نشریه علمی زراعت و اصلاح نباتات ایران
جلد ۱۵، شماره ۳، پائیز ۱۳۹۸، صفحات ۳۴-۱۷

ISSN NO: 2008-8485

بررسی بهبود عملکرد بیولوژیکی و شاخص‌های فیزیولوژیکی زنیان (*Carum copticum* L.) تحت تاثیر کاربرد پلی‌آمین‌ها در شرایط تنش شوری

Study of improvements in the biological yield and the physiologic indicators of Ajwan (*Carum copticum* L.) As affected by application of polyamines in the Salt stress Conditions

علی رضا دادگر[۱]، محمد رحیم اوجی[۲*]

تاریخ دریافت: ۹۹/۵/۲۹ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۱/۱۷

چکیده

به منظور بررسی بهبود عملکرد بیولوژیکی و شاخص‌های فیزیولوژیکی زنیان تحت تاثیر کاربرد پلی‌آمین ها در شرایط تنش شوری پژوهشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با ۲ فاکتور و ۳ تکرار اجرا شد. فاکتور اول شامل ٤ سطح تنش شوری آب شامل شاهد (بدون تنش شوری) و شوری ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ میلی گرم در لیتر و فاکتور دوم شامل ۵ سطح استفاده از پلی‌آمین صفر، ۰/۵ و ۱/۵ میلی‌مولار پوترسین و ۰/۵ و ۱/۵ میلی مولار اسپرمیدین بود. نتایج نشان داد که افزایش سطوح شوری سبب کاهش ارتفاع بوته، عملکرد بیولوژیکی، شاخه جانبی و تعداد چتر در بوته شد. کم‌ترین میزان کلروفیل a و b و بیش‌ترین محتوای سدیم و کلر در تنش شوری ۳۰۰۰ میلی گرم در لیتر مشاهده شد. در شرایط تنش شوری ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، تیمار اسپرمیدین ۱/۵ و ۰/۵ میلی‌مولار سبب افزایش محتوای پرولین به میزان ٤٤/٥٦ و ٤٠/١٦ درصد نسبت به شاهد شد. هم‌چنین بیش‌ترین پراکسیداز در تیمار اسپرمیدین ۱/۵ و ۰/۵ میلی‌مولار به ترتیب به میزان ۳/٦۰ و ۳/۲۰ میکرومول بر دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین مشاهده شد. بنابراین ترکیبات پلی‌آمین از طریق بهبود ویژگی‌های فیزیولوژیکی از جمله افزایش تنظیم کننده‌های اسمزی و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی سبب کاهش اثرات تنش شوری شده است. هم‌چنین در شرایط تنش شوری، ترکیبات پلی‌آمین اسپرمیدین نسبت به پوترسین بهتر عمل نموده است.

واژگان کلیدی: سدیم، کلر، پرولین، وزن خشک، کاتالاز

[۱]- دانشجوی دکتری اگرو تکنولوژی، واحد فسا، دانشگاه آزاد اسلامی، فسا، ایران.

۲- استادیار گروه کشاورزی، واحد فسا، دانشگاه آزاد اسلامی، فسا، ایران.

مکاتبه کننده: rahimowji@gmail.com

مقدمه

زنیان گیاهی یکساله با نام علمی . *Carum copticum* L از خانواده چتریان است. گیاه زنیان از جمله گیاهان دارویی است که در طب سنتی از بذر و ریشه آن استفاده فراوانی می‌شود. این گیاه در طب مدرن به عنوان ضد عفونی کننده قوی، تقویت هاضمه و درمان رماتیسم به کار می‌رود. گیاه زنیان بومی ایران، مصر، هند است و از متحمل‌ترین گیاهان دارویی نسبت به شوری محسوب می‌شود (Boskabady *et al.*, 2014).

تنش شوری از جمله عوامل محدود کننده رشد و عملکرد محصولات به شمار می‌رود و به عنوان یکی از اساسی‌ترین مشکلات بخش کشاورزی است. بنابراین شناخت تکنیک‌های زراعی برای تثبیت رشد و عملکرد محصولات کشاورزی دارای اهمیت بسزایی است (Zorb *et al.*, 2019). در مناطق خشک تنش شوری همراه با پ‌هاش بالای خاک، سبب کاهش جذب یون‌های معدنی از خاک می‌شوند. در شرایط شور غلظت بالای یون‌های سدیم و کلر سبب به هم خوردن تعادل یونی می شود. بنابراین گیاهان باید برای حفظ تعادل یونی، با سازوکارهایی با سمیت یون‌های سمی و خشکی فیزیولوژیک مقابله کنند (Attarzadeh *et al.*, 2015). ویژگی‌های فیزیولوژیکی هم چون دفع سدیم از ریشه و کنترل میزان انتقال سدیم از ریشه به اندام هوایی، به عنوان معیارهایی برای شناسایی تحمل به شوری در گیاهان استفاده می‌شوند (Attarzadeh *et al.*, 2017). شوری موجب بروز ناهنجاری‌های گوناگون تغذیه‌ای در گیاه می‌شود که علت آن ممکن است مربوط به اثرات منفی یون سدیم بر قابلیت جذب عناصر غذایی بوده و یا مربوط به اثر اسمزی شوری برای جذب، انتقال و توزیع در بخش‌های مختلف گیاه باشد (Zayed *et al.*, 2011). اصلاح خاک‌های شور و بهبود تکنیک‌های آبیاری از جمله روش‌های مدیریتی در خاک‌های شور می‌باشد که به علت گرانی و مقطعی بودن به آسانی قابل استفاده نیستند. بنابراین معرفی روش‌های دیگر که سبب افزایش تحمل به شوری می‌شود از اهمیت خاصی برخوردار است (Ghaffarian *et al.*, 2020). ترکیبات پلی‌آمین‌ها یکی از راه‌های بسیار امیدوارکننده برای غلبه بر تنش‌های محیطی از جمله تنش شوری است (Gill and Tuteja, 2010; Khare *et al.*, 2018).

پلی‌آمین‌ها از دسته کربوهیدرات‌های آلیفاتیک با وزن ملکولی کم و ساختار زنجیری هستند که دارای گروه‌های ایمینو و آمینو می‌باشند. پلی‌آمین‌ها در آپوپلاست، غشای پلاسمایی، واکوئل‌ها، کلروپلاست و هسته سلول یافت می‌شوند. مهم‌ترین پلی‌آمین‌ها در فرآیندهای رشد و نمو، کاداورین، دی‌آمین پوترسین، تری‌آمین اسپرمیدین و ترامین اسپرمین هستند (Valero *et al.*, 2002). این ترکیبات در همه موجودات زنده یافت می‌شوند. بیشتر پژوهش‌های انجام شده در زمینه عملکردهای فیزیولوژیک پلی‌آمین‌ها طی سه دهه اخیر صورت گرفته است، با این حال هنوز ناشناخته‌هایی در خصوص اثرات این مواد در گیاهان وجود دارد. در گیاهان عالی و باکتری‌ها، پوترسین یا مستقیماً به واسطه فعالیت آنزیم اورنیتین دکربوکسیلاز یا از اورنیتین تولید می‌شود (Romero *et al.*, 2018). یا به طریق غیرمستقیم، به واسطه آنزیم آرژینین دکربوکسیلاز ازآرژینین تولید شده است که در این مسیر بیوسنتزی، دو آنزیم آگماتین کربومویل پوترسین آمیدوهیدرولاز N– ایمینوهیدرولاز و کربومویل N– نقش دارند و دو حد واسط آگماتین و پوترسین در این فرآیند تولید می‌شود. پوترسین از طریق آنزیم اسپرمیدین سنتتاز و با افزودن یک نیمه آمینوپروپیل که از دکربوکسیلاسیون اس_ادنوزیل متیونین (S-Adenosyl methionine) توسط آنزیم اس_ادنوزیل متیونین دکربوکسیلاز فراهم،

به اسپرمیدین تبدیل می‌شود. پلی‌آمین‌ها به نوکلئیک اسیدها، فسفولیپیدهای اسیدی و تعداد زیادی از پروتئین‌ها شامل آنزیم‌های مختلف متصل می‌شوند. این ترکیبات در محدوده وسیعی از فرآیندهای بیولوژیکی از جمله رشد گیاهی، نمو و پاسخ به تنش نقش دارند (Sugiyama *et al*., 2017). گزارش گردیده است که پلی‌آمین‌ها از جمله تیمار اسپرمیدین روی گیاهچه‌های برنج (Oryza *sativa*) قرارگرفته در معرض تنش شوری، موجب کاهش آسیب به غشای پلاسمایی و تحمل به تنش شوری می‌شود (Romero *et al*., 2018). کاربرد پوترسین باعث بهبود ویژگی‌های رشدی و فیزیولوژیکی گیاه همیشه بهار (Calendula *officinalis* L.) در شرایط تنش شوری شد (Baniasadi *et al*., 2015). نتایج تحقیقات پژوهشگران نشان می‌دهد که پوترسین و اسپرمیدین، با تاثیر بر طیف گسترده‌ای از فعالیت آنزیم‌ها، تحمل گیاه Adiantum *capillus*-veneris را نسبت به تنش شوری افزایش می‌دهد (Sharma *et al*., 2014).

خشک‌سالی‌های چند سال اخیر و برداشت زیاد آب از سفره های زیرزمینی که بیلان منفی آب را به دنبال داشته است، سبب شور شدن تدریجی منابع آب و خاک در مناطق جنوب کشور شده است. تداوم این روند، بررسی و ارائه راه‌های مناسب کاهش اثرات سوء شوری را بر محصولات کشاورزی و از جمله گیاهان دارویی ضروری می‌سازد. در زمینه‌ی کاربرد خارجی پلی‌آمین‌ها به منظور افزایش تحمل گیاهان به تنش‌ها از جمله تنش شوری تحقیقات کمی انجام شده است. بنابراین در این پژوهش، اثر محلول‌پاشی پلی‌آمین پوترسین و اسپرمیدین در کاهش اثرات تنش شوری در گیاه زنیان انجام شد.

مواد و روش‌ها

طراحی آزمایش و تیمارها

این پژوهش در سال ۱۳۹۷ به‌صورت گلدانی در گلخانه تحقیقاتی واقع در شهرستان داراب انجام گرفت. این پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با ۲ فاکتور و ۳ تکرار اجرا شد. فاکتور اول شامل ۴ سطح تنش شوری آب آبیاری (S_1: شاهد (بدون تنش شوری)، S_2: شوری ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، S_3: شوری ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و S_4: شوری ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و فاکتور دوم شامل ۵ سطح استفاده از پلی‌آمین (B_1: صفر (شاهد)، B_2: ۰/۵ میلی‌مولار پوترسین، B_3: ۱/۵ میلی‌مولار پوترسین، B_4: ۰/۵ میلی‌مولار اسپرمیدین و B_5: ۱/۵ میلی‌مولار اسپرمیدین) بود (Nourafcan and Shahmoradi, 2014; Attarzadeh et al., 2015; Tajti et *al*., 2018; Rathinapriya *et al*., 2020). لازم به ذکر است که میزان شوری ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به ترتیب تقریباً معادل ۱/۵، ۳ و ۴/۵ دسی زیمنس بر متر بود (Grattan, 2002). در هر گلدان شش کیلوگرم خاک قرار داده شد. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش به شرح جدول ۱ است.

جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک محل انجام آزمایش

Table 1. Analysis of soil physical and chemical testing

بافت Texture	هدایت الکتریکی EC (دسی زیمنس بر متر) (dS/m)	pH	Cu	Fe	Zn	Mn	K	P	کربن آلی O.C (٪)
			(میلی‌گرم در کیلوگرم) (mg/kg)						
لوم سیلتی Silty loam	1.02	7.4	0.55	4.5	0.67	2.2	111	2.2	0.69

توده بذرهای زنیان از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. بذرها پس از ضدعفونی با محلول هیپوکلریت سدیم پنج درصد به مدت ۳۰ ثانیه، درون گلدان کشت گردید. در هر گلدان ۱۵ بذر کاشته شد و دو هفته پس از کاشت (مرحله ۲ برگی)، عمل تنک کردن گیاهچه‌ها صورت گرفت و تعداد ۶ بوته در هر گلدان حفظ شد. در این آزمایش برای اعمال سطوح شوری از نمک کلرید سدیم استفاده شد. اعمال تیمارهای شوری پس از سبز شدن گیاهچه‌ها و استقرار گیاه انجام شد. برای اعمال سطوح شوری به میزان ۲۵۰ میلی‌لیتر در هر دفعه آبیاری به گلدان‌های هر تیمار اضافه شد و در تیمار شاهد، از آب مقطر استفاده شد. محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف ترکیبات پلی‌آمین یک هفته پس از سبز شدن، به‌صورت هفته‌ای یک‌بار (۱۲ بار در طول دوره رشد) صورت گرفت. ترکیبات پلی‌آمین ساخت شرکت مرک آلمان و از شرکت دانش آزما تهیه و مورد استفاده قرار گرفت. اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک و جذب عناصر در مرحله ابتدای گلدهی صورت گرفت. در پایان دوره رشد رسیدگی، نمونه‌برداری جهت اندازه‌گیری صفات رویشی و زایشی انجام شد.

اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک و زایشی

جهت اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک، ابتدا اندام هوایی از ریشه جدا و پس از شستشو با آب مقطر، کاملا خشک شد. در مرحله بعد آنها را داخل پاکت و سپس درون آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد و بعد از خشک شدن، وزن خشک آنها به وسیله ترازو، تعیین شد. هم‌چنین در پایان دوره رشد، ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، تعداد چتر در بوته و تعداد چترک در چتر محاسبه شد.

اندازه‌گیری کلروفیل a و b

میزان کلروفیل a و b با نمونه‌گیری تصادفی از برگ‌های بالغ و عصاره‌گیری با استون اندازه‌گیری شد. جذب نور با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Vis 2100 ساخت کشور آمریکا در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر قرائت شد (Arnon, 1949). در نهایت میزان آنها با استفاده از روابط ۱ و ۲ محاسبه شد. در روابط زیر V حجم نمونه، OD میزان جذب، W وزن تر نمونه است (Arnon, 1949).

$$\text{Chlorophyll a} = (mgg^{-1}) = (12.7\times OD.663) - (2.69\times OD.645)\times V/1000\times W \quad \text{(رابطه ۱)}$$

$$\text{Chlorophyll b} = (mgg^{-1}) = (22.9\times OD.645) - (4.68OD.663)\times V/1000\times W \quad \text{(رابطه ۲)}$$

اندازه‌گیری سدیم و کلر

یک گرم از نمونه خشک شده اندام هوایی به مدت نیم ساعت در دمای ۲۵۰ درجه سلسیوس و سپس به مدت دو ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس در کوره قرار داده شد. بعد از گذشت ۲۴ ساعت و خنک شدن کوره، نمونه‌ها خارج شدند. به نمونه حاصل، ۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال اضافه شده و پس از عبور از کاغذ صافی، عصاره حاصل با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. در عصاره بدست آمده ، غلظت عناصر سدیم و کلر به روش استاندارد اندازه‌گیری شد (Patterson *et al*., 1984).

اندازه‌گیری قندهای محلول و پرولین

برای اندازه‌گیری مقدار قندهای محلول، ۰/۲ گرم نمونه تازه را با ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد مخلوط کرده، ۵ میلی‌لیتر الکل ۷۰ درصد به آن اضافه کرده، به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۳۵۰۰ آن را سانتریفوژ کرده، ۰/۱ از این عصاره را به ۳ میلی‌لیتر آنترون تازه اضافه کرده، آن را به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم قرار داده، بعد از خنک شدن، میزان جذب با استفاده از اسپکتروفتومتر مدل Vis 2100 در طول موج ۶۲۵ نانومتر خوانده شد (Nelson, 1944).

برای اندازه‌گیری پرولین، ۰/۵ گرم نمونه تازه برگ را همراه با ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک داخل هاون کوبیده و سپس صاف شد. دو میلی‌لیتر از محلول صاف شده را با دو میلی‌لیتر اسید نین هیدرین (مخلوط ۱/۲۵ گرم نین هیدرین در ۳۰ میلی لیتر اسید گلاسیال و ۲۰ میلی لیتر اسید فسفریک شش مولار) به‌مدت یک ساعت در حمام آب گرم ۱۰۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. پس از خنک شدن، چهار میلی‌لیتر تولوئن اضافه شد و محلول بدست آمده به‌مدت ۲۰-۱۵ دقیقه شیکر شد و میزان جذب، با استفاده از اسپکتروفتومتر مدل Vis 2100در طول موج ۶۲۵ نانومتر خوانده شد (Bates *et al*., 1973).

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز و پراکسیداز

برای سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز، ۰/۱ گرم نمونه‌ی منجمد برگ در ۳ میلی‌لیتر بافر فسفات سدیم ۲۵ میلی‌مولار با اسیدیته ۶/۸ عصاره‌گیری شد. همگن‌های حاصل با سرعت ۱۵۰۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴ درجه سلسیوس سانتریفیوژ شده و از بخش شناور رویی برای سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز استفاده شد. مخلوط واکنش شامل ۲/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات سدیم ۲۵ میلی‌مولار با اسیدیته ۶/۸ هم‌چنین ۰/۵ میلی‌لیتر پراکسیدهیدروژن ۱۰ میلی‌مولار و ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی است؛ سپس در طول موج ۲۴۰ نانومتر و توسط اسپکتروفتومتر مدل Vis 2100 قرائت شد (Cakmak and Horst, 1991).

برای سنجش پراکسیداز ابتدا به ۱۰۰ میکرولیتر عصاره‌ی آنزیمی، دو میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم ۶۰ میلی‌مولار با اسیدیته ۶/۱ هم‌چنین ۰/۵ میلی‌لیتر گایاکول ۲۸ میلی‌مولار و ۰/۵ میلی‌لیتر پراکسیدهیدروژن ۵ میلی‌مولار اضافه نموده و جذب محلول در طول موج ۴۷۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Vis 2100 خوانده شد (Ghanati *et al*., 2002).

آنالیز آماری

نرمال بودن داده‌ها و تجزیه واریانس داده‌ها برای صفات مختلف با استفاده از نرم افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ انجام گرفت. مقایسه میانگین داده‌ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ٪۵ صورت گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیکی

اثر تنش شوری و پلی‌آمین بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود، اما این صفت تحت تأثیر برهم‌کنش تنش شوری و پلی‌آمین قرار نگرفت (جدول ۲). افزایش تنش شوری سبب کاهش ارتفاع بوته شد، بطوری‌که میزان کاهش ارتفاع بوته در تنش شوری ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نسبت به شاهد (بدون تنش) ۲۷/۴۹ درصد بود. هم‌چنین ارتفاع بوته در تنش شوری ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و شاهد از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نشان نداد (جدول ۳). از سوی دیگر بیش‌ترین ارتفاع بوته زنیان به ترتیب به میزان ۲۷/۶۶ و ۲۵/۷۵ در تیمار اسپرمیدین ۱/۵ و ۰/۵ میلی‌مولار بدست آمد (جدول ۴).

اثر تنش شوری بر عملکرد بیولوژیکی معنی‌دار بود، هم‌چنین این صفت تحت تأثیر برهم‌کنش تنش شوری و پلی‌آمین در سطح احتمال ۵ درصد قرار گرفت (جدول ۲). افزایش تنش شوری سبب کاهش عملکرد بیولوژیکی شد (جدول ۵). در تنش شوری ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، بیش‌ترین میزان عملکرد بیولوژیکی در تیمار اسپرمیدین ۱/۵ و ۰/۵ میلی‌مولار به ترتیب معادل ۲/۹۲ و ۲/۸۷ گرم در بوته مشاهده شد (جدول ۵). هم‌چنین تیمار پوترسین ۱/۵ میلی‌مولار سبب افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیکی به میزان ۵۷/۱۴ درصد نسبت به شاهد شد. در شرایط بدون تنش و تنش شوری ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اختلاف معنی‌داری بین ترکیبات مختلف پلی‌آمین مشاهده نشد.

کاهش رشد گیاهان تحت تنش شوری می‌تواند به دلیل کاهش ذخائر انرژی گیاه باشد که در نتیجه کاهش و اختلال فعالیت‌های زیستی و متابولیسمی در گیاهان مختلف می‌باشد (Zorb *et al*., 2019). به علت اثرات منفی پتانسیل اسمزی بالای محلول خاک و جذب کم آب و عناصر غذایی و تاثیر سوء شوری بر فتوسنتز و فرآیندهای جانبی آن، انرژی لازم برای رشد مناسب ریشه و اندام هوایی در اختیار آن‌ها قرار نمی‌گیرد (Attarzadeh *et al*., 2015). کاهش صفات رویشی و عملکرد بیولوژیکی در شرایط شوری امری طبیعی است، زیرا تحت تنش شوری میزان یون‌های سمی کلر و سدیم در گیاه افزایش می‌یابد. بنابراین می‌توان بخشی از کاهش عملکرد را تحت تنش شوری به تجمع این یون‌ها در گیاه نسبت داد (Tabatabaei, 2006). بررسی منابع نشان می‌دهد که یک رابطه منفی بین میزان سدیم بافت گیاه و عملکرد وجود دارد (Zayed *et al*., 2011). از سوی دیگر محققان گزارش کردند که کاربرد پلی‌آمین‌ها از جمله اسپرمیدین با بهبود شاخص‌های فیزیولوژیکی و افزایش شدت فتوسنتز گیاه سبب بهبود عملکرد بیولوژیک گیاه می‌شود (Hosseini Farahi *et al*., 2017).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد بررسی

Table 2. Analysis of variance (mean square) for studied traits

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی DF	ارتفاع بوته Plant height	عملکرد بیولوژیکی Biologic yield al	شاخه جانبی Lateral branch	تعداد چترک در بوته Umbel number per plant	تعداد چترک در چتر Umbrella number per umbel	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chloro phyll b	سدیم Sodium
تنش شوری Salinity	3	205.53 **	12.96 **	18.68**	34.72 **	11.70**	0.77 **	0.68 **	0.29**
پلی‌آمین Polyamei ns	4	55.55 **	1.18 ns	1.85**	13.40 **	3.66 ns	0.10 ns	0.17 **	0.09**
تنش شوری × پلی‌آمین Salinity × Polyamei ns	12	4.32 ns	2.18 *	0.50 ns	3.20 *	0.84 ns	0.16 ns	0.13 *	0.006 *
خطا Error	40	8.40	0.65	0.33	1.60	1.81	0.12	0.03	0.003
ضریب تغییرات C.V (٪)	_	11.7	11.4	10.5	10.8	14.3	15.5	17.4	16.5

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی‌دار.

*, ** and ns is significant at the 5 and 1 percent probability level, respectively and non-significant

جدول ۳- مقایسه میانگین تنش شوری بر صفات مورد بررسی

Table 3. Comparison mean salinity for studied traits

تنش شوری Salinity	ارتفاع بوته Plant height	شاخه جانبی Lateral branch	تعداد چترک در چتر Umbrella number per umbel	کلروفیل a Chlorophyll a	قند محلول Soluble sugar	کاتالاز Catalase
(میلی‌گرم در لیتر) (mg/l)	(سانتی‌متر) (cm)			(میلی‌گرم بر گرم وزن برگ) (mg g^{-1} FW)	(میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) (mg g^{-1} FW)	(میکرومول بر دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین) (µmol mg $protein^{-1}$ min^{-1})
شاهد Control	27.86 a	6.80 a	9.80 a	2.46 a	13.23 bc	9.48 b
1000	27.40 a	5.73 b	10.13 a	2.40 a	14.49 ab	9.46 b
2000	22.80 b	5.13 c	9.60 a	2.33 a	15.82 a	11.82 a
3000	20.20 c	4.13 d	8.13 b	1.95 b	11.82 c	12.15 a

میانگین‌هایی دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different by Duncan test at 5% probability level.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر پلی‌آمین بر صفات مورد بررسی

Table 4. Comparison mean polyameinsfor for studied traits

پلی‌آمین Polyameins (میلی‌مولار) (mM)	ارتفاع بوته Plant height (سانتی‌متر) (cm)	شاخه جانبی Lateral branch
شاهد Control	22.33 c	4.91 c
Putrescine 0.5	23.08 c	5.33 bc
Putrescine 1.5	24.00 bc	5.41 bc
Spermidine 0.5	25.75 ab	5.58 ab
Spermidine 1.5	27.66 a	6.00 a

میانگین‌هایی دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different by Duncan test at 5% probability level.

جدول ۵- مقایسه میانگین برهمکنش تنش شوری و پلی‌آمین بر صفات مورد بررسی

Table 5. Comparison of mean interactions of salinity and polyameinsfor studied traits

تنش شوری Salinity (میلی‌گرم در لیتر) (mg/l)	پلی‌آمین Polyameins (میلی‌مولار) (mM)	عملکرد بیولوژیکی Biological yield (گرم در بوته) (g plant)	تعداد چتر در بوته Umbel number per plant	کلروفیل b Chlorophyll b (میلی‌گرم بر گرم وزن برگ) (mg g^{-1} FW)	سدیم Sodium (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) (mg per g dry weight)	کلر Chloride (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) (mg per g dry weight)	پرولین Proline (میکرومول در گرم) (µmol g^{-1})	پراکسیداز Peroxidase (میکرومول بر دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین) (µmol mg $protein^{-1}$ min^{-1})
شاهد Control	0	3.96 ab	13.00 ab	1.06 abc	0.08 e	0.07 g	3.98 d	0.88 e
	Putrescine 0.5	3.92 ab	12.66 ab	1.09 ab	0.07 e	0.07 g	4.18 d	0.94 de
	Putrescine 1.5	4.24 a	12.00 abc	1.12 ab	0.09 e	0.07 g	4.24 d	0.91 e
	Spermidine 0.5	4.17 a	13.00 ab	1.12 ab	0.08 e	0.06 g	4.42 d	0.97 de
	Spermidine 1.5	3.96 ab	13.00 ab	1.16 a	0.06 e	0.05 g	4.70 d	0.93 de
1000	0	3.09 abc	11.33 abc	1.02 a-d	0.10 e	0.08 g	4.03 d	0.93 de
	Putrescine 0.5	2.78 abc	11.66 abc	0.99 a-d	0.10 e	0.07 g	4.07 d	1.08 cde
	Putrescine 1.5	3.62 ab	12.66 ab	1.08 ab	0.09 e	0.07 g	4.09 d	1.25 cde
	Spermidine 0.5	3.44 abc	13.00 ab	1.05 abc	0.10 e	0.08 g	4.25 d	1.07 cde
	Spermidine 1.5	3.77 ab	13.66 a	1.10 ab	0.09 e	0.07 g	4.19 d	1.16 cde
2000	0	3.35 abc	11.00 bc	0.77 b-e	0.32 bc	0.63 d	3.86 d	1.45 cde
	Putrescine 0.5	2.72 a-d	11.00 bc	0.70 cde	0.29 c	0.55 de	4.32 d	1.64 cd
	Putrescine 1.5	2.51 bcd	12.00 abc	0.89 bcd	0.25 cd	0.36 ef	4.79 bcd	1.61 cde
	Spermidine 0.5	2.99 abc	12.33 abc	1.04 abc	0.17 de	0.35 ef	5.41 bc	1.57 cde
	Spermidine 1.5	2.94 abc	13.00 ab	1.03 a-d	0.15 de	0.28 fg	5.58 bc	1.71 c
3000	0	0.21 e	6.00 e	0.44 ef	0.51 a	1.40 a	4.14 d	1.48 cde
	Putrescine 0.5	1.29 de	8.00 de	0.31 f	0.42 b	1.33 a	5.59 bc	1.75 c
	Putrescine 1.5	1.87 cd	10.00 cd	0.67 de	0.35 bc	1.20 ab	5.71 b	2.67 b
	Spermidine 0.5	2.87 abc	11.00 bc	0.78 b-e	0.32 bc	1.07 bc	6.93 a	3.20 ab
	Spermidine 1.5	2.92 abc	12.00 abc	0.96 a-d	0.29 c	0.91 c	7.21 a	3.60 a

میانگین‌هایی دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different by Duncan test at 5% probability level.

تعداد شاخه جانبی، چتر در بوته و چترک در چتر

اثر تنش شوری و پلی‌آمین بر تعداد شاخه جانبی معنی‌دار بود، اما این صفت تحت تأثیر برهم‌کنش تنش شوری و پلی‌آمین قرار نگرفت (جدول ۲). بیش‌ترین تعداد شاخه جانبی در شاهد بدون تنش شوری به میزان ۶/۸۰ عدد بدست آمد، اما افزایش تنش شوری سبب کاهش تعداد شاخه جانبی در زنیان شد (جدول ۳). هم‌چنین بیش‌ترین تعداد شاخه جانبی به ترتیب به میزان ۶/۰۰ و ۵/۵۸ در تیمار اسپرمیدین ۱/۵ و ۰/۵ میلی‌مولار بدست آمد (جدول ۴).

اثر تنش شوری و پلی‌آمین بر چتر در بوته معنی‌دار بود، هم‌چنین این صفت تحت تأثیر برهم‌کنش تنش شوری و پلی‌آمین در سطح احتمال ۵ درصد قرار گرفت (جدول ۲). در تنش شوری ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، بیش‌ترین میزان چتر در بوته در تیمار اسپرمیدین ۱/۵ و ۰/۵ میلی‌مولار به ترتیب به میزان ۱۲/۰۰ و ۱۱/۰۰ عدد مشاهده شد (جدول ۵). هم‌چنین تیمار پوترسین ۱/۵ میلی‌مولار سبب افزایش معنی‌دار چتر در بوته به میزان ۶۶/۶۷ درصد نسبت به شاهد شد. از سوی دیگر در شرایط تنش شوری ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، اگرچه بیش‌ترین چتر در بوته در تیمار اسپرمیدین ۱/۵ و ۰/۵ میلی‌مولار مشاهده شد، اما از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول ۵). هم‌چنین اثر تنش شوری بر چترک در چتر معنی‌دار بود، اما این صفت تحت تأثیر برهم‌کنش تنش شوری و پلی‌آمین قرار نگرفت (جدول ۲). افزایش شوری از مقدار شاهد تا ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نتوانست سبب کاهش چترک در چتر شود، در حالی که تنش شوری ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر سبب کاهش چترک در چتر به میزان ۱۷/۰۴ درصد نسبت به شاهد شد (جدول ۳).

تنش شوری از طریق کوتاه شدن دوره زایشی و کاهش فتوسنتز برگ‌ها سبب کاهش تعداد اندام‌های زایشی می‌شود (Farooq *et al*., 2009). تنش شوری با تأثیر بر منبع فتوسنتز کنند گیاه سبب کاهش اندام‌های زایشی گیاه می‌شود، از سوی دیگر ترکیبات پلی‌آمین سبب بهبود شاخص‌های فتوسنتزی شده که در نتیجه باعث تأثیر بر اندام زایشی می‌شود (Hosseini Farahi *et al*., 2017). از نقطه نظر فیزیولوژیست‌ها اسپرمین و پوترسین قادر هستند از غشاها در طول زمان تنش محافظت نمایند، به شرط این‌که این پلی‌آمین‌ها قبل از شروع تنش وجود داشته باشند (Sugiyama *et al*., 2017). بنابراین کاربرد پلی‌آمین‌ها با القای تفسیم سلولی، جنین‌زایی، ریخت‌زایی، نمو گل میوه و دانه در افزایش عملکرد اندام زایشی ایفای نقش می‌کنند (Kaur-Sawhney *et al*., 2003).

کلروفیل a و b

اثر تنش شوری بر کلروفیل a معنی‌دار بود، اما این صفت تحت تأثیر برهم‌کنش تنش شوری و پلی‌آمین قرار نگرفت (جدول ۲). افزایش تنش شوری سبب کاهش کلروفیل a شد، بطوری‌که میزان کاهش کلروفیل a در تنش شوری ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نسبت به شاهد بدون تنش ۲۰/۷۳ درصد بود. هم‌چنین کلروفیل a در تنش شوری ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر با شاهد از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نشان نداد (جدول ۳).

اثر تنش شوری و پلی‌آمین بر کلروفیل b معنی‌دار بود، هم‌چنین این صفت تحت تأثیر برهم‌کنش تنش شوری و پلی‌آمین در سطح احتمال ۵ درصد قرار گرفت (جدول ۲). افزایش تنش شوری سبب کاهش کلروفیل b شد، بطوری‌که صرفنظر از کاربرد پلی‌آمین، کم‌ترین میزان کلروفیل b در تنش شوری ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد (جدول ۵). در تنش شوری ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، بیش‌ترین میزان کلروفیل b در تیمار اسپرمیدین ۱/۵ و ۰/۵ میلی‌مولار به ترتیب به میزان ۰/۹۶ و ۰/۷۸ میلی‌گرم بر گرم وزن برگ مشاهده شد (جدول ۵). از سوی دیگر در شرایط عدم تنش و تنش

شوری ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، اختلاف آماری معنی‌داری بین سطوح مختلف پلی‌آمین وجود نداشت.

افزایش شوری تخریب کلروفیل برگ را در پی دارد، شوری باعث تغییرات در کلروپلاست شامل چروکیدگی و به هم ریختن ساختمان گرانا می‌شود. یکی از مهم‌ترین دلایل کاهش کلروفیل‌ها تخریب آن‌ها به وسیله گونه‌های اکسیژن فعال است (Dos Santos Silva *et al.*, 2019). از سوی دیگر محققان گزارش کردند که بدون کاربرد پلی‌آمین‌ها، شوری موجب کاهش معنی‌دار مقدار کلروفیل a و نسبت کلروفیل a/b شد، ولی پس از کاربرد پلی‌آمین‌ها این دو شاخص افزایش یافت (Hajiboland and Ebrahimi, 2011). گزارش شده است که کاربرد خارجی اسپرمیدین در گیاه دارویی سنبل‌الطیب (*Valeriana officinalis*) سبب کاهش آسیب غشای سلولی، افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی می‌شود (Mustafavi *et al.*, 2015).

غلظت سدیم و کلر

اثر تنش شوری و پلی‌آمین بر محتوای سدیم معنی‌دار بود، هم‌چنین این صفت تحت تأثیر برهم‌کنش تنش شوری و پلی‌آمین در سطح احتمال ۵ درصد قرار گرفت (جدول ۲). با افزایش سطوح شوری ، میانگین غلظت سدیم با افزایش معنی‌داری همراه بود. بطوری‌که بالاترین غلظت سدیم مربوط به بالاترین سطح شوری و کم‌ترین غلظت آن مربوط به شاهد بود (جدول ۵). غلظت بحرانی برای بروز سمیت ناشی از عنصر سدیم معمولا ۰/۲۵ درصد گزارش شده است (Syvertsen *et al.*, 1988). نتایج ارائه شده در جدول ۵ نشان می‌دهد که غلظت‌های بحرانی برای بروز سمیت سدیم در سطوح شوری ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر آب اتفاق افتاده است. در تنش شوری ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، کم‌ترین میزان سدیم در تیمار اسپرمیدین ۱/۵ و ۰/۵ میلی‌مولار مشاهده شد (جدول ۵). از سوی دیگر در تنش شوری ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، تیمار پوترسین ۱/۵ و ۰/۵ میلی‌مولار سبب کاهش معنی‌دار محتوای سدیم نسبت به شاهد شد.

اثر تنش شوری و پلی‌آمین بر محتوای کلر معنی‌دار بود، هم‌چنین این صفت تحت تأثیر برهم‌کنش تنش شوری و پلی‌آمین در سطح احتمال ۵ درصد قرار گرفت (جدول ۲). با افزایش شوری میانگین غلظت کلر برگ بطور معنی‌داری افزایش پیدا کرد. معمولا علائم سمیت کلر زمانی ظاهر می‌شود که غلظت این یون به حدود ۱ درصد وزن خشک برگ برسد (جدول ۵). نتایج ارائه شده در جدول ۵ نشان می دهد که صرف نظر از پلی‌آمین مصرفی در تیمارهای شوری ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر غلظت کلر در اندام هوایی گیاه بیشتر از ۰/۲ درصد است. بنابراین سمیت ناشی از کلر و کاهش عملکرد گیاه دور از انتظار نیست. از سوی دیگر در شوری ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر با افزایش سطوح اسپرمیدین و پوترسین غلظت کلر کاهش یافت.

نتایج بدست آمده توسط محققان حاکی از این است که تنش شوری سبب اختلال در جذب مواد غذایی مورد نیاز رشد می‌شود و گیاهان در یک محیط شور، مقدار زیادی یون سدیم جذب می‌کنند (Attarzadeh *et al.*, 2015). نتایج این پژوهش نشان داد که در شرایط عدم تنش شوری و تیمارهای شوری ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر که گیاه زنیان سدیم و کلر کمتری جذب کرد، قادر به تولید عملکرد بیولوژیک بیشتری بود. محققان گزارش کردند که که تحمل گیاهان مختلف به شوری از جذب کمتر سدیم و کلر توسط ریشه و انتقال کم آن به اندام‌های هوایی ناشی می‌شود (Teakle and Tyerman, 2010). از سوی دیگر محققان گزارش کردند که کاربرد اسپرمیدین تجمع عناصر کلر و سدیم برگ را کاهش

داد. بنابراین باعث افزایش رنگدانه‌های کلروفیلی و افزایش شدت فتوسنتز گیاه شده که در نتیجه سبب بهبود عملکرد بیولوژیک گیاه می شود (Hosseini Farahi *et al.*, 2017). تاکنون مطالعات زیادی در رابطه با اثرات کاربرد خارجی پلی‌آمین‌ها روی گیاهان انجام نگرفته است. با این حال به نظر می‌رسد بخشی از اثرات پلی‌آمین‌ها از طریق تاثیر بر تنظیم کننده های رشد از جمله اکسین، اسید آبسیزیک و اتیلن مربوط بوده است (Guo *et al.*, 2018).

جدول ٦- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد بررسی

Table 6. Analysis of variance (mean square) for studied traits

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی DF	کلر Chloride	قند محلول Soluble sugar	پرولین Proline	کاتالاز Catalase	پراکسیداز Peroxidase
تنش شوری Salinity	3	4.10 **	44.0**	9.70**	31.90**	7.92**
پلی‌آمین Polyameins	4	0.08 **	6.15 ns	3.90 *	3.92 ns	0.85**
تنش شوری × پلی‌آمین Salinity × Polyameins	12	0.02 *	1.85 ns	0.80 **	2.10 ns	0.56 **
خطا Error	40	0.01	4.04	0.27	2.78	0.13
ضریب تغییرات C.V (٪)	_	13.7	14.5	10.9	15.5	14.4

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی‌دار.

** ,* and ns is significant at the 5 and 1 percent probability level, respectively and non-significant

قند محلول و پرولین

اثر تنش شوری بر قند محلول معنی‌دار بود، اما این صفت تحت تأثیر برهم‌کنش تنش شوری و پلی‌آمین قرار نگرفت (جدول ۶). میانگین قند محلول تا سطح تنش شوری ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر افزایش و پس از آن سبب کاهش قند محلول شد، بطوری‌که میزان کاهش قند محلول در تنش شوری ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نسبت به شاهد بدون تنش ۱۰/۶۶ درصد بود (جدول ۳).

اثر تنش شوری و پلی‌آمین بر پرولین معنی‌دار بود، هم‌چنین این صفت تحت تأثیر برهم‌کنش تنش شوری و پلی‌آمین در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت (جدول ۶). در تنش شوری ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، بیش‌ترین پرولین در تیمار اسپرمیدین ۱/۵ و ۰/۵ میلی‌مولار به ترتیب به میزان ۷/۲۱ و ۶/۹۳ میکرومول در گرم مشاهده شد (جدول ۵). هم‌چنین تیمار پوترسین ۱/۵ و ۰/۵ میلی‌مولار سبب افزایش معنی‌دار پرولین نسبت به شاهد شد. از سوی دیگر در شرایط تنش شوری ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، تیمار اسپرمیدین ۱/۵ و ۰/۵ میلی‌مولار سبب افزایش محتوای پرولین به میزان ۴۴/۵۶ و ۴۰/۱۶ درصد نسبت به شاهد شد (جدول ۵).

بنا به گزارش محققان افزایش میزان تنش شوری در گیاهان میزان فعالیت آنزیم ساکارز سنتتاز افزایش می‌یابد (Papakosta and Gagianas, 1991) و در نتیجه جهت تحمل به تنش شوری، قندهای الکلی ساده و مرکب به عنوان تنظیم کننده‌های اسمزی و محلول‌های سازگار تولید می‌شود (Attarzadeh *et al.*, 2015). محققان گزارش کردند که استفاده از پلی‌آمین‌ها مثل پوترسین و اسپرمیدین باعث تجمع پرولین برگ شد (Amraee Tabar *et al.*, 2016). در نتیجه افزایش تجمع پرولین نوعی پاسخ دفاعی حاصل شده به وسیله پلی‌آمین‌ها در برابر تنش‌های محیطی از جمله تنش شوری بوده که سبب بهبود رشد می‌شود (Jiménez-Bremont *et al.*, 2006).

کاتالاز و پراکسیداز

اثر تنش شوری بر کاتالاز معنی‌دار بود، اما این صفت تحت تأثیر برهم‌کنش تنش شوری و پلی‌آمین قرار نگرفت (جدول ۶). افزایش تنش شوری سبب افزایش میزان فعالیت کاتالاز شد، بطوری‌که میزان افزایش فعالیت کاتالاز در تنش شوری ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نسبت به شاهد ۲۸/۱۶ درصد بود (جدول ۳).

اثر تنش شوری و پلی‌آمین بر پراکسیداز معنی‌دار بود، هم‌چنین این صفت تحت تأثیر برهم‌کنش تنش شوری و پلی‌آمین در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت (جدول ۶). در تنش شوری ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، بیش‌ترین پراکسیداز در تیمار اسپرمیدین ۱/۵ و ۰/۵ میلی‌مولار به ترتیب به میزان ۳/۶۰ و ۳/۲۰ میکرومول بر دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین مشاهده شد (جدول ۵). هم‌چنین تیمار پوترسین ۱/۵ میلی‌مولار سبب افزایش معنی‌دار پراکسیداز نسبت به شاهد شد. در شرایط عدم تنش شوری و شوری ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف ترکیبات پلی‌آمین وجود نداشت (جدول ۳).

گزارش شده است که که گیاهان با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در شرایط شوری میزان انواع اکسیژن فعال را کنترل نموده و تحمل به تنش را افزایش می‌دهند. فعالیت بالای آنزیم‌های آنتی اکسیدان سبب کاهش شاخص‌های تنش اکسیداتیو در شرایط شوری می‌شوند (Attarzadeh *et al.*, 2017). از سوی دیگر پلی‌آمین‌ها می‌توانند از طریق جذب رادیکال‌های آزاد، ثبات و پایداری پروتئین‌ها در افزایش تحمل گیاهان به تنش شوری نقش ایفا کنند (Takahashi *et al.*, 2018). محققان گزارش کردند که پلی‌آمین‌ها مثل

پوترسین و اسپرمیدین صدمات اکسایشی ناشی از تنش را به وسیله افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی و جلوگیری از پراکسیداسیون لیپیدی غشا کاهش می‌دهند (Amraee Tabar *et al*., 2016). فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز برنج با کاربرد پوترسین و اسپرمیدین به طور چشمگیری افزایش یافت که تیمار اسپرمیدین نسبت به پوترسین تاثیر بیشتری بر افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی داشت (Farooq *et al*., 2009).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که با افزایش سطوح تنش شوری غلظت یون‌های سدیم و کلر در اندام هوایی گیاه تا حد سمیت افزایش یافت که به نوبه خود کاهش معنی‌دار عملکرد بیولوژیکی و زایشی را بدنبال داشت. در حالی‌که ترکیبات پلی‌آمین اسپرمیدین ۱/۵ و ۰/۵ میلی‌مولار تأثیر محسوسی بر کاهش غلظت سدیم و کلر اندام هوایی داشت، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که بخشی از اثر اسپرمیدین در بهبود رشد گیاه به علت تأثیر آن بر کاهش جذب سدیم و کلر است. هم‌چنین شوری محتوای کلروفیل a و b را در گیاه کاهش داد. بنابراین تأثیر سوء شوری بر رشد گیاه علاوه بر افزایش غلظت یون‌های سمی سدیم و کلر تا حدی نیز مربوط به کاهش محتوای کلروفیل است. از سوی دیگر ترکیبات پلی‌آمین پوترسین و بالاخص اسپرمیدین از طریق افزایش تنظیم کننده‌های اسمزی مثل قند محلول و پرولین و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی کاتالاز و پراکسیداز سبب کاهش تأثیر شوری شد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تأثیر ترکیبات پلی‌آمین در بهبود اثرات سوء شوری تا حدی مرتبط با بهبود ویژگی‌های فیزیولوژیکی در شرایط شور است. هم‌چنین به نظر می‌رسد که در شرایط تنش شوری، ترکیبات پلی‌آمین اسپرمیدین نسبت به پوترسین بهتر عمل نموده است.

Refferences **فهرست منابع**

Amraee Tabar, S., Ershadi, A., and Robati, T. 2016. The Effect of Putrescine and Spermine on Drought Tolerance of Almond and Peach. Journal of Crops Improvement 18(1): 203-218. (in Persian with English abstract).

Arnon, D. E. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenol oxidase (*Beta vulgaris*). Plant Physiology 24: 1-15.

Attarzadeh, M., Movahhedi Dehnavi, D.M., and Ghaffarian, H.M. 2017. Comparison of the effect of water deficit and salt stresses on the growth, sodium and potassium content of wheat (*Triticum aestivum* L.). Cereal Research 6(4): 465-476. (in Persian with English abstract).

Attarzadeh, M., Rahimi, A., Torabi, B., and Dashti, H. 2015. Effect of $Ca(NO_3)_2$, KH_2PO_4, and $MnSO_4$ foliar application on ion accumulation and physiological traits of safower under salt stress. Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi) 107: 133-142. (in Persian with English abstract).

Baniasadi, F., Saffari, V.R., and Maghsoudi Moud, A.A. 2015. Effect of putrescine and salinity on morphological and biochemical traits and pigment content of marigold plant (*Calendula officinalis* L.). Journal of Soil and Plant Interactions 6, 125-134.

Bates, L. S., Waldren, R. P., and Tear, I. D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.

Boskabady, M. H., Alitaneh, S., and Alavinezhad, A. 2014. *Carum copticum* L.: a herbal medicine with various pharmacological effects. BioMed research international ID 569087. 1-11.

Cakmak, I., and W. Horst. 1991. Effect of aluminum on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities in root tip of soybean. Plant Physiology 83: 463-468.

Dos Santos Silva, M. L., De Sousa, H. G., Dos Santos Silva, M. L., De Lacerda, C. F., and Filho, E. G. 2019. Growth and photosynthetic parameters of saccharine sorghum plants subjected to salinity. Acta Scientiarum. Agronomy 41: 1-10.

Farooq, M., Wahid, A., and Lee, D. J. 2009. Exogenously applied polyamines increase drought tolerance of rice by improving eaf water status, photosynthesis and membrane properties. Acta Physiologiae Plantarum 31: 937-945.

Ghaffarian, M.R., Yadavi, A., Dehnavi, M.M., Nassab, A.D.M., and Salehi, M. 2020. Improvement of physiological indices and biological yield by intercropping of Kochia (*Kochia scoparia*), Sesbania (*Sesbania aculeata*) and Guar (*Cyamopsis tetragonoliba*) under the salinity stress of irrigation water. Physiology and Molecular Biology of Plants 26, 1319-1330.

Ghanati, F., Morita, A., and H. Yokota. 2002. Induction of suberin and increase of liginin content by exess Boron in Tabacco cell. Soil Science 48: 357-364.

Gill, S.S., and Tuteja, N. 2010. Polyamines and abiotic stress tolerance in plants. Plant signaling and behavior 5, 26-33.

Grattan, S. 2002. Irrigation water salinity and crop production. UCANR Publications.

Guo, J., Wang, S., Yu, X., Dong, R., Li, Y., Mei, X., and Shen, Y. 2018. Polyamines regulate strawberry fruit ripening by abscisic acid, auxin, and ethylene. Plant physiology 177, 339-

351.

Hajiboland, R., and Ebrahimi, N. 2011. Growth, photosynthesis and phenolics metabolism in tobacco plants under salinity and application of polyamines. Journal of Plant Biology 3(8): 13-26.

Hosseini Farahi, M., Dastyaran, M., and Yosefi, F. 2017. Effect of polyameins (pas) and humic acid (ha) on growth, yield and concentration of mineral elements in shoot and root of strawberry. Iranian Journal of Horticultural Science and Technology, 18 (2): 209-220. (in Persian with English abstract).

Jiménez-Bremont, J., Becerra-Flora, A., Hernández-Lucero, E., Rodríguez-Kessler, M., Acosta-Gallegos, J.A., and Ramírez-Pimentel, J. 2006. Proline accumulation in two bean cultivars under salt stress and the effect of polyamines and ornithine. Biologia Plantarum 50, 763-766.

Kaur-Sawhney, R., Tiburcio, A.F., Altabella, T., and Galston, A.W. 2003. Polyamines in plants: an overview. Journal of Cell and Molecular Biology 2, 1-12.

Khare, T., Srivastav, A., Shaikh, S., and Kumar, V. 2018. Polyamines and their metabolic engineering for plant salinity stress tolerance. Salinity Responses and Tolerance in Plants, Volume 1. Springer, pp. 339-358.

Mustafavi, S.H., Shekari, F., Nasiri, Y., and Hatami-Maleki, H. 2015. Nutritional and Biochemical Response of Water-stressed Valerian Plants to Foliar Application of Spermidine. Biological Forum–An International Journal 7(1): 1811-1815.

Nelson, N. 1944. A photometric adaptation of the Smoggy method for the determination of sugars. Journal Biology Chemistry 153: 375-380.

Nourafcan, H., and Shahmoradi, M. 2014. The effect of seed priming by salicylic acid and nano-iron chelate on germination and initial growth of lentil under salinity stress. Agroecology Journal 10(2): 65-75

Papakosta, D. K., and Gagianas, A. A. 1991. Nitrogen and dry matter accumulation remobilization and losses for Mediterranean's wheat during grain filling. Agronomy Journal 83: 864-870.

Patterson, B., Macrae, E., and Ferguson, I. 1984. Estimation of hydrogen peroxide in plant extracts using titanium (IV). Annual Biochemical 139: 487-492.

Rathinapriya, P., Pandian, S., Rakkammal, K., Balasangeetha, M., Alexpandi, R., Satish, L., Rameshkumar, R., and Ramesh, M. 2020. The protective effects of polyamines on salinity stress tolerance in foxtail millet (*Setaria italica* L.), an important C4 model crop. Physiology and Molecular Biology of Plants 26, 1815-1829.

Romero, F.M., Maiale, S.J., Rossi, F.R., Marina, M., Ruíz, O.A., and Gárriz, A. 2018. Polyamine metabolism responses to biotic and abiotic stress. Polyamines. Springer, pp. 37-49.

Sharma, A., Slathia, S., Choudhary, S.P., Sharma, Y.P., and Langer, A. 2014. Role of 24-epibrassinolide, putrescine and spermine in salinity stressed *Adiantum capillus-veneris* leaves. Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences 84, 183-192.

Sugiyama, Y., Nara, M., Sakanaka, M., Gotoh, A., Kitakata, A., Okuda, S., and Kurihara, S. 2017. Comprehensive analysis of polyamine transport and biosynthesis in the dominant human gut bacteria: Potential presence of novel polyamine metabolism and transport genes. The international journal of biochemistry and cell biology 93: 52-61.

Syvertsen, J. P., Lloyd, J., and Kriedemann, E. 1988. Salinity and drought effects on foliar ion concentration, water relations, and photosynthetic characteristics of orchard citrus. Australian Journal of Agricultural Research 39: 619-627.

Tabatabaei, S. J. 2006. Effects of salinity and N on the growth, photosynthesis and N status of olive (*Olea europaea* L.) trees. Scientia Horticulturae 108: 432-438.

Tajti, J., Janda, T., Majláth, I., Szalai, G., and Pál, M. 2018. Comparative study on the effects of putrescine and spermidine pre-treatment on cadmium stress in wheat. Ecotoxicology and environmental safety 148, 546-554.

Takahashi, Y., Tahara, M, Yamada, Y., Mitsudomi, Y., and Koga, K. 2018. Characterization of the Polyamine Biosynthetic Pathways and Salt Stress Response in *Brachypodium distachyon*. Journal of plant growth regulation 37: 10-634.

Teakle, N. L., and Tyerman, S. D. 2010. Mechanisms of Cl transport contributing to salt tolerance. Plant, Cell and Environment 33: 566–589.

Valero, D., Martinez-Romero, D., and Serrano, M. 2002. The role of polyamines in the improvement of shelf life of fruits. Trends in Food Science andTechnology 13: 228-234.

Zayed, B. A., Salem, A. K. M., and El-Sharkawy, H. M. 2011. Effect of different micronutrient treatments on rice (*Oriza sativa* L.) growth and yield under saline soil conditions. World Journal of Agricultural Sciences 7: 179-184.

Zorb, C., Geilfus, C.M., and Dietz, K.J. 2019. Salinity and crop yield. Plant biology 21, 31-38.

ISSN NO: 2008-8485

Journal of Agronomy and Plant Breeding
Vol 15. No. 3, 2019

Study of improvements in the biological yield and the physiologic indicators of Ajwan (*Carum copticum* L.) As affected by application of polyamines in the Salt stress Conditions

Ali Reza Dadgar[1], Mohammad Rahim Owji [2]

Received date: 19 August 2020 Accepted date: 5 February 2021

Abstract

This experiment was conducted to study the improvement of biological yield and physiological indicators of Ajwan by application of polyamines under salt stress conditions in 2018. A factorial study was conducted with a randomized complete design with two factors and three replications. The first factor included four levels of water salinity including the control (without salt stress) and salinities of 1000, 2000 and 3000 mg/l. The second factor included five levels of using zero polyamine, 0.5 and 1.5 mmol/l putrescine and 0.5 and 1.5 mmol/l spermidine. The results showed that increasing the salinity levels resulted in a reduction of the height, the biological yield, the lateral branch and the number of umbels in the plant. The lowest amount of chlorophyll a and b and the highest sodium and chloride content in the salt stress of 3000 mg/l was observed. Under salt stress of 2000 mg/l, the spermidine treatment as 1.5 and 0.5 mmol/l led to an increase in the proline content to the amounts of 44.56 and 40.16% as compared with that of the control. Also, the highest peroxidase in the spermidine treatment of 1.5 and 0.5 mmol/l was observed in the amounts of 3.60 and 3.20 micromoles per minute protein. Therefore, the polyamine compounds lead to the reduction of the salt stress effects through improvement in the physiologic characteristics, including increase in the osmotic adjusting compounds and the activity of antioxidant enzymes. Moreover, the polyamine compound of spermidine has a better function than putrescine.

Keywords: Sodium, Chloride, Proline, Dry weight, Catalase.

[1]- PhD . Student of Agro technology, Fasa Branch, Islamic Azad University, Fasa, Iran.
2- Assistant Prof, Department of Ariculture, Fasa Branch, Islamic Azad University, Fasa, Iran.
* Corresponding author: rahimowji@gmail.com