

تأثیر محلول پاشی پوترسین بر زیست توده، محتوای نسبی آب برگ و میزان عناصر معدنی ریحان (*Ocimum basilicum* L. cv. Genove) تحت تنش شوری

سارا فرسرای، لیلا مهدی زاده^۱، محمد مقدم^{۱*}، حسن ابراهیمی^۲

^۱ گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

^۲ گروه خاکشناسی شرکت کشاورزی و دامپروری کاوندیش نیشابور

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۲۵، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۷/۰۸/۱۹)

چکیده

به منظور بررسی اثر محلول پاشی پوترسین بر برخی خصوصیات رشدی و میزان عناصر غذایی ریحان رقم ژنو (*Ocimum basilicum* L. cv. Genove) تحت تنش شوری آزمایش گلدانی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۶ انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل چهار سطح شوری آب آبیاری (صفر، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی مولار سدیم کلرید) و سه سطح محلول پاشی پوترسین (صفر، ۱ و ۲ میلی مولار) در سه تکرار بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل شوری و پوترسین بر همه صفات مورد مطالعه معنی دار شد. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین وزن خشک اندام هوایی (۴/۰۳ گرم)، محتوای نسبی آب برگ (۷۲/۲ درصد)، فسفر (۱/۵ درصد)، پتاسیم (۱/۷ درصد)، روی (۲۲/۳ میلی گرم در کیلوگرم)، کلسیم (۱/۳۱ درصد)، منیزیم (۰/۵۳ درصد) و منگنز (۸۹/۰۵ میلی گرم در کیلوگرم) در تیمار بدون شوری و محلول پاشی ۲ میلی مولار پوترسین مشاهده شد. در حالیکه بیشترین میزان سدیم (۰/۹ درصد) در تیمار شوری ۱۲۰ میلی مولار و بدون محلول پاشی پوترسین مشاهده شد و پوترسین ۲ میلی مولار آن را کاهش داد. در شرایط تنش شوری پوترسین جذب عناصر معدنی را در گیاه بهبود بخشید و موجب افزایش وزن تر و خشک اندام هوایی و محتوای نسبی آب برگ ریحان گردید اما در اغلب صفات تفاوت معنی داری بین دو غلظت پوترسین مشاهده نشد.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم، سدیم، نیتروژن، وزن تر و خشک

مقدمه

تحت کشت آبی را شامل می‌شود (Munns, 2002). در مناطق خشک و نیمه‌خشک از جمله ایران اثر شوری به علت بارندگی کم در این مناطق و در مقابل بالا بودن میزان تبخیر و تعرق و بر جای ماندن املاح در سطح خاک شدیدتر است و روز به روز بر شدت آن افزوده می‌شود (معاونی، ۱۳۸۹). شوری ناشی از عوامل اولیه و ثانویه است که از عوامل اولیه می‌توان به نفوذ آب شور دریا در امتداد سواحل، وجود دریاچه‌های نمکی و

تنش شوری یکی از مهمترین عوامل کاهنده رشد گیاهان به خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان است. امروزه گزارش شده است که ۷ درصد از کل زمین‌های کره زمین و ۲۰ درصد از کل زمین‌های زراعی تحت تنش شوری قرار دارند (Rasool et al., 2013) و ایران دارای سطحی حدود ۴۴ میلیون هکتار اراضی شور است که متجاوز از ۵۰ درصد اراضی

* نویسنده مسئول، نشانی پست الکترونیکی: m.moghadam@um.ac.ir

تحت تنش شوری موجب افزایش مواد معدنی از جمله فسفر، نیتروژن، پتاسیم و کلسیم شد که از این طریق مقاومت گیاه به شوری را افزایش داد (Hanafy Ahmad *et al.*, 2013).

ریحان با نام علمی *Ocimum basilicum* L. گیاهی یکساله و علفی با کاربرد دارویی، ادویه‌ای و سبزی متعلق به خانواده نعناعیان (Lamiaceae) است (امیدییگی، ۱۳۷۵؛ Labra *et al.*, 2004). ریحان از سالیان قبل به صورت سنتی برای درمان سردرد، سرفه، اسهال، انگل، زگیل، ناراحتی‌های کلیوی و بزرگ‌شدن طحال استفاده می‌شود. همچنین از آن به‌عنوان گیاهی ضدنفخ، افزایش‌دهنده شیر مادران و اشتهاآور یاد می‌شود (Labra *et al.*, 2004؛ امیدییگی، ۱۳۷۵).

تنش شوری موجب اختلال در عملکرد گیاه و کاهش میزان عناصر معدنی در آن می‌شود. با توجه به اثرات مفید پوترسین در کاهش اثرات مضر تنش شوری بر گیاه و اهمیت گیاه ریحان بررسی‌ها نشان می‌دهد که تا کنون تحقیقی مبنی بر استفاده از پوترسین تحت تنش شوری در گیاه ریحان انجام نشده است. بنابراین هدف از این تحقیق بررسی اثر محلول‌پاشی پوترسین بر زیست‌توده اندام هوایی، محتوای نسبی آب برگ و میزان جذب عناصر غذایی ریحان تحت تنش شوری است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر پوترسین بر وزن تر و خشک اندام هوایی، محتوای نسبی آب برگ و میزان جذب عناصر ریحان تحت تنش شوری آزمایش‌گلدانی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد در فروردین ماه سال ۱۳۹۶ انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل چهار سطح شوری آب آبیاری (صفر، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی مولار به‌ترتیب معادل صفر، ۳/۵، ۷ و ۱۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر) (بهاری ساروی و همکاران، ۱۳۹۵) و سه سطح پوترسین به‌صورت محلول‌پاشی برگی با غلظت‌های صفر، ۱ و ۲ میلی‌مولار (بنی‌اسدی و همکاران، ۱۳۹۳) در سه تکرار بود. بذور ریحان رقم ژنو (*Ocimum basilicum* L. cv. Genove)

تبخیر آنها و بر جای ماندن املاح، فرسایش سنگ‌ها و غیره اشاره کرد. از عوامل ثانویه می‌توان به فعالیت‌های انسانی از جمله سیستم‌های نامناسب آبیاری، استفاده از آب‌های بی‌کیفیت و نبود زهکش مناسب اشاره نمود (Rasool *et al.*, 2013). نتایج حاصل از پژوهش‌های قبلی نشان دادند که افزایش سطح شوری موجب کاهش رشد و وزن تر و خشک در گیاه مرزه تابستانه (رضایی چپایه و همکاران، ۱۳۹۴)، ریحان (Delavari *et al.*, 2014؛ افشار و لادن مقدم، ۱۳۹۴) و مریم‌گلی (کاشفی و همکاران، ۱۳۹۳) شد. در هنگام افزایش تنش شوری میزان یون سدیم در اندام هوایی شنبلیله افزایش یافت و در مقابل یون‌های کلسیم، پتاسیم و نسبت‌های کلسیم به سدیم و پتاسیم به سدیم در گیاه کاهش یافت (ارچنگی و همکاران، ۱۳۹۱).

پلی‌آمین‌ها گروهی از ترکیبات آلی پلی‌کاتیونی با وزن مولکولی کم و دارای دو یا چند گروه آمینی هستند و تقریباً در تمام موجودات زنده یافت می‌شوند که شامل انواع مختلفی همچون پوترسین (دی‌آمین)، اسپرمیدین (تری‌آمین) و اسپرمین (تتراآمین) هستند (Tang and Newton, 2005). از این میان پوترسین با فرمول $C_4H_{12}N_2$ از پلی‌آمین‌های غالب در گیاهان بوده و پیش‌ساز پلی‌آمین اسپرمیدین و اسپرمین است. پوترسین دارای جرم مولی ۸۸/۱۵ گرم بر مول و دمای ذوب ۲۷/۵ درجه سانتی‌گراد و دمای جوش ۱۵۸/۶ درجه سانتی‌گراد و قابل حل در آب است. درصد نیتروژن موجود در ساختمان پوترسین ۳۱/۷۶ درصد می‌باشد (Bouchereau *et al.*, 1999).

پلی‌آمین‌ها باعث تنظیم فعالیت آنزیم‌ها می‌شوند (Asthir *et al.*, 2010). این ترکیبات به مولکول‌های مختلف آنیونی از جمله اسیدهای نوکلئیک و فسفولیپیدها متصل می‌شوند و بنابراین برای رشد و تمایز ضروری هستند (Shawney *et al.*, 2003; Sanazzaro *et al.*, 2003). کاربرد پلی‌آمین‌ها به‌عنوان یک روش مناسب برای کاهش خسارات ناشی از تنش شوری در نظر گرفته شده است و کاربرد آن در شرایط شوری در گیاه همیشه‌بهار سبب بهبود ویژگی‌های این گیاه گردید (Chattopadhyay *et al.*, 2002). کاربرد پوترسین در گیاه پنبه

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

بافت خاک	اسیدیته خاک	هدایت الکتریکی (dS.m ⁻¹)	کربن آلی	نیتروژن	کلسیم	منیزیم	سدیم	کلر	فسفر	پتاسیم
			(%)		(%)				(mg/kg)	
لومی شنی	۷/۵۵	۴/۰۹	۰/۶۶	۰/۰۵۷	۱۲/۴	۸/۲	۲۷	۱۶	۲۴/۶	۲۰۲

از شرکت InterSemillas (Valencia, Spain) اسپانیا تهیه و در گلدان‌هایی با قطر دهانه ۳۰ و ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر در عمق ۰/۵ سانتی‌متری کشت شدند. مشخصات خاک مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است. پس از سبزشدن بذور و استقرار گیاهان تنک بوته‌ها انجام شد به طوریکه در نهایت ۴ بوته در هر گلدان باقی ماند. در مرحله ۵ - ۶ برگی تیمارهای شوری به همراه آبیاری اعمال شد و تا انتهای آزمایش ادامه یافت. آبیاری با فاصله هر دو تا سه روز یکبار و با توجه به خشکی خاک انجام شد. به منظور جلوگیری از وارد شدن شوک ناگهانی به گیاهان اعمال شوری از پایین‌ترین سطح (۴۰ میلی‌مولار) انجام شد و به تدریج سطوح بالاتر شوری اعمال گردید. محلول پاشی برگی با پوترسین در دو مرحله قبل از گلدهی و بعد از گلدهی انجام شد.

از شرکت InterSemillas (Valencia, Spain) اسپانیا تهیه و در گلدان‌هایی با قطر دهانه ۳۰ و ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر در عمق ۰/۵ سانتی‌متری کشت شدند. مشخصات خاک مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است. پس از سبزشدن بذور و استقرار گیاهان تنک بوته‌ها انجام شد به طوریکه در نهایت ۴ بوته در هر گلدان باقی ماند. در مرحله ۵ - ۶ برگی تیمارهای شوری به همراه آبیاری اعمال شد و تا انتهای آزمایش ادامه یافت. آبیاری با فاصله هر دو تا سه روز یکبار و با توجه به خشکی خاک انجام شد. به منظور جلوگیری از وارد شدن شوک ناگهانی به گیاهان اعمال شوری از پایین‌ترین سطح (۴۰ میلی‌مولار) انجام شد و به تدریج سطوح بالاتر شوری اعمال گردید. محلول پاشی برگی با پوترسین در دو مرحله قبل از گلدهی و بعد از گلدهی انجام شد.

$$PPM = v \times 0.005 \times 50 \times 14 \times 1000 / (20 \times 0.3)$$

$$N = PPM / 10000$$

در این فرمول v معادل میلی‌لیتر اسید مصرفی جهت تیتراسیون است.

تهیه عصاره هضم‌شده گیاهی: عصاره گیاهی به این صورت تهیه شد که ابتدا مقدار ۰/۳ گرم نمونه آسیاب‌شده گیاه وزن و داخل کروزه ریخته شد سپس کروزه به مدت چهار ساعت در کوره الکتریکی با دمای ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از سرد شدن کروزه خاکستر حاصل داخل بشر ۱۰۰ میلی‌لیتری ریخته و مقدار ۱۰ میلی‌لیتر کلریدریک اسید ۰/۱ نرمال به ظرف اضافه گردید. سپس به مدت ۱۰ دقیقه بر روی هیتر با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد گذاشته شد و با استفاده از آب مقطر حجم نمونه به ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد.

اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم: میزان سدیم و پتاسیم موجود در عصاره گیاهی به وسیله شعله سنجی و توسط دستگاه فلیم فتومتر تعیین گردید (امامی، ۱۳۷۵).

اندازه‌گیری فسفر: به ۰/۵ میلی‌لیتر عصاره هضم‌شده، ۴ میلی‌لیتر محلول B (۱/۰۵۶ گرم آسکوربیک اسید به ازای هر

اندازه‌گیری صفات در مرحله ۸۰ درصد گلدهی انجام شد. صفات مورد اندازه‌گیری شامل وزن تر و خشک اندام هوایی، محتوای نسبی آب برگ، میزان جذب نیتروژن، پتاسیم، فسفر، کلسیم، منیزیم، آهن، روی، منگنز، سدیم و کلر بودند. وزن تر و خشک اندام هوایی با ترازویی (مدل GF-400) به دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ (RWC): ابتدا وزن تر نمونه برگ (FW) گرفته شد و سپس نمونه را به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق داخل آب مقطر غوطه‌ور قرار داده و پس از این زمان وزن آماس نمونه (TW) خوانده شد. سپس نمونه‌ها ۴۸ ساعت درون آون (مدل E240) با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و وزن خشک (DW) به دست آمد (Sanchez et al., 1998) و در فرمول زیر قرار گرفت:

$$RWC = [(FW - DW) / (TW - DW)] \times 100$$

اندازه‌گیری نیتروژن: جهت اندازه‌گیری درصد نیتروژن

۲۰۰ میلی‌لیتر محلول A (۰/۰۷۲۷ گرم پتاسیم آنتی‌مولی تارتارات، ۳ گرم هپتامولبیدات آمونیوم و ۳۴/۵ میلی‌لیتر سولفوریک اسید غلیظ را با آب مقطر به حجم ۵۰۰ میلی‌لیتر می‌رسانیم) اضافه کرده و نمونه را به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رساندیم. سپس درصد جذب نوری برای نمونه را با دستگاه اسپکتروفوتومتر با طول‌موج ۶۶۰ نانومتر خوانده شد (Murphy and Riley, 1962).

اندازه‌گیری کلر: به‌منظور اندازه‌گیری کلر ابتدا ۰/۲ گرم نمونه خشک گیاهی کاملاً پودر شد و به‌مدت ۳۰ دقیقه با آب مقطر عصاره‌گیری انجام شد و از این عصاره تهیه‌شده برای اندازه‌گیری کلر به‌روش نترات نقره و کلرور جیوه استفاده شد (Staples and Toennissen, 1984).

اندازه‌گیری عناصر آهن، روی، منیزیم، کلسیم و منگنز به روش جذب اتمی شعله‌ای (A. A. S) انجام گرفت (Parham et al., 2002).

آنالیز داده‌ها با نرم‌افزار Minitab17 انجام شد. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از روش ANOVA انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون Bonferroni در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel 2016 استفاده شد.

نتایج و بحث

زیست‌توده اندام هوایی: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل شوری و پوترسین در سطح احتمال ۱ درصد بر وزن تر و خشک اندام هوایی معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و پوترسین نشان داد محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۲ میلی‌مولار توانست وزن خشک اندام هوایی برگ را نسبت به شاهد در بالاترین سطح شوری (۱۲۰ میلی‌مولار) به‌صورت معنی‌دار افزایش دهد اما در مورد وزن تر اندام هوایی نتوانست اثر معنی‌داری از خود بر جای بگذارد (شکل ۱ و ۲). بررسی‌ها نشان داد که تنش شوری موجب کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی در گیاه مرزه (جبالبارزی و همکاران، ۱۳۹۴)، ریحان (کرامتی و

همکاران، ۱۳۹۵)، بادرنجبویه (گرگینی شبانکار، ۱۳۹۴) و شمع‌دانی معطر (پیرانوند و همکاران، ۱۳۹۴) شد که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. تنش شوری موجب کاهش صفات مورفولوژیکی پنبه گردید و کاربرد پوترسین این صفات را بهبود بخشید (Hanafy Ahmad et al., 2013) که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. در هنگام تنش شوری گونه‌های فعال اکسیژن افزایش می‌یابد که این افزایش موجب ایجاد اختلال در سیستم انتقال الکترون شده و به این صورت از رشد گیاه می‌کاهد و کاهش رشد، کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی را در پی دارد (Sofa et al., 2005). همچنین تنش شوری باعث می‌شود تا گیاه آب موجود در بافت‌های خود را از دست بدهد و دچار پلاسمولیز شود که این عامل سبب کاهش وزن تر اندام هوایی خواهد شد (عمارت پرداز و همکاران، ۱۳۹۵). موارد مذکور می‌تواند دلیلی بر کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی در این تحقیق باشد. محلول‌پاشی با پوترسین در شرایط شوری سبب افزایش وزن تر و خشک گیاه کتان گردید (El-Iethy et al., 2010) که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت داشت. اتیلن و پلی‌آمین‌ها دارای پیش‌ماده مشترک برای سنتز هستند و با ساخت پلی‌آمین‌ها در گیاه، ساخت اتیلن در گیاه کاهش می‌یابد و با کاهش میزان اتیلن تخریب رنگیزه‌های فتوسنتزی نیز کاهش می‌یابد و در نتیجه موجب بهبود رشد گیاه می‌شود (Alcazar et al., 2006). همچنین علت دیگر افزایش رشد گیاه با کاربرد پلی‌آمین تحت تنش شوری می‌تواند ناشی از این باشد که با کاربرد پوترسین میزان پلی‌آمین‌ها در مریستم انتهایی گیاه افزایش می‌یابد و در نتیجه رشد گیاه را نسبت به گیاه تیمارنشده با پوترسین افزایش می‌دهد (Farooq et al., 2009). علاوه بر این پوترسین می‌تواند به‌عنوان یک منبع نیتروژن عمل کرده (پوترسین در ساختار خود حاوی ۳۱/۷۶ درصد نیتروژن است) و به این طریق رشد رویشی گیاه را افزایش دهد و افزایش وزن تر و خشک اندام هوایی در این تحقیق می‌تواند به این علت باشد (Mahros et al., 2011). همچنین پلی‌آمین‌ها گونه‌های فعال اکسیژن تولیدشده در گیاه را از بین برده و خسارات ناشی از

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر کاربرد تنش شوری و پوترسین بر صفات مورد مطالعه در گیاه ریحان

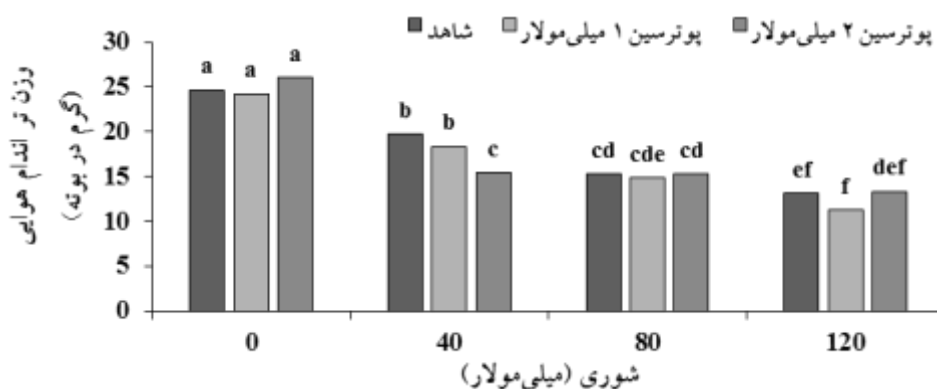
میانگین مربعات							df	منابع تغییرات
پتاسیم	فسفر	نیترोजن	محتوی نسبی آب برگ	وزن خشک اندام هوایی	وزن تر اندام هوایی			
۷/۶**	۱/۴**	۱/۱۶*	۱۹۶۹/۳**	۶/۱**	۷۲۹/۶**	۳	شوری	
۰/۱۶**	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۵۸ ^{ns}	۹۲/۶**	۲/۰**	۵۴/۸**	۲	پوترسین	
۰/۴**	۰/۳**	۱/۲۵**	۷۹۳/۱**	۵/۳**	۳۰/۶**	۳	شوری × پوترسین	
۰/۱۳	۰/۱	۰/۱۶	۶۸/۹	۰/۴	۱۰/۷	۲۴	خطا	
۲۲/۲۱	۱۹/۴۹	۱۰/۳۹	۹/۴۷	۱۰/۱۷	۱۷/۵۳		ضریب تغییرات	

**،* و ^{ns} به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و بدون اختلاف معنی دار

ادامه جدول ۲-

میانگین مربعات							df	منابع تغییرات
کلر	منگنز	آهن	روی	منیزیم	کلسیم	سدیم		
۲۶/۱۰**	۴۲۴۴/۱**	۶۷/۲۸**	۲۴۰/۱**	۰/۱**	۰/۱۸**	۰/۰۵**	۳	شوری
۳۰/۲۶**	۶۲۸/۱**	۱۶/۶۴**	۳۳/۲**	۰/۰۳**	۰/۰۰۷ ^{ns}	۰/۰۶**	۲	پوترسین
۵/۵۶**	۱۳۰۰/۶**	۲۷/۳۴**	۳۱۲/۶**	۰/۰۹**	۰/۱۳**	۱/۰۷**	۳	شوری × پوترسین
۱/۰۷	۲۳۷/۳	۱/۲۶	۱۵/۹	۰/۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۲	۲۴	خطا
۵/۰۰۵	۲۱/۶۳	۱۵/۱۰	۲۲/۷	۲۱/۲۲	۱۹/۷۱	۲۲/۴۸		ضریب تغییرات

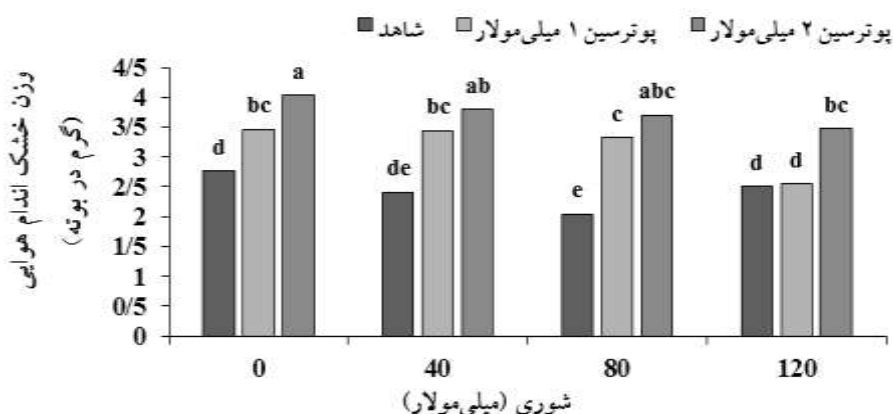
**،* و ^{ns} به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و بدون اختلاف معنی دار



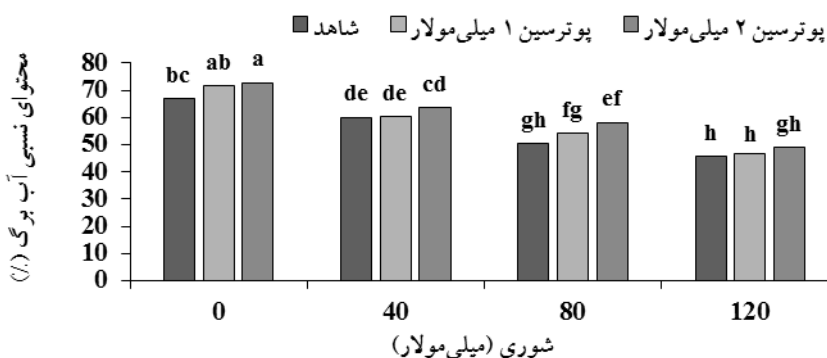
شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل کاربرد پوترسین و شوری بر وزن تر اندام هوایی گیاه ریحان رقم ژنو. حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی دار بر اساس آزمون Bonferroni در سطح احتمال ۵ درصد است.

واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات متقابل شوری و پوترسین در سطح احتمال ۱ درصد بر محتوای نسبی آب برگ معنی دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و

تنش را کاهش می‌دهند که نتایج این تحقیق نیز این امر را اثبات می‌کند (Mahros et al., 2011). محتوای نسبی آب برگ (RWC): نتایج حاصل از تجزیه



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل کاربرد پوترسین و شوری بر وزن خشک اندام هوایی گیاه ریحان رقم ژنو. حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی دار براساس آزمون Bonferroni در سطح احتمال ۵ درصد است.



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل کاربرد پوترسین و شوری بر محتوی نسبی آب برگ گیاه ریحان رقم ژنو. حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی دار براساس آزمون Bonferroni در سطح احتمال ۵ درصد است.

این رو با گذشت زمان محتوای نسبی آب برگ کاهش می یابد (Munns et al., 2006). همچنین کاهش محتوای نسبی آب برگ می تواند به علت تجمع یون های سدیم و کلر باشد که این عوامل می تواند دلیل کاهش RWC ریحان در این تحقیق باشد. پلی آمین ها باعث افزایش محتوای نسبی آب برگ در گیاه رز شدند و دلیل افزایش محتوای نسبی آب در این گیاه و همچنین ریحان مورد مطالعه در این تحقیق توسط پوترسین می تواند به این علت باشد که پلی آمین ها سبب افزایش نفوذپذیری غشاء به کلسیم شده و میزان آن را در گیاه افزایش می دهند و این افزایش کلسیم باعث غیرفعال کردن ورود یک سویه پتاسیم از غشاء شده و همین امر سبب تحریک بسته شدن روزنه ها و در پی آن کاهش از دست رفتن آب گیاه شود و محتوای نسبی آب برگ افزایش یابد (Rubinowska et al., 2012).

پوترسین نشان داد که با تیمار ۲ میلی مولار پوترسین RWC نسبت به شاهد در تیمار بدون شوری افزایش یافت (شکل ۳). نتایج تحقیقات نشان داد که تنش شوری موجب کاهش محتوای نسبی آب برگ در ریحان (بهاری ساروی و همکاران، ۱۳۹۵)، شمعدانی معطر (پیرواند و همکاران، ۱۳۹۴)، آویشن باغی (حسینی و همکاران، ۱۳۹۵) و مرزه تابستانه (رضایی چیاغه و همکاران، ۱۳۹۴) گردید. تنش شوری باعث کاهش RWC در گیاه همیشه بهار گردید و استفاده از پوترسین در میزان بسیار کم سبب افزایش این صفت شد (بنی اسدی و همکاران، ۱۳۹۳). تمام موارد بررسی شده با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. با افزایش سطح شوری جذب آب توسط برگ ها کاهش می یابد و از سوی دیگر این کاهش سبب می شود تا گیاه نتواند محتوای آب برگ خود را حفظ کند و از

محلول پاشی پوترسین با غلظت ۲ میلی مولار مشاهده شد و همچنین کاربرد پوترسین با غلظت ۲ میلی مولار در بالاترین سطح شوری توانست میزان کلسیم را نسبت به شاهد ۲۸/۸۱ درصد افزایش دهد به طوریکه کلسیم را از ۰/۵۹ درصد به ۰/۷۶ درصد رساند (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری و پوترسین نشان داد که بیشترین میزان جذب منیزیم (۰/۵۳ درصد) در تیمار بدون شوری و کاربرد پوترسین در غلظت ۲ میلی مولار مشاهده شد اما تفاوت معنی داری با تیمار ۱ میلی مولار پوترسین و شاهد نداشت. کمترین میزان جذب منیزیم (۰/۲۳ درصد) در تیمار شوری ۱۲۰ میلی مولار و عدم محلول پاشی پوترسین به دست آمد (جدول ۳).

میزان روی، آهن و منگنز گیاه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات متقابل شوری و پوترسین در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان روی، آهن و منگنز گیاه معنی دار شد (جدول ۲). کاربرد پوترسین در غلظت ۲ میلی مولار بر میزان روی هم در شرایط بدون شوری و هم در شرایط شوری بالا (۱۲۰ میلی مولار) اثری معنی دار داشت. به طوریکه در شرایط بدون شوری میزان روی را ۱۷/۹۸ درصد و در شرایط شوری ۱۲۰ میلی مولار ۳۹/۳۸ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۳).

نتایج نشان داد که محلول پاشی پوترسین نتوانست اثر معنی داری را بر میزان آهن گیاه در شرایط شوری بالا (۱۲۰ میلی مولار) بگذارد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری و پوترسین نشان داد که بیشترین میزان جذب منگنز (۸۹/۰۵ میلی گرم در کیلوگرم) در تیمار بدون شوری و کاربرد پوترسین در غلظت ۲ میلی مولار مشاهده شد اما تفاوت معنی داری با تیمار پوترسین در غلظت ۱ میلی مولار نداشت و کمترین میزان آن (۴۷/۲ میلی گرم در کیلوگرم گیاه) در تیمار شوری ۱۲۰ میلی مولار و عدم کاربرد پوترسین مشاهده شد و محلول پاشی با پوترسین تفاوت معنی داری در میزان آن ایجاد نکرد (جدول ۳).

جذب سدیم و کلر گیاه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات متقابل شوری و پوترسین بر میزان

پلی آمین‌ها کاتیون‌های آلیفاتیک با وزن مولکولی پایین هستند که به دلیل طبیعت کاتیونی آنها می‌توانند به آسانی به‌طور خنثی به گروه‌های سر فسفولیپیدها و یا سایر مکان‌های آنیونی غشاءها متصل شوند؛ بنابراین پایداری و نفوذپذیری چنین غشاءهایی تحت تأثیر قرار می‌گیرند. حفظ وضعیت آب برگ به وسیله کاربرد خارجی پوترسین می‌تواند با بهبود محتوای پوترسین آزاد و ویژگی‌های غشاء توجیه شود (Farooq et al., 2009).

میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم گیاه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات متقابل شوری و پوترسین در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم گیاه معنی دار شد (جدول ۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و پوترسین نشان داد که شوری تأثیر معنی داری بر میزان نیتروژن تا سطح ۸۰ میلی مولار نداشت و در شوری ۱۲۰ میلی مولار و شرایط عدم محلول پاشی پوترسین کمترین میزان آن (۴/۹۲ میلی گرم در گرم ماده خشک گیاه) مشاهده شد که محلول پاشی ۲ میلی مولار پوترسین سبب افزایش این صفت نسبت به شاهد شد (جدول ۳). میزان فسفر نیز در شرایط بدون شوری در بیشترین مقدار خود (۱/۵ درصد) بود و کاربرد پوترسین نتوانست تفاوت معنی داری در افزایش این عنصر داشته باشد و در تیمار شوری ۱۲۰ میلی مولار بین شاهد و کاربرد دو غلظت پوترسین نیز تفاوت معنی داری مشاهده نشد (جدول ۳). بیشترین میزان پتاسیم (۱/۷ درصد) در تیمار بدون شوری و محلول پاشی ۲ میلی مولار پوترسین مشاهده شد ولی تفاوت معنی داری با غلظت ۱ میلی مولار پوترسین نداشت اما در بالاترین سطح شوری محلول پاشی پوترسین نتوانست اثر معنی داری بر میزان پتاسیم گیاه بر جای بگذارد (جدول ۳).

میزان کلسیم و منیزیم گیاه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات متقابل شوری و پوترسین در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان کلسیم و منیزیم گیاه معنی دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیشترین میزان کلسیم (۱/۳۱ درصد) در تیمار بدون شوری و

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل کاربرد شوری و پوترسین بر جذب برخی عناصر در ریحان رقم ژنو

شوری	پوترسین (میلی مولار)	نیتروژن (میلی گرم در گرم)	فسفر	پتاسیم (%)	سدیم	منیزیم
۰	۰ (شاهد)	۶/۸۵ ^a	۱/۳ ^{abc}	۱/۴ ^b	۰/۳۶ ^{ef}	۰/۴۹ ^{ab}
۰	۱	۶/۹۲ ^a	۱/۳ ^{abc}	۱/۶ ^{ab}	۰/۳۶ ^{ef}	۰/۵ ^{ab}
۰	۲	۷/۱ ^a	۱/۵ ^a	۱/۷ ^a	۰/۲۴ ^g	۰/۵۳ ^a
۴۰	۰	۷/۰۰ ^a	۱/۳ ^{abc}	۰/۷۹ ^d	۰/۲۷ ^{fg}	۰/۴۷ ^{ab}
۴۰	۱	۶/۸۱ ^a	۱/۲ ^{bcd}	۰/۷۱ ^{de}	۰/۳۷ ^e	۰/۵ ^{ab}
۴۰	۲	۶/۸۰ ^a	۱/۱ ^{cd}	۱/۰۷ ^c	۰/۴۳ ^{de}	۰/۴ ^{bc}
۸۰	۰	۶/۶۵ ^a	۱/۳ ^{abc}	۰/۷۵ ^d	۰/۴۹ ^{cd}	۰/۴۱ ^{bc}
۸۰	۱	۶/۳۵ ^a	۱/۴ ^{ab}	۰/۴۵ ^f	۰/۵۴ ^{bc}	۰/۳۶ ^c
۸۰	۲	۶/۸۵ ^a	۱/۰۲ ^{de}	۰/۵ ^{def}	۰/۵۳ ^{bc}	۰/۳۳ ^c
۱۲۰	۰	۴/۹۲ ^b	۰/۸ ^e	۰/۳۹ ^f	۰/۹ ^a	۰/۳۷ ^c
۱۲۰	۱	۵/۹۵ ^{ab}	۰/۸ ^e	۰/۴۵ ^f	۰/۹ ^a	۰/۳۵ ^c
۱۲۰	۲	۶/۳۲ ^a	۱/۰ ^{de}	۰/۴۹ ^{ef}	۰/۶ ^b	۰/۲۳ ^d

در هر ستون اعداد دارای حداقل یک حرف مشابه تفاوت معنی داری با هم ندارند.

ادامه جدول ۳-

شوری	پوترسین (میلی مولار)	کلسیم (%)	کلر	آهن	منگنز (میلی گرم در کیلوگرم)	روی
۰	۰ (شاهد)	۰/۸۸ ^c	۴۵/۲۰ ^{de}	۱۹/۳۳ ^a	۷۱/۹ ^b	۱۸/۹ ^b
۰	۱	۱/۰۴ ^b	۴۲/۲۲ ^e	۱۹/۴۵ ^a	۸۴/۴ ^a	۱۹/۰۴ ^b
۰	۲	۱/۳۱ ^a	۴۱/۹۵ ^e	۱۹/۸۵ ^a	۸۹/۰۵ ^a	۲۲/۳ ^a
۴۰	۰	۰/۸۳ ^{cd}	۴۷/۰۳ ^{bcd}	۱۸/۱۷ ^{ab}	۷۱/۶ ^b	۱۳/۴ ^{ef}
۴۰	۱	۱/۰۴ ^b	۴۶/۵۰ ^{cd}	۱۵/۰۸ ^{bc}	۵۳/۴ ^{cd}	۱۴/۹ ^{de}
۴۰	۲	۰/۸۲ ^{cd}	۴۶/۱۵ ^{cd}	۱۴/۸۴ ^{bc}	۹۶/۶ ^b	۱۷/۶ ^{bc}
۸۰	۰	۰/۶۸ ^{ef}	۴۸/۸۱ ^{abc}	۱۵/۳۷ ^{bc}	۶۳/۱ ^{bc}	۱۱/۸ ^f
۸۰	۱	۰/۷۰ ^{def}	۴۷/۹۳ ^{abcd}	۱۱/۲۸ ^d	۵۳/۳ ^{cd}	۱۲/۳ ^f
۸۰	۲	۰/۷۸ ^{cde}	۴۷/۹۲ ^{abcd}	۱۵/۱۸ ^{bc}	۵۴/۲ ^{cd}	۱۶/۱ ^{cd}
۱۲۰	۰	۰/۵۹ ^f	۵۰/۵۸ ^a	۱۲/۲۹ ^{cd}	۴۷/۲ ^d	۹/۰۴ ^g
۱۲۰	۱	۰/۶۷ ^{ef}	۵۰/۰۹ ^{ab}	۱۰/۵۶ ^d	۵۰/۱ ^d	۱۱/۵ ^{fg}
۱۲۰	۲	۰/۷۶ ^{cde}	۴۸/۸۱ ^{abc}	۱۰/۵۰ ^d	۵۳/۳ ^{cd}	۱۲/۶ ^{ef}

در هر ستون اعداد دارای حداقل یک حرف مشابه تفاوت معنی داری با هم ندارند.

با غلظت ۲ میلی مولار سبب کاهش ۳۳/۳۳ درصدی مقدار آن نسبت به شاهد و غلظت ۱ میلی مولار پوترسین شد (جدول ۳). بیشترین میزان کلر در بالاترین سطح شوری و عدم محلول پاشی

سدیم و کلر گیاه در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد (جدول ۲). سدیم در تیمار شوری ۱۲۰ میلی مولار دارای بیشترین میزان خود (۰/۹ درصد) بود و محلول پاشی پوترسین

همکاران، ۱۳۹۴) و اشنان (حیدرنژاد و رنجبر فردویی، ۱۳۹۲)، و کاهش جذب یون پتاسیم در گیاه شنبليله (ارچنگی و همکاران، ۱۳۹۱) شد که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت داشت. در شرایط شوری یون سدیم جایگزین یون پتاسیم موجود در محلول خاک شده و این جایگزینی سبب می شود تا جذب پتاسیم در گیاه کاهش یابد (حیدرنژاد و رنجبر فردویی، ۱۳۹۲). به طور کلی می توان دلیل کاهش میزان یون های منیزیم، پتاسیم و کلسیم در اثر تنش شوری را به علت برهمکنش بین سدیم جذب شده توسط گیاه و منیزیم، پتاسیم و کلسیم دانست (Khan et al., 2000).

نتایج حاصل از مطالعه ای در گیاه باقلا نشان داد که تنش شوری سبب کاهش میزان عناصر کم مصرف (آهن، روی، مس و منگنز) گردید (El-Fouly et al., 2001) که در این تحقیق نیز این کاهش مشاهده شد. با توجه به مشاهدات Tavallali و همکاران (۲۰۰۹) دلیل کاهش عناصر کم مصرف غلظت بالای یون سدیم و یا کاهش آب در دسترس گیاه به علت افزایش غلظت نمک و ایجاد علائم تنش خشکی است. پوترسین به علت دارا بودن نیتروژن در ساختار خود می تواند به عنوان یک منبع نیتروژن عمل کرده و تا حدی به رفع کمبود نیتروژن در گیاه در شرایط شوری کمک کند (Mahros et al., 2011). این ترکیبات می توانند نفوذپذیری غشاء را نسبت به کلسیم افزایش دهند و به این طریق سبب افزایش کلسیم در گیاه شوند (Rubinowska et al., 2012). پوترسین با دارا بودن نقش آنتی اکسیداتیوی می تواند تعادل کاتیون - آنیون را ایجاد کند و از این طریق مانع کاهش بیش از اندازه یک عنصر غذایی در گیاه حتی در شرایط تنش شدید شود. همچنین با کاهش اثرات شوری در گیاه می تواند رشد گیاه را بهبود بخشد و غلظت عناصر را در گیاه افزایش دهد (Talaat et al., 2005). یکی دیگر از دلایل بهبود جذب عناصر توسط پوترسین جلوگیری از خسارت به غشاء سلولی از طریق مهار آنزیم پروتئاز و لیپاز است. همچنین از اثرات منفی یون های سدیم و کلر گیاه جلوگیری می کند و جذب عناصر را افزایش می دهد. همچنین افزایش جذب عناصر توسط پوترسین می تواند به وسیله افزایش

پوترسین مشاهده شد و کاربرد پوترسین نیز نتوانست این صفت را بهبود بخشد (جدول ۳).

غلظت یون سدیم در خاک در شرایط تنش شوری به شدت افزایش یافته و به دلیل شباهت در شعاع یون هیدراته سدیم و پتاسیم، پروتئین های ناقل قادر به تمایز این دو یون از هم نیستند. بنابراین جذب سدیم توسط ریشه گیاه افزایش می یابد و سمیت سدیم در گیاه اتفاق می افتد. این سمیت باعث ایجاد اختلال در متابولیسم گیاه می شود و جذب عناصر غذایی را تحت تأثیر قرار می دهد و بدین صورت سبب کاهش عناصر ضروری گیاه می شود (Tester and Davenport, 2003; Apse and Blumwald, 2002). از دلایل کاهش جذب نیتروژن در گیاه می توان به این مورد اشاره کرد که در هنگام تنش شوری غلظت یون کلر افزایش می یابد و افزایش در میزان این یون باعث کمبود نترات در گیاه می شود (Volkmar et al., 1998). همچنین کاهش نیتروژن می تواند به این علت باشد که در شرایط شوری سطح فعالیت آنزیم نترات ردوکتاز و آنزیم گلوتامین سنتتاز که آنزیم تبدیل کننده آمونیوم به فرم آلی نیتروژن است کاهش می یابد (Li et al., 2005). کاهش این آنزیم ها سبب کاهش در میزان جذب نیتروژن در گیاهان می شود. بنابراین این می تواند دلیل کاهش نیتروژن در گیاهان از جمله گیاه مورد مطالعه در این تحقیق باشد. تنش شوری سبب کاهش جذب فسفر در گیاه دارویی مرزه (جبالبارزی و همکاران، ۱۳۹۴) شد که با نتیجه حاصل از این تحقیق مطابقت دارد و این کاهش به علت کم شدن رشد گیاه تحت تنش شوری است که در پی آن از طول ریشه ها نیز کاسته می شود و این کاهش سبب می شود تا ریشه قادر به جذب عنصر فسفر، که عنصری غیرمتحرک است، نباشد و با نقصان آن در اندام خود رو به رو شود (Awad et al., 1990). همچنین در هنگام تنش شوری یون فسفات با یون کلسیم موجود در خاک به سرعت رسوب می کند و از دسترس گیاه خارج می شود. بنابراین غلظت و جذب این عنصر در گیاه به شدت کاهش پیدا می کند (Giri et al., 2003). تنش شوری موجب کاهش جذب منیزیم و پتاسیم در گیاه دارویی مرزه (جبالبارزی و

جلوگیری کرده و در نتیجه وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه را تا حدی افزایش داد. با این وجود در اکثر صفات مورد مطالعه بین غلظت‌های مختلف پوترسین تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. بنابراین با توجه به اینکه تنش شوری خسارات بسیاری را در گیاه بر جا می‌گذارد و مانع رشد و جذب عناصر در گیاه می‌شود، کاربرد پوترسین در شرایط تنش شوری می‌تواند پیشنهاد مناسبی به جهت بهبود رشد و جذب عناصر غذایی در این گیاه باشد.

محتوای کلروفیل توسط پوترسین اتفاق افتاده باشد (Zeid, 2004).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که افزایش تنش شوری بیوماس اندام هوایی، محتوای نسبی آب برگ و جذب عناصر غذایی را در گیاه ریحان رقم ژنو کاهش داد. با این حال کاربرد پوترسین حتی در شرایط شوری بالا (۱۲۰ میلی‌مولار) توانست سبب بهبود صفات مورد مطالعه شود و از کاهش بیش از حد این صفات جلوگیری کند. همچنین پوترسین به‌عنوان یک منبع نیتروژن عمل کرده و از کاهش بیش از اندازه رشد رویشی گیاه

منابع

- ارچنگی، آ.، خدامباشی، م. و محمدخانی، ع. ر. (۱۳۹۱) تأثیر تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژیک و میزان عناصر سدیم، پتاسیم و کلسیم در گیاه دارویی شنبلیله (*Trigonella foenum-gracum*) تحت شرایط کشت هیدروپونیک. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۳: ۴۰-۳۳.
- افشار، م. و لادن مقدم، ع. ر. (۱۳۹۴) تأثیر سالیسیلیک اسید بر برخی صفات کمی، کیفی و رشد گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) تحت تنش شوری. فصلنامه زیست‌شناسی سلولی و مولکولی گیاهی ۱۰: ۴۳-۳۵.
- امیدبیگی، ر. (۱۳۷۵) رهیافت‌های تولید و فرآوری گیاهان دارویی. انتشارات به نشر، تهران.
- امامی، ع. (۱۳۷۵) روش‌های تجزیه گیاه. انتشارات مؤسسه تحقیقات خاک و آب ۹۸۲: ۲۰۲.
- بهاری ساروی، س. ح.، پیردشتی، ه. و یعقوبیان، ی. (۱۳۹۶) واکنش پارامترهای فلورسانس کلروفیل و فیزیولوژیک گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) به کاربرد باکتری‌های افزاینده رشد (PGPR) تحت تنش شوری. فرآیند و کارکرد گیاهی ۶: ۸۹-۱۰۴.
- بنی اسدی، ف.، صفری، و. ر. و مقصودی مود، ع. (۱۳۹۳) اثر پوترسین بر برخی از ویژگی‌های زیست‌شیمیایی گیاه همیشه‌بهار در شرایط تنش شوری. مجله علوم و فنون باغبانی ایران ۱۵: ۴۶۸-۴۵۷.
- پیرانوند، م.، رضایی نژاد، ع. و حسینی، س. ز. (۱۳۹۴) تأثیر دو گونه قارچ میکوریزا (*Glomus intraradices* و *Glomus mosseae*) بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک شمعدانی معطر (*Pelargonium graveolens* L.) تحت تنش شوری. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۸: ۱۲۰-۱۰۷.
- جبالبارزی، ب.، زارعی، م.، کریمیان، ن. و سحرخیز، م. ج. (۱۳۹۴) اثر قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار بر میزان جذب عناصر غذایی، برخی شاخص‌های رشدی و میزان اسانس گیاه مرزه در شرایط تنش شوری. نشریه دانش آب و خاک ۲۵: ۲۹۹-۲۸۵.
- حسینی، ح.، موسوی فرد، ص.، فاتحی، ف. و قادری، ا. (۱۳۹۵) تغییرات فیتوشیمیایی و صفات مورفوفیزیولوژیکی گیاه دارویی آویشن (*Tymus vulgaris* L. cv. Varico) تحت تنش شوری. فصلنامه گیاهان دارویی ۵۵: ۳۴-۲۲.
- حیدرنژاد، س. و رنجبر فردوئی، ا. (۱۳۹۲) بررسی تأثیر تنش شوری بر برخی ویژگی‌های رشد و میزان تجمع یونی در گیاه اشنان (*eidlitzia rosmarinus* L.). مجله علمی پژوهشی مهندسی اکوسیستم بیابان ۱۰: ۳-۱.

- رضایی چپانه، ا.، جمالی، م.، پیرزاد، ع. ر. و توفیق، س. (۱۳۹۴) تأثیر قارچ میکوریز بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی و عملکرد مرزه تابستانه (*Satureja hortensis* L.) در شرایط تنش شوری. فرآیند و کارکرد گیاهی ۵: ۲۹-۱۵.
- عمارت پرداز، ج.، حامی، ا. و گوهری، غ. ر. (۱۳۹۵) ارزیابی ویژگی های رشدی و عملکرد اسانس مرزه (*Satureja hortensis* L.) تحت تیمارهای شوری و محلول پاشی روی. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار ۲۶: ۱۴۱-۱۳۱.
- کاشفی، ب.، قدس، م. و مقدم، م. (۱۳۹۳) بررسی کاربرد سالیسیلیک اسید بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه مریم گلی کبیر تحت تنش شوری. به زراعی کشاورزی ۱۷: ۴۴۰-۴۳۱.
- کرامتی، س.، پیردشتی، ه.، بابایی زاد، و. ا. و دهستانی، ع. (۱۳۹۵) ارزیابی اثر همزیستی قارچ پریفورموسپورا ایندیکا و کاربرد پاکلوبوترازول بر ویژگی های رشدی گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در واکنش به تنش شوری. نشریه پژوهش های تولید زراعی ۲۴: ۲۱-۱.
- گرگینی شبانکاره، ح.، فاخری، ب. و محمدپور وشوایی، ر. (۱۳۹۴) تأثیر سطوح مختلف تنش های شوری و خشکی بر شاخص های رشدی و اسانس بادرنجیویه (*Melissa officinalis* L.) ۴۶: ۴۸۶-۴۷۳.
- معاونی، پ. (۱۳۸۹) مبانی فیزیولوژی گیاهان زراعی در شرایط خشک و شور. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس ۳۲۲: ۶۳۹.

- Alcazar, R., Marco, F., Cuevas, J. C., Patron, M., Ferrando, A., Carrasco, P., Tiburcio, A. F. and Altabella, T. (2006) Involvement of polyamines in plant response to abiotic stress. *Biotechnol Lett* 28: 1867-1876.
- Apse, M. P. and Blumwald, E. (2002) Engineering salt tolerance in plants. *Current Opinion in Biotechnology* 13: 146-150.
- Asthir, B., Koundal, A., Bains, N. S. and Mann, S. K. (2010) Stimulation of antioxidative enzymes and polyamines during stripe rust disease of wheat. *Biologia Plantarum* 54: 329-333.
- Awad, A. S., Edward, D. G. and Campbell, L. C. (1990) Phosphorus enhancement of salt tolerance of tomato. *Crop Science* 30: 123-128.
- Bouchereau, A., Aziz, A., Larher, F. and Martin-Tanguy, J. (1999) Polyamines and environmental challenges: Recent development. *Plant Science* 140: 103-125.
- Chattopadhyay, M. K., Tiwari, B. S., Chattopadhyay, G., Bose, A., Sengupta, D. N. and Ghosh, B. (2002) Protective role of exogenous polyamines on salinity stressed rice (*Oryza sativa*) plants. *Acta Facultatis Rerum Naturalium Universitatis Comenianae, Physiologia Plantarum* 116: 192-9.
- Delavari, M., Enteshari, Sh. and Manoochehri Kalantari, Kh. (2014) Effects of response of *Ocimum basilicum* to the interactive effect of salicylic acid and salinity stress. *Iranian Journal of Plant Physiology* 4: 983-990.
- El-Fouly, M., Mobarak, Z. M. and Salama, Z. A. (2001) Micronutrient spray as a tool to increase tolerance of faba bean and wheat plants to salinity. In: *Proceeding of the 14th International Plant Nutrition Colloquium, Hanover, Germany.*
- El-Lethy, S., Ayad, H. and Talaat, I. (2010) Physiological effect of some antioxidant on flax plant (*Linum usitatissimum* L.). *World Journal of Agricultural Sciences* 6: 622-629.
- Farooq, M., Wahid, A. and Lee, D. J. (2009) Exogenously applied polyamines increase drought tolerance of rice by improving leaf water status, photosynthesis and membrane properties. *Acta Physiologiae Plantarum* 31: 937-945.
- Giri, B., Kapoor, R. and Mukerji, G. (2003) Influence of arbuscular mycorrhizal fungi and salinity on growth, biomass, and mineral nutrition of *Acacia auriculiformis*. *Biology and Fertility of Soils* 38: 170-175.
- Hanafy Ahmed, A. H., Darwish, E., Hamoda, S. A. F. and Alobaidy, M. G. (2013) Effect of putrescine and humic acid on growth, yield and chemical composition of cotton plants grown under saline soil conditions. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences* 13: 479-497.
- Khan, M. A., Ungar, I. A. and Showalter, A. M. (2000) Effects of salinity on growth, water relations and ion accumulation of the subtropical perennial halophyte, *Atriplex griffithii* var. stocksii. *Journal of Annals of Botany* 85: 225-232.
- Labra, M., Milele, M., Ledda, B., Grassi, F., Mazzei, M. and Sala, F. (2004) Morphological characterization essential oil composition and DNA genotyping of *Ocimum basilicum* L. cultivars. *Plant Science* 167: 725-31.
- Li, M., Liu, R. and Christie, P. (2005) Influence of three arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus on growth and nutrient status of Taro. *Communication in Soil Science and Plant analysis* 36: 2383-2396.

- Mahros, K. M., Badawy, E. M., Mahgoub, M. H., Habib, A. M. and El-Sayed, I. M. (2011) Effect of putrescine and uniconazole treatments on flower characters and photosynthetic pigments of (*Chrysanthemum indicum* L.) plant. *Journal of South American Earth Sciences* 7: 399-408.
- Munns, R. (2002) Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment* 25: 239-250.
- Munns, R., James, R. A. and Lauchli, A. (2006) Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal Experimental Botany* 57: 1025-1043.
- Murphy, J. and Riley, H. P. (1962) A modified single solution method for the determination of phosphate in natural wares. *Analytica Chimica Acta* 27: 31-36.
- Parham, H., Semnani, A. and Tavalloli, H. (2002) Methods for the analysis of soils, plants, waters and fertilizers. *Shahid Chamran of Ahwaz University* 222 (in Persian).
- Rasool, S., Hamees, A., Azooz, M. M., Rehman, M., Siddiqi, T. O. and Ahmad, P. (2013) Salt stress: Causes, types and responses of plants. Springer 1-24.
- Rubinowska, K., Pogroszewska, E. and Michalek, W. (2012) The effect of polyamines on physiological parameters of post-harvest quality of cut stems of Rosa 'Red Berlin'. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus* 11: 81-93.
- Sánchez, F. J., Manzanares, M., De Andres, E. F., Tenorio, J. L. and Ayerbe, L. (1998) Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. *Field Crops Research* 59: 225-235.
- Sanazzaro, A., Alvarez, C., Menendez, A. B., Pieckenstain, F. L., Alberto, E. O. and Ruiz, O. A. (2003) Ornithine and arginine decarboxylase activities and effect of some polyamine biosynthesis inhibitors on *Gigaspora rosea* germinating spores. *FEMS Microbiology Letters* 11330: 1-7.
- Sharpe, R. R., Harper, L. A., Giddens, J. E. and Langdale, G.W. (2001) Nitrogen use efficiency and nitrogen budget for conservation tilled wheat. *Soil Science Society of America Journal* 52: 1349-1398.
- Shawney, R. K., Tiburcio, A. F., Altabella, T. and Galston, A. W. (2003) Polyamines in plants: An overview. *Journal of Cell and Molecular Biology* 2: 1-12.
- Sofa, A., Tuzio, A. C., Dichio, B. and Xiloyannis, C. (2005) Influence of water deficit and re watering on the components of the ascorbate-gluta-thione cycle in four inter specific Prunus hybrids. *Plant Science* 69: 403-412.
- Staples, R. C. and Toenniessen, G. H. (1984) *Salinity Tolerance in Plants*. John Wiley and Sons.
- Talaat, I. M., Bekheta, M. A. and Mahgoub, M. H. (2005) Physiological response of periwinkle plants (*Catharanthus roseus* L.) to tryptophan and putrescine. *International Journal of Agriculture and Biology* 7: 210-213.
- Tang, W. and Newton, J. R. (2005) Polyamines reduced salt induced oxidative damage by increasing the activities of antioxidant enzymes and decreasing lipid peroxidation in Virginia pine. *Plant Growth Regulation* 46: 31-43.
- Tavallali, V., Rahemi, M., Maftoun, M., Panahi, B., Karimi, S., Ramezani, A. and Vaezpour, M. (2009) Zinc influence and salt stress on photosynthesis, water relations, and carbonic anhydrase activity in pistachio. *Science Horticulture* 123: 272-279.
- Tester, M. and Davenport, R. (2003) Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. *Annales Botanici Fennici* 91: 503-527.
- Volkmar, K. M., Hu, Y. and Steppuhn, H. (1998) Physiological responses of plants to salinity: A review. *Canadian Journal of Plant Science* 78: 19-27.
- Zeid, I. M. (2004) Responses of been (*Phaseolus vulgaris*) to exogenous putrescine treatment under salinity stress Pakistan. *Journal of Biological Sciences* 7: 219-225.

Effect of foliar application of putrescine on biomass, water relative content and mineral elements of sweet basil (*Ocimum basilicum* L. cv. Genove) under salinity stress

Sara Farsari¹, Leila Mehdizadeh¹, Mohammad Moghaddam^{1*}, Hassan Ebrahimi²

¹Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

²Agriculture and Animal Husbandry Company of Cavendish, Neyshabur, Iran

(Received: 15/06/2018, Accepted: 10/11/2018)

Abstract

In order to investigate the effect of foliar application of the putrescine on some growth characteristics and mineral element content of sweet basil (*Ocimum basilicum* L. cv. Genove) under salinity stress, a pot factorial experiment was performed based on completely randomize design. The treatments included four levels of salinity with irrigation water (0, 40, 80 and 120 mM NaCl) and three levels of putrescine (0, 1 and 2 mM) in three replications. The results of this study showed that the interaction of the salinity and putrescine was significant on all of the studied traits. The mean comparison indicated that the highest dry weight (4.03 g/plant) of aerial parts, RWC content (72.7%), P (1.5%), K (1.7%), Zn (22.3 mg/kg), Ca (1.31%), Mg (0.53 %) and Mn (89.05 mg/kg) was observed at the treatment with 2 mM putrescine foliar application without salinity stress. Whereas, the highest Na (0.9%) were observed at 120 mM salinity stress without putrescine application but application of 2 mM putrescine decreased it. Under salinity stress, putrescine improved the mineral elements content and caused to increase fresh and dry weight of aerial parts and RWC of basil; but in the most studied traits there was no significant difference between two concentrations of putrescine.

Keyword: Potassium, Sodium, Nitrogen, Fresh and dry weight

Corresponding author, Email: m.moghadam@um.ac.ir