

تأثیر سولفات کلسیم در بهبود اثرهای منفی ناشی از تنش شوری بر جذب عناصر غذایی و برخی ویژگی‌های ریخت‌شناسی دو ژنوتیپ عدس (*Lens culinaris* M.)

علی گنجعلی^۱، عبدالله بیک خورمیزی^{۱*}، مهرداد لاهوتی^۱ و هدی شفیعیان^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۷/۲۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱/۱۶)

چکیده

این آزمایش با دو ژنوتیپ عدس (MLC321 و MLC323)، دو سطح کلسیم (صفر و ۵ میلی‌مولار به صورت کلسیم سولفات) و پنج سطح شوری (صفر، ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر کلرید سدیم) به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. بذرها در گلدان‌های پلاستیکی حاوی ماسه کاشته شده و نمونه برداری از گیاهان ۶ هفته پس از کاشت انجام شد. نتایج نشان داد که شوری سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع هر دو ژنوتیپ شد ($P \leq 0.05$). در هر دو ژنوتیپ، مجموع طول و سطح ریشه‌ها در شوری‌های بیشتر از ۴ dS/m نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. کاهش معنی‌دار وزن خشک برگ نیز در سطوح شوری ۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر در هر دو ژنوتیپ و وزن خشک ریشه در تمامی سطوح شوری (بجز شوری ۴ dS/m در ژنوتیپ MLC323) مشاهده شد. تنش شوری باعث افزایش غلظت سدیم برگ و ریشه در هر دو ژنوتیپ گردید. در برخی سطوح شوری، غلظت پتاسیم و کلسیم برگ افزایش یافت. در حالی که غلظت این عناصر در ریشه کاهش یافت. تیمار کلسیم در ژنوتیپ MLC321 باعث افزایش معنی‌دار صفات ارتفاع گیاه و سطح و وزن خشک برگ در شوری ۴ dS/m گردید. در ژنوتیپ MLC323، کاربرد کلسیم، غلظت سدیم ریشه را در شوری ۸ dS/m و غلظت پتاسیم برگ را در ۴ dS/m به‌طور معنی‌داری کاهش داد. در هر دو ژنوتیپ، تیمار کلسیم در سطوح بالای تنش (۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر) نتوانست اثرهای منفی شوری را جبران نماید. به نظر می‌رسد که کاربرد سولفات کلسیم با توجه به نقش آن در تنظیم اسمزی، باعث محدود شدن آسیب‌های ناشی از تنش کم شوری (۴ dS/m) بر گیاه عدس می‌شود.

واژه‌های کلیدی: سدیم، ویژگی‌های ریشه، تنظیم اسمزی

مقدمه

شوری خاک یکی از عوامل اصلی کاهش محصولات کشاورزی در بسیاری از نقاط جهان است. تقریباً یک سوم از زمین‌های قابل آبیاری در معرض شوری هستند که این زمین‌ها بیش از ۳۰٪ غذای جهان را تأمین می‌کنند (۲۶). تنش‌های شوری و خشکی از مهمترین تنش‌های غیر زیستی هستند که رشد و نمو گیاه عدس را تهدید می‌نمایند. این تنش‌ها معمولاً با کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی، کاهش توسعه برگ و متعاقب آن اسیمیلاسیون CO_2 همراه می‌باشند (۱۱). بررسی‌ها

عدس (*Lens culinaris* Medik) به عنوان یک منبع غذایی مهم و سرشار از عناصر غذایی کم‌مصرف و پرمصرف برای بشر از زمان‌های قدیم شناخته شده است. این گیاه منبع مهمی از انرژی، پروتئین، کربوهیدرات، فیبر، مواد معدنی، ویتامین و ترکیبات آنتی‌اکسیدان است و همچنین دارای ترکیبات غیر تغذیه‌ای مثل مهارکننده‌های پروتئاز، تانن، گالاکتوزید، الیگو ساکارید و اسید فیتیک می‌باشد (۳۸).

۱. گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه فردوسی مشهد
* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: abdollahbeyk@gmail.com

محیط‌های شور، در رشد گیاهان سویا (*Lygeum Spartum L.*) (۲۷) و گندم (*Triticum aestivum L.*) (۴۱) اشاره شده است. گورهام (۱۶) بیان کرد که گیاهانی که در محیط‌های شور قرار می‌گیرند، حداقل با سه مشکل مواجه می‌شوند: اول، پتانسیل اسمزی در محیط ریشه منفی‌تر یا کمتر از سلول‌های ریشه است. در این حالت، جهت جریان آب به سمت محیط ریشه و جذب آب توسط ریشه دچار مشکل می‌شود؛ دوم، جذب انتقال یون‌های معدنی مورد نیاز گیاه، به‌ویژه K^+ و Ca^{2+} ، در حضور غلظت زیاد Na^+ ، متوقف می‌شود؛ سوم، Na^+ و Cl^- تأثیر منفی بر غشا و سیستم‌های آنزیمی دارند. مارشدر (۲۵) معتقد است که Ca^{2+} تمامیت غشا را حفظ و انتخاب یون‌ها را برای جذب و انتقال کنترل می‌نماید. از آنجایی که در غشاء پلاسمایی Na^+ با Ca^{2+} جایگزین می‌شود، بنابراین، نسبت زیاد Na^+/Ca^{2+} متصل به قسمت آپوپلاستی غشا ممکن است فیزیولوژی و اعمال غشا را تحت تأثیر قرار دهد (۲۴).

به دلیل اهمیت راهبردی عدس در تأمین پروتئین گیاهی و نظر به توسعه روز افزون زمین‌های شور و مواجهه این گیاه با تنش شوری، تحقیق حاضر با هدف بررسی برهمکنش کلسیم و تنش شوری بر برخی ویژگی‌های ریخت‌شناسی و بیوشیمیایی دو ژنوتیپ MLC321 و MLC323 عدس انجام شده است. این دو ژنوتیپ لاین‌های خالص متعلق به توده‌های بومی مناطق مهم کشت عدس در استان‌های خراسان رضوی و خراسان جنوبی هستند که به‌طور وسیع در این مناطق کشت می‌شوند. همچنین، عدس از جمله گیاهانی است که اغلب در مناطق حاشیه‌ای، جایی که برای کشت اغلب گیاهان مناسب نیست، کشت می‌شود. شوری آب آبیاری و وجود زمین‌های شور و قلیایی یکی از مشکلات عمده تولید در این مناطق است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی برهمکنش یون‌های سدیم و کلسیم و نیز بررسی احتمال بهبود آثار منفی ناشی از تنش شوری بر برخی از ویژگی‌های ریخت‌شناسی و بیوشیمیایی ژنوتیپ‌های عدس،

نشان داده که یکی از علل اصلی کاهش رشد ناشی از غلظت‌های زیاد کلرید سدیم، دشواری در جذب مواد غذایی معدنی، از جمله پتاسیم، به علت رقابت با سدیم است. در این رابطه، نمک‌های سدیم تولید ماده خشک، غلظت کلسیم و پتاسیم برگ را کاهش می‌دهند (۱۴).

شواهد ارائه شده نشان می‌دهند که عدم رشد گیاهان در خاک‌های سدیمی به عدم فراهمی و قابل استفاده بودن کلسیم مربوط می‌شود. رنگل (۳۴) بیان داشت که تأثیر Na^+ بر اختلال تقسیم سلولی به تغییر در الگوی فعالیت کلسیم سیتوسولی مربوط می‌شود. در این ارتباط، بررسی‌ها نشان داده که Na^+ موجب آزاد شدن کلسیم از غشاء داخلی سلول می‌شود. کلسیم وظایف متعددی در رشد و نمو گیاهان بر عهده دارد (۳۴). یکی از مهم‌ترین اعمال کلسیم، راه‌اندازی و انتقال پیام‌های درون سلولی در برابر محرک‌های مختلف و بروز پاسخ مناسب است (۲۲). بسیاری از تحقیقات نشان می‌دهد که کلسیم در بسته شدن روزنه ناشی از محرک ABA دخالت داشته و در سازگاری گیاه به خشکی، سرما، شوری و دیگر تنش‌های غیر زیستی نقش دارد (۳۹). کلسیم در ثبات یکپارچگی غشا، انتقال مواد از عرض غشای پلاسمایی و فعال کردن آنزیم‌ها مؤثر است. علاوه بر آن، تولید جیبرلین و رهاسازی هیدرولازها از لایه آلورون و انتقال این آنزیم‌ها به آندوسپرم برای تجزیه ذخایر غذایی برای مصرف جنین در دانه‌های غلات نیز توسط کلسیم تنظیم می‌شود (۱۳). کلسیم در رشد و تقسیم سلول، ساختار و نفوذپذیری غشاها، متابولیسم نیتروژن و انتقال کربوهیدرات‌ها نقش دارد (۸).

یکی از راه‌های کاهش تأثیر تنش $NaCl$ در گیاهان، اضافه کردن کلسیم به آب آبیاری آن‌هاست (۲، ۱۵ و ۲۸). در تحقیقی، برکات (۵) گزارش کرد که کاربرد کلسیم در شرایط تنش شوری، رشد گیاه *Vicia faba L.* را بهبود بخشید. به طور کلی، کلسیم به‌وسیله تنظیم همه جانبه متابولیسم، تأثیر منفی تنش $NaCl$ بر رشد گیاهان را بهبود می‌بخشد (۵ و ۲۰).

در مطالعات دیگر نیز به تأثیر بهبوددهنده کلسیم در

شرکت ADC انگلستان مدل Light Box) و صفات مربوط به ریشه مانند سطح و مجموع طول ریشه‌ها پس از رنگ‌آمیزی با پرمنگنات منیزیم و خشک کردن آب موجود در سطح ریشه، با استفاده از دستگاه اسکنر متصل به رایانه (دستگاه اندازه‌گیری ریشه، Root analyser، ساخت شرکت Delta-T SCAN انگلستان) تعیین شدند. به منظور تعیین وزن خشک اندام‌های فوق، برگ‌ها و ریشه‌ها در دمای ۷۰ درجه سلسیوس خشک‌کن به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند و وزن خشک آن‌ها با ترازویی با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد.

به منظور اندازه‌گیری غلظت عناصر موجود در بافت برگ و ریشه گیاه، از روش نورسنجی شعله‌ای استفاده شد. بدین صورت که در ارلن ۱۰۰ میلی‌لیتری، ۰/۰۵ گرم پودر حاصل از برگ و ریشه خشک شده هر تیمار، به طور جداگانه با ۳ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ مخلوط شد. درب ارلن‌ها با شیشه ساعت بسته شده و به مدت ۴۸ ساعت در محیط آزمایشگاه قرار گرفتند. سپس، به ارلن‌ها در زیر هود و روی کوره دمایی، به آرامی حرارت داده شد. تصاعد دود سفید و بی‌رنگ شدن محلول اسیدی، نشانه پایان عمل هضم بود. حجم محلول باقی‌مانده با آب مقطر به ۵۰ میلی‌لیتر رسید. سپس، غلظت کاتیون‌های سدیم، پتاسیم و کلسیم توسط دستگاه نورسنجی شعله‌ای (مدل PFP7) تعیین شد. غلظت نهایی هر کاتیون در عصاره حاصل از هضم بافت‌های برگ و ریشه با استفاده از منحنی استاندارد تعیین و غلظت آن‌ها بر حسب میلی‌گرم در گرم وزن خشک بافت محاسبه شد (۹).

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Mstat-C انجام شد و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل سطح معنی‌داری (LSD) در سطح احتمال خطای ۵٪ (P = 0.05) استفاده شد. نمودارهای مربوطه به وسیله نرم‌افزار Excel رسم گردیدند.

نتایج

ارتفاع گیاه

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ و تنش

آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۸۹ در آزمایشگاه فیزیولوژی تنش‌ها، پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد، انجام گرفت. بذرهاى دو ژنوتیپ عدس شامل MLC321 و MLC323 از بانک بذر پژوهشکده علوم گیاهی تهیه شدند.

سطوح مختلف شوری شامل غلظت‌های صفر، ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر و نمک سولفات کلسیم شامل غلظت‌های صفر و ۵ میلی‌مولار، تیمارهای مورد بررسی در این آزمایش را تشکیل دادند. هر واحد آزمایشی از یک گلدان پلاستیکی حاوی ماسه که ۶ عدد بذر در آن کشت شدند تشکیل شد. به منظور تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در طول دوره رشد، از محلول غذایی هوگلدن استفاده شد که در فواصل معین (هفته‌ای یکبار) به گلدان‌ها اضافه می‌شد. گلدان‌ها در اتاقک رشد با دمای ۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت ۶۵٪، ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی قرار گرفتند و به مدت ۱۰ روز تا سبز شدن با آب معمولی (بدون سطوح شوری و سولفات کلسیم) و سپس مطابق تیمارهای آزمایشی (سطوح مختلف شوری و سولفات کلسیم) آبیاری شدند. پس از سپری شدن ۲۰ روز، گیاهچه‌ها تنک و در هر گلدان سه گیاهچه باقی ماند. به منظور ثابت نگه داشتن مقدار شوری در گلدان‌ها، قابلیت هدایت الکتریکی زه‌آب گلدان‌ها مرتباً اندازه‌گیری و شوری در سطوح مورد نظر حفظ شد. بدین صورت که قابلیت هدایت الکتریکی زه‌آب گلدان‌ها پس از اولین آبیاری اندازه‌گیری شد و مبنای قابلیت هدایت الکتریکی تیمارها قرار داده شد. در دفعات بعدی آبیاری نیز قابلیت هدایت الکتریکی زه‌آب گلدان‌ها اندازه‌گیری شد و در صورت زیاده‌تر بودن آن نسبت به قابلیت هدایت الکتریکی مورد نظر، با اضافه کردن آب مقطر تا سطح شوری مورد نظر تنظیم می‌شد.

پس از ۶ هفته از زمان کاشت، گیاهان برداشت و پس از آن بخش‌های هوایی و ریشه گیاه تفکیک شدند. صفات ریخت‌شناسی گیاه شامل ارتفاع به وسیله خط‌کش، سطح برگ‌ها به وسیله دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (ساخت

جدول ۱. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و ژنوتیپ بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی دو ژنوتیپ عدس

ژنوتیپ	شوری (dS/m)	ارتفاع گیاه (cm)	برگ		ریشه	
			وزن خشک (mg)	سطح (mm ²)	مجموع طول (mm)	وزن خشک (mg)
MLC321	۰	۳۴/۶a	۹۷/۸ab	۱۰۱۸/۳b	۲۸۴۹/۷a	۲۳۳/۱a
MLC321	۴	۲۷/۹b	۱۲۴/۲a	۱۴۷۵/۷a	۳۲۸۱/۳a	۱۳۰/۲c
MLC321	۸	۲۳/۰c	۶۲/۳b	۲۸۹/۱c	۹۱۲/۳b	۶۷/۶d
MLC321	۱۲	۱۱/۵ef	۱۱/۷c	۲۳۴/۳c	۱۴۰/۷b	۱/۹e
MLC321	۱۶	۹/۳f	۱۰/۷c	۱۸۷/۶c	۱۰۱/۶b	۱/۳e
MLC323	۰	۳۶/۲a	۸۴/۴ab	۱۲۰/۱۰b	۳۶۵۳/۳a	۱۸۲/۸ab
MLC323	۴	۲۸/۳b	۱۰۹/۶a	۹۳۱/۷b	۲۹۸۳/۰a	۱۵۷/۴bc
MLC323	۸	۱۸/۲d	۶۸/۶b	۱۶۸/۶c	۸۵۷/۳b	۲۳/۴de
MLC323	۱۲	۱۴/۰e	۱۷/۸c	۲۶۸/۵c	۲۲۸/۷b	۷/۳e
MLC323	۱۶	۱۱/۷ef	۱۶/۳c	۱۶۸/۰c	۲۱۷/۶۷b	۵/۹e

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون LSD، تفاوت معنی‌داری ندارند (P 0.05).

سطح برگ

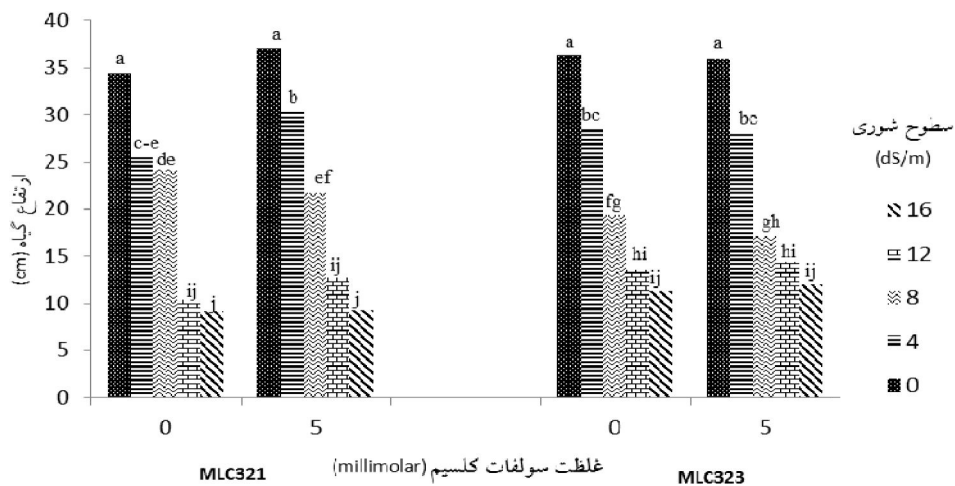
سطح برگ ژنوتیپ MLC321 در شوری ۴ dS/m بیشتر از ژنوتیپ MLC323 بود؛ ولی در سایر سطوح شوری تفاوت معنی‌داری بین دو ژنوتیپ از لحاظ سطح برگ مشاهده نشد (جدول ۱). در ژنوتیپ MLC321 استفاده از سولفات کلسیم در سطح شوری ۴ dS/m باعث افزایش معنی‌دار سطح برگ در مقایسه با تیمار شاهد (بدون تیمار کلسیم) شد. در ژنوتیپ MLC323، تیمار سولفات کلسیم در سطوح مختلف شوری تأثیر معنی‌داری بر سطح برگ نداشت (شکل ۲).

وزن خشک برگ

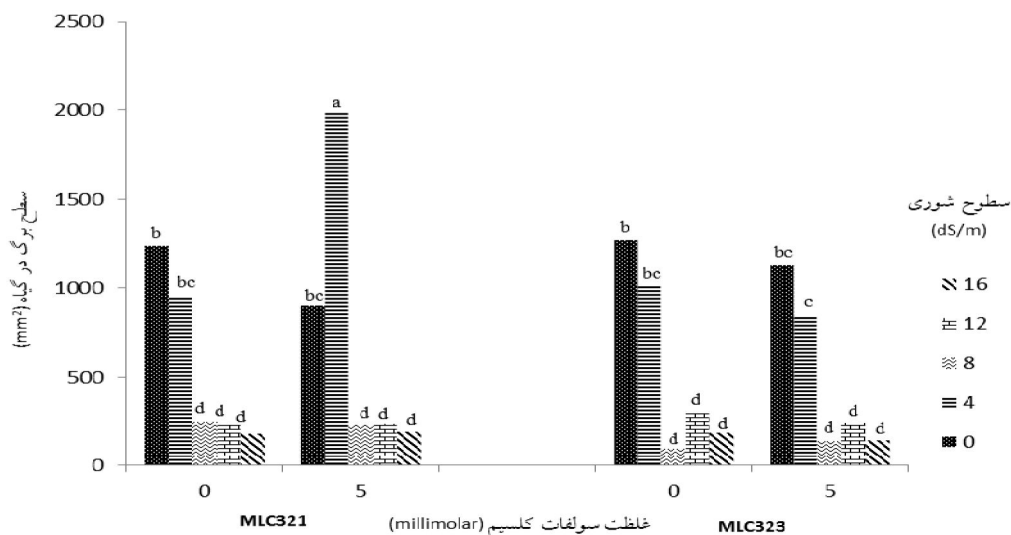
نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ و تنش شوری حاکی از آن بود که در هر دو ژنوتیپ MLC321 و MLC323، وزن خشک برگ در سطوح شوری ۸، ۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل شوری، کلسیم و ژنوتیپ نشان داد که در ژنوتیپ MLC321، وزن خشک برگ در تیمار

شوری نشان داد که در تمامی سطوح شوری، در هر دو ژنوتیپ MLC321 و MLC323، ارتفاع گیاه به‌طور معنی‌داری ($P \leq 0.05$) کاهش یافت. کمترین ارتفاع گیاه (۹/۳ cm) در شوری ۱۶ d/Sm و در ژنوتیپ MLC321 مشاهده شد که نسبت به شاهد ۷۳٪ کاهش داشت. در شرایط کنترل، مقایسه میانگین‌ها اختلاف معنی‌داری را در ارتفاع گیاه بین دو ژنوتیپ مورد نظر نشان نداد. در حالی که در شرایط تنش، تفاوت معنی‌داری بین دو ژنوتیپ در سطح شوری ۸ d/Sm مشاهده شد، به طوری که ژنوتیپ‌های MLC321 و MLC323 به ترتیب ۳۴ و ۵۰ درصد کاهش نسبت به تیمار شاهد نشان دادند (جدول ۱).

مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد که در مورد ژنوتیپ MLC321، تنها در شوری ۴ d/Sm ارتفاع گیاه با کاربرد سولفات کلسیم در مقایسه با شاهد (بدون سولفات کلسیم) افزایش یافت، ولی در سایر سطوح شوری، کاربرد سولفات کلسیم تأثیری بر ارتفاع گیاه نداشت. در ژنوتیپ MLC323 استفاده از سولفات کلسیم در هیچیک از سطوح شوری تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع گیاه نداشت (شکل ۱).



شکل ۱. مقایسه تأثیر سطوح مختلف شوری و سولفات کلسیم بر ارتفاع گیاه دو ژنوتیپ عدس. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری ندارند.



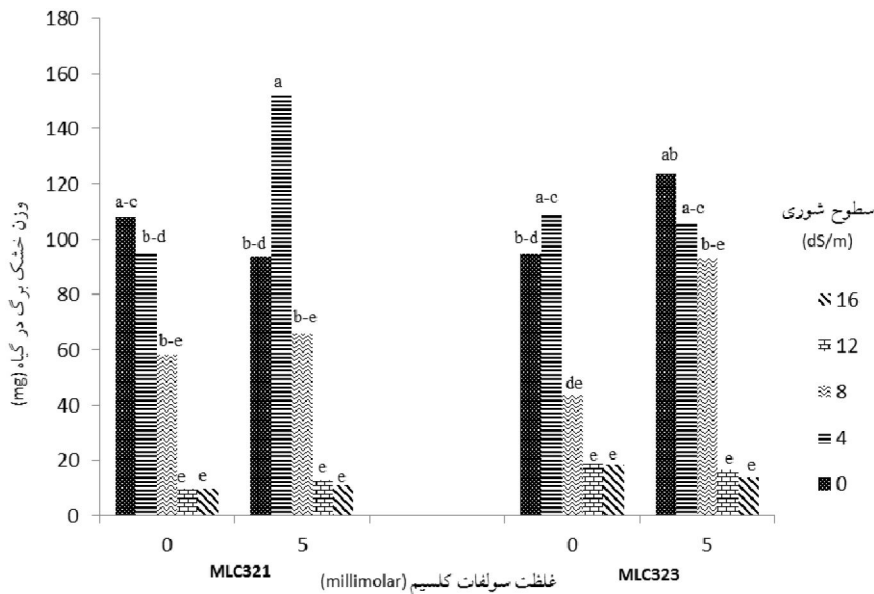
شکل ۲. مقایسه‌ی تأثیر سطوح مختلف شوری و سولفات کلسیم بر سطح برگ دو ژنوتیپ عدس. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک؛ از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری ندارند.

ریشه‌های عدس در سطوح شوری ۸، ۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر، نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. وزن خشک ریشه نیز در تمامی سطوح شوری مورد آزمایش، بجز در شوری ۴ dS/m در ژنوتیپ MLC323، در مقایسه با شاهد کاهش معنی‌داری نشان داد (جدول ۱). نتایج تجزیه واریانس مشاهدات نشان داد که سولفات کلسیم، ژنوتیپ و همچنین اثر متقابل شوری و سولفات کلسیم و اثرهای متقابل سه‌گانه

با سولفات کلسیم تنها در سطح شوری ۴ dS/m در مقایسه با شاهد (بدون کلسیم) افزایش معنی‌داری داشت. در ژنوتیپ MLC323، استفاده از سولفات کلسیم در سطوح مختلف شوری تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک برگ نداشت (شکل ۳).

سطح، وزن خشک و مجموع طول ریشه‌ها

در هر دو ژنوتیپ، صفات سطح، وزن خشک و مجموع طول



شکل ۳. مقایسه تأثیر سطوح مختلف شوری و سولفات کلسیم بر وزن خشک برگ دو ژنوتیپ عدس. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری ندارند

با کاربرد سولفات کلسیم در ژنوتیپ MLC321، غلظت سدیم برگ در شوری ۱۶ dS/m به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، در حالی که در ژنوتیپ MLC323، در هیچ یک از سطوح مختلف شوری، تفاوت معنی‌داری در غلظت سدیم برگ گیاهان تیمار شده با کلسیم و بدون آن مشاهده نشد (شکل ۴). تیمار سولفات کلسیم در ژنوتیپ MLC321 در شوری ۸ dS/m و در ژنوتیپ MLC323 در شوری ۴ dS/m، غلظت پتاسیم برگ را نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش داد (شکل ۵). در ژنوتیپ MLC323، کاربرد سولفات کلسیم در سطح شوری ۱۲ dS/m باعث افزایش معنی‌دار کلسیم برگ نسبت به شاهد (بدون کلسیم) شد. ولی در سایر سطوح شوری، تأثیر معنی‌داری بر غلظت کلسیم برگ نداشت (شکل ۶).

غلظت سدیم، پتاسیم و کلسیم بافت ریشه

مقایسه میانگین برهمکنش شوری و ژنوتیپ نشان دهنده‌ی افزایش معنی‌دار غلظت سدیم ریشه در تمامی سطوح شوری در ژنوتیپ MLC321 و در سطح شوری ۴ dS/m در ژنوتیپ MLC323 بود. غلظت پتاسیم ریشه در سطوح شوری ۸ و ۱۲

شوری، ژنوتیپ و سولفات کلسیم تأثیر معنی‌داری بر این صفات نداشتند (داده‌ها نشان داده نشده است).

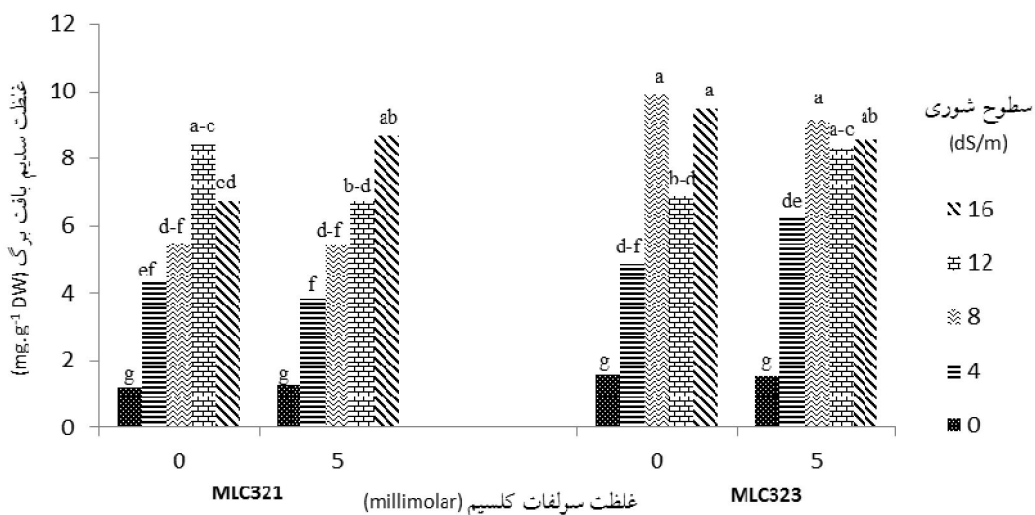
غلظت سدیم، پتاسیم و کلسیم بافت برگ

بر طبق نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها، واکنش دو ژنوتیپ در سطوح مختلف شوری متفاوت بود. به طوری که بیشترین غلظت سدیم برگ در ژنوتیپ‌های MLC321 و MLC323 به ترتیب در سطوح شوری ۱۲ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده گردید. غلظت سدیم برگ در سطوح شوری ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر در ژنوتیپ MLC323 نسبت به ژنوتیپ دیگر بیشتر بود. غلظت پتاسیم برگ در ژنوتیپ MLC321 در سطوح شوری ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. به طوری که بیشترین غلظت پتاسیم در این دو سطح مشاهده شد. در ژنوتیپ MLC323 تنها در سطح شوری ۸ dS/m افزایش معنی‌دار غلظت پتاسیم برگ نسبت به شاهد مشاهده گردید. در شرایط بدون تنش شوری، ژنوتیپ‌ها از نظر غلظت سدیم برگ مشابه بودند. اما در این شرایط، ژنوتیپ MLC321 غلظت پتاسیم برگ بیشتری در مقایسه با ژنوتیپ دیگر داشت (جدول ۲).

جدول ۲. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و ژنوتیپ بر غلظت عناصر سدیم، پتاسیم و کلسیم برگ و ریشه دو ژنوتیپ عدس

ژنوتیپ	شوری (dS/m)	برگ			ریشه		
		سدیم (mg/g DW)	پتاسیم (mg/g DW)	کلسیم (mg/g DW)	سدیم (mg/g DW)	پتاسیم (mg/g DW)	کلسیم (mg/g DW)
MLC321	۰	۱/۲۱۹e	۲/۷۱۷b	۱/۴۶۸ab	۱/۸۳۹f	۲/۸۱۹ab	۱/۱۲۵a-c
MLC321	۴	۴/۰۵۵d	۴/۰۰۵a	۱/۶۵۷a	۳/۸۵۹a-c	۲/۶۵۰b	۱/۲۴۵a
MLC321	۸	۵/۴۲۴cd	۴/۰۹۰a	۱/۶۰۵a	۴/۴۳۷ab	۰/۶۸۴cd	۰/۹۷۱a-d
MLC321	۱۲	۸/۴۰۶ab	۲/۷۰۰b	۱/۵۰۳ab	۳/۵۰۱b-d	۰/۷۲۷c	۱/۱۷۷ab
MLC321	۱۶	۷/۵۷۱b	۳/۰۰۵b	۱/۴۵۱ab	۳/۰۹۳c-e	۰/۱۵۲d	۰/۸۳۳c-e
MLC323	۰	۱/۵۲۹e	۱/۶۵۰c	۱/۱۹۴b	۲/۰۸۳ef	۳/۲۴۳a	۱/۰۰۵a-d
MLC323	۴	۵/۵۲۱c	۱/۵۱۴c	۱/۴۵۱ab	۴/۹۵۱a	۲/۹۳۸ab	۰/۸۸۵b-d
MLC323	۸	۹/۳۰۲a	۱/۴۲۹b	۱/۶۴۰a	۳/۱۱۰c-e	۰/۴۶۴cd	۰/۵۵۹e
MLC323	۱۲	۷/۶۷۳b	۱/۷۶۸c	۱/۶۰۵a	۲/۷۵۱c-f	۰/۲۱۹cd	۰/۷۸۲de
MLC323	۱۶	۹/۲۰۵a	۱/۷۵۲c	۱/۱۹۴b	۲/۴۰۹d-f	۰/۲۱۹cd	۰/۹۳۶a-d

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند (P 0.05).

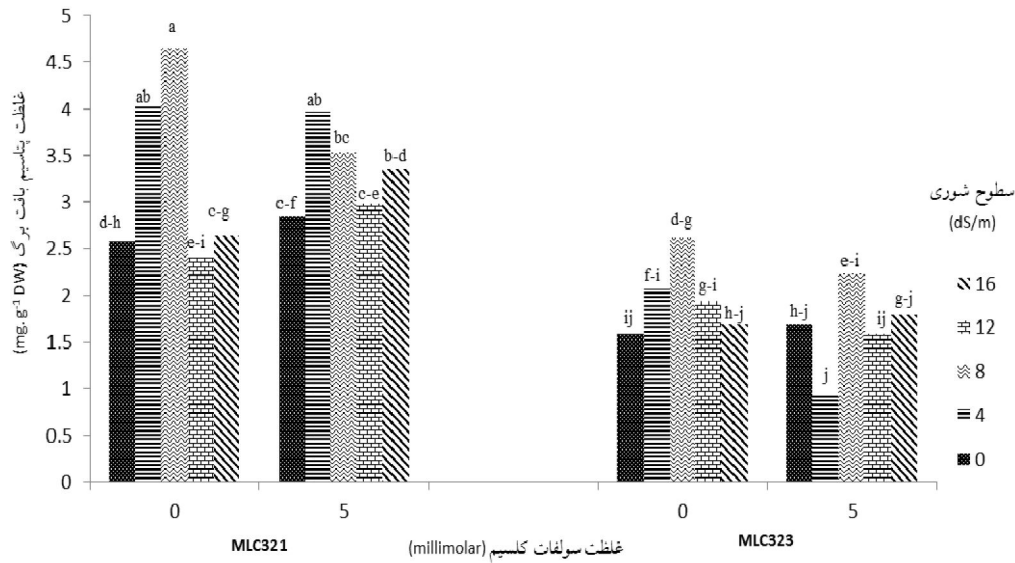


شکل ۴. مقایسه تأثیر سطوح مختلف شوری و سولفات کلسیم بر غلظت سدیم بافت برگ دو ژنوتیپ عدس. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری ندارند.

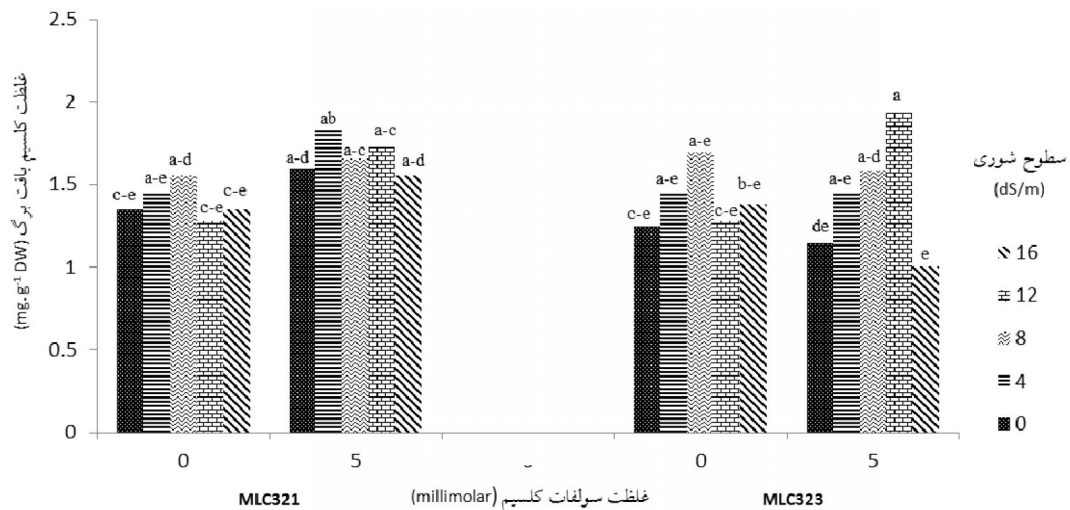
معنی‌داری نداشتند (جدول ۲).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های برهمکنش شوری، کلسیم و ژنوتیپ نشان داد که تیمار سولفات کلسیم در ژنوتیپ MLC323، در سطح شوری ۸ dS/m سبب کاهش معنی‌دار غلظت سدیم ریشه نسبت به شاهد (بدون کلسیم) گردید. اما

۱۶ دسی‌زیمنس بر متر در هر دو ژنوتیپ نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری نشان داد. در سطوح شوری ۴-۱۲ dS/m کاهش معنی‌داری در غلظت کلسیم ریشه در ژنوتیپ MLC323 نسبت به ژنوتیپ دیگر مشاهده شد. در شرایط بدون تنش، ژنوتیپ‌ها از نظر غلظت سدیم، پتاسیم و کلسیم ریشه تفاوت



شکل ۵. مقایسه تأثیر سطوح مختلف شوری و سولفات کلسیم بر غلظت پتاسیم بافت برگ دو ژنوتیپ عدس. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری ندارند



شکل ۶. مقایسه تأثیر سطوح مختلف شوری و سولفات کلسیم بر غلظت کل‌سیم بافت برگ دو ژنوتیپ عدس. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری ندارند.

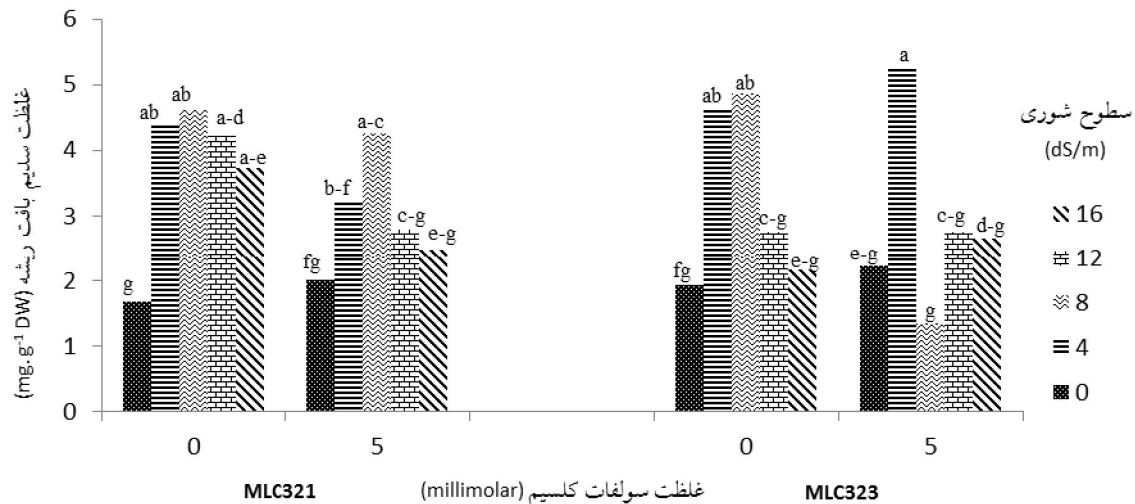
داد، ولی سولفات کلسیم در هیچ‌یک از دو ژنوتیپ در شرایط تنش تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر بهبود کاهش غلظت کلسیم ریشه نداشت.

بحث

تنش شوری موجب کاهش صفات مربوط به رشد بخش هوایی

این صفت در ژنوتیپ MLC321، در هیچ یک از سطوح شوری تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت (شکل ۷).

در هر دو ژنوتیپ، استفاده از سولفات کلسیم همراه با شوری، تأثیر معنی‌داری بر غلظت پتاسیم و کلسیم ریشه نداشت. اگرچه ژنوتیپ MLC321 نسبت به ژنوتیپ دیگر پاسخ بهتری به تیمار سولفات کلسیم در سطوح مختلف شوری نشان



شکل ۷. مقایسه تأثیر سطوح مختلف شوری و سولفات کلسیم بر غلظت سدیم بافت ریشه دو ژنوتیپ عدس. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری ندارند.

سبب حداکثر میزان رشد گیاه در غلظت کم شوری (۴ dS/m) گردید. پاسخ بخش هوایی ژنوتیپ MLC323 در سطوح مختلف شوری به سولفات کلسیم یکسان بود و اثر بهبودی کلسیم بر صفات رشد بخش هوایی تحت تنش شوری مشاهده نشد. در مورد ریشه نیز اگرچه تأثیر بهبود دهنده سولفات کلسیم بر کاهش صفات رشدی ریشه تحت شرایط تنش مشاهده شد، ولی این اثرها چشمگیر نبود. شوری، انتقال Ca^{2+} از ریشه به بخش هوایی را مهار می‌کند و با کاهش فراهمی Ca^{2+} در دسترس در منطقه رشد برگ و افزایش نسبت Na^+/Ca^{2+} در بافت‌های در حال رشد، باعث مهار رشد می‌شود (۶). کاربرد Ca^{2+} ممکن است غلظت کلسیم را در مناطق رشد افزایش داده و تا حدی سرعت رشد برگ افزایش یابد (۴).

برخی پژوهش‌ها کاهش وزن خشک در اثر تنش شوری را به خاطر تلفیق اثرهای تنش اسمزی، اثر سمیت یونی و تغییر غلظت عناصر غذایی ناشی از نمک موجود در محلول خاک ذکر کرده‌اند (۲۹). نجیمی و همکاران (۲۷) بیان کردند که با تیمار کلسیم، وزن خشک گیاه سویا تحت تنش شوری افزایش یافت. رنالت و عفیفی (۳۳) گزارش نمودند که کاربرد Ca^{2+} با محدود کردن جابجایی یون Na^+ می‌تواند سبب حفظ غشا در فرایندهای غشایی در ریشه و بخش هوایی شود. همچنین

(ارتفاع گیاه، وزن خشک برگ و سطح برگ) و ریشه (مجموع طول، سطح و وزن خشک ریشه) شد. در بسیاری از این موارد تأثیر منفی شوری بر صفات مذکور، به‌ویژه در سطح شوری ۸ dS/m و بیشتر، در دو ژنوتیپ معنی‌دار بود. شوری، پتانسیل اسمزی محلول را کاهش می‌دهد و سبب تنش ثانویه خشکی در گیاه می‌گردد (۳۵). همچنین، شوری از طریق کاهش رشد دیواره سلولی، مانع رشد اندام و گیاه می‌شود (۳). هرناندز و همکاران (۱۸) نیز بیان کردند که سریع‌ترین پاسخی که گیاهان به تنش شوری نشان می‌دهند، کاهش سرعت توسعه برگ است. تحت شرایط تنش، به دلیل اینکه تورژسانس کاهش می‌یابد، سطح برگ‌ها به اندازه طبیعی رشد نمی‌کنند. از طرفی، فتوسنتز هم کاهش می‌یابد (۱۹). کاهش سطح برگ به علت کاهش تثبیت CO_2 ، مهار تقسیم سلولی و گسترش سلول‌ها تحت تنش شوری است (۷ و ۳۲). گیاهان برای ساختن مواد آلی (مانند پرولین و مانیتول) انرژی زیادی صرف می‌کنند و بنابراین با صرف انرژی زیاد جهت تنظیم اسمزی، رشد بخش‌های هوایی کاهش می‌یابد (۳۱).

در تحقیق حاضر، تیمار سولفات کلسیم به همراه شوری موجب افزایش صفات مربوط به رشد بخش هوایی در ژنوتیپ MLC321 شد. کاربرد سولفات کلسیم در محیط رشد گیاه

با شوری کدبندی املاح می‌باشد. به طوری که برای ادامه حیات، املاح به نقاط خاصی از گیاه انتقال می‌یابند تا به آنزیم‌های موجود در سیتوپلاسم آسیبی وارد نشود (۱۲).

در ژنوتیپ MLC323، استفاده از سولفات کلسیم در سطح شوری ۸ dS/m سبب کاهش معنی‌دار غلظت سدیم ریشه گردید. موز (۲۶) گزارش کرد که در گیاهان، حامل اختصاصی برای انتقال سدیم وجود نداشته و سدیم از طریق رقابت با پتاسیم و دیگر کاتیون‌ها وارد گیاه می‌شود. سدیم می‌تواند از طریق حامل‌های پرتمایل پتاسیم (High affinity potassium carriers) و یا از طریق کانال‌های کم تمایل که به نام کانال‌های کاتیونی غیر انتخابی (Non-selective cation channels) نامیده می‌شوند، وارد سلول‌های گیاه شود. کلسیم با فعال سازی مسیرهای منتهی به بیان ژن باعث بیان پروتئین‌های ویژه (مانند پادبرها (Antiporters) و پمپ‌های خاص) می‌شود که عمل آن‌ها نهایتاً به تقلیل میزان سدیم منجر می‌گردد (۲۶).

در این آزمایش، غلظت پتاسیم برگ در ژنوتیپ MLC321 در سطوح شوری ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت. در ژنوتیپ MLC323 نیز بیشترین غلظت پتاسیم در سطح شوری ۸ dS/m اندازه‌گیری شد. در حالی که با اعمال کلسیم در برخی از سطوح شوری، غلظت پتاسیم برگ شدیداً کاهش یافت. جشک و ولف (۲۱) بیان کردند که بسیاری از گیاهان، به‌ویژه گونه‌های حساس به شوری، قابلیت انتخاب K^+ را حتی در سطوح زیاد شوری حفظ نموده و ترجیح می‌دهند پتاسیم بیشتری را نسبت به سدیم در واکوئل‌های خود در شرایط شوری کم تا متوسط انباشت کنند. کاهش پتاسیم موجب اختلال در جذب مواد و اختلال در تنفس و فتوسنتز می‌شود (۲۵).

غلظت پتاسیم ریشه، به‌ویژه در سطوح زیاد شوری (بیشتر از ۸ dS/m)، به شدت در هر دو ژنوتیپ کاهش یافت. هو و اشمیدهاالتر (۱۹) بیان کردند که با کاهش محتوای آب خاک، تحرک پتاسیم کاهش و قابلیت دسترسی پتاسیم برای ریشه-های گیاه کاهش می‌یابد. در مطالعه دیگری نیز کاهش جذب

سبب کاهش جذب سدیم و افزایش جذب K^+ در محلول خاک می‌شود (۳۳). در تحقیقات انجام شده، کاربرد Ca^{2+} خارجی سبب حفظ هم‌ایستایی K^+/Na^+ در ریشه‌ها در گیاهان تحت تنش شوری شده است. جذب K^+ توسط سلول‌های ریشه در اثر رقابت با سدیم در شرایط شوری کاهش می‌یابد (۳۰).

در تحقیق حاضر، در تیمارهای مختلف شوری، غلظت سدیم موجود در برگ به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. نتایج گویای این است که در ژنوتیپ‌های MLC321 و MLC323 به ترتیب تا سطح شوری ۱۲ dS/m و ۸ dS/m، غلظت سدیم برگ افزایش می‌یابد. احتمالاً غلظت سدیم در حدی نبوده است که توقف انتقال این عنصر را از ریشه به بخش هوایی القا نماید. در حالی که بعد از این آستانه، غلظت سدیم در بخش هوایی کم می‌شود، که نشانگر آن است که گیاه مکانیسم محدود کننده‌ای را به راه انداخته و از انتقال سدیم به برگ جلوگیری کرده است. به همین دلیل است که در ژنوتیپ MLC321 در تیمار شوری ۸ dS/m، غلظت سدیم برگ ۹/۳ میلی‌گرم در گرم وزن خشک برگ و در سطح شوری ۱۲ dS/m، ۷/۶۷ میلی‌گرم در گرم وزن خشک برگ اندازه‌گیری شد. در مورد ژنوتیپ MLC321 نیز کاهش غلظت سدیم برگ در شوری ۱۶ dS/m نسبت به شوری ۱۲ dS/m مشاهده شد.

غلظت سدیم ریشه در ژنوتیپ MLC323 تا سطح شوری ۸ dS/m افزایش شدیدی داشت. ولی در شوری‌های ۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر غلظت سدیم ریشه نسبت به شوری‌های کمتر کاهش معنی‌داری نشان داد. به نظر می‌رسد که ریشه‌های ژنوتیپ MLC323 در شوری ۱۲ dS/m، مکانیسم‌هایی که مانع جذب سدیم شود را به کار برده و از انتقال سدیم به بخش‌های هوایی جلوگیری نموده است. در مورد ژنوتیپ MLC321 نیز مکانیسم کم و بیش مشابهی مشاهده شد. ولی از آنجا که تفاوت معنی‌داری بین سطوح مختلف شوری مشاهده نشد، ظاهراً در این ژنوتیپ، گیاه با انباشت سدیم در ریشه، از انتقال این عنصر به بخش هوایی ممانعت کرده است. اسچی و رودریگز (۱۲) بیان کردند که در گیاهان شورزیست یکی از مکانیسم‌های مقابله

(*Fragaria xananassa* Duch.) (۲۳) را افزایش می دهد.

نتیجه گیری

تنش شوری به طور معنی داری ویژگی های رشدی را در هر دو ژنوتیپ عدس کاهش داد که این موضوع می تواند با افزایش چشمگیر غلظت سدیم برگ در هر دو ژنوتیپ مواجهه با شوری مرتبط باشد. در سطوح شوری ۸، ۱۲ و ۱۶ دسی زیمنس بر متر در هر دو ژنوتیپ، کاهش مشخص پتاسیم ریشه مشاهده شد. در حالی که در شوری ۴ dS/m در ژنوتیپ MLC321 پتاسیم برگ افزایش معنی داری داشت. احتمالاً این ژنوتیپ با افزایش پتاسیم در برگ ها شرایط را برای تحمل بیشتر شوری فراهم کرده و افزایش رشد برگ ها را در سطح شوری ۴ dS/m سبب شده است. به طور کلی، نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که هر دو ژنوتیپ به شوری حساس هستند و در این راستا ژنوتیپ MLC323 حساس تر از ژنوتیپ MLC321 می باشد. هر دو ژنوتیپ در سطوح زیاد شوری (۱۲ و ۱۶ دسی زیمنس بر متر) به شدت آسیب دیدند و در این سطوح، تیمار کلسیم نتوانست اثرهای منفی ناشی از تنش شوری را جبران نماید، در حالی که در سطوح کم شوری (۴ dS/m) کاربرد کلسیم در ژنوتیپ MLC321 نسبت به شاهد (بدون کلسیم) باعث افزایش چشمگیر غالب صفات رشدی شد. بنابراین، به نظر می رسد می توان در مناطقی با شوری ۴ dS/m، استفاده از سولفات کلسیم ۵ میلی مولار را برای کاهش اثرهای مخرب تنش شوری، به ویژه در ژنوتیپ MLC321، پیشنهاد کرد.

پتاسیم و افزایش ورود سدیم در دوره تنش شوری، گزارش شده است (۳۶). شابالا (۳۷) بیان کرد که در محیط شور، ورود Na^+ به غشای پلاسمایی باعث دپولاریزاسیون غشا می گردد و در نتیجه سبب باز شدن کانال های پتاسیم یکسویه به خارج شده و K^+ کاهش می یابد. هاسگاوا و همکاران (۱۷) بیان داشتند که به دلیل انتقال کاتیون های Na^+ و K^+ با یک حامل مشترک، Na^+ برای ورود به درون سلول با K^+ رقابت می کند.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تنش شوری سبب افزایش معنی دار میزان کلسیم برگ در ژنوتیپ MLC323 در سطوح ۸ و ۱۲ دسی زیمنس بر متر شد. در تیمار کلسیم نیز در شوری ۱۲ dS/m میزان کلسیم برگ در این ژنوتیپ افزایش چشمگیری داشت. در این پژوهش کاهش غلظت کلسیم ریشه در برابر افزایش آن در بخش هوایی مشاهده شد. بنابراین، به نظر می رسد کلسیم نیز مانند پتاسیم از ریشه ها به بخش هوایی گیاه منتقل شده است. ویمبرگ (۴۰) در یک مطالعه روی دو ژنوتیپ گندم نشان داد که با افزایش شوری، یون کلسیم نیز افزایش می یابد. تجمع کلسیم در بافت های گیاه می تواند در تنظیم اسمزی و کاهش پتانسیل اسمزی بافت، در نتیجه تحمل بیشتر به تنش شوری، مؤثر باشد (۱۰). یون کلسیم به عنوان پیک ثانویه در گیاهان عمل می کند و در ترانسپانسی انواع وسیعی از علائم شرکت دارد. بنابراین، جزء مهمی از پاسخ گیاهان به شوری می باشد (۱۷). تحقیقات دیگر نیز نشان دهنده آن است که کلسیم تحمل به شوری گیاهان گوجه فرنگی (*Lycopersicon esculentum* var Mobile) (۱) و توت فرنگی

منابع مورد استفاده

- مختاری، ا.، ع. گنجعلی و پ. ابریشم چی. ۱۳۸۹. تأثیر بهبود دهنده کلرید و سولفات کلسیم بر رشد، میزان پروتئین های محلول، قندهای محلول، پرولین و برخی عناصر معدنی (سدیم، پتاسیم) در برگ گیاه گوجه فرنگی (*Lycopersicon esculentum* var Mobile) تحت تنش شوری. زیست شناسی ایران ۲۳: ۶۲-۷۲.
- Abdel Latef, A.A. 2011. Ameliorative effect of calcium chloride on growth, antioxidant enzymes, protein patterns and some metabolic activities of canola (*Brassica napus* L.) under seawater stress. J. Plant Nutr. 34: 1303-1320.
- Arshi, A., A. Ahmad, I.M. Aref and M. Iqbal. 2010. Calcium interaction with salinity-induced effects on growth and metabolism of soybean (*Glycine max* L.) cultivars. J. Environ. Biol. 31: 795-801.

4. Arshi, A., M.Z. Abdin and M. Iqbal. 2005. Ameliorative effect of CaCl₂ on growth, ionic relations and proline content of senna under salinity stress. *J. Plant Nutr.* 28: 101-125.
5. Barakat, N.A.M. 2011. Ameliorative effects of Ca²⁺ on the growth, metabolism, cationic status and cell wall degrading enzymes of induced salinity stress *Vicia faba* L. *J. Stress Physiol. Biochem.* 7: 369-386.
6. Bian, S. and Y. Jiang. 2008. Reactive oxygen species, antioxidant enzyme activities and gene expression patterns in leaves and roots of Kentucky bluegrass in response to drought stress and recovery. *Sci. Hort.* 3118: 10-17.
7. Blohkin, O., E. Virolainen and K. Fagerstedt. 2003. Antioxidant oxidative damage and oxygen deprivation stress. *Annu. Rev. Bot.* 91: 179-194.
8. Bor, M., F. Ozdemir and I. Turkan. 2003. The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in leaves of sugar beet *Beta vulgaris* L. and wild beet *Beta maritima* L. *Plant Sci.* 164: 77-84.
9. Chapman, H.D. and P.F. Pratt. 1982. *Methods of Analysis for Soil, Plants and Water.* Chapman Publisher, California.
10. Cramer, G.R., A. Lauchli and E. Epstein. 1986. Effects of NaCl and CaCl₂ on ion activities in complex nutrient solutions and root growth of cotton. *Plant Physiol.* 81(3): 792-797.
11. Erskine, W., F. J. Muehlbauer, A. Sarker and B. Sharma. 2009. *The Lentil: Botany, Production and Uses.* CAB International, London.
12. Esechie, H.A. and V. Rodriguez. 1999. Does salinity inhibit alfalfa leaf growth by reducing tissue concentration of essential mineral nutrients? *J. Agron. Crop Sci.* 182: 273-278.
13. Farooq, M. and S.M.A. Barsa. 2010. Changes in nutrient homeostasis and reserves metabolism during rice seed priming: Consequences for seedling emergence and growth. *Agric. Sci. China* 9: 191-198.
14. Francois, L.E., C.M. Grieve, E.V. Maas and S.M. Lesch. 1994. Time of salt stress affects growth and yield components of irrigated wheat. *Agron. J.* 89: 100-107.
15. Girija, C., B.N. Smith and P.M. Swamy. 2002. Interactive effects of sodium chloride and calcium chloride on the accumulation of proline and glycinebetaine in peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Environ. Exp. Bot.* 47: 1-10.
16. Gorham, J. 1993. Genetics and physiology of enhanced K/Na discrimination. PP. 151-158. *In: Randall, P.J., E. Delhaize, R.A. Richards and R. Munns (Eds.), Genetic Aspects of Plant Mineral Nutrition, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.*
17. Hasegawa, P.M., R.A. Bressan, J.K. Zhu and J.H. Bohnert. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annu. Rev. Plant Physiol. Mol. Biol.* 51: 463-499.
18. Hernandez, J.A., E. Olmos, F.J. Corpas, F. Sevilla and L.A. del Rio. 1995. Salt-induced oxidative stress in chloroplasts of pea plants. *Plant Sci.* 105: 151-167.
19. Hu, Y. and U. Schmidhalter. 2005. Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. *J. Plant Nutr.* 168: 541-549.
20. Jaleel, C.A., G.R. Gomathinayagam and R. Panneerselvam. 2008. Effect of calcium chloroxide on metabolism of salt-stressed *Dioscorea rotundata*. *Acta Biol. Cracov Ser. Bot.* 1: 63-67.
21. Jeschke, W.D. and O. Wolf. 1988. Effect of NaCl salinity on growth, development, ion distribution and ion translocation in castor bean (*Ricinus communis* L.). *J. Plant Physiol.* 132: 45-53.
22. Kader, A. and S. Lindberg. 2010. Cytosolic calcium and pH signaling in plants under salinity stress. *Plant Signal Behav.* 5: 233-238.
23. Kaya, C., B.E. Ak, D. Higgs and B. Murillo-Amador. 2002. Influence of foliar-applied calcium nitrate on strawberry plants grown under salt-stressed conditions. *Aust. J. Exp. Agr.* 42: 631-636.
24. Lynch, J. and A. Lauchli. 1988. Salinity affects intracellular calcium in corn root protoplasts. *Plant Physiol.* 87: 351-356.
25. Marshner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants.* Academic Press, London.
26. Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environ.* 25: 239-250.
27. Nedjimi, B., Y. Daoud, M. Carvajal and M.D. Carmen Martinez-Ballesta. 2010. Improvement in the adaptation of *Lygeum Spartum* L. to salinity in the presence of calcium. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 41: 2301-2317.
28. Nemoto, Y. and T. Sasakuma. 2002. Differential stress responses of early salt-stress responding genes in common wheat. *Phytochem.* 61: 129-133.
29. Neumann, P. 1997. Salinity resistance and plant growth revisited. *Plant Cell and Environ.* 20: 1193-1198.
30. Olbe, M., S. Widell and M. Sommarin. 1997. Active calcium transporters in isolated membranes of wheat root cells. *J. Exp. Bot.* 48: 1767-1777.
31. Penuelas, J., R. Isla, I. Filella and J.L. Araus. 1997. Visible and near- infrared reflectance assessment of salinity effects on barley. *Crop Sci.* 37: 198-202.
32. Piekielek, W.P. and R.H. Fox. 1992. Use of a chlorophyll meter to predict sidedress nitrogen requirements for maize. *Agron. J.* 84: 59-65.
33. Renault, S. and M. Affifi. 2009. Improving NaCl resistance of red-osier dogwood: Role of CaCl₂ and CaSO₄. *Plant Soil* 315: 123-133.

34. Rengel, Z. 1992. The role of calcium in salt toxicity. *Plant Cell Environ.* 15: 625-632.
35. Sairam, R.K. and D.C. Saxsena. 2000. Oxidative stress and antioxidants in wheat genotypes: Possible mechanism of water stress tolerance. *J. Agron. Crop Sci.* 184: 55-61.
36. Serrano, R. and A. Rodriguez-Navarro. 2001. Ion homeostasis during salt stress in plants. *Curr. Opin. Cell Biol.* 13: 399-404.
37. Shabala, S. 2000. Ionic and osmotic components of salt stress specifically modulate net ion fluxes from bean leaf mesophyll. *Plant Cell Environ.* 23: 825-837.
38. Shyam, S.Y., D.L. McNeil and P.C. Stevenson. 2007. *Lentil, an Ancient Crop for Modern Times.* Springer Publisher, The Netherlands.
39. Song, W.Y., Z.B. Zhang, H.B. Shao, X.L. Guo, H.X. Cao, H.B. Zhao, Z.Y. Fu and X.J. Hu. 2008. Relationship between calcium decoding elements and plant abiotic-stress resistance. *Int. J. Biol. Sci.* 4: 116-125.
40. Weimberg, R. 1987. Solute adjustments in leaves of two species of wheat at two different stages of growth in response to salinity. *Physiol. Plant.* 70: 381-388.
41. Zaman, B., B.H. Niazi, M. Athar and M. Ahmad. 2005. Response of wheat plants to sodium and calcium ion interaction under saline environment. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 2: 7-12.