا ۳۰۰ میلی‌مولار کاهش معنی‌داری مشاهده می‌گردد و با کاهش شوری به ۱۵۰ میلی‌مولار میزان مهار رادیکالی تغییرات معنی‌داری ندارد. طبق یافته‌های Klimczak و همکاران (۲۰۰۷) افزایش شوری باعث تجمع بیشتر ترکیبات فلاونولی و درنتیجه افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی می‌شود که در مورد نتایج تحقیق حاضر نیز صدق می‌کند.

اثر ساده گلایسین بتائین نیز بر میزان مهار رادیکالی در گیاه سالیکورنیا در این آزمایش به‌خوبی قابل مشاهده است به‌گونه‌ای که با افزایش غلظت گلایسین بتائین میزان مهار رادیکالی در غلظت‌های مورد بررسی افزایش می‌یابد و بیشترین میزان مهار رادیکالی در غلظت ۱۲۰ میلی‌مولار گلایسین بتائین و کمترین آن نیز در غلظت صفر مشاهده شده است. بنظر می‌رسد که استفاده از اسمولیت‌های سازگاری همچون گلایسین بتائین می‌تواند تولید ترکیباتی مثل فنل‌ها، فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها که خاصیت آنتی‌اکسیدانی دارند را در گیاه سالیکورنیا افزایش داده که درنتیجه آن می‌توان انتظار افزایش میزان مهار رادیکال آزاد را داشت.

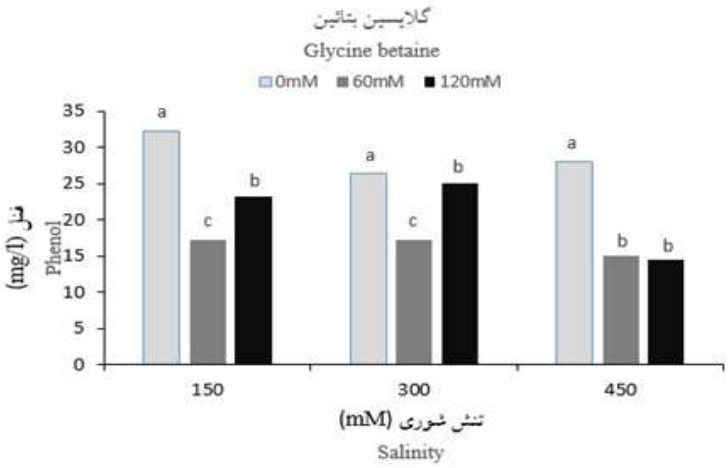
پروتئین: میزان پروتئین در اندام‌های رویشی گیاه سالیکورنیا مانند سایر صفات تحت تأثیر اثر ساده شوری قرار گرفته و افزایش غلظت سدیم کلرید موجب کاهش میزان پروتئین شد. کمترین میزان پروتئین در شوری ٤٥٠ میلی‌مولار سدیم کلرید و بیشترین میزان آن نیز در شوری ۱۵۰ میلی‌مولار حاصل شده است. نتایج فوق با یافته‌های فضائلی و بشارتی (۱۳۹۱) که بیان نمودند: با افزایش شوری از صفر به ٦ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر غلظت نیتروژن و پروتئین در اندام هوایی گیاه یونجه به‌ترتیب ۸ و ۱۸ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت، مطابقت دارد. اثر محلول‌پاشی گلایسن بتائین بر میزان پروتئین نیز در این آزمایش به‌خوبی قابل مشاهده است به‌طوریکه با افزایش غلظت گلایسین بتائین بر میزان پروتئین اندام رویشی افزوده شد و بیشترین میزان پروتئین با محلول‌پاشی گلایسین بتائین با غلظت ۱۲۰ میلی‌مولار حاصل شد و کمترین میزان آن نیز در سطح صفر گلایسین بتائین مشاهده گردید. کاربرد گلایسین بتائین در ذرت تحت تنش خشکی، افزایش پروتئین کل را به‌همراه داشت و سنتز پروتئین‌ها مکانیسمی در پاسخ به تنش‌های مختلف می‌باشد که منجر به تحمل بیشتر گیاه در برابر آسیب‌های ناشی از انواع تنش‌ها می‌گردد (Maestri *et al*., 2002). البته افزایش میزان پروتئین در تنش‌های خفیف شوری موجب افزایش پروتئین‌ها می‌گردد که این در لگوم‌ها در شوری‌های پایین قابل مشاهده است (Tawfik, 2008). اما به‌نظر می‌رسد این امر در شوری‌های بالا و در گیاهان شورزی صادق نباشد. در مجموع می‌توان گفت که نقش اسمولیت‌هایی مانند گلایسین بتائین محافظت از پروتئین‌ها، غشا و آنزیم‌ها از خسارت‌های ناشی از تنش‌های محیطی است (Ashraf and Foolad., 2007).

فنل: یکی از صفاتی که در این آزمایش تحت تأثیر برهمکنش شوری و گلایسین بتائین قرار گرفت، میزان فنل کل است (جدول ٤). مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و گلایسین بتائین بر میزان فنل در گیاه سالیکورنیا تحت تنش شوری در (شکل۱) قابل مشاهده است.

بیشترین میزان فنل طبق نمودار (شکل۱) مربوط به تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار سدیم کلرید و گلایسین بتائین صفر است و کمترین آن نیز از برهمکنش تیمار شوری ٤٥٠ میلی‌مولار سدیم کلرید و گلایسین بتائین ۱۲۰ میلی‌مولار حاصل شد. البته گلایسین بتائین سطح ٦٠ میلی‌مولار در شوری‌های مختلف تفاوت معنی‌داری را در میزان فنل نشان نداده است. بررسی تنش شوری روی گیاه ماش از تیره فاباسه توسط Kanwal و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد که تیمار شوری شدید روی گیاه ماش، باعث کاهش میزان ترکیبات فنلی در برگ گیاه پس از گذشت سی روز شده است. این کاهش می‌تواند ناشی از تخریب این ترکیبات در اثر واکنش با ترکیبات اکسیداتیو درشرایط شور باشد. با وجود القای سنتز ترکیبات فنلی در تیمار

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.23.1]



شکل۱- نمودارمقایسه میانگین اثر متقابل شوری وگلایسین بتائین بر صفت میزان فنل. در هر ستون حروف معنی داری بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد است.

شوری، احتمالاً تنش شدیدتر شوری می‌تواند اثر منفی روی ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی گیاه داشته و باعث کاهش ترکیبات فنلی شود (Sidsel Fiskaa *et al.*, 2009). در این آزمایش اینگونه به‌نظر می‌رسد که با اعمال گلایسین بتائین که خود یک محافظ اسمزی است نیاز به سنتز فنل‌ها برای مراقبت بیشتر در برابر تنش شوری کم شده باشد که این می‌تواند دلیلی برای کاهش میزان فنل در حضور گلایسین بتائین باشد. علاوه بر این در همین آزمایش ثابت شده است که افزایش گلایسین بتائین موجب افزایش میزان آنزیم کاتالاز و آسکوربیک پروکسیداز می‌گردد که این خود می‌تواند گیاه را در مقابل تنش متحمل‌تر نموده و نیاز به تولید فنل‌ها در این گیاه را کاهش دهد و مکانسیم تحمل به تنش را به سمت و سوی دیگری تغییر دهد. در این خصوص Mishra و Tanna (۲۰۱۷) نیز نظر مشابهی را بیان نموده است.

طول اندام هوایی: مشاهده نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات ساده شوری بر صفت طول اندام هوایی به‌خوبی نشان می‌دهد که گیاه سالیکورنیا با تغییر غلظت شوری واکنش کاملاً متفاوتی را نسبت به سایر گیاهان نشان می‌دهد به‌گونه‌ای که با افزایش شوری از ۱۵۰ میلی‌مولار به ۳۰۰ میلی‌مولار سدیم کلرید طول اندام هوایی افزایش داشت و درادامه با افزایش شوری تا ٤٥٠ میلی‌مولار طول اندام هوایی کاهش داشت. بیشترین میزان طول اندام هوایی در شوری ۳۰۰ میلی‌مولار و کمترین آن نیز در شوری ٤٥٠ میلی‌مولار سدیم کلرید حاصل شد (جدول ۵). البته اثرات مخرب شوری زیاد بر صفات مورفولوژیک گیاهان بر کسی پوشیده نیست اما گیاه سالیکورنیا به‌دلیل شورزی بودن واکنش‌های متفاوتی را از خود در برابر سطوح شوری نشان می‌دهد، به‌گونه‌ای که با افزایش شوری تا ۳۰۰ میلی‌مولار شاهد افزایش طول ساقه و زیست توده بوده‌ایم. طول ساقه و ریشه مهم‌ترین شاخص‌های بیانگر شدت تنش‌های محیطی، به‌ویژه تنش‌های شوری و خشکی محسوب می‌شوند؛ زیرا ریشه در تماس مستقیم با خاک بوده و آب را از خاک جذب می‌کند و ساقه آن را به سایر قسمت‌های گیاه منتقل می‌کند بنابراین تغییرات طولی این دو پارامتر ساقه و ریشه نشانه مهمی برای پاسخ گیاهان به تنش شوری به‌حساب می‌آید (Jamil *et al.*, 2005). نتایج مشابهی را حیدرنژاد و رنجبر (۱۳۹۳) در مورد اثر شوری بر گیاه شورزی اشنان (*Seidlitzia rosmarinus* L.) بیان نمودند. اثر گلایسین بتائین بر طول اندام هوایی نیز در جدول مقایسه میانگین (جدول ۵) به‌خوبی قابل مشاهده است به‌طوریکه گلایسین بتائین ٦٠ و صفر میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری را از خود نشان ندادند اما در غلظت ۱۲۰ میلی‌مولار به‌خوبی شاهد افزایش معنی‌دار طول اندام هوایی بودیم و بیشترین طول اندام هوایی نیز در همین سطح شاهد مشاهده شد. Aldesuquy و همکاران (۲۰۱۲) نتایج مشابهی را در گندم گزارش نمودند. تجمع گلایسین

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.23.1]

بتائین علاوه بر کاهش مستقیم آسیب‌های ناشی از تنش اکسیداتیو می‌تواند با حفاظت از آنزیم‌های درگیر در سیستم آنتی‌اکسیدانی گیاه به مهار فعالیت ترکیبات تولیدکننده رادیکال های آزاد اکسیژن کمک کند (Ashraf and Foolad., 2007).

وزن خشک اندام هوایی: صفت وزن خشک نیز نتایج مشابهی را همانند صفت طول اندام هوایی از خود نشان داد (جدول ۵)، به‌طوریکه بهترین نتیجه در شوری ۳۰۰ میلی‌مولار سدیم کلرید حاصل شد و کمترین میزان وزن خشک نیز در شوری ٤٥٠ میلی‌مولار مشاهده شد. افزایش وزن خشک گیاه سالیکورنیا در شوری ۳۰۰ میلی‌مولار نسبت به شوری ۱۵۰ میلی‌مولار نشان‌دهنده شورزی‌بودن اجباری این گیاه است. از طرفی علیرغم تأثیر مثبت سطوح بالاتر محلول‌پاشی گلایسین بتائین بر وزن خشک بوته‌ها، با این وجود این تأثیر تفاوت معنی‌داری در وزن خشک نسبت به تیمار شاهد (عدم‌محلول‌پاشی) ایجاد نکرد. پاسخ به تنش شوری بستگی به نوع گیاه، مرحله رشد، توسعه گیاهی و همچنین غلظت و ترکیب نمک دارد (Oliveira1 *et al*., 2013).

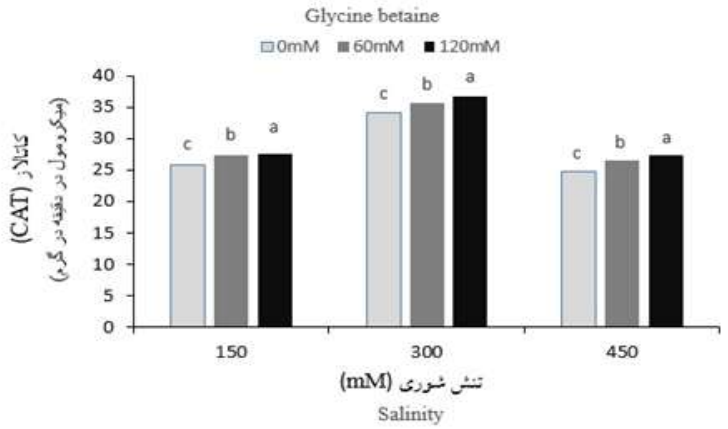
به نظر نمی‌رسد پایین‌بودن غلظت نمک، اثر مخرب بر رشد گیاه سالیکورنیا داشته باشد. اما شوری بالا سبب کاهش رشد آن شده و بسیاری از گونه‌های شورزی، تحت شرایط تنش شوری شدید از بیومس خود به‌طور معنی‌داری می‌کاهند (بویراحمدی و همکاران، ۱۳۹۰).

وزن خشک ریشه: واکنش وزن خشک ریشه سالیکورنیا به شوری همانند صفت طول اندام هوایی کمی متفاوت به‌نظر می‌رسد، به‌طوریکه بیشترین میزان وزن خشک در شوری ۳۰۰ میلی‌مولار سدیم کلرید و کمترین آن در شوری ٤٥٠ میلی‌مولار مشاهده شد. به‌نظر می‌رسد که شوری ۳۰۰ میلی‌مولار مناسب‌ترین غلظت شوری برای رشد این گیاه در این آزمایش می‌باشد. نتایج فوق با یافته‌های درویشی و همکاران (۱۳۹۲) مطابقت دارد. وزن خشک ریشه تفاوت معنی‌داری را در غلظت ٦٠ میلی‌مولار گلایسین بتائین با شاهد از خود نشان نداد اما با افزایش غلظت گلایسین بتائین به ۱۲۰ میلی‌مولار شاهد افزایش معنی‌داری در میزان وزن خشک ریشه بودیم. افزایش وزن گیاه بر اثر مصرف گلایسین بتائین می‌تواند به این دلیل باشد که این ترکیب به‌عنوان یک اسمولیت مهم در گیاهان باعث افزایش پتانسیل اسمزی شده و درنتیجه با جذب آب توسط گیاه آماس سلول‌ها افزایش پیدا می‌کند. از آنجایی که رشد و نمو گیاهان بستگی به سرعت تولید و بزرگ‌شدن سلول‌های جدید دارد و گیاهان فقط در حالت آماس، قادر به تقسیم سلولی هستند، با ایجاد حالت آماس توسط گلایسین بتائین تقسیم سلولی افزایش پیدا کرده و رشد بهتر گیاه را سبب می‌گردد (Korkmaz *et al*., 2012).

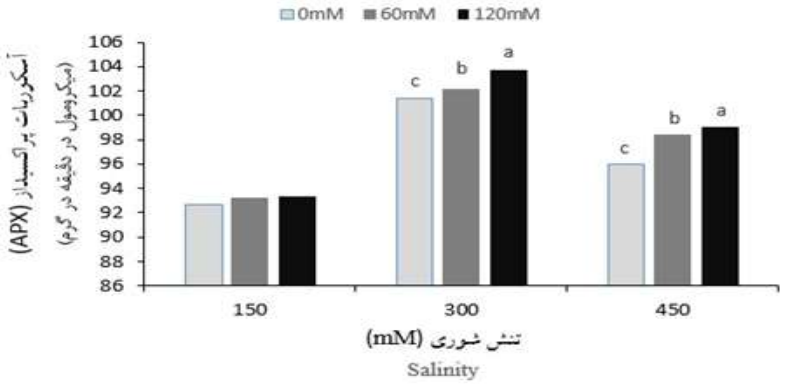
فعالیت آنزیم کاتالاز: میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در گیاه سالیکورنیا با افزایش میزان شوری تا ۳۰۰ میلی‌مولار افزایش چشمگیری داشته است اما با بیشترشدن میزان شوری از فعالیت این آنزیم کاسته شده است. البته نقش گلایسین بتائین نیز به‌خوبی قابل مشاهده است به‌گونه‌ای که در هر سه غلظت شوری سدیم کلرید، گلایسین بتائین ۱۲۰ میلی‌مولار موجب افزایش فعالیت آنزیمی شده درنهایت بیشترین میزان فعالیت این آنزیم در شوری ۳۰۰ میلی‌مولار و گلایسین بتائین ۱۲۰ میلی‌مولار و کمترین میزان آن نیز در شوری ٤٥٠ میلی‌مولار و گلایسین بتائین صفر مشاهده شد. مطابق با نتایج این تحقیق افزایش در میزان آسکوربیک اسید، گونه‌های فعال اکسیژن و هیدروژن پراکسید و به‌دنبال آن افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز ممکن است با القاء پاسخ‌های آنتی‌اکسیدانی که موجب حفظ گیاه در برابرخسارت اکسیداتیو می‌گردند، مرتبط باشد (Dey *et al*., 2007). کاهش مشاهده‌شده در فعالیت این آنزیم منطبق با نتایج سایر تحقیقات است (dat *et al*., 1998) که غیرفعال‌سازی شدید آنزیم کاتالاز را توسط غلظت بالای شوری نشان می‌دهد همچنین کاهش فعالیت این آنزیم ممکن است ناشی از جلوگیری از سنتز آنزیم جدید باشد (Fidalgo *et al*., 2004). در شوری ٤٥٠ میلی‌مولار گیاه سالیکورنیا رفتار متفاوتی از خود نشان داده است و در مورد کاهش فعالیت آنزیمی می‌توان چند عامل را در نظر گرفت، عامل اول افزایش احتمالی ترکیباتی مانند هیدروژن پراکسید و به‌سبب آن ایجاد تخریب در پروتئین‌ها و چربی‌ها در تنش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.23.1]



شکل۲- نمودارمقایسه میانگین اثر متقابل شوری وگلایسین بتائین بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز. در هر ستون حروف معنی داری بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد است.



شکل۳- نمودارمقایسه میانگین اثر متقابل شوری وگلایسین بتائین بر میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز . در هر ستون حروف معنی داری بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد است.

شوری شدید که این عامل خود موجب تولید گونه‌های فعال اکسیژن بیشتر شده (Ghosh *et al*., 2001) درنتیجه آن ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه کاهش خواهد یافت، از سوی دیگر وجود ترکیباتی همچون سالیسیلیک اسید، پرولین و مانیتول در شوری‌های بالا که از فعالیت آنزیم کاتالاز می‌کاهد را می‌توان از عوامل کاهش این آنزیم دانست (Xiong *et al*., 2002). در این رابطه Mishra و Tanna (۲۰۱۷) نیز وجود مکانیسم‌های مختلف و مرحله به مرحله در گیاهان هالوفیت را در خصوص کاهش سطوح آنزیم‌های محافظت‌کننده و جایگزین‌نمودن مکانیسم‌های دیگر را بیان نموده‌اند.

فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز: این آنزیم نیز رفتار مشابهی با کاتالاز از خود نشان داده است؛ با افزایش شوری تا ۳۰۰ میلی‌مولار بر میزان فعالیت آسکوربیک پراکسیداز افزوده شد اما این افزایش ادامه‌دار نبوده و با افزوده‌شدن شوری از فعالیت این آنزیم کاسته شد و نقش گلایسین بتائین هم در این مورد با شدت بیشتری در شوری ٤٥٠ میلی‌مولار شوری خود نمایی می‌کند و با افزوده‌شدن آن تا ۱۲۰ میلی‌مولار بر فعالیت این آنزیم با شیب بیشتری افزوده شد. کمترین میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در شوری ۱۵۰ میلی‌مولار و عدم‌محلول‌پاشی گلایسین بتائین و بیشترین میزان فعالیت آن نیز در شوری ۳۰۰ میلی‌مولار سدیم کلرید و گلایسین بتائین ۱۲۰ میلی‌مولار مشاهده شد. آنزیم آسکوربات پراکسیداز در چرخه گلوتاتیون - آسکوربات با استفاده از آسکوربات به عنوان دهنده الکترون باعث تجزیه هیدروژن پراکسید می‌شود

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.23.1]

(Moore and Roberts, 1998). اگر چه افزایش فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدانی در شرایط تنش شوری در چغندر (Bor *et al.*, 2003) و برنج (Demiral and Turkan, 2005) گزارش شده است اما شواهدی نیز مبنی بر کاهش فعالیت آنزیم پراکسیداز در شرایط شوری بالا وجود دارد (Demiral and Turkan, 2005). از طرفی به‌نظر می‌رسد کاهش شدید محتوی پروتئین‌های محلول اندام هوایی در اثر شوری بیشتر سبب کاهش پروتئین‌های تیلاکوئید و سیکل کالوین به‌خصوص آنزیم رابیسکو و برخی از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌شود (Scandalias *et al.*, 1993). در مورد این آنزیم نیز نقش گلایسین بتائین همانند صفت قبل عمل کرده است و در شوری‌های بالا با تعدیل‌نمودن خسارت‌های تنش از فعالیت آنزیمی کاسته است.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آماده در این پژوهش اثرات منفی شوری بر جوانه‌زنی و سایر صفات مورد بررسی به‌خوبی قابل مشاهده بود، اما پیش تیمار بذور و محلول‌پاشی با گلایسین بتائین به‌خوبی باعث کاهش اثرات منفی تنش شوری در بیشتر شاخص‌های مرتبط با جوانه‌زنی و مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه سالیکورنیا شد. در اکثر صفات مورد بررسی تیمار شوری غلظت صفر سدیم کلرید در برهمکنش با گلایسین بتائین ۱۲۰ میلی‌مولار در آزمایش جوانه‌زنی و شوری ۳۰۰ میلی‌مولار در آزمایش گلدانی بهترین نتایج را برجای گذاشتند. احتمالاً این نتایج برای آزمایش دوم به‌دلیل شورزی‌بودن اجباری گیاه سالیکورنیا باشد. در مجموع از بین سطوح مختلف تیمار گلایسین بتائین می‌توان پیش تیمار گلایسین بتائین غلظت‌های ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار و محلول‌پاشی ۱۲۰ میلی‌مولار را به‌دلیل تأثیر بهتر بر مجموع صفات مورد بررسی به‌عنوان مناسب‌ترین تیمارها معرفی نمود و همچنین می‌توان شوری ۳۰۰ میلی‌مولار را مناسب‌ترین شرایط محیطی برای رشد و نمو ایده‌ال گیاه سالیکورنیا در شرایط مشابه پیشنهاد نمود.

منابع

افشار محمدیان، م.، ابراهیمی نوکنده، س. و جمال امیدی، م. (۱۳۹٤) اثر سطوح مختلف شوری بر برخی آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی سه رقم بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.). فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز ۲۵: ۷۱-۵۷

بویراحمدی، م.، رئیسی، ف. و جهانگرد، م. (۱۳۹۰) اثر سطوح مختلف شوری بر شاخص‌های رشد و جذب عناصر غذایی در شبدر ایرانی (*Trifolium resupinatum* L.) و گندم رقم چمران (*Triticum aestivum*). مجله پژوهش‌های تولید گیاهی. ۱۸: ٤٤- ۲۵.

توکلو، م. (۱۳۸۸) ارزیابی تأثیر محلول‌پاشی گلایسین بتائین بر خصوصیات فیزیولوژیک ارقام سویا. اولین همایش ملی دانه‌های روغنی، دانشگاه اصفهان، اصفهان.

توکلی حسنکلو، ح.، عبادی، ع.، توکلی حسنکلو، ن. و پرمون، ق. (۱۳۹۳) تأثیر پیش‌تیمار با گلایسین بتائین بر کاهش اثر تنش کادمیوم در مرحله جوانه‌زنی و رشد گیاهچه سیاهدانه (*Nigella sativa*). فرآیند و کارکرد گیاهی، ٤: ۱۱۱-۹۹.

حسن زاده فرد، ش. و آروین، م. ج. (۱۳۹۲) نقش گلایسین بتائین و پرولین در افزایش مقاومت به خشکی با تأکید بر جنبه‌های کاربردی آن. اولین همایش ملی علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور نقده، آذربایجان غربی.

حیدرنژاد، س. و رنجبر فردوئی، ا. (۱۳۹۳) بررسی تأثیر تنش شوری بر برخی ویژگی‌های رشد و میزان تجمع یونی در گیاه اشنان (*Seidlitzia rosmarinus* L.). مجله علمی پژوهشی مهندسی اکوسیستم بیابان ۳: ۱۰-۱.

خوش خلق سیما، ن. (۱۳۸۷) بررسی توانمندی چند جانبه جنس سالیکورنیا.گزارش نهایی. پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی کرج.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.23.1]

درویشی، ع.، ملکی، م. و آقاله، م. (۱۳۹۲) اثر متقابل تنش شوری و آبسیزیک اسید بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاه سالیکورنیا (*Salicornia persica*) اولین همایش یافته‌های نوین در علوم کشاورزی، دانشگاه تهران، تهران.

ریاحی، ن.، فرحبخش، ح. و پسندی پور، ا. (۱۳۹۰)اثر استعمال خارجی پرولین، گلایسین بتائین، سالیسیلیک اسید و آسکوربیک اسید بر کاهش اثرات تنش خشکی در گیاه سورگوم، یازدهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، کرمان، دانشگاه شهید باهنر.

سیاری، م.، صیدپور، ف. و قنبری، ف. (۱۳۹۳) اثرگلایسین بتائین بر مقاومت به سرمازدگی گیاهچه‌های خیار. مجله به زراعی دانشگاه تهران ۱۷: ٦۷– ۵۳.

صالحی، م.، دهقانی، ف. و ابراهیمی، ن. (۱۳۹٦) تجربه موفق تکثیر بذر سالیکورنیا با منابع آب شور. نشریه آب و توسعه پایدار. ٤: ٤٦–۳۷

صالحی، م.، ذاکر تولایی، ف. و عسگری (۱۳۹۵) واکنش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه توده‌های مختلف سالیکورنیای بومی غیربومی به تنش شوری .دومین کنگره بین‌المللی و چهاردهمین کنگره ملی علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، گیلان، رشت.

علی، س.، اسلامی، و.، بهدانی، م.ع. و جامیالاحمدی، م. (۱۳۸۸) اثر استعمال خارجی گلایسین بتائین بر تخفیف اثرات تنش شوری در مرحلهٔ جوانه زنی و رشد اولیهٔ گیاهچه ذرت (*Zea mays* L.). مجله تنش‌های محیطی در علوم کشاورزی۲: ٦۱–۵۳.

کدخدایی، ه.، سودائی زاده، ح. و مصلح آرانی، ا. (۱۳۹۳) اثر محلول‌پاشی گلایسین بتائین بر روی رشد و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه کلزا تحت تنش خشکی در مزرعه. مجله علمی پژوهشی مهندسی اکوسیستم بیابان ۳:۹۰–۷۹.

فضائلی، ع. و بشارتی، ح. (۱۳۹۱) تأثیر شوری بر برخی شاخص‌های رشد و پروتئین کل یونجه تلقیح شده با جدایه‌های باکتری *Sinorhizobium meliloti* در شرایط گلخانه. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۳: ۳٦–۲۵.

محمدی، ح.، اکبری، غ.، خوش خلق سیما، ن. و مرادی، ف. (۱۳۸۹) اثر متقابل کلسیم و فسفر بر رشد و نمو سالیکورنیا در شرایط شوری. همایش ملی دستاوردهای نوین در تولید گیاهان با منشاء روغنی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد.

میری، ح. و ضمانی مقدم، ع. (۱۳۹۳) کاربرد خارجی گلایسین بتائین به‌منظور کاهش اثرات تنش خشکی در ذرت. پژوهش‌های زراعی ایران ۱۲: ۷۰٤–۱۷۱.

AlFarsi, M., Alsalvar, C., Morris, A., Baron, M. and Shadih, F. (2005) Comparison of antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids and phenolics of three native fresh and sun-dried date (*Phoenix dactylifera* L.) varieties grown in Oman. Journal of Agricultural and Food Chemistry 53: 7592-9.

Aldesuquy, H. S., Abo-Hamed, S. A., Abbas, M. A. and Elhakem, A. H. (2012) Role of glycine betaine and salicylic acid in improving growth vigour and physiological aspects of droughted wheat cultivars. Journal of Stress Physiology and Biochemistry 8: 149-171

Arafa, A. A., Khafagy, M. A. and El-Banna, M. F. (2009) The effect of glycinebetaine or ascorbic acid on grain germination and leaf structure of sorghum plants grown under salinity stress. Australian Journal Crop Science 3: 294-304.

Ashraf, M. and Foolad, M. R. (2007) Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environmental and Experimental Botany 59: 206-216.

Aziz-Khan, H., Ziaf, Kh., Amjad, M. and Iqbal, Q. (2012) Exogenous application of polyamine improves germination and early seedling growth of hot pepper. Chilean Journal of Agricultural Research 72: 429-433.

Bradford, M. M. (1976) A rapid and sensitive for the quantitation of microgram quantitites of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry. 72: 248-254.

Bor, M., Ozdemir, F. and Turkan, I. (2003) The effect of salt stress in lipid peroxidation and antioxidants in leaves of sugar beet *Beta vulgaris* L. and wild beet *Beta maritima* L. Plant Science 164: 77-84.

Cakmak, I., Marschner, H. and Manesium, X. (1992) deficiency and high light inensity enhance activities of superoxide dismutase, ascrobate peroxidase, and glutathione reductase in bean leaves. Plant Physiology 98: 1222-1227.

Chang, C., Yang, M., Wen, H. and Chern, J. (2002) Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. Journal of Food and Drug Analysis 10: 178-182.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.23.1]

Chen, W. P., Li, P. H. and Chen, T. H. (2000) Glycinebetaine increases chilling tolerance and reduce chilling induced lipid peroxidation in *Zea mays* L. Plant, Cell and Environment 23: 609-618.

Dat, J. F., Lopez–Delgado, H., Foyer, C. H. and Scott, I. M. (1998) Parallel changes in H_2O_2 and catalase during thermo tolerance induced by salicylic acid or heat acclimation in mustard seedlings. Plant Physiology 116: 1351-1357.

Demiral, T. and Turkan, I. (2005) Comparative lipid peroxidation, antioxidant defense systems and proline content in roots of two rice cultivars differing in salt tolerance. Environmental and Experimental Botany 53: 247-257.

Dey, S. K., Dey, J., Patra, S. and Pothal, D. (2007) Changes in antioxidative enzyme activity and lipid peroxidation in wheat seedlings exposed to cadmium and lead stress. Brazilian Journal of Plant Physiology 19: 53-60.

Ellis, R. H. and Roberts, E. H. (1981) The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. Seed Science and Technology 9: 377-409.

Eraslan, F., Inal, A., Pilbeam, D. J., and Gunes, A. (2008) Interactive effects of salicylic acid and silicon on oxidative damage and antioxidant activity in spinach (*Spinacia oleracea* L. cv. Matador) grown under boron toxicity and salinity. Plant Growth Regulation 55: 207-219.

Fidalgo, F., Santos, A., Santos, I. and Salema, R. (2004) Effects of long–term salt stress on antioxidant defence systems, leaf water relations and chloroplast ultrastructure of potato plants. Annals of Applied Biology 145: 185-192.

Flower, T. J. and dalmond, D. (1992) Protein syntetis in halophytes: the influence of potassium, sodium and magnesium in vitro. Plant and Soil 146: 153-161.

Flower, T. J., Troke, P. F. and Yeo, A. R. (1999) The mechanism of salt tolerance in halophytes . Annual Review of Plant Physiology 28: 89-121

Ghosh, S., bagchi. S. and majumer, A. L. (2001) Chloroplast fructose 16 bisphosphatase from oryza differs in salt tolerance property from the porteresia enzyme and is protected by osmolytesplant. Plant Science 160: 1171-1181

Glenn, E., Miyamoto, S., Moore, D., Brown, J. J., Thompson, T. L. and Brown, P. (1997) Water requir ements for cultivating *Salicornia bigelovii* Torr. with seawater on sand in a coastal desert environment. Journal of Arid Environments 36: 711-730.

Harinasut, P., Tsutsui, K., Takabe, T., Nomura, M. and Kishitani, S. (1996) Exogenous glycine betaine accumulation and increased salt tolerance in rice seedlings. Bioscience, Biotechnolgy and Biochemistry 60: 366-368.

Harinasut, P., Poonsopa, D., Roengmongkol, K. and Charoensataporn, R. (2003) Salinity effects on antioxidant enzymes in mulberry cultivar. Science Asia 29: 109-113.

Horvath, E., Szalai, G., and Janda, T. (2007) Induction of abiotic stress tolerance by salicylic acid signaling. Journal of Plant Growth Regulation 26: 290-300.

Islam, M. M., Hoque, M. A., Okuma, E., Banu, M. N. A., Shimoishi, Y., Nakamura, Y. and Murata, Y. (2009) Exogenous proline and glycinebetaine increase antioxidant enzyme activities and confer tolerance to cadmium stress in cultured tobacco cells .Journal of Plant Physiology 166:1587-1597.

Iqbal, N., Ashraf, M. and Ashraf, M. Y. (2008) Glycinebetaine, an osmolyte of interest to improve water stress tolerance in sunflower (*Helianthus annuus* L.): water relations and yield. South African Journal of Botany 74: 274-281.

Jamil, M., Lee, C. C., Rehman, S. U., Lee, D. B., Ashraf, M. and Rha, E. S. (2005) Salinity (NaCl) tolerance of Brassica species at germination andearly seedling growth. Journal of Agricultural and Food Chemistry 4: 970-976.

Kausar, N., Nawaz, K., Hussain, K., Hayat Bhatti, K., Hussain Siddiqi, E. and Tallat, A. (2014) Effect of exogenous applications of glycine betaine on growth and gaseous exchange attributes of two maize (*Zea mays* L.) cultivars under saline conditions. World Applied Sciences Journal 29: 1559-1565.

Kanwal, S., Ashraf, M., Shahbaz, M. and Yasir, M. (2013) Influence of saline stress on growth, gas exchange nutrients and non- enzymatic antioxidants mungbean. Pakistan Journal of Botany 45: 763-771.

Katschnig, D., Broekman, R. and Rozema, J. (2012) Salt tolerance in the halophyte *Salicornia dolichostachya* Moss: growth, morphology and physiology. Environmental and Experimental Botany 92: 32-42.

Klimczak, I., Maecka, M., Szlachta, M. and Gliszcyn, A. (2007) Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices. Journal of Food Composition and Analysis 20: 313-322.

Korkmaz, A., Sirikci, R., Kocacınar, F., Deger, O., Demirkırıan, A. R. (2012) Alleviation o salt-induced adverse effects in pepper seedlings by seed application of glycinebetaine. Scientia Horticulturae 148: 197-205.

Lacerda, C. F. D., Cambraia, J., Oliva, M. A., Ruiz, H. A. and Prisco, J. T. (2003) Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. Environmental and Experimental Botany 49: 107-120.

Maestri, E., Klueva, N., Perrotta, C., Gulli, M., Hguyen, H. T. and Marmiroli, N. (2002) Molecular genetics of heat tolerance and heat shock proteins in cereals. Plant Molecular Biology 48: 667-81.

Mathe, C., Barre, A., Jourda, C. and Dunand, C. (2010) Evolution and expression of class III peroxidases: Archives of Biochemistry and Biophysics 500: 58-65.

Miliauskas, G., Venskutonis, P. R. and Vanbeek, T. A. (2004) Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. Food Chemistry 85: 231-237.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.23.1]

Mishra, A. and Tanna, B. (2017) Halophytes potential resources for salt stress tolerance genesand promoters. Frontiers in Plant Science.8: 829.

Moore, K. and Roberts, L. J. (1998) Measurement of lipid peroxidation. Free Radical Research 28: 71-659.

Murata, N., Mohanty, P. S., Hayashi, H. and Papageorgiou, G. C. (1992) Glycinebetaine stabilizes the association of extrinsic proteins with the photosynthetic oxygen-evolving complex. Febs Letters 296: 187-189.

Nakano, Y. and Asada, K. (1981) Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. Plant and Cell Physiology 22: 867-880.

Nawaz, K. and Ashraf, M. (2010) Exogenous application of glycinebetaine modulates activities of antioxidants in maize plants subjected to salt stress. Journal of Agronomy and Crop Science 196: 28-37.

Oliveira1, V. P., Marques, E. C., Lacerda, C. F., Prisco, J. T., Gomes Filho, E. (2013) Physiological and biochemical characteristics of *Sorghum bicolor* and *Sorghum sudanense* subjected to salt stress in two stages of development. African Journal of Agricultural Research 8: 660-670.

Rajpar, I., Khanif, Y. M., Soomro, F. M. and Sulfar, J. K. (2006) Effect of NaCl salinity on the the growth and yield of Inqlab wheat (*Triticum aestivum* L.) variety. American Journal of Plant Physiology 1: 34-40.

Raza, M. A. S., Saleem, M. F., Shah, G. M., Khan, I. H and Raza, A. (2014) Exogenous application of glycinebetaine and potassium for improving water relations and grain yield of wheat under drought. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 14: 348-364.

Scandalias, J. G. (1993) Oxygen stress and superoxide dismutase. Plant Physiology 101: 7-12.

Serraj, R. and Sinclair, T. R. (2002) Osmolyte accumulation: can it really help increase crop yield under drought conditions? Plants, Cell and Environment 25: 333-341.

Silva, J. V., Lacerda, C. F. D. and Costa, D., (2003) Physiological responses of Nacl stressed cowpea plants grown in nutrient solution supplemented with $CaCl_2$. Brazilian Journal of Plant Physiology15: 15-19.

Sidsel Fiskaa, H., Grethe, I., Borge, A., Knut, A. and Gunnar, B. (2009) Effect of cold storage and harvest data on bioactive compound in curly kale (*Brassica oleracea* L. var. acephala). Potharvest Biology and Technology 51: 36-42.

Smirnoff, N. and Stewart, G. R. (2003) Stress metabolites and their role in coastal plants. Vegetation 62: 273-278.

Tattini, M., Galardi, C., Pinelli, P., Massai, R., Remorini, D. and Agati, G. (2004) Differential accumulation of flavonoids and hydroxycinnamates in leaves of *Ligustrum vulgare* under excess light and drought stress. New Phytologist 163: 547-561.

Tawfik, K. M. (2008) Evaluating the use of Rhizobacterin on cowpea plants grown under salt stress. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 4: 26-33.

Turrens, J. F., Freeman, B. A. and Crapo, J. D. (1982) Hyproxia increases H_2O_2 release by lung mitochondria and microsomes. Archives of Biochemistry and Biophysics 217: 411-421.

Ventura, Y., Wuddineh, W. A., Shpigel, M., Samocha, T. M., Klim, B. C., Cohen, S. and Sagi, M. (2011) Effects of day length on flowering and yield production of Salicornia and Sarcocornia species. Scientia Horticulturae 130: 510-516.

Wyn Jones, R. G., Gorham, J. and McDonnell, E. (2002) Organic and inorganic solute contents as selection criteria for salt tolerance in the Triticeae. In: Salinity Tolerance in Plants: Strategies for Crop Improvement. (eds. Staples, R. and Toennissen, G. H.)Pp. 189-203. Wiley and Sons, New York.

Xiong, L., Schumaker, S. K. and Zhu, J. K. (2002) Cell signaling during cold, drought, and salt strees . Plant Cell (suplement2002) 165-183

Xu, Q., Xu, X., Zhao, Y., Jiao, K., Herbert, S. J. and Hao, L. (2008) Salicylic acid, hydrogen peroxide and calcium induced saline tolerance associated with endogenous hydrogen peroxide homeostasis in naked oat seedlings. Plant Growth Regulation 54: 249-259.

Yang, W. J., Rich, P. J., Axtell, J. D., Wood, K. V., Bonham, C. C., Ejeta, G., Mickelbart, M. V. and Rhodes, D. (2003) Genotypic variation for glycine betaine in sorghum. Crop Science 43:162-169.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.23.1]

The effect of glycine betaine to increase resistance of Salicornia plant (*Salicornia persica*) to salinity

Mohsen Abshenas, Mohammadali Esmaeili and Ayoub Heidarzade*

Agronomy Science, Sari Agricultural and Natural Resources University, Sari, Iran
(Received: 15/02/2018, Accepted: 23/06/2018)

Abstract

Due to increasing world population and consequently the further need to produce more food for humans and livestock, cultivation of saline soils for agriculture in arid and semi-arid areas is an obvious necessity. Salicornia (*Salicornia persica*). which relates to Chenopodiceae family is a suitable option to be introduced to those regions. This study aimed to investigate the effects of different levels of glycine betaine priming and foliar application on Salicornia plant resistance to different levels of salinity. At first stage, salinity treatment of NaCl (150, 300, 450 and 600 mM) as the first factor and glycine betaine in five levels (0, 30, 60, 90 and 120 mM) as the second factors were used. The second stage was NaCl treatment at three levels (150, 300 and 450 mM) and also glycine betaines in three levels (0, 60 and 120 mM),as the first and second factors respectively. High levels of salinity in both stages delayed and suppressed germination and plant growth parameters of salicornia plant. Seed priming and glycine betaine foliar application reduced the negative effects of salinity on related indicators of germination as well as other traits. According to the results, seed priming with 90 and 120 mM glycine betaine and foliar application of 120 mM were the best treatments. In addition, the most suitable salinity levels for the growth and development of Salicornia were determined to be 300 mM of sodium chloride. According to the results, the negative impacts of salinity (with NaCl) on germination and seedling growth parameters of Salicornia plant were proved, but seed priming and foliar application of glycinebetaine greatly reduced the negative effects of salt stress on germination-related indices and other studied traits in this experiment.

Key words: Free radicals, Germination, Glycine betaine, Salicornia, Salinity stress

Corresponding author, Email: a.heidarzade@gmail.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.23.1]