بررسی اثر اسپرمیدین بر شاخص‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک نهال‌های استبرق (*Calotropis procera* Ait.) تحت تنش شوری

مجتبی دولت کردستانی[1]، منصور تقوایی[2] و نادر آدمی پور[3]*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۱۲ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۶/۰۹/۱۴

چکیده

شوری یکی از مهمترین عوامل محیطی محدود کننده رشد و تولید در گیاهان در سراسر جهان محسوب می‌شود. شناسایی و به به کار بردن ترکیباتی که بتوانند تحمل گیاهان را به تنش‌های محیطی مانند شوری افزایش دهند از نظر تئوری و عملی حائز اهمیت است. به منظور بررسی اثر اسپرمیدین بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک نهال‌های استبرق تحت تنش شوری، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی شامل پنج سطح شوری (۰، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر) و سه سطح اسپرمیدین (۰، ۱ و ۲ میلی‌مولار) در چهار تکرار در گلخانه انجام شد. نتایج نشان داد که افزایش سطح شوری تا ۱۵ (dS/m) سبب کاهش وزن تر و خشک نهال و ریشه، سطح برگ، درصد زنده‌مانی و محتوای کلروفیل شد و نهال‌ها در شوری سطح ۲۰ (dS/m) خشک شده و از بین رفتند. افزایش سطح شوری سبب افزایش محتوای پرولین شد همچنین افزایش شوری تا سطح ۱۰ (dS/m) موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های سوپراکسیددیسموتاز، پراکسیداز، کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز شد اما در شوری ۱۵ (dS/m) فعالیت این آنزیم‌ها روند کاهشی نشان دادند. استفاده از اسپرمیدین به‌طور معنی‌داری سبب بهبود وزن تر و خشک نهال و ریشه، سطح برگ و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان تحت تنش شوری شد. بهترین تیمار اسپرمیدین جهت کاهش اثرات مخرب شوری در تیمار ۲ میلی‌مولار مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدان، پرولین، پلی‌آمین، شوری، کلروفیل.

۱. دانشجو دکتری، بخش مرتع و آبخیزداری، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.
۲. دانشیار، بخش زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.
۳. دانشجو دکتری، بخش علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.
* نویسنده مسئول: nader.adamipour@shirazu.ac.ir

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1397.12.4.6.6]

مقدمه

شوری خاک یکی از مشکلات عمده کشاورزی در جهان می‌باشد که یکی از مهم‌ترین پیامدهای آن، کاهش عملکرد محصولات کشاورزی است. تنش شوری بطور مستقیم و غیرمستقیم بر همه فرآیندهای اصلی مانند رشد، فتوسنتز، سنتز پروتئین و متابولیسم انرژی و چربی اثر دارد و میزان اثر منفی این تنش بستگی به سطح تحمل شوری گونه و برخی عوامل محیطی و غیره دارد (۲۴). با بالا رفتن میزان نمک محلول در خاک، فشار اسمزی بالا می‌رود و با افزایش بیش از حد معمول فشار اسمزی جذب آب به وسیله ریشه گیاه مشکل می‌گردد که در صورت شدت آن، گیاه قادر به جذب آب نمی‌باشد و سبب بروز عوارضی نظیر پژمردگی، خشکی، کاهش ضخامت برگ می‌گردد (۴۶). استبرق (*Calotropis procera* Ait.) متعلق به تیره Asclepiadaceae، درختچه‌ای همیشه سبز و چند ساله است. این گونه بیشتر در نواحی گرم بیابانی جنوب غربی آسیا و ناحیه مدیترانه تا سواحل آفریقا همچنین در جنوب ایران پراکنش دارد. استبرق گونه‌ای منحصر به فرد که در جنگل‌کاری و احیای اراضی تخریب یافته مناطق خشک و بیابانی به ویژه در جنوب کشور نقش مهمی ایفا می‌کند (۵۰). در پژوهشی توسط بهمنی و همکاران (۲۰۱۶) روی نهال‌های استبرق بیان نمودند که اعمال ۲۰ و ۲۵ دسی‌زیمنس بر متر شوری سبب خشک شدن نهال‌ها گردید. خائف و همکاران (۲۰۱۳) بیان نمودند پیش تیمار بذرهای استبرق با کلرید سدیم سبب کاهش درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول گیاهچه، وزن تر و خشک گیاهچه و وزن تر و خشک ریشه‌چه در این گیاه شد. در پژوهشی دیگر تیمار ۳۲۰ میلی‌مولار کلرید سدیم سبب کاهش محتوای کلروفیل، نشاسته و وزن تر و خشک ساقه و ریشه در نهال‌های گیاه استبرق گردید (۵). پلی‌آمین‌ها، پلی‌کاتیون‌های آلی با وزن مولکولی پایین و با گروه‌های نیتروژنی آلفاتیک هستند که دارای حلقه‌های هیدروکربنی متفاوت و گروه‌های آمینی (عامل بارهای مثبت) می‌باشند که به طور گسترده در موجودات زنده در غلظت بالایی تجمع می‌یابند. از پلی‌آمین‌های مهم می‌توان به پوترسین (دی آمین)، اسپرمیدین (تری آمین) و اسپرمین (تترامین) اشاره کرد. اسپرمیدین در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان مانند جنین‌زایی، تشکیل ریشه، تشکیل دانه گرده و گل‌انگیزی، نمو میوه و واکنش در برابر تنش‌ها نقش دارد (۷۱). در بسیاری از منابع به افزایش تولید اسپرمیدین در هنگام در معرض قرار گرفتن گیاهان در تنش‌های خشکی، شوری و دمایی اشاره شده است. علت افزایش مقاومت گیاهان در تنش‌ها ماهیت چند شکلی اسپرمیدین بیان شده است که به صورت یک آنتی‌اکسیدان، از بین برنده رادیکال‌های آزاد و پایدارکننده غشاء عمل می‌کند (۲۲). تلاش‌های متعددی برای افزایش تحمل شوری محصولات متفاوت توسط برنامه‌های سنتی انجام شده اما تاکنون موفقیت تجاری چندانی نداشته‌اند. کاربرد خارجی پلی‌آمین‌ها نه تنها به عنوان یک روش مناسب برای آشکار ساختن کارکرد آن‌ها در واکنش به شوری پیشنهاد شده، بلکه به عنوان یک روش مناسب برای مقابله با شوری محصولات و بهبود بهره‌وری محصول تحت شوری بالا در نظر گرفته‌اند (۱۶). برای درک بهتر این مسئله که آیا پلی‌آمین‌ها می‌توانند سلول‌ها را در برابر آسیب‌های ناشی از تنش‌ها حفاظت کنند، اثر تیمار پلی‌آمین‌ها روی گیاهان مختلف، پیش یا در حین دوره تنش مورد ارزیابی قرار گرفته است. بیشتر پژوهش‌ها نشان داده‌اند که استفاده از پلی‌آمین‌های برون‌زاد می‌تواند با درجات مختلف باعث کاهش اثرات منفی تنش بر رشد شود. اسپرمیدین خارجی نقش حیاتی در جلوگیری از نشت یونی و اسیدآمینه و یا بهبود آسیب غشا پلاسما در برگ‌های خیار تحت تنش خشکی ایفا می‌کند (۳۵). خیساندن بذرهای بابونه و مرزنجوش با پلی‌آمین‌های مختلف در غلظت‌های (۰/۰۱، ۰/۱، ۱/۵ میلی‌مولار) قبل از اعمال شوری نشان داد که پوترسین در کاهش اثرات شوری در گیاه بابونه و اسپرمیدین در گیاه مرزنجوش موثرتر بوده‌اند (۴). در پژوهشی اثر محلول‌پاشی اسپرمیدین در شرایط تنش شوری بر گیاه فلفل انجام گرفت و بیان شد که غلظت ۲ میلی‌مولار اسپرمیدین سبب افزایش طول ریشه، میزان پروتئین، آسکوربات کل و میزان مالون‌دی‌آلدئید در این گیاه شد (۴۵). در پژوهشی دیگر توسط شو و همکاران (۲۰۱۲) محلول‌پاشی ۱ میلی‌مول بر لیتر اسپرمیدین بر گیاه خیار سبب افزایش ظرفیت فتوسنتزی، محتوای کلروفیل،

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1397.12.4.6.6]

کاروتنوئید و سطح برگ در شرایط تنش شوری شد. همچنین محلول‌پاشی ۱ میلی‌مولار اسپرمیدین سبب افزایش محتوای کلروفیل و کارایی فعالیت فتوسیستم I و II و همچنین سبب کاهش نشت یون‌های کلسیم، پتاسیم و منیزیوم و نشت اسیدآمینه‌های آزاد در سلول‌های ریشه و برگ گیاه خیار در شرایط تنش شوری شد (۱۶). در پژوهشی دیگر کاربرد ۲/۱ میلی‌مولار اسپرمیدین سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های سوپراکسیددیسموتاز و آسکوربات‌پراکسیداز و کاهش فعالیت اسید فسفاتاز و پراکسیداسیون لیپیدها در شرایط تنش شوری در درخت کاج شد (۶۳). کاربرد خارجی اسپرمیدین و اسپرمین سبب افزایش طول ساقه، ریشه، محتوای کلروفیل، قندهای محلول و کاهش محتوای پرولین، نشت یونی، پراکسید هیدروژن و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، مالون‌دی‌آلدئید و پراکسیداز در شرایط شوری روی سه رقم برنج شد (۴۹). با توجه به اهمیت گیاه استبرق در احیا مناطق خشک و بیابانی و تبدیل آن‌ها به مناطق اقتصادی، بررسی واکنش این گیاه در زمین‌های شور از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. هدف از انجام این پژوهش بررسی واکنش مورفوفیزیولوژیک این گیاه در شرایط رشد در زمین‌های شور و تشخیص جایگاه اسپرمیدین به عنوان یک پلی‌آمین در کاهش صدمات ناشی از تنش شوری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در پژوهش صورت گرفته، کپسول‌های تازه گونه مورد مطالعه استبرق (*Calotropis procera* Ait.)، از یکی از رویشگاه‌های طبیعی آن واقع در مراتع مرکزی استان فارس (لامرد) در مرداد ماه جمع آوری شد. اطلاعات اقلیمی شهرستان لامرد در جدول (۱) ارائه شده است. میوه‌های استبرق پس از جمع‌آوری خشک شده و بذرها از درون کپسول‌ها خارج و پاک‌سازی گردید. سپس بذرهای خشک شده به آزمایشگاه منتقل شد و در آنجا ویژگی‌های فیزیولوژی بذر مانند رطوبت، وزن هزار دانه، قوه‌نامیه و تعداد در هر کیلوگرم ارزیابی گردید (جدول ۲). سپس بذور همسان و یکنواخت استبرق، انتخاب و به مدت دو دقیقه در محلول قارچ‌کش کربوکسین تیرام (۲ گرم در لیتر) ضد عفونی شد. آزمایش به صورت فاکتوریل، در قالب طرح کاملا تصادفی ساده با چهار تکرار، شامل تیمار شوری خاک در پنج سطح (۰، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ dS/m) و تیمار برگی اسپرمیدین در سه سطح (۰، ۱ و ۲ میلی‌مولار) در گلخانه پژوهشی بخش مناطق بیابانی دانشگاه شیراز انجام شد. ابتدا ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در پژوهش در آزمایشگاه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز تعیین گردید (جدول ۳). سپس گلدان‌های پلاستیکی (قطر و طول ۱۹ و ۲۵ سانتی‌متر، بدون زهکش) با چهار کیلوگرم خاک لومی-شنی پر گردید. سپس پس از تست جوانه‌زنی، بذرها در گلدان کشت و بعد از سبز شدن به مدت یک ماه تحت شرایط کنترل شده در دمای حداکثر و حداقل ۳۱ و ۲۵ درجه سلسیوس و شرایط ۱۶ ساعت روشنایی همراه با رطوبت نسبی ۳۵ درصد در گلخانه قرار داده شدند. مراقبت‌های زراعی در طول دوره رشد گیاه انجام شد. پس از تعیین درصد اشباع خاک در آزمایشگاه، با استفاده از نمودار ارائه شده توسط آزمایشگاه شوری خاک وزارت کشاورزی آمریکا، میزان نمک مورد نیاز برای رسیدن به شوری‌های مورد نظر تعیین شد. تیمارهای شوری، با اضافه کردن مقادیر خالص کلرید سدیم در سه مرحله به فاصله سه روز به خاک گلدان اعمال گردید و هدایت الکتریکی خاک به ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ dS/m رسانده شد (۴۸). مقدار آب لازم بر اساس درصد ظرفیت زراعی خاک تعیین شده در آزمایشگاه هر سه روز یک بار از طریق وزن کردن گلدان‌ها به آن‌ها اضافه گردید. به دلیل نداشتن زهکش در گلدان‌ها، هیچ گونه آبی از گلدان‌ها خارج نشد و از این رو سطح نمک در خاک همیشه ثابت نگه داشته شد. در تمام مراحل آزمایش از آب مقطر جهت آبیاری گیاهان استفاده شد. پس از آخرین مرحله اعمال تیمار شوری، محلول‌پاشی برگی اسپرمیدین به غلظت‌های ۱ و ۲ میلی‌مولار بر روی اندام هوایی سه مرتبه و به فاصله ۲۰ روز انجام گرفت. پس از گذشت چهار ماه از کشت بذرها، برداشت گیاهان به منظور تعیین وزن تر و خشک نهال و ریشه انجام گرفت. جهت اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون (مدل Memert 845 ساخت آلمان) با دمای ۶۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. برای اندازه‌گیری سطح برگ از دستگاه (مدل DELTA-T ساخت آلمان) استفاده شد. به منظور اندازه‌گیری فاکتورهای بیوشیمیایی نمونه‌ها بی‌درنگ

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1397.12.4.6.6]

پس از برداشت در آلومینیوم فویل و سپس در نیتروژن مایع قرار داده شده و به آزمایشگاه منتقل شدند. برای تعیین مقادیر آنزیم‌های کاتالاز، آسکوربات‌پراکسیداز، پراکسیداز، سوپراکسیددیسموتاز، محتوای کلروفیل و پرولین به ترتیب از روش‌های دهیندزا و همکاران (۱۹۸۱)، ناکانو و آداسا (۱۹۸۱)، چانس و میلی (۱۹۹۵)، بیچامپ و فریدویچ (۱۹۷۱)، ساینی و همکاران (۲۰۰۱) و بیتز و همکاران (۱۹۷۳) استفاده گردید و در پایان نمونه‌ها توسط اسپکتروفتومتر (مدل Biowave II، ساخت انگلستان) طیف سنجی شدند. واکاوی داده‌ها بر اساس رویه GLM نرم افزار (SAS Ver 9.2) انجام شد و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح ۵٪ استفاده گردید.

جدول ۱- شرایط اقلیمی محل جمع‌آوری بذر در شهرستان لامرد

طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)	میانگین بارش سالانه (میلی‌متر)	حداکثر دمای سالانه (سلسیوس)	حداقل دمای سالانه (سلسیوس)
°۵۳ ۰۸′	°۲۷ ۲۱′	۴۵۰	۲۵۰	۳۸	۰

جدول ۲- ویژگی‌های ظاهری و فیزیولوژیک بذر گونه استبرق

درصد خلوص	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد در کیلوگرم	رطوبت (٪)	قوه نامیه (٪)
۱۰۰	۸/۲۷	۱۱۷۲۶	۵۱/۳	۹۶

جدول ۳- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

بافت خک	درصد شن	درصد رس	درصد سیلت	ظرفیت مزرعه	نقطه پژمردگی دائم	EC (dS/m)	pH
لومی-شنی	۶۵	۲۰	۱۵	۱۵	۵/۲	۰/۷۹	۷/۱۱

نتایج

درصد زنده‌مانی

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش سطح شوری درصد زنده‌مانی گیاهان کاهش یافت به طوری که در تیمار شوری ۲۰ dS/m تمام نهال‌ها خشک شدند. کمترین درصد زنده‌مانی در تیمار ۱۵ dS/m مشاهده شد که نسبت به گیاهان شاهد۵۰ درصد کاهش نشان داد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد اسپرمیدین اختلاف معنی‌داری بر درصد زنده‌مانی گیاهان نداشت (جدول ۴). اثر متقابل شوری و غلظت اسپرمیدین نشان داد که بیشترین درصد زنده‌مانی گیاهان به ترتیب در تیمار سطح شوری dS/m ۰، ۵ و ۱۰ و در غلظت‌های ۰، ۱ و ۲ میلی مولار اسپرمیدین و کمترین درصد زنده‌مانی گیاهان در تیمار شوری ۱۵ dS/m و در غلظت ۰ و ۱ میلی مولار اسپرمیدین مشاهده شد (جدول ۴). نتایج نشان داد که اسپرمیدین اثر معنی‌داری بر درصد زنده‌مانی گیاهان نداشت (جدول ۴).

وزن تر و خشک نهال

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش شوری وزن تر و خشک نهال کاهش یافت. به طوری که بیشترین و کمترین وزن تر و خشک نهال در تیمارهای شاهد و ۱۵ dS/m مشاهده شد و نهال‌های تیمار ۲۰ dS/m خشک شدند (جدول ۴). کاهش وزن تر و خشک نهال در تیمار سطح شوری ۱۵ dS/m نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۸۰/۵۲ و ۸۳/۷۵ درصد بود. نتایج مقایسه میانگین جدول (۴) نشان داد که با افزایش غلظت اسپرمیدین وزن تر و خشک نهال افزایش یافت. به طوری که بیشترین و کمترین وزن تر و خشک نهال در تیمار ۲ میلی‌مولار اسپرمیدین و تیمار شاهد وجود داشت. وزن تر و خشک نهال در تیمار ۲ میلی‌مولار اسپرمیدین نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۲۱/۰۲ و ۳۳/۶۰ درصد افزایش نشان داد. نتایج اثر متقابل شوری و غلظت اسپرمیدین نشان داد که بیشترین و کمترین وزن تر و خشک نهال به ترتیب در تیمار سطح شوری dS/m ۰ در غلظت ۲ میلی مولار اسپرمیدین و تیمار ۱۵ dS/m در غلظت ۰ میلی مولار اسپرمیدین دیده شد (جدول ۴).

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1397.12.4.6.6]

سطح برگ

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها جدول (۵) نشان داد که با افزایش سطح شوری به طور معنی‌داری سطح برگ کاهش یافت. بیشترین و کمترین سطح برگ به ترتیب در تیمارهای شاهد و dS/m ۱۵ مشاهده شد و گیاهان تیمار شوری سطح dS/m ۲۰ از بین رفتند. کاهش سطح برگ در شوری dS/m ۱۵ نسبت به تیمار شاهد ۶۳/۹۸ درصد بود. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که افزایش غلظت اسپرمیدین به طور معنی‌داری سبب افزایش سطح برگ گیاهان شد. به طوری که بیشترین و کمترین سطح برگ در تیمار ۰ و ۲ میلی‌مولار اسپرمیدین مشاهده شد (جدول ۵). افزایش سطح برگ در تیمار ۲ میلی‌مولار اسپرمیدین نسبت به تیمار شاهد ۱۸/۸۶ درصد بود. اثر متقابل شوری و اسپرمیدین نشان داد که بیشترین سطح برگ در تیمار شاهد و در غلظت ۲ میلی‌مولار اسپرمیدین و کمترین سطح برگ در تیمار شوری سطح dS/m ۱۵ و در غلظت ۰ میلی‌مولار مشاهده شد (جدول ۵).

وزن تر و خشک ریشه

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش سطح شوری وزن تر و خشک ریشه کاهش یافت به طوری که در تیمار شوری dS/m ۲۰ تمام نهال‌ها خشک شدند و بیشترین و کمترین وزن تر و خشک ریشه در تیمارهای شاهد و شوری سطح dS/m ۱۵ مشاهده شد (جدول ۵). وزن تر و خشک ریشه در تیمار dS/m ۱۵ نسبت به شاهد به ترتیب ۷۶/۱۱ و ۸۱/۲۵ درصد کاهش نشان داد. نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که افزایش غلظت اسپرمیدین سبب افزایش وزن تر و خشک ریشه گردید که بیشترین و کمترین وزن تر و خشک ریشه به ترتیب در غلظت ۰ و ۲ میلی‌مولار اسپرمیدین مشاهده شد (جدول ۵). وزن تر و خشک ریشه در تیمار ۲ میلی‌مولار اسپرمیدین نسبت به شاهد به‌ترتیب ۳۸/۰۴ و ۲۴/۱۵ درصد افزایش نشان داد. مقایسه اثر متقابل سطوح شوری و غلظت اسپرمیدین اختلاف معنی‌داری نشان داد و بیشترین وزن تر و خشک ریشه در تیمار شوری dS/m ۰ و در غلظت ۲ میلی مولار اسپرمیدین و کمترین وزن تر و خشک ریشه در تیمار شوری dS/m ۱۵ و در غلظت ۰ میلی‌مولار اسپرمیدین مشاهده شد.

محتوای کلروفیل

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش سطح شوری به‌طور معنی‌داری محتوای کلروفیل کاهش یافت. بیشترین و کمترین محتوای کلروفیل به‌ترتیب در تیمارهای شاهد و سطح شوری dS/m ۱۵ مشاهده شد و نهال‌های تیمار سطح dS/m ۲۰ شوری از بین رفتند (جدول ۶). کاهش محتوای کلروفیل در تیمار شوری dS/m ۱۵ نسبت به گیاهان شاهد ۶۴/۹۷ درصد بود. افزایش غلظت اسپرمیدین سبب افزایش محتوای کلروفیل گردید به طوری که بیشترین و کمترین محتوای کلروفیل در تیمارهای ۰ و ۲ میلی مولار مشاهده شد (جدول ۶). افزایش محتوای کلروفیل در غلظت ۲ میلی‌مولار اسپرمیدین نسبت به گیاهان شاهد ۲۷/۹۲ درصد بود. اثر متقابل شوری و اسپرمیدین اختلاف معنی‌داری بر محتوای کلروفیل نشان داد به طوری که بیشترین محتوای کلروفیل در تیمار سطح شوری dS/m ۰ و در غلظت ۲ میلی‌مولار اسپرمیدین و کمترین محتوای کلروفیل در تیمار سطح شوری dS/m ۱۵ و در غلظت ۰ میلی مولار اسپرمیدین مشاهده شد (جدول ۶).

محتوای پرولین

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش سطح شوری محتوای پرولین افزایش یافت. بیشترین و کمترین محتوای پرولین به ترتیب در تیمارهای شوری سطح dS/m ۱۵ و شاهد مشاهده شد (جدول ۶). افزایش پرولین در شوری سطح dS/m ۱۵ نسبت به گیاهان شاهد ۵۵/۷۲ درصد بود. تیمار اسپرمیدین به تنهایی اختلاف معنی‌داری در گیاهان نشان نداد (جدول ۶). اثر متقابل شوری و غلظت اسپرمیدین نشان داد که بیشترین و کمترین محتوای پرولین به ترتیب در تیمار شوری سطح dS/m ۱۵ در غلظت ۲ میلی‌مولار اسپرمیدین و تیمار شاهد در غلظت ۰ میلی‌مولار اسپرمیدین مشاهده شد (جدول ۶).

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1397.12.4.6.6]

جدول ۴- میانگین اثر شوری، اسپرمیدین و اثر متقابل آن ها بر درصد زنده‌مانی، وزن تر و خشک نهال

شوری (dS/m)					
زنده‌مانی (٪)					
اسپرمیدین (میلی مولار)	۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰	میانگین اسپرمیدین
۰	۱۰۰٪^{a*}	۱۰۰٪^{a}	۱۰۰٪^{a}	۵۰٪^{b}	۰٪^{c}	۷۰٪^{A}
۱	۱۰۰٪^{a}	۱۰۰٪^{a}	۱۰۰٪^{a}	۵۰٪^{b}	۰٪^{c}	۷۰٪^{A}
۲	۱۰۰٪^{a}	۱۰۰٪^{a}	۱۰۰٪^{a}	۷۵٪^{ab}	۰٪^{c}	۷۵٪^{A}
میانگین شوری	۱۰۰٪^{A}	۱۰۰٪^{A}	۱۰۰٪^{A}	۵۸٪^{B}	۰٪^{C}	
وزن تر نهال (گرم)						
اسپرمیدین (میلی مولار)	۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰	میانگین اسپرمیدین
۰	۳۳/۵۰^{abc}	۲۹/۷۵^{cd}	۲۰/۵۰^{e}	۴/۲۵^{gh}	۰/۰۰^{h}	۱۷/۶۰^{B}
۱	۳۴/۷۷^{ab}	۳۰/۷۸^{bc}	۲۲/۵۶^{e}	۶/۲۴^{fg}	۰/۰۰^{h}	۱۸/۸۷^{B}
۲	۳۷/۵۳^{a}	۳۳/۵۴^{abc}	۲۵/۳۲^{de}	۱۰/۱۴^{f}	۰/۰۰^{h}	۲۱/۳۰^{A}
میانگین شوری	۳۵/۲۷^{A}	۳۱/۳۵^{B}	۲۲/۷۹^{C}	۶/۸۷^{D}	۰/۰۰^{E}	
وزن خشک نهال (گرم)						
اسپرمیدین (میلی مولار)	۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰	میانگین اسپرمیدین
۰	۱۷/۰۶^{bc}	۱۲/۵۲^{d}	۶/۰۳^{fg}	۱/۹۱^{hi}	۰/۰۰^{i}	۷/۵۰^{B}
۱	۱۹/۰۴^{ab}	۱۴/۵۰^{cd}	۸/۰۱^{ef}	۲/۹۰^{h}	۰/۰۰^{i}	۸/۸۹^{A}
۲	۲۰/۴۴^{a}	۱۵/۹۰^{c}	۹/۴۱^{e}	۴/۳۷^{gh}	۰/۰۰^{i}	۱۰/۰۲^{A}
میانگین شوری	۱۸/۸۴^{A}	۱۴/۳۰^{B}	۷/۸۱^{C}	۳/۰۶^{D}	۰/۰۰^{E}	

* اعدادی که در یک حرف (حروف کوچک مربوط به برهمکنش‌ها و حروف بزرگ مربوط به میانگین‌ها می‌باشند) مشترک می‌باشند از نظر آماری در سطح ۵٪ آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۵- میانگین اثر شوری، اسپرمیدین و اثر متقابل آن ها بر سطح برگ، وزن تر و خشک ریشه

شوری (dS/m)					
سطح برگ (میلی‌متر مربع)					
اسپرمیدین (میلی مولار)	۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰	میانگین اسپرمیدین
۰	۳۳۵/۶۵^{ab*}	۳۳۱/۵۴^{ab}	۲۹۲/۸۰^{b}	۱۰۱/۵۴^{c}	۰/۰۰^{d}	۲۱۲/۳۰^{B}
۱	۳۶۴/۰۹^{ab}	۳۵۹/۹۸^{ab}	۳۲۱/۲۴^{ab}	۱۱۵/۷۶^{c}	۰/۰۰^{d}	۲۳۲/۲۱^{AB}
۲	۳۷۹/۱۵^{a}	۳۷۵/۰۴^{a}	۳۳۶/۳۰^{ab}	۱۷۱/۳۰^{c}	۰/۰۰^{d}	۲۵۲/۳۶^{A}
میانگین شوری	۳۵۹/۶۳^{A}	۳۵۵/۵۲^{AB}	۳۱۶/۷۸^{B}	۱۲۹/۵۳^{C}	۰/۰۰^{D}	
وزن تر ریشه (گرم)						
اسپرمیدین (میلی مولار)	۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰	میانگین اسپرمیدین
۰	۲۲/۷۷^{cd}	۲۱/۶۸^{cd}	۱۴/۶۰^{f}	۳/۹۱^{hi}	۰/۰۰^{i}	۱۲/۵۹^{C}
۱	۲۵/۷۵^{abc}	۲۴/۶۶^{bcd}	۱۷/۵۸^{ef}	۵/۴۰^{gh}	۰/۰۰^{i}	۱۴/۶۸^{B}
۲	۲۸/۹۹^{a}	۲۷/۹۰^{ab}	۲۰/۸۲^{de}	۹/۱۹^{g}	۰/۰۰^{i}	۱۷/۳۸^{A}
میانگین شوری	۲۵/۸۳^{A}	۲۴/۷۴^{A}	۱۷/۶۶^{B}	۶/۱۷^{C}	۰/۰۰^{D}	
وزن خشک ریشه (گرم)						
اسپرمیدین (میلی مولار)	۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰	میانگین اسپرمیدین
۰	۱۳/۹۰^{ab}	۱۲/۸۱^{bc}	۸/۳۶^{d}	۱/۹۹^{ef}	۰/۰۰^{f}	۷/۴۱^{B}
۱	۱۵/۱۶^{ab}	۱۴/۰۷^{ab}	۹/۶۲^{d}	۲/۶۲^{e}	۰/۰۰^{f}	۸/۲۹^{B}
۲	۱۶/۲۴^{a}	۱۵/۱۵^{ab}	۱۰/۷۰^{cd}	۳/۹۰^{e}	۰/۰۰^{f}	۹/۲۰^{A}
میانگین شوری	۱۵/۱۰^{A}	۱۴/۰۱^{A}	۹/۵۶^{B}	۲/۸۳^{C}	۰/۰۰^{D}	

* اعدادی که در یک حرف (حروف کوچک مربوط به برهمکنش‌ها و حروف بزرگ مربوط به میانگین‌ها می‌باشند) مشترک می‌باشند از نظر آماری در سطح ۵٪ آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش سطح شوری میزان فعالیت آنزیم‌های سوپراکسیددیسموتاز، کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات‌پراکسیداز روند افزایشی داشته‌اند و بیشترین میزان فعالیت این آنزیم‌ها در تیمار شوری سطح ۱۰ dS/m مشاهده شد و سپس با افزایش سطح شوری میزان فعالیت این آنزیم‌ها روند کاهشی از خود نشان دادند (جدول ۶ و

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1397.12.4.6.6]

۷). آنزیم‌های سوپراکسیددیسموتاز، کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات‌پراکسیداز در تیمار شوری سطح dS/m ۱۰ نسبت به گیاهان شاهد به‌ترتیب ۸۱/۵۹، ۲۴/۳۹، ۳۳/۱۳ و ۳۰/۶۴ درصد افزایش فعالیت نشان دادند. نتایج مقایسه میانگین جدول (۷) نشان داد که با افزایش غلظت اسپرمیدین میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات‌پراکسیداز افزایش یافت. به‌طوری که بیشترین و کمترین میزان فعالیت این آنزیم‌ها در تیمار ۲ میلی‌مولار اسپرمیدین و گیاهان شاهد وجود داشت. افزایش غلظت اسپرمیدین اثر معنی‌داری بر میزان فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز نشان نداد (جدول ۶). آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات‌پراکسیداز در تیمار ۲ میلی‌مولار اسپرمیدین نسبت به گیاهان شاهد به ترتیب ۴۵/۶۲، ۳۶/۵۵ و ۲۴/۳۲ درصد افزایش فعالیت نشان دادند. نتایج اثر متقابل شوری و غلظت اسپرمیدین نشان داد که بیشترین و کمترین میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات‌پراکسیداز به ترتیب در تیمار شوری سطح dS/m ۱۰ در غلظت ۲ میلی‌مولار اسپرمیدین و تیمار شوری سطح dS/m ۱۵ در غلظت ۰ میلی‌مولار اسپرمیدین مشاهده شد (جدول ۷). همچنین نتایج اثر متقابل شوری و غلظت اسپرمیدین نشان داد که بیشترین و کمترین میزان فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز به ترتیب در تیمار شوری سطح dS/m ۱۰ در غلظت ۲ میلی‌مولار اسپرمیدین و تیمار شوری سطح dS/m ۰ در غلظت ۰ میلی‌مولار اسپرمیدین مشاهده شد (جدول ۶).

جدول ۶- میانگین اثر شوری، اسپرمیدین و اثر متقابل آنها بر محتوای کلروفیل و پرولین و میزان فعالیت سوپراکسید دیسموتاز

شوری (dS/m)						
کلروفیل (mg g^{-1} f.w.)						
اسپرمیدین (میلی مولار)	۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰	میانگین اسپرمیدین
۰	۱/۸۱^{abc*}	۱/۷۸^{abc}	۱/۴۹^{c}	۰/۵۰^{e}	۰/۰۰^{f}	۱/۱۱^{B}
۱	۱/۹۴^{ab}	۱/۹۱^{ab}	۱/۶۱^{bc}	۰/۵۶^{e}	۰/۰۰^{f}	۱/۲۰^{B}
۲	۲/۱۵^{a}	۲/۱۲^{a}	۱/۸۲^{abc}	۱/۰۰^{d}	۰/۰۰^{f}	۱/۴۲^{A}
میانگین شوری	۱/۹۷^{A}	۱/۹۳^{A}	۱/۶۴^{B}	۰/۶۹^{C}	۰/۰۰^{D}	
پرولین (mg g^{-1} f.w.)						
اسپرمیدین (میلی مولار)	۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰	میانگین اسپرمیدین
۰	۴/۹۹^{b}	۵/۳۵^{b}	۵/۸۴^{b}	۶/۷۸^{ab}	۰/۰۰^{c}	۴/۵۹^{A}
۱	۵/۲۲^{b}	۵/۵۸^{b}	۶/۲۹^{ab}	۷/۰۶^{ab}	۰/۰۰^{c}	۴/۸۳^{A}
۲	۵/۵۱^{b}	۵/۸۷^{b}	۶/۵۸^{ab}	۱۰/۶۲^{a}	۰/۰۰^{c}	۵/۷۲^{A}
میانگین شوری	۵/۲۴^{B}	۵/۶۰^{AB}	۶/۲۴^{AB}	۸/۱۶^{A}	۰/۰۰^{C}	
سوپراکسیددیسموتاز (Ug^{-1} f.w.)						
اسپرمیدین (میلی مولار)	۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰	میانگین اسپرمیدین
۰	۱۳۶/۰۰^{d}	۱۴۸/۵۰^{cd}	۲۶۶/۰۰^{abc}	۱۷۲/۵۰^{bcd}	۰/۰۰^{e}	۱۴۴/۶۰^{A}
۱	۱۵۴/۰۰^{cd}	۱۶۶/۵۰^{bcd}	۲۸۴/۰۰^{ab}	۱۸۱/۵۰^{bcd}	۰/۰۰^{e}	۱۵۷/۲۰^{A}
۲	۱۸۸/۰۰^{bcd}	۲۰۰/۵۰^{abcd}	۳۱۸/۰۰^{a}	۲۹۲/۰۰^{ab}	۰/۰۰^{e}	۱۹۹/۷۰^{A}
میانگین شوری	۱۵۹/۳۳^{B}	۱۷۱/۸۲^{B}	۲۸۹/۳۳^{A}	۲۱۵/۳۳^{B}	۰/۰۰^{C}	

* اعدادی که در یک حرف (حروف کوچک مربوط به برهمکنش‌ها و حروف بزرگ مربوط به میانگین‌ها می‌باشد) مشترک می‌باشند از نظر آماری در سطح ۵٪ آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1397.12.4.6.6]

جدول ۷- میانگین اثر شوری، اسپرمیدین و اثر متقابل آنها بر میزان فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز، کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز

شوری (dS/m)					
پراکسیداز (Ug^{-1} f.w.)					
اسپرمیدین (میلی مولار)	۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰	میانگین اسپرمیدین
۰	۶۸/۴۰^{bc*}	۷۰/۷۵^{bc}	۹۴/۵۹^{abc}	۵۷/۹۱^{c}	۰/۰۰^{d}	۵۸/۳۳^{B}
۱	۷۸/۴۸^{abc}	۸۰/۸۳^{abc}	۱۰۴/۶۶^{ab}	۶۲/۹۵^{bc}	۰/۰۰^{d}	۶۵/۳۸^{AB}
۲	۹۰/۲۸^{abc}	۹۲/۶۳^{abc}	۱۱۶/۴۷^{a}	۹۸/۸۹^{abc}	۰/۰۰^{d}	۷۹/۶۵^{A}
میانگین شوری	۷۹/۰۵^{B}	۸۱/۴۰^{AB}	۱۰۵/۲۴^{A}	۷۳/۲۵^{B}	۰/۰۰^{C}	
کاتالاز (Ug^{-1} f.w.)						
اسپرمیدین (میلی مولار)	۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰	میانگین اسپرمیدین
۰	۳۱/۶۴^{e}	۳۴/۶۳^{cde}	۴۰/۹۱^{bcde}	۱۵/۵۷^{f}	۰/۰۰^{g}	۲۴/۵۵^{B}
۱	۳۷/۸۱^{bcde}	۴۰/۸۰^{bcde}	۴۷/۰۹^{abc}	۱۸/۶۶^{f}	۰/۰۰^{g}	۲۸/۸۷^{B}
۲	۴۴/۵۵^{abcd}	۴۷/۵۳^{ab}	۵۳/۸۲^{a}	۳۲/۸۵^{de}	۰/۰۰^{g}	۳۵/۷۵^{A}
میانگین شوری	۳۸/۰۰^{B}	۴۰/۹۹^{AB}	۴۷/۲۷^{A}	۲۲/۳۶^{C}	۰/۰۰^{D}	
آسکوربات پراکسیداز (Ug^{-1} f.w.)						
اسپرمیدین (میلی مولار)	۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰	میانگین اسپرمیدین
۰	۸۶۹/۶۰^{cd}	۸۷۹/۶۰^{cd}	۱۱۶۰/۴۰^{abc}	۴۲۳/۲۰^{f}	۰/۰۰^{g}	۶۶۶/۵۷^{B}
۱	۹۴۷/۵۰^{bcd}	۹۵۷/۵۰^{bcd}	۱۲۳۸/۲۰^{ab}	۴۶۲/۱۰^{ef}	۰/۰۰^{g}	۷۲۱/۰۷^{AB}
۲	۱۰۲۸/۹۰^{abcd}	۱۰۳۸/۹۰^{abcd}	۱۳۱۹/۶۰^{a}	۷۵۵/۹۰^{de}	۰/۰۰^{g}	۸۲۸/۶۸^{A}
میانگین شوری	۹۴۸/۶۹^{B}	۹۵۸/۶۹^{B}	۱۲۳۹/۴۰^{A}	۵۴۷/۰۸^{C}	۰/۰۰^{D}	

* اعدادی که در یک حرف (حروف کوچک مربوط به برهمکنش‌ها و حروف بزرگ مربوط به میانگین‌ها می‌باشند) مشترک می‌باشند از نظر آماری در سطح ٪۵ آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که با افزایش شوری درصد زنده‌مانی گیاهان کاهش یافت. معمولا شوری سبب اختلال در مراحل مختلف رشدی از جمله درصد زنده‌مانی، رشد اندام‌های هوایی و تولید ماده خشک در گیاهان می‌شود. مقاومت به شوری در تمام مراحل زندگی گیاه دارای اهمیت می‌باشد. مهم‌ترین مرحله از مقاومت به شوری مرحله جوانه‌زنی بذر می‌باشد که جهت استقرار گیاه و ادامه حیات خود بسیار اهمیت دارد (۶۴). اثر شوری بر گیاهان به صورت کاهش پتانسیل آبی، به هم خوردن هموستازی یونی و سمیت می‌باشد که موجب تغییر در وضعیت آبی گیاه و در نتیجه کاهش رشد اولیه گیاه و محدودیت در تکثیر و تولید مثل گیاه می‌شود. بنابراین توقف رشد و اختلال در فرآیند تکثیر گیاهان مستقیما در ارتباط با غلظت کلی نمک‌های محلول با پتانسیل اسمزی خاک می‌باشد و اثرات زیان‌آور غلظت‌های بالای نمک به صورت کاهش رشد یا مرگ گیاهان نمایان می‌شود (۴۶). در زمینه زنده‌مانی بذرها در شرایط شوری پژوهش‌های متعددی صورت گرفته است. گلزار و اجمل خان (۲۰۰۳) در بررسی زنده‌مانی گیاه *Sporobolus ioclados* در تنش شوری دریافتند که با افزایش غلظت نمک درصد زنده‌مانی کاهش می‌یابد. هانگ و همکاران (۲۰۰۳) بیان نمودند که غلظت بالای نمک سبب کاهش زنده‌مانی گیاه *Haloxylon ammodendron* می‌گردد. داسیلوا و همکاران (۲۰۰۷) با بررسی تاثیر تنش شوری بر گیاه *Hordeum vulgare* نشان دادند که درصد و سرعت جوانی‌زنی با افزایش شوری کاهش یافت و در نتیجه شاخص زنده‌مانی بذر هم کاهش نشان داد. همچنین در پژوهشی توسط بهمنی و همکاران (۲۰۱۶) روی نهال‌های استبرق بیان نمودند که اعمال ۲۰ و ۲۵ دسی‌زیمنس بر متر شوری سبب خشک شدن نهال‌ها گردید. محققان دریافته‌اند که شوری از طریق کاهش پتانسیل اسمزی محلول خاک سبب کاهش جوانه‌زنی بذر می‌گردد. همچنین سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های هیدرولیزی و بر هم خوردن تعادل هورمونی در بذر می‌گردد (۲۹). کاربرد خارجی اسپرمیدین سبب محافظت از DNA، تقسیم سلولی و تولید ATP در بذر در شرایط تنش شوری شده و به زنده‌مانی بذرها کمک می‌کند (۱۶). در پژوهش حاضر، اسپرمیدین اثر معنی‌داری بر درصد زنده‌مانی گیاهان نشان نداد. علت این امر را می‌توان به استفاده از غلظت سطوح شوری بالاتر از حد تحمل بذرهای گیاه مورد مطالعه در این پژوهش نسبت داد. نتایج یافته‌های این پژوهش نشان داد که با افزایش سطح شوری وزن تر و خشک گیاهان کاهش یافت.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1397.12.4.6.6]

معمولا به دلیل کاهش اسمزی محلول خاک در اثر تنش شوری، جذب آب کاهش و در نتیجه روزنه‌ها بسته شده و تنفس و فتوسنتز کاهش می‌یابد. این موضوع یکی از دلایل کاهش رشد گیاه است (۱۳). دلیل دیگر اثر مستقیم تنش شوری بر کاهش رشد گیاه، جلوگیری از توسعه سلول از طریق افزایش آبسزیک اسید است (۳۱). همچنین علت کاهش تولید ماده خشک گیاه در شرایط شوری به دلیل افزایش هزینه انرژی، کاهش کربن‌گیری و کاهش میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ می‌باشد (۳۹). گزارش‌های متعددی نشان داده‌اند که شوری سبب کاهش وزن تر و خشک ساقه در مریم گلی تاریت و همکاران (۲۰۱۱)، ذرت گوکسی و همکاران (۲۰۰۴)، فلفل چارتزولاکیز و کلاپاکی (۱۹۹۷)، توت‌فرنگی کایا و همکاران (۲۰۰۱) و گوجه‌فرنگی پاریدا و داس (۲۰۰۵) می‌شود. یافته‌های این پژوهش نشان داد که استفاده از اسپرمیدین سبب افزایش وزن تر و خشک نهال در شرایط شوری گردید. یکی از دلایل تحریک رشد به وسیله پلی‌آمین‌ها به علت نقش آن‌ها در تقسیم و بزرگ شدن سلول است و همچنین به علت اینکه پلی‌آمین‌ها به عنوان یک منبع نیتروژنی محسوب می‌شوند می‌توانند رشد گیاه را تحریک کنند (۶۲). در پژوهشی توسط حاجی‌بلند و ابراهیمی (۲۰۱۳) بیان شد که کاربرد خارجی اسپرمیدین در شرایط تنش شوری سبب افزایش وزن تر و خشک گیاه چغندر قند گردید. همچنین محلول‌پاشی ۰/۱ میلی‌مولار اسپرمیدین بر گیاه خیار سبب افزایش وزن تر و خشک گیاه در شرایط شوری شد (۲۰). نتایج نشان داد که با افزایش سطح شوری سطح برگ کاهش یافت. تنش شوری همانند بسیاری از تنش‌های غیرزیستی دیگر، رشد گیاه را محدود می‌کند. کاهش رشد یک نوع سازگاری برای زنده ماندن گیاه تحت شرایط تنش است. شوری میزان انرژی لازم برای حفظ شرایط طبیعی سلول را افزایش می‌دهد و در نتیجه مقدار انرژی کمتری برای نیازهای رشد باقی می‌ماند. گیاهان در شرایط شور به طور عام ضعیف‌تر بوده و برگ‌های کوچکتری نسبت به گیاهان معمولی دارند (۷۰). معمولا کاهش رشد برگ اولین عکس العمل گیاهان گلیکوفیت در برابر شوری است. این کاهش ممکن است نتیجه اثر مستقیم نمک بر سرعت تقسیم سلولی و یا نتیجه کاهش طول مدت توسعه سلولی باشد (۶۶). در پی کاهش سطح برگ، جذب نور کاهش یافته و ظرفیت کل فتوسنتزی گیاه کاهش می‌یابد که باعث کاهش تأمین فرآورده‌های فتوسنتزی لازم برای رشد می‌گردد. به علاوه پیرشدن سریع برگ‌ها در اثر تنش شوری به کاهش دوام سطح برگ منجر می گردد (۷۰). محققین بیان داشتند که سطح برگ گیاه (*Lippia berlanieri*) با افزایش شوری به تدریج کاهش یافت و نشان دادند که برگ‌ها نسبت به ریشه‌ها به شوری حساس تر بودند (۳۸). همچنین در گزارشاتی کاهش سطح برگ در شرایط تنش شوری در گیاهان شاهی، کتان روغنی، سیاه دانه، گل گاوزبان، شنبلیله گزارش شده است (۴۰). نتایج نشان داد که افزایش غلظت اسپرمیدین سبب افزایش سطح برگ در شرایط شوری گردید. معمولا پلی‌آمین‌ها اثرات خود را بر رشد از طریق افزایش تقسیم و توسعه سلولی نشان می‌دهند و می‌توانند به عنوان یک منبع نیتروژن برای تحریک رشد و نمو عمل کنند (۵۶). در پژوهشی محلول‌پاشی ۲ میلی‌مولار اسپرمیدین بر گیاه خیار سبب افزایش سطح برگ این گیاه در شرایط تنش شوری گردید (۴۵). همچنین در پژوهشی دیگر کاربرد ۲ میلی‌مولار اسپرمیدین بر گیاه همیشه بهار سبب کاهش اثرات مخرب شوری و افزایش سطح برگ این گیاه در تنش شوری گردید (۱۰). نتایج به دست آمده نشان داد که افزایش شوری سبب کاهش وزن تر و خشک ریشه گردید. علت کاهش در وزن تر و خشک ریشه در تنش شوری مربوط به کاهش انعطاف‌پذیری دیواره سلولی در مناطق در حال توسعه ریشه می‌باشد (۴۱). در پژوهش‌هایی مشابه کاهش وزن تر و خشک ریشه در گیاهان شاهی، کتان روغنی، سیاه دانه، گل گاوزبان، پیاز و شنبلیله در شرایط تنش شوری گزارش شده است (۴۰). یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که استفاده از اسپرمیدین سبب افزایش وزن تر و خشک ریشه در شرایط تنش شوری گردید. علت تاثیر مثبت اسپرمیدین احتمالا مربوط به نقش این ماده در افزایش فعالیت تقسیم سلولی، افزایش هورمون‌های گیاهی مانند اکسین و جیبرلین و کاهش آبسیزیک اسید در شرایط تنش می‌باشد (۲۸). یافته‌های این پژوهش با گزارش نصیبی و همکاران (۲۰۱۲) که بیان داشتند تنش شوری سبب کاهش رشد ریشه و استفاده از اسپرمیدین سبب افزایش رشد ریشه گیاه بابونه می‌شود همسو می‌باشد. همچنین منصور و آل موتاوا (۱۹۹۹) نیز نشان دادند که

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1397.12.4.6.6]

اسپرمین یا اسپرمیدین قادر هستند تا تغییرات سلولی ناشی از تنش شوری را در سلول‌های ریشه گندم کاهش دهند، این نتایج به روشنی نقش اسپرمین و اسپرمیدین را در حفاظت غشاء سلولی و در نتیجه، افزایش تحمل به شوری نشان می‌دهند. با توجه به نتایج پژوهش حاضر افزایش سطوح شوری سبب کاهش محتوای کلروفیل در گیاهان گردید. کاهش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی در شرایط شوری می‌تواند به دلیل تخریب ساختمان کلروپلاست و دستگاه فتوسنتزی، فتواکسیداسیون کلروفیل‌ها و ممانعت از بیوسنتز کلروفیل‌های جدید باشد (۵۹). در تنش شوری کاهش محتوای کلروفیل به دلیل افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز در اثر افزایش هورمون‌های آبسزیک اسید و اتیلن می‌باشد (۴۷). علل دیگر کاهش کلروفیل این مسئله است که گلوتامات که پیش ساز مشترک تولید کلروفیل و پرولین در تنش به جای شرکت در ساخت کلروفیل بیشتر به تولید پرولین اختصاص می‌یابد و همچنین عناصر ضروری مانند آهن و منیزیم که برای ساخت کلروفیل ضروری می‌باشند در تنش شوری کاهش می‌یابند (۲۶). همچنین تنش اکسیداتیو ناشی از افزایش گونه‌های فعال اکسیژن در شوری نیز بر ساختار کلروپلاست آسیب می‌رساند و باعث کاهش غلظت کلروفیل می‌شود (۱۷). در پژوهش‌هایی مشابه روی گیاهان پریوش و مرزه کاهش محتوای کلروفیل در شرایط تنش شوری گزارش شده است (۱ و ۴۲). نتایج به‌دست آمده نشان داد که افزایش غلظت اسپرمیدین سبب افزایش محتوای کلروفیل در شرایط شوری می‌گردد. کاربرد اسپرمیدین به عنوان یک فرآیند مقاوم‌سازی در شرایط تنش عمل نموده است و با افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی سلول و تجمع کارتنوئیدها موجب کاهش پراکسیداسیون لیپیدها شده و سبب حفاظت بیشتر از غشای سلولی و رنگیزه‌های فتوسنتزی و مانع از کاتابولیسم کلروفیل شده است (۶۰). در پژوهش‌هایی مشابه کاربرد اسپرمیدین سبب کاهش تخریب کلروفیل در گیاهان شنبلیله، نخود و رز در شرایط تنش شوری گردید (۵۲ و ۵۷). نتایج به دست آمده نشان داد که افزایش سطوح شوری سبب تجمع پرولین در گیاهان گردید. معمولا در تنش شوری پتانسیل اسمزی محیط نسبت به پتانسیل اسمزی سلول‌های گیاهان کاهش می‌یابد. در چنین شرایطی گیاه قادر به جذب آب از خاک نبوده و در نهایت خشک می‌شود. گیاهان برای بقای خود در چنین شرایطی و حفظ فشار تورژسانس سلول‌های خود و ادامه جذب آب توسط سلول‌ها باید پتانسیل اسمزی سلول‌های خود را کاهش دهد تا قادر به جذب آب از محیط گردند و تنش اسمزی ایجاد شده توسط شوری را کاهش دهند. این امر می‌تواند به وسیله تولید ترکیبات آلی مانند پرولین انجام گیرد (۵۳). پرولین با وزن مولکولی پایین، قابلیت انحلال زیاد و عدم سمیت در غلظت‌های بالا سبب تنظیم اسمزی در تنش شوری می‌گردد. علاوه بر تنظیم اسمزی، نقش‌های دیگری مانند ممانعت از تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن، سم‌زدایی و جاروب کردن گونه‌های فعال اکسیژن، حفاظت از یکپارچگی غشا و ثبات پروتئین‌ها و آنزیم‌ها را دارا می‌باشد (۷). افزایش در محتوای پرولین در پاسخ به تنش شوری در گیاه کنجد کوکا (۲۰۰۷) و ذرت میتی و همکاران (۲۰۰۰) گزارش شده است. یافته‌های پژوهش نشان داد که استفاده از اسپرمیدین سبب افزایش محتوای پرولین در شرایط شوری گردید. پژوهش‌های پیشین مشخص کرده‌اند که مسیرهای متابولیکی درگیر در تولید پلی‌آمین‌ها و پرولین نیازمند پیش‌سازهای مشترک شامل گلوتامات، آرژنین و اورنتین می‌باشد. که افزایش در محتوای پرولین در گیاهان تیمار شده با اسپرمیدین به دلیل افزایش در واکنش تبدیل ماده حد واسط پیرولین به پرولین می‌باشد (۳۴). وانگ و نیل (۲۰۰۰) اثر اسپرمیدین در افزایش میزان پرولین در شرایط تنش شوری را به دلیل نقش حمایت کننده آن از پروتئین‌ها و آنزیم‌های دخیل در سنتز پرولین، حفظ فتوسنتز و تعدیل عناصر غذایی بیان نمودند. در پژوهش‌هایی مشابه روی گیاهان برنج و خیار کاربرد خارجی اسپرمیدین سبب افزایش محتوای پرولین در تنش شوری گزارش شده است (۴۹ و ۵۵). نتایج به‌دست آمده نشان داد که افزایش شوری سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی اندازه‌گیری شده در این پژوهش شد. معمولا یکی از دلایل اصلی خسارت تنش‌های محیطی نظیر شوری در گیاهان، تولید انواع رادیکال‌های آزاد اکسیژن است. کلروپلاست و میتوکندری که دو محل عمده حضور چرخه‌های انتقال الکترون در سلول‌های گیاهی می‌باشد همواره در معرض خطر تولید گونه‌های فعال اکسیژن قرار دارند. حضور

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1397.12.4.6.6]

گونه‌های فعال اکسیژن در محیط سلولی، سبب پراکسیداسیون لیپیدها، تخریب ماکرومولکول‌های عمده سلولی نظیر DNA، RNA و آنزیم‌های حیاتی می‌شود که این خسارت را تنش اکسیداتیو گویند (۳۳). به منظور کاهش آثار سوء تنش اکسیداتیو در طی بروز تنش شوری، گاه میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در سلول بعضی از گیاهان افزایش می‌یابد. از این آنزیم‌ها می‌توان به سوپراکسیددیسموتاز، کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و پراکسیداز اشاره کرد. این آنزیم‌ها نقش مهمی در غیر فعال کردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن در سلول گیاهان دارند (۲). در پژوهش‌هایی همسو با یافته‌های پژوهش حاضر، افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز، سوپراکسیددیسموتاز و آسکوربات‌پراکسیداز در گیاهان تنباکو، برنج، خیار و ذرت گزارش شده است (۴۹، ۵۴، ۶۷ و ۶۹). همچنین نتایج پژوهش حاضر نشان داد که استفاده از اسپرمیدین سبب افزایش فعالیت این آنزیم‌ها در شرایط شوری شد و باعث کاهش خسارت ناشی از تنش اکسیداتیو گردید. یکی از مکانیزم‌های احتمالی اثر محافظت کننده تیمار پلی‌آمین‌های برون‌زاد می‌تواند در ارتباط با ماهیت چند شکلی آن‌ها باشد که شامل عمل کردن به عنوان یک آنتی‌اکسیدان، از بین برنده رادیکال‌های آزاد و پایدارکننده غشا می‌باشد (۸). همچنین پلی‌آمین‌ها با کاهش آنزیم مالون‌دی‌آلدئید سبب کاهش پراکسیداسیون لیپیدها در غشا سلول شده و مانع از نشت یونی در سلول می‌گردند. نقش احتمالی دیگر پلی‌آمین‌ها در هنگام تنش‌ها در تولید نیتریک اکساید می‌باشد که این ماده سبب کاهش رادیکال‌های آزاد در سلول و افزایش مقاومت گیاه به تنش‌ها می‌گردد (۴۴). در همین راستا ورما و میشرا (۲۰۰۵) بیان نمودند که کاربرد خارجی اسپرمیدین در شرایط شوری سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و آسکوربات‌پراکسیداز در گیاه *Brassica juncea* گردید. همچنین نصیبی و همکاران (۲۰۱۳) افزایش فعالیت آنزیم‌های آسکوربات‌پراکسیداز و پراکسیداز را هنگام محلول‌پاشی اسپرمیدین در گیاه بابونه در شرایط تنش شوری گزارش نمودند. در پژوهشی دیگر کاربرد اسپرمیدین خارجی روی گیاه خیار در شرایط تنش شوری باعث افزایش فعالیت برخی از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان از قبیل کاتالاز و پراکسیداز شد (۲۰). هی و همکاران (۲۰۰۸) افزایش آنزیم سوپراکسیددیسموتاز را در شرایط تنش شوری در زمان محلول‌پاشی اسپرمیدین روی درخت سیب گزارش نمودند.

بنا بر یافته‌های حاصل، افزایش شوری به طور معنی‌داری سبب کاهش شاخص‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک نهال استبرق شد به طوری که این گیاه شوری ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر را تحمل نکرده و تمامی نهال‌ها در این سطح شوری از بین رفتند. استفاده از پلی‌آمین اسپرمیدین سبب بهبود شاخص‌های مورفوفیزیولوژیک در تنش شوری شد و موجب تا حدی تعدیل اثرات مخرب شوری شد. در این پژوهش غلظت ۲ میلی‌مولار اسپرمیدین بهترین نتیجه را جهت کاهش اثرات مخرب شوری از خود نشان داد. با توجه به قرارگیری کشور ما در کمربند خشکی و اهمیت این گیاه در احیا مناطق خشک و بیابانی استفاده از پلی‌آمین‌های مختلف جهت بهبود تحمل به تنش‌های مختلف در این گیاه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و جهت عملکرد بهتر این گیاه در زمین‌های شور قابل توصیه می‌باشد.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1397.12.4.6.6]

References

1- Abdul Jaleel, C., R. Gopi., P. Manivannan & R. Panneerselvam, 2008. Soil salinity alters the morphology in Cathasanthus roseus and its effects on endogenous mineral constituents. Eurasian Journal of Biosciences, 2: 18-25.

2- Adamipour, N., M.B. Heiderianpour & M. Zarei, 2016. Application of vermicompost for reducing the destructive effects of salinity stress on tall fescue turfgrass (*Festuca arundinacea* Schreb. 'Queen'). Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture, 7: 35-47. (In Persian).

3- Ajmal Khan, M.A. & S. Gulzar, 2003.Germination responses of *Sporobolus ioclados*:a saline desert grass. Journal of Arid Environments, 53: 387–394.

4- Ali, R.M., H.M. Abbas & R.K. Kamal, 2009. The effects of treatment with polyamines on dry matter and some metabolites in salinity stressed chamomile and sweet majoram seedlings. Plant Soil Environment, 55: 477–483.

5- Al-Sobhi, O., A. Al-Zahrani & S. Al-Ahmadi, 2006. Effect of salinity on chlorophyll and carbohydrate contents of *Calotropis procera* seedlings. Seed Research, 8: 88-97.
6- Arvin, M.J. & N. Kazemi-Pour, 2002. Effects of salinity and drought stresses on growth and chemical and biochemical compositions of onion (*allium cepa*) cultivars. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 5: 41-52. (In Persian).
7- Ashraf, M. & M.R. Foolad, 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environmental of Experimental Botany, 59: 206-216.
8- Azizi, M., A. Abdolzadeh., P. Mehrabanjobeni & H. Sadeghpour, 2015. Effects of silicon application to increase salinity tolerance through reduction of oxidative stress in *Festuca arundinacea*. Journal of Rangeland, 9: 43-54. (In Persian).
9- Bahmani, M., GH.A. Jalali., A. Asgharzadeh & M. Tabari, 2016. Effect of inoculation growth promotion bacterium pseudomonas putida on tolerance to salinity of *calotropis procera* Ait. seedlings. Arid Biome Scientific and Research Journal, 6: 81-94. (In Persian).
10- Baniasadi, F., V.R. Saffari & A.A. Maghsoudi Moud, 2015. Effect of putrescine on some physiological and morphological characteristics of pot marigold (*Calendula officinalis* L.) under salinity stress. Environmental Stresses in Crop Sciences, 8: 73-82.
11- Bates, L.S., R.P. Waldern & I.D. Teave, 1973. Rapid determination of free proline for water stress standies. Plant Soil, 39: 205-107.
12- Beauchamp, C. & I. Fridovich, 1971. Superoxide dismutases: improved assays and an assay predictable to acrylamide gels. Analytical Biochemistry, 44: 276–287.
13- Ben-Asher, J., I. Tsuyuki., B.A. Bravdo & M. Sagih, 2006. Irrigation of grape vines with saline water: Leaf area index, stomatal conductance, transpiration and photosynthesis. Agricultural Water Management, 83: 13-21.
14- Chance, B. & A.C. Maehly, 1995. Assay of catalase and peroxidase. In: S.P. Culowic and N.O. Kaplan (eds). Methods in enzymology Vol. 2. Academic Press. Inc. New York. U.S.A. 764-765.
15- Chartzoulakis, K.S. & M.H. Loupassaki, 1997. Effect of NaCl salinity on germination, growth, gas exchange and yield of greenhouse eggplant. Agricultural Water Management, 32: 215-225.
16- Chattopadhayay, M.K., B.S. Tiwari., G. Chattopadhayay., A. Bose., D.N. Sengupta & B. Ghosh, 2002. Protective role of exogenous polyamines on salinity-stressed rice (*Oriza sativa*) plants. Plant Physiology, 116: 192–199.
17- Cornic, G., 2000. Drought stress inhibits photosynthesis by decreasing stomatal aperture not by affecting ATP synthesis. Trends in Plant Science, 5: 187–188.
18- Dasilva, R.N., N. Lopes., D. Moraes., A. Pereira & G. Duarte, 2007. Physiological Quality of barley seeds submitted to salines stress. Revista Brasileira de Sementes, 29: 40-44.
19- Dhindsa, R.S., P. Plumb-Dhindsa & T.A. Thorpe, 1981. Leaf senescence: correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation, and decreased levels of superoxide dismutase and catalase. Environmental Experimental Botany, 32: 93-101.
20- Duan, J., L. Juan., G. Shirong & K. Yunyan, 2008. Exogenous spermidine affects polyamine metabolism in salinity-stressed *Cucumis sativus* roots and enhances short term salinity tolerance. Journal of Plant Physiology, 165: 1620-1635.
21- Goksoy, A.T., A.O. Demir., Z.M. Turan & N. Dagustu, 2004. Responses of sunflower to full and limited irrigation at different growth stages. Field Crops Research, 87: 167-178.
22- Gonzalez-Aguilar, G.A., L. Zacarias & M.T. Lafuente, 1998. Ripening affect high temperature–induced polyamines and their chanes during cold storage of hybrid fortune mandarins. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 46: 3503-3508.
23- Hajiboland, R. & N. Ebrahimi, 2013. Effect of mild salinity and exogenous polyamines on growth, photosynthesis and phenolics metabolism in sugar beet plants. Journal of Plant Research, 26: 290-300.
24- Hashemi, M., H. Azarnivand., M.H. Asareh & A. Jafari, 2014. Study effect of water stress on the germination and seedling growth of three genotypes of rangeland species agropyron podperae. Journal of Rangeland, 8: 212-218.
25- He, L., Y. Ban., H. Inoue., N. Matsuda., J. Liu & T. Moriguchi, 2008. Enhancement of spermidine content and antioxidant capacity in transgenic pear shoots overexpressing apple spermidine synthase in response to salinity and hyperosmosis. Phytochemistry, 69: 2133-2141.
26- Heidari Sharifabad, H., 2002. Plants and Salinity. Research Institute of Forests and Rangelands, 199 p.
27- Huang, Z., X. Zhang., Z. Guanghua & Y. Gutterman, 2003. Influence of light,temperature, salinityand storage on seed germination of *Haloxylon ammodendron*. Journal of Arid Environments, 55: 453–464.
28- Hussein, M.M., E.L. Nadia & M. EL-Desuki, 2006. Role of putrescine in resistance to salinity of pea plants (*Pisum sativum* L.). Applied Science Research, 2: 598-604.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1397.12.4.6.6]

29- Kasukabe, Y., L. He., K. Nada., S. Misawa., I. Ihara & S. Tachibana, 2004. Over expression of spermidine synthase enhances tolerance to multiple environmental stresses and upregulates the expression of various stress regulated genes in transgenic *Arabidopsis thaliana*. Plant Cell Physiology, 4: 73-84.
30- Kaya, C., D. Higges & H. Kirnak, 2001. The effects of high salinity (NaCl) and supplementary phosphorus and potassium on physiology and nutrition development of spinach. Bulgarian Journal Plant Physiology, 27: 47-59.
31- Keith, R., 2007. Handbook of Plant Scince. Volume 2. Wily, 1599 p.
32- Khaef, N., F. Enjavie Mosavie & R. Badihie, 2013. The effects of salt stress on germination of *Calotropis procera* L. seeds. Enviromental Stresses in Crop Sciences, 6: 91-95.
33- Khalasi-Ahvazi, L., G. Heshmati., P. Zophen & P. Akbarlo, 2016. The impact of environmental factors on antioxidant activity of gundelia tournefortii in various stages of maturity. Journal of Rangeland, 10: 237-264. (In Persian).
34- Koca, H., M. Bor., F. Özdemir & I. Türkan, 2007. The effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidative enzymes and proline content of sesame cultivars. Environmental and Experimental Botany, 60: 344-351.
35- Kubis, J., 2008. Exogenous spermidine differentially alters activities of some scavenging system enzymes, H_2O_2 and superoxide radical levels in water stressed cucumber leaves. Journal of Plant Physiology, 165: 397-406.
36- Maiti, R.K., V.P. Singh., P. Wesche., A. Sanchez., T. Hernandez & N. Aguilar, 2004. Research advances on cold, drought and salinity tolerance and its mechanisms of resistance in mize. Crop Research Hisar, 27: 1-29.
37- Mansour, M.M.F. & M.M. Al-Mutawa, 1999. Stabilization of plasma membrane by polyamines against salt stress. Cytobiosis, 100: 7–17.
38- Mata-Gonzales, R. & R. Melendez-Gonzalez, 2005. Growth characteristics of Mexican oregan (*Lippia berlanieri* Schauer.) under salt stress. The Southwestern Naturalist, 50: 1-6.
39- Moradi, F., A.M. Ismail., J. Egdane & G.B. Gregorio, 2003. Salinity tolerance of rice during reproductive development and association with tolerance at the seedling stage. Indian Journal of Plant Physiology, 8: 105-116.
40- Muhammad, Z. & F. Hussin, 2010. Vegatative growth performance of five medicinal plants under salt stress. Pakistan Journal of Botany, 42: 303-316.
41- Munns, R., 1993. Physiological process limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypothesis. Plant Cell and Environment, 16: 15-24.
42- Najafi, F., R.A. Khavari-Nejad & M. Siahali. 2010. The effects of salt stress on certain physiological parameters in summer savory (*Satureja hortensis* L.) plants. Journal of Stress Physiology & Biochemistry, 6: 13-21.
43- Nakano, Y. & K. Asada, 1981. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidase in spinach chloroplasts. Plant Cell Physiology, 22: 867–880.
44- Nasibi, F., K.H. Manuchehri Kalantari & N. Fazelian, 2013. The effects of spermidin and methylene blue pretreatment on some physiological responses of *Matricaria recutita* plants to salt stress. Journal of Plant Process and Function, 1: 61-72. (In Persian).
45- Nohpishe, Z. & K.H. Manochehri Kalantari, 2008. Effects of application of interaction of spermidine and salinity stress in pepper. Iranian Journal of Biology, 24: 848-857.
46- Parida, A.K. & A.B. Das, 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: Review. Ecotoxicology and Environment Safety, 60: 324-349.
47- Reddy, M.P. & A.B. Vora, 2005. Salinity induced changes in pigment composition and chlorophyllase activity of chelidonium. Indian Journal of Plant Physiology, 29: 331-334.
48- Richards, L.A., 1969. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. United States Department of Agriculture; Washington, 166 p.
49- Roychoudhury, A., B. Supratim & D.N. Sengupta, 2011. Amelioration of salinity stress by exogenously applied spermidine or spermine in three varieties of indica rice differing in their level of salt tolerance. Journal of Plant Physiology, 168: 317–328.
50- Sadeghian, T., M. Taghvaei., M. Kharati-Kohpaei., S.R. Falah-Shamsi., M. Masoudi & A. Riahi, 2000. Study of some of soil physical-chemical characteristics in habitats (*Calotropis procera* L.) (Case study: Rangelands of southern province of Fars). Journal of Rangeland, 3: 641-651. (In Persian).
51- Saini, R.S., K.D. Sharme., O.P. Dhankhar & R.A. Kaushik, 2001. Laboratory manual of analytical techniques in horticulture. India: Agrobios, 10: 49–50.
52- Serafini-Fracassini, D., A. Di Sandro & S. Del Duca, 2010. Spermine delays leaf senescence in Lactuca sativa and prevents the decay of chloroplast photosystems. Plant Physiology and Biochemistry, 48: 602–611.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1397.12.4.6.6]

53- Shevyakova, N.I., 2003. Metabolism and the physiological role of proline in plants under conditions of water and salt stress. Soveit Plant Physiology, 30: 597-608.
54- Shu, S., L.Y. Yuan., S.R. Guo., J. Sun & Y.H. Yuan, 2013. Effects of exogenous spermine on chlorophyll fluorescence, antioxidant system and ultrastructure of chloroplasts in *Cucumis sativus* L. under salt stress. Plant Physiology and Biochemistry, 63: 209-216.
55- Shu, S., L.Y. Yuan., S.R. Guo., J. Sun & C.J. Liu, 2012. Effects of exogenous spermidine on photosynthesis, xanthophyll cycle and endogenous polyamines in cucumber seedlings exposed to salinity. African Journal of Biotechnology, 11: 6064-6074.
56- Smith, M.A. & E.J. Wood, 1992. Molecular and cell biochemistry, biosynthesis. Chapman and Hall, Publisher London, UK, 160 p.
57- Sood, S. & P.K. Nagar, 2008. Postharvest alteration in polyamins and ethylene in two diverse rose species. Acta Physiology Plantarum, 30: 243-248.
58- Sorahinobar, M., V. Niknam & B. Moradi, 2011. Effect of NaCl salinity on protein, pigments, sugars and phenolic compounds contents in calli of some Trigonella species. Journal of Science, 36: 53-59. (In Persian).
59- Sultan, A., 2005. Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. Environmental and Experimental Botany, 42: 211-220.
60- Sultana, N., T. Ikeda & R. Itoh, 1999. Effect of NaCl Salinity on Photosynthesis and Dry Matter Accumulation in Developing Rice Grains. Environmental and Experimental Botany, 42: 211-220.
61- Taarit, M.B., K. Msaada., K. Hosni & B. Marzouk, 2011. Physiological changes and essential oil composition of clary sage (*Salvia sclarea* L.) rosette leaves as affected by salinity. Acta Physiologiae Plantarum, 33:153–162.
62- Talaat, I.M., M.A. Bekheta & M.H. Mahgoub, 2005. Physiological response of periwinkle plants (*Catharanthus roseus* L.) to tryptophan and putrescine. International Journal of Agriculture and Biology, 7: 210-213.
63- Tang, W. & R.J. Newton, 2005. Polyamines reduce salt-induced oxidative damage by increasing the activities of antioxidant enzymes and decreasing lipid peroxidation in Virginia pine. Plant Growth Regulation, 46: 31-43.
64- Vashisth, N. & S. Nagarajan, 2010. Effect on germination and early growth characteristics in sunflower (*Helianthus annuus*) seeds exposed to static magnetic field. Journal of Plant Physiology, 167: 149–156.
65- Verma, S. & S.N. Mishra, 2005. Putrescine alleviation of growth in salt stressed *Brassica Juncea* by inducing antioxidative defense system. Journal of Plant Physiol, 162: 669-77.
66- Volkmar, K.M., Y. Hu & H. Steppuhn, 1998. Physiological responses of plants to salinity: A review. Canadian Journal of Plant Science, 78: 19-27.
67- Wang, M., D. Li & L. Gu, 2002. The response to water stress of the antioxidant system in maize seedling roots with different drought resistance. Acta Botanica Boreali Occidentalia Sinica, 22: 285-290.
68- Wang, Y. & N. Nil, 2000. Change in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 75: 623-627.
69- Zhang, W.P., B. Jiang., W.G. Li., H. Song., Y.S. Yu & J.F. Chen, 2009. Polyamines enhance chilling tolerance of cucumber (*Cucumis sativus* L.) through modulating antioxidative system. Scientia Horticulturae, 122: 200–208.
70- Zhu, J.K., 2001. Plant salt tolerance. Trends in Plant Science, 6: 66-71.
71- Ziosi, V., A.M. Bregoli., F. Fregola., G. Costa & P. Torrigiani, 2009. Jasmonate induced ripening delay is associated with up regulation of polyamine level in peach fruit. Journal of Plant Physiology, 166: 938-946.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1397.12.4.6.6]