نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۵ شمارهٔ۲، صفحهٔ ۷۰-۵۷، نیمهٔ دوم ۱۳۹۳

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 5, No. 2, 2014, p. 57-70

ارزیابی اثر سیلیسیم بر صفات فیزیولوژی، کیفی و کمّی لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) در تنش شوری

سارا پرنده[1*]، غلامرضا زمانی[2]، محمدحسن سیاری[2] و محمدقادر قادری[2]

۱- دانشجوی دکتری زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند

۲- اعضای هیأت علمی گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۲/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۰/۲۷

چکیده

شوری یکی از تنش‌های محیطی و مانعی اساسی برای تولید محصولات کشاورزی است. تنش شوری، بر ویژگی‌های فیزیولوژی، مورفولوژی، آناتومی، ترکیب‌های شیمیایی و میزان آب بافت گیاهان مؤثر می‌باشد. حبوبات دومین منبع غذایی بشر پس از غلات به‌شمار می‌روند. در میان حبوبات، لوبیا از اهمیت خاصی برخوردار است. به‌منظور بررسی اثر سیلیسیم بر صفات فیزیولوژی، کیفی و کمی لوبیا، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه بیرجند در سال ۱۳۹۰ انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل ۵ سطح شوری (۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر) و ۴ سطح سیلیکات سدیم (صفر، ۰/۵، ۱و ۲ میلی‌مولار) بودند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان داد که با افزایش شوری مقدار آب برگ، وزن خشک کل، درصد پروتئین، عملکرد پروتیئن و عملکرد دانه به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت. اما در مقابل، شوری موجب افزایش معنی‌داری در غلظت پرولین و غلظت قندهای محلول گیاه شد. سیلیکات‌سدیم نیز تأثیر معنی‌داری بر مقدار آب برگ و غلظت پرولین برگ داشت. با توجه به نتایج به‌دست آمده در این آزمایش می‌توان گفت که مصرف سیلیکات سدیم از طریق بهبود خصوصیات رویشی موجب کاهش اثرات زیانبار شوری بر ویژگی‌های فیزیولوژی، کیفیت و کمیت دانه لوبیا شده است.

واژه‌های کلیدی: لوبیا، سیلیکات سدیم، پرولین، قندهای محلول، درصد پروتئین

مقدمه

شوری خاک یکی از عمده‌ترین مشکلات کشاورزی در نواحی خشک و نیمه خشک دنیا است (Saadatnoori & Nelly, 2000). برخی از مواد معدنی غیر ضروری ممکن است عوارض شوری را خنثی کنند. به‌عنوان مثال سیلیسیم عنصری غیر ضروری برای رشد گیاه است، نتایج مطالعات نشان داده کاربرد سیلیسیم به‌طور معنی‌داری رشد گیاه را در شرایط شوری افزایش می‌دهد (Tahir *et al.*, 2006). شوری موجب افزایش یون سدیم در بخش هوایی گیاهان و به‌خصوص در ریشه می‌گردد، اما تغذیه با سیلیسیم در گیاه موجب کاهش غلظت این یون در بافت‌ها می‌شود. مارشنر گزارش کرده است که چون بخش زیادی از سدیم به‌صورت غیر فعال توسط گیاهان جذب می‌شود و فرآیند جذب آن متأثر از جریان تعرق می‌باشد، در نتیجه کاهش جذب سدیم می‌تواند ناشی از تأثیر سیلیسیم روی میزان تعرق باشد (Marschner, 1995).

در بین حبوبات آبی، لوبیا از نظر سطح زیر کشت مقام اول را در ایران دارد (FAO, 2006). لوبیا به شدت به شوری حساس است و شوری خاک کمتر از ۲ دسی‌زیمنس بر متر را تحمل می‌کند (Lauchli, 1984). با توجه به اینکه بخش وسیعی از زمین‌های کشور به‌دلیل شرایط خاص آب و هوایی، طبیعت مواد مادری و کیفیت نامناسب آب آبیاری شور بوده یا روند آن‌ها به سمت شور شدن هر چه بیشتر می‌باشد، طبیعی است که کشت گیاهان در این شرایط با مشکل مواجه بوده و لازم است تا حد امکان تدابیر لازم به‌منظور جلوگیری از کاهش عملکرد گیاهان به‌عمل آید. در این راستا علاوه بر رعایت موارد و مبانی مدیریتی، تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان ضرورت دارد، بدین معنا که با عرضه کافی و منظم عناصر غذایی می‌توان مشکلات ناشی از شوری را به حداقل رساند (Hu & Schmidhalter, 1997).

یکی از اثرات اولیه شوری کاهش مقدار آب بافت‌های گیاهی می‌باشد. کاهش مقدار نسبی آب می‌تواند در نتیجه کاهش دسترسی به آب در اثر افزایش پتانسیل اسمزی ناشی از وجود نمک در ناحیه توسعه ریشه باشد. به‌عبارت دیگر، شوری میزان انرژی لازم برای حفظ حالت طبیعی سلول را افزایش داده و در نتیجه انرژی کمتری برای نیازهای رشدی باقی می‌ماند. پژوهشگران گزارش کردند که اثر کلرید سدیم بر مقدار رطوبت نسبی گیاه توت‌فرنگی معنی‌دار بود، به‌طوری که با افزایش

*- نویسنده مسئول: ۰۹۱۵۳۰۵۲۵۵۹، Sara.parande@yahoo.com

غلظت کلرید سدیم مقدار رطوبت نسبی کاهش یافت درحالی‌که افزودن سیلیسیم به محلول غذایی، با بهبود وضعیت آبی گیاه، مقدار رطوبت نسبی برگ را افزایش می‌دهد (Fatemy *et al.*, 2009).

آزمایشی که بر روی گیاه ذرت انجام شد نشان داد که تحت شرایط تنش، وزن خشک و میزان فتوسنتز کاهش می‌یابد و کاربرد سیلیسیم در این شرایط منجر به افزایش پارامترهای فیزیولوژیکی شده، رشد گیاه را بهبود و مقدار تولید را افزایش می‌دهد (Kaya *et al.*, 2006). همچنین سیلیسیم رشد را در گیاه لوبیا تحت تنش شوری افزایش داده و فتوسنتز را بهبود بخشیده است (Zuccarini, 2008).

وانگ و همکاران (Wang *et al.*, 2003) کاهش معنی‌داری را در وزن تر و خشک گیاه لوبیا چشم بلبلی با افزایش سطح شوری به‌ویژه در سطح شوری بالا گزارش نمودند. مشاهده شده است که تحت تنش شوری، سیلیسیم موجب افزایش رشد رویشی، افزایش تولید ماده خشک و افزایش وزن خشک و تر خیار به‌طور معنی‌داری شده است (Zhu *et al.*, 2004).

پرولین یک تنظیم‌کننده اسمزی است که در پاسخ به تنش شوری افزایش می‌یابد. یکی از راهکارهای مهم در گیاهان عالی تحت شرایط شوری تجمع ترکیباتی نظیر پرولین است. تجمع پرولین یک پاسخ دفاعی اولیه برای حفظ فشار اسمزی در سلول است و گزارشات متعددی مبنی بر نقش پرولین در تنظیم اسمزی، محافظت ساختمان سلول و خنثی کردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن بیان شده است (Ashraf & Foolad, 2007). همچنین، پژوهشگران افزایش قندهای محلول را در گیاهان مواجه با تنش گزارش نموده و اظهار نمودند که این ترکیبات ناشی از افزایش تجزیه کربوهیدرات‌های نامحلول، سنتز مواد اسمزی از مسیرهای غیر فتوسنتزی، توقف رشد، کاهش سرعت انتقال (صادرات) مواد و افزایش سنتز ساکارز به‌دلیل فعالسازی آنزیم ساکارز فسفات سنتاز افزایش می‌یابد (Oliviera-Neto *et al.*, 2009).

پژوهشگران کاهش عملکرد گیاه لوبیا را تحت تنش شوری مشاهده نمودند (Katerji *et al.*, 1992). پژوهشگران همچنین با بررسی اثر سیلیسیم بر کاهش بیماری‌های خیار گلخانه‌ای نشان دادند که افزایش مقدار سیلیسیم از طریق کاهش بیماری‌ها موجب افزایش عملکرد خیار گردید (Menzies & Belanger, 1996).

با توجه به اینکه بیشتر اراضی کشور ما شور هستند و لوبیا گیاهی حساس به شوری است، از اینرو برای کشت این گیاه بعد از گندم در خیلی از استان‌ها به‌دلیل شوری زمین با مشکل مواجه هستیم، در این راستا یکی از عناصری که می‌تواند با بهبود وضعیت آب گیاه، اثرات شوری را تعدیل نماید سیلیسیم است، این آزمایش به‌منظور بررسی اثر سیلیکات سدیم بر صفات فیزیولوژی، کیفی و کمی لوبیا در تنش شوری انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در پاییز سال ۱۳۹۰ در گلخانه پژوهشی دانشگاه بیرجند با ۱۲/۱۲ ساعت روز/شب و دمای ۱۵/۲۵ درجه سانتی‌گراد به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل شوری خاک با پنج سطح ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر و سیلیکات سدیم با چهار سطح صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار بودند. خاک مورد استفاده در این آزمایش پس از انتقال به آزمایشگاه خاکشناسی دانشکده کشاورزی، مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج حاصل از تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- خصوصیات خاک مورد آزمایش

Table 1. Characteristics of soil in experiment

شن Sand (٪)	سیلت Silt (٪)	رس Clay (٪)	بافت خاک Soil texture	رطوبت ظرفیت زراعی FC (٪)	اسیدیته PH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	منیزیم Mg (meq)	کلسیم Ca (meq)	کلر Cl (meq)	سدیم Na (meq)
40	46	14	لومی Loamy	15	7.7	0.47	4.4	4.8	6.6	2.6

واحدهای آزمایش، شامل گلدان‌های پلاستیکی با قطر دهانه ۲۱/۵ و ارتفاع ۲۰ سانتیمتر بودند. خاک مورد نظر برای اعمال در گلدان‌ها از الک ۶ میلی‌متری عبور داده شد و مقدار ۴ کیلوگرم خاک خشک برای هر گلدان و مقادیر سیلیسیم و

شوری در سطوح مختلف محاسبه و به‌صورت محلول همراه رطوبت ظرفیت زراعی به‌دست آمده، با خاک مورد نظر در داخل تشت به‌طور کامل مخلوط شد و این کار برای هر تیمار به‌طور جداگانه صورت گرفت و سپس وزن نهایی گلدان‌ها به‌دست آمد. فاکتور شوری با استفاده از کلرید سدیم در آب مقطر تهیه شد و با انجام کالیبراسیون شوری مورد نظر در خاک ایجاد شد. فاکتور سیلیسیم نیز به‌صورت حل کردن سیلیکات سدیم در آب، به خاک هر گلدان اضافه شد. در این آزمایش از لوبیای رقم "اختر" استفاده شد. به‌منظور ضدعفونی کردن بذور و جلوگیری از آلودگی‌های احتمالی قارچی، بذرها به مدت دو تا سه دقیقه در محلول هیپوکلریت‌سدیم یک درصد قرارگرفته، آنگاه به‌ترتیب توسط آب معمولی و آب مقطر شستشو داده شدند. کشت لوبیا در عمق ۱/۵ سانتی‌متری از سطح خاک در تاریخ ۲۵ مهر ماه صورت گرفت. در ابتدا ۱۰ بذر در هر گلدان کاشته شد، بعد از اطمینان کامل از سبز شدن و استقرار گیاه، تنک بوته‌ها انجام و به تعداد ۳ بوته در گلدان کاهش یافت. آبیاری گلدان‌ها بر اساس ظرفیت زراعی و هر روز با آب مقطر انجام شد. برای کنترل شوری در خاک، تعداد ۶ گلدان به‌عنوان شاهد با شرایط یکسان و مشابه گلدان‌های آزمایشی، اما بدون گیاه در نظر گرفته شد، و EC خاک گلدان‌های شاهد با استفاده از EC متر به فواصل زمانی منظم اندازه‌گیری شد.

در مرحله پر شدن دانه‌ی اولین غلاف، دو گیاه از هرگلدان را انتخاب کرده و یک برگ از برگ‌های میانی هر گیاه برای محاسبه‌ی مقدار نسبی آب برگ جدا گردید، سپس به‌وسیله ترازو با دقت ۰/۰۰۱ توزین شدند. پس از آن نمونه‌ها به‌مدت ۱۲ ساعت در ظرف‌های حاوی آب مقطر قرار گرفتند و پس از رسیدن به حالت آماس دوباره توزین شدند. سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت، در دمای ۷۵ درجه سانتیگراد در آون خشک شده و مجدداً توزین شدند. مقدار نسبی آب گیاه از رابطه‌ی (۱) محاسبه گردید:

$$RWC= (Fw - Dw / Tw - Dw)\times 100$$ معادله (۱)

Fw: وزن تر برگ، Dw: وزن خشک برگ و Tw: وزن آماس برگ

برداشت گیاهان در ۲۸ دی ماه انجام شد. برای تعیین وزن خشک اندام هوایی گیاه در پایان فصل رشد، اندام هوایی لوبیا از سطح خاک جدا و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتیگراد در آون، قرار داده شدند، سپس توزین آن‌ها به‌وسیله ترازوی آزمایشگاهی با دقت ۰/۰۰۱ گرم صورت گرفت.

در این پژوهش میزان پرولین، قندهای محلول، محتوی پروتئین و عملکرد پروتئین دانه در تیمارهای شوری ۱، ۳ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار سیلیسیم صفر، یک و دو میلی‌مولار بررسی شدند.

میزان پرولین و قندهای محلول به‌ترتیب در طول موج ۵۱۵ و ۶۲۵ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شدند (Bates *et al.*, 1973). درصد پروتئین دانه نیز با استفاده از رابطه (۲) به‌دست آمد (Bradford, 1979).

$$\text{درصد پروتئین} = \frac{\text{حجم اسید مصرفی} \times 6.25 \times 0.14}{\text{وزن نمونه}}$$ معادله (۲)

در انتهای مرحله رسیدگی، گیاهان هر گلدان برداشت شدند و به‌منظور تعیین عملکرد دانه، کل دانه برداشت شده از هر گلدان، وزن شد و برای راحتی مقایسه نتایج این پژوهش با نتایج سایر محققان، واحد گرم در گلدان از روش زیر به گرم در مترمربع تبدیل شد: ابتدا مساحت گلدان را بر حسب مترمربع از طریق فرمول مربوطه (شعاع^2 × ۳/۱۴) به‌دست آورده، سپس از طریق رابطه زیر تعداد بوته در متر مربع محاسبه شده است:

مساحت گلدان/ ۳ بوته × (۱ مترمربع) = تعداد بوته در مترمربع

محاسبه عملکرد گیاه در مترمربع نیز از رابطه زیر محاسبه شد:

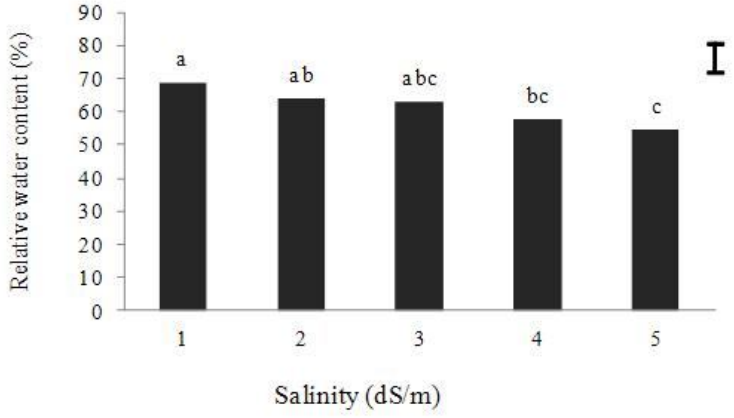
(تعداد بوته در گلدان) ۳/ (عملکرد ۳ بوته در گلدان × تعداد بوته در مترمربع) = عملکرد در مترمربع

در پایان پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تجزیه و تحلیل آن‌ها به کمک نرم افزار آماری SAS 9.1، انجام شد و مقایسه میانگین‌ها به روش LSD در سطح معنی‌داری ۵ درصد صورت گرفت. شکل‌ها نیز توسط نرم افزار Excel 2007 رسم گردید.

نتایج و بحث

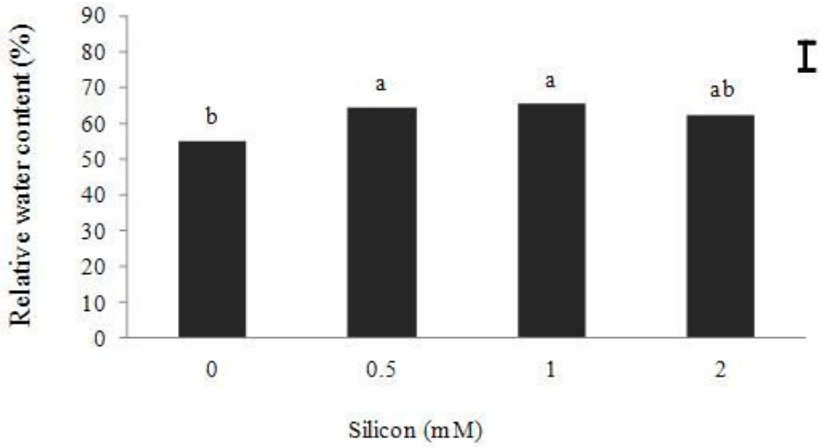
تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به مقدار نسبی آب نشان داد که اثر اصلی فاکتورهای شوری و سیلیکات سدیم تأثیر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) بر مقدار نسبی آب برگ گیاه لوبیا داشتند (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های مقدار نسبی آب در سطوح مختلف شوری نشان داد که شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر با ۵۴/۷ درصد کمترین مقدار را داشت که نسبت به پایین‌ترین سطح شوری ۲۰٪ کاهش نشان داد (شکل ۱). نتایج به‌دست آمده در مورد اثر سطوح مختلف سیلیکات سدیم بر مقدار نسبی آب برگ نشان داد که بیشترین مقدار آب برگ در سطح ۱ میلی‌مولار سیلیکات سدیم به مقدار ۶۵/۱ درصد به‌دست آمد که نسبت به پایین‌ترین سطح سیلیکات سدیم ۱۸٪ افزایش نشان داد (شکل ۲). در مورد اثر متقابل شوری و سیلیکات سدیم بر مقدار نسبی آب برگ کمترین مقدار در سطوح مختلف شوری در حالت عدم مصرف سیلیکات سدیم

به‌دست آمد. در شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین مقدار نسبی آب برگ در حالت مصرف ۲ میلی‌مولار سیلیکات‌سدیم به مقدار ۶۴٪ به‌دست آمد که نسبت به شاهد ۶۳٪ افزایش داشت هرچند که اختلاف بین آن‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۴). تنش شوری از طریق تأثیر بر چندین مکانیزم مهم گیاه از قبیل تنظیم فشار اسمزی، سنتز پروتئین، فتوسنتز، فعالیت آنزیم‌ها و هورمون‌ها و کاهش آب قابل دسترس گیاه، رشد گیاه را کاهش می‌دهد. بنابراین برخی گیاهان با جذب یون، پتانسیل آب خود را در سطح پایین‌تری حفظ می‌کنند که این عمل به سازش، افزایش رشد و افزایش مقدار نسبی آب گیاهان کمک می‌کند. مقدار نسبی آب برگ معیار مناسبی برای بررسی وضعیت آبی گیاه است. افزودن سیلیسیم به محلول غذایی در شرایط شوری، با بهبود وضعیت آبی گیاه، مقدار نسبی آب برگ را افزایش می‌دهد (Kaya *et al.*, 2006).



شکل ۱- اثر سطوح مختلف شوری بر مقدار نسبی آب برگ گیاه لوبیا (خط عمودی در بالای شکل بیانگر مقدار LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد)

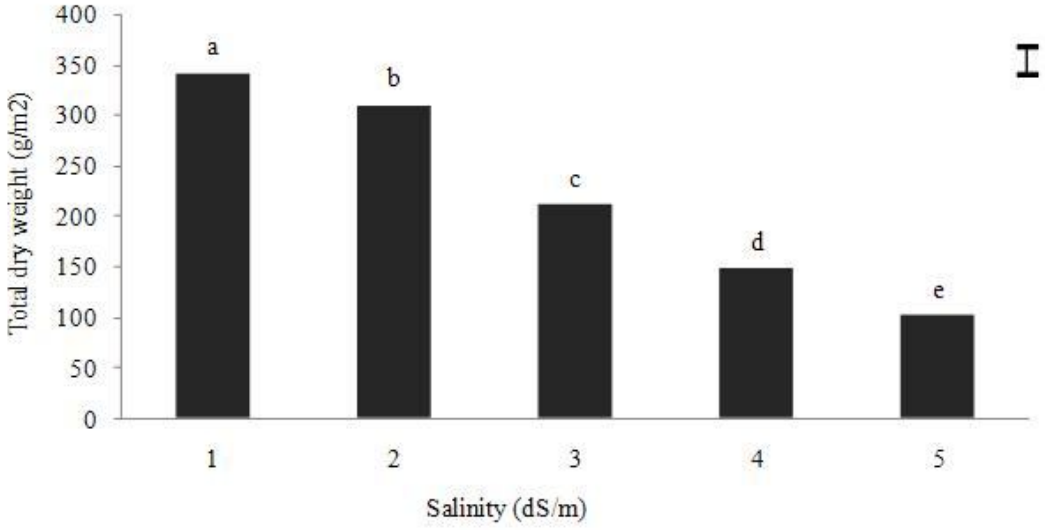
Fig. 1 .Effect of salinity on leaf relative water content of bean



شکل ۲- اثر سطوح مختلف سیلیکات‌سدیم بر محتوی نسبی آب برگ گیاه لوبیا (خط عمودی در بالای شکل بیانگر مقدار LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد)

Fig. 2. Effect of different levels of silicon on the leaf water content of bean

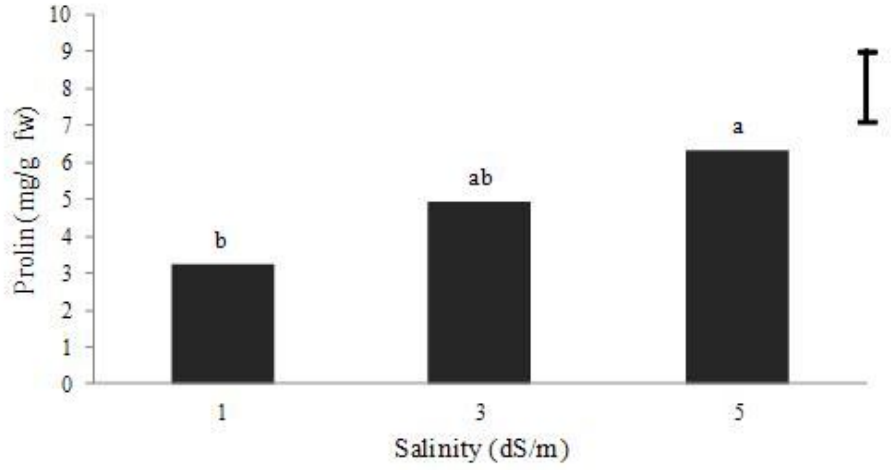
تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به وزن خشک کل گیاه لوبیا نشان داد که فاکتور شوری تأثیر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) بر وزن خشک کل گیاه لوبیا داشت (جدول ۲). بیشترین مقدار وزن خشک کل در شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر به مقدار ۳۴۱/۰۶ گرم در متر مربع به‌دست آمد که نسبت به بالاترین سطح شوری موجب افزایش ۲/۳۳ برابری این صفت شد (شکل ۳). تنش شوری تنها بر یک مرحله رشدی گیاه تأثیر نامطلوب نمی‌گذارد بلکه اثر شوری با توجه به شدت تنش، نوع تنش، میزان مقاومت گیاه، مراحل مختلف رشدی و نوع بافت و اندام گیاهی (سیر تکاملی) متفاوت می‌باشد (Mass and Hoffman, 1977). حسین و همکاران، کاهش معنی‌داری را در تعداد برگ‌های سبز، وزن تر و خشک گیاه لوبیا چشم بلبلی با افزایش سطح شوری به‌ویژه در سطح شوری بالا گزارش نمودند (Hossein *et al.*, 2008). در این پژوهش هرچند که تأثیر سیلیکات سدیم بر ماده خشک کل گیاه لوبیا معنی‌دار نبود، اما بیشترین ماده خشک، در سطح مصرف ۱ میلی‌مولار سیلیکات سدیم به مقدار ۲۳۰/۹ گرم در متر مربع به‌دست آمد که نسبت به حالت عدم مصرف ۸٪ افزایش نشان داد (جدول ۴).



شکل ۳- اثر سطوح مختلف شوری بر وزن خشک کل گیاه لوبیا (خط عمودی در بالای شکل بیانگر مقدار LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد)

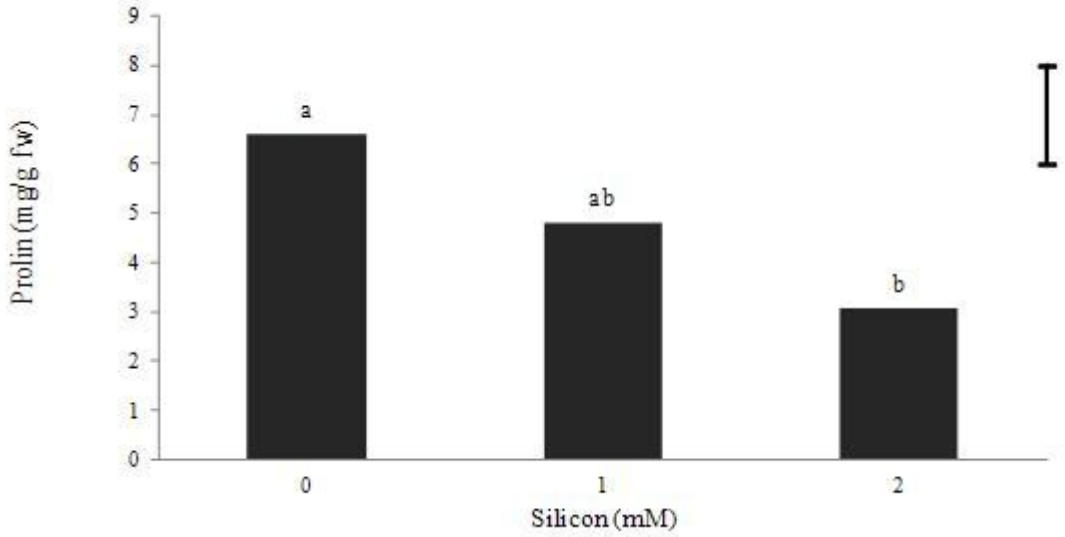
Fig. 3. Effect of different levels of salinity on the total dry weight of bean

تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به غلظت پرولین نشان داد که اثر اصلی فاکتورهای شوری و سیلیکات سدیم تأثیر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) بر غلظت پرولین گیاه لوبیا داشتند (جدول ۳). مقایسه میانگین‌های غلظت پرولین در سطوح مختلف شوری نشان داد که شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر با ۶/۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بیشترین مقدار را داشت که نسبت به پایین‌ترین سطح شوری ۹۵٪ افزایش نشان داد (شکل ۴). نتایج به‌دست آمده در مورد اثر سطوح مختلف سیلیکات سدیم بر غلظت پرولین نشان داد که کمترین غلظت پرولین در سطح ۲ میلی‌مولار سیلیکات سدیم به مقدار ۳/۰۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر به‌دست آمد که نسبت به پایینترین سطح سیلیکات سدیم ۵۴٪ کاهش نشان داد (شکل ۵). تجمع ترکیباتی همانند پرولین و اسیدهای آمینه در بافت سبز گیاهان در تنش شوری می‌تواند تا حدی شرایط لازم برای ادامه جذب آب از محیط ریشه را برای گیاه فراهم آورد. صفرنژاد و همکاران گزارش کردند که تنش شوری موجب افزایش پرولین در ژنوتیپ‌های یونجه می‌شود (Safarnejad *et al*, 1996). نتایج آزمایش فاطمی و همکاران نشان داد که کاربرد سیلیسیم در وضعیت شوری، تجمع پرولین را به‌طور کاملاً معنی‌داری کاهش داد (Fatemy *et al*, 2009). کایا و همکاران نیز گزارش کردند که تیمار سیلیسیم با کاهش جذب نمک و تحریک رشد رویشی، تجمع پرولین را در گیاه ذرت کاهش داده است (Kaya *et al*, 2006). پژوهشگران در پژوهشی بر روی سورگوم بیان کردند که در بالاترین سطح شوری اعمال شده (۲۳ دسی‌زیمنس بر متر)، به‌کارگیری سیلیسیم نسبت به حالت عدم مصرف، محتوی پرولین را به مقدار ۴/۶ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک کاهش داده است (Kafi *et al.*, 2011).



شکل ۴- اثر سطوح مختلف شوری بر غلظت پرولین گیاه لوبیا (خط عمودی در بالای شکل بیانگر مقدار LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد)

Fig. 4. Effect of different levels of salinity on the prolin concentration of bean

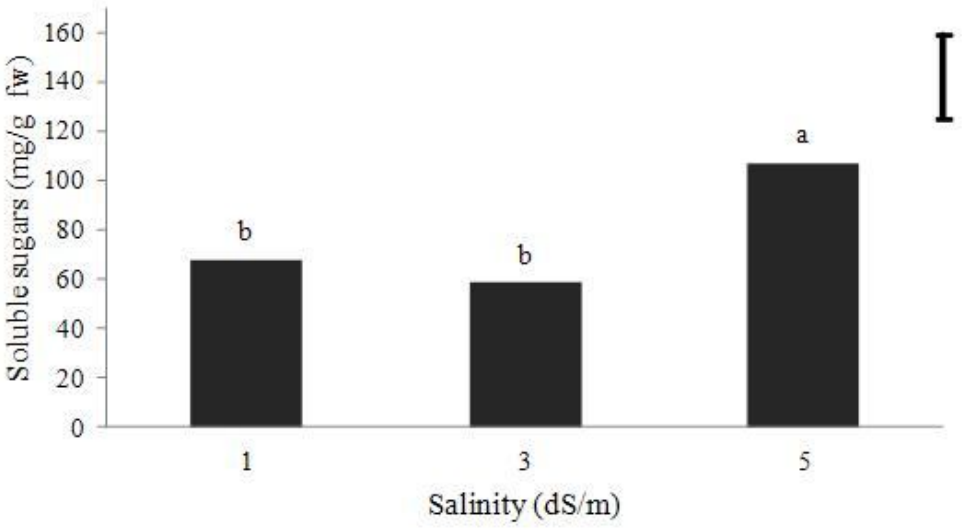


شکل ۵- اثر سطوح مختلف سیلیکات‌سدیم بر غلظت پرولین گیاه لوبیا (خط عمودی در بالای شکل بیانگر مقدار LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد)

Fig. 5. Effect of levels of silicon on the prolin concentration of bean

تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به غلظت قندهای محلول نشان داد که اثر اصلی فاکتور شوری تأثیر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) بر غلظت قندهای محلول گیاه لوبیا داشت (جدول ۳). مقایسه میانگین‌های غلظت قندهای محلول در سطوح مختلف شوری نشان داد که شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر با ۱۰۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بیشترین مقدار را داشت که نسبت به پایین‌ترین سطح شوری ۵۸٪ افزایش نشان داد (شکل ۶). علت تجمع قندهای محلول در طی تنش شوری این است که قندهای نامحلول مثل نشاسته تجزیه شده و قندهای محلول را ایجاد می‌کنند تا پتانسیل اسمزی را حفظ کرده و خطر پسابیدگی را کاهش دهد. افزون بر این کاهش مصرف قند به‌دلیل کاهش فتوسنتز در طی تنش شوری نیز می‌تواند عامل

دیگری برای افزایش غلظت قندهای محلول در سلول باشد (Parvaiz & Satyawati, 2008). در پژوهشی که توسط سیلوا و همکاران بر روی لوبیا چشم بلبلی انجام گرفت، دریافتند که شوری باعث افزایش میزان قندهای محلول می‌شود (Silva *et al*, 2003). اثر اصلی سیلیکات سدیم و همچنین برهم‌کنش فاکتورهای آزمایشی تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشتند. در مورد اثر متقابل فاکتورهای آزمایشی، در سطح شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر با مصرف ۱ میلی‌مولار سیلیکات سدیم، محتوی قندهای محلول نسبت به حالت عدم مصرف و مصرف ۲ میلی‌مولار سیلیکات سدیم (حد بالای مصرف) افزایش داشت که این روند در مورد شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر نیز صادق بود (جدول ۵). پژوهشگران نیز در پژوهشی بر روی سورگوم بیان کردند که در بالاترین سطح به‌کارگیری سیلیسیم (۱/۹۲ گرم بر کیلوگرم خاک) نسبت به تیمار عدم مصرف، میزان قندهای محلول تنها ۴/۹ درصد افزایش یافته و این اختلاف از لحاظ آماری معنی‌دار نبوده است (Kafi *et al.*, 2011).

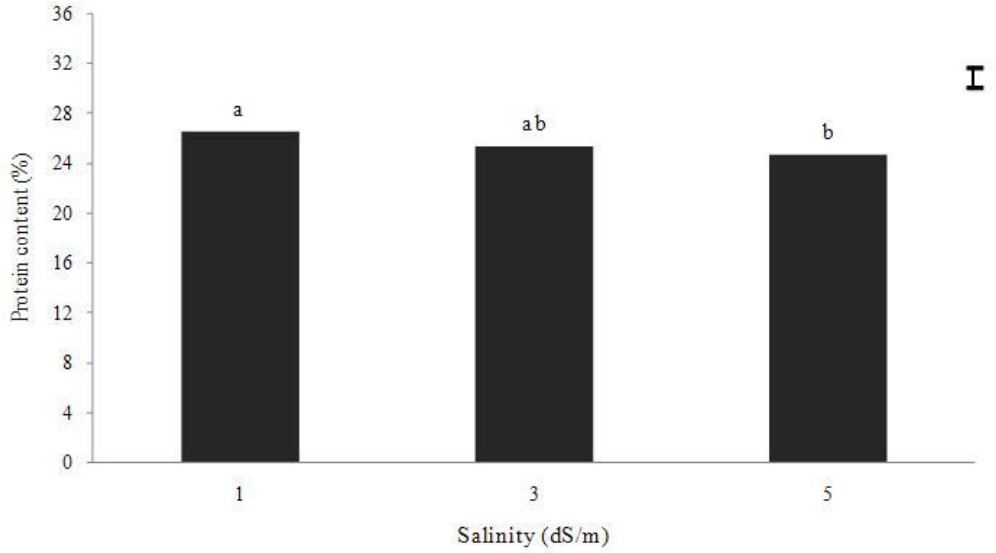


شکل ۶- اثر سطوح مختلف شوری بر غلظت قندهای محلول گیاه لوبیا (خط عمودی در بالای شکل بیانگر مقدار LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد)

Fig. 6. Effect of different levels of salinity on the soluble sugars concentration of bean

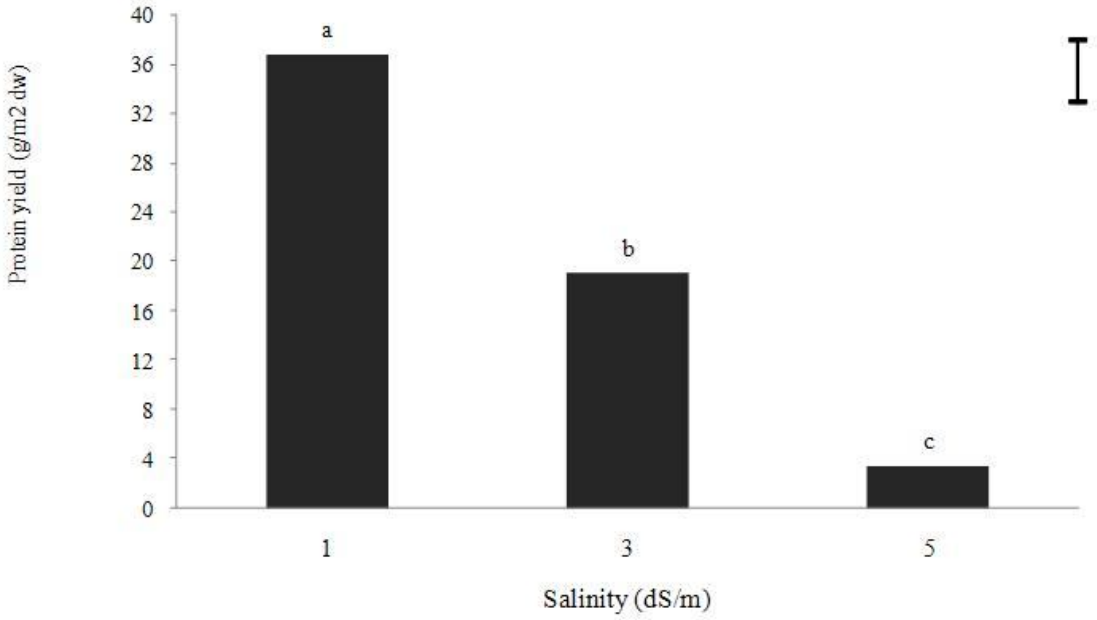
تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به مقدار پروتئین دانه نشان داد که اثر اصلی فاکتور شوری تأثیر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) بر مقدار پروتئین دانه لوبیا داشت (جدول ۳). مقایسه میانگین‌های پروتئین دانه در سطوح مختلف شوری نشان داد که شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر با ۲۶/۶ درصد بیشترین مقدار را داشت که نسبت به بالاترین سطح شوری ۷٪ افزایش نشان داد (شکل ۷). کاهش سنتز پروتئین توسط اندام‌های مختلف گیاهان تحت تنش شوری در لوبیا سبز (Pesarrakli, 1999) گزارش شده است. کاهش پروتئین همچنین در سیب‌زمینی که به تنش نمک حساس است تحت تنش شوری گزارش شده است و بیان شد که کاهش درصد پروتئین احتمالاً منشأ تغذیه‌ای نداشته و به‌علت جلوگیری از بیوسنتز پروتئین در اثر تنش شوری انجام می‌پذیرد (Bruria & Arie, 1998).

تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به عملکرد پروتئین نشان داد که اثر اصلی فاکتور شوری تأثیر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) بر عملکرد پروتئین دانه لوبیا داشت (جدول ۳). مقایسه میانگین‌های عملکرد پروتئین دانه در سطوح مختلف شوری نشان داد که شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر با ۳۶/۷ گرم (در متر مربع) بیشترین مقدار را داشت که نسبت به بالاترین سطح شوری ۱۰/۷ برابر افزایش نشان داد (شکل ۸). در مورد اثر متقابل فاکتورهای آزمایش در تمامی سطوح شوری بیشترین عملکرد پروتئین در حالت مصرف ۱ میلی‌مولار سیلیکات سدیم به‌دست آمد که بیشتر از حالت عدم مصرف و مصرف ۲ میلی‌مولار سیلیکات سدیم بود (جدول ۵).



شکل ۷- اثر سطوح مختلف شوری بر درصد پروتئین دانه لوبیا (خط عمودی در بالای شکل بیانگر مقدار LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد)

Fig. 7. Effect of different levels of salinity on the protein content of grain bean



شکل ۸- اثر سطوح مختلف شوری بر عملکرد پروتئین دانه لوبیا (خط عمودی در بالای شکل بیانگر مقدار LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد)

Fig. 8. Effect of levels of salinity on the protein yield of grain bean

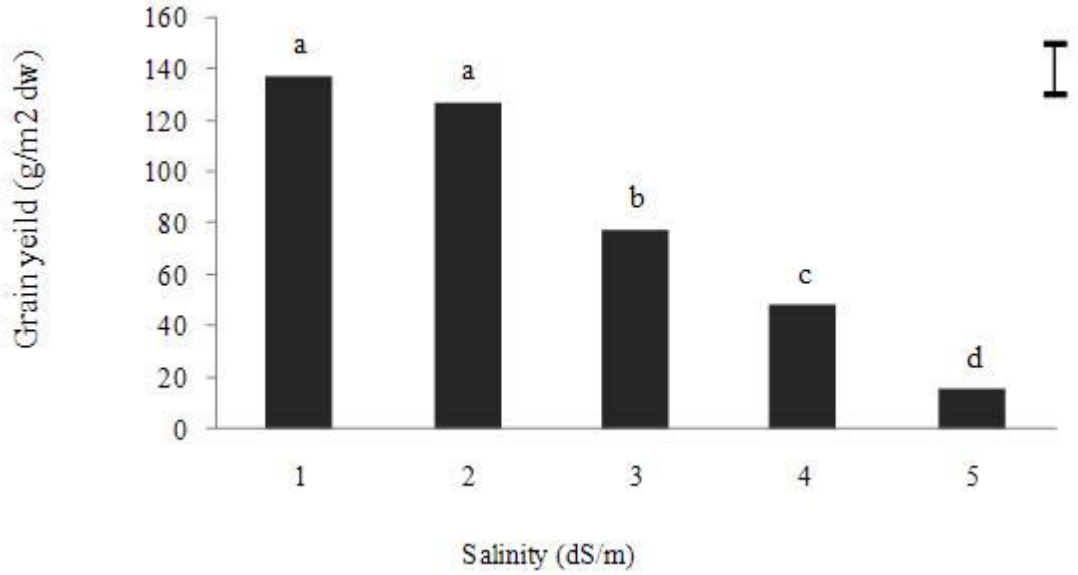
پسرکلی (Pesarrakli, 1999) گزارش کرد که تنش شوری باعث کاهش قابل ملاحظه‌ای در مقدار پروتئین گیاهان می‌شود. احتمالاً با افزایش شوری، به‌دلیل کاهش رشد رویشی و در نهایت کاهش رشد زایشی و عملکرد دانه، میزان عملکرد پروتئین کاهش پیدا کرد.

تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به عملکرد دانه نشان داد که اثر اصلی فاکتور شوری تأثیر معنی‌داری ($p\leq ۰/۰۱$) بر

عملکرد دانه لوبیا داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های عملکرد دانه در سطوح مختلف شوری نشان داد که شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر با ۱۳۷/۶ گرم (در متر مربع) بیشترین مقدار را داشت که نسبت به بالاترین سطح شوری ۸/۷ برابر افزایش نشان داد (شکل ۹). چنین به نظر می رسد که افزایش شوری، رشد گیاه و محتوی مواد غذایی را در گیاه کاهش می‌دهد. بنابراین با کاهش رشد رویشی ناشی از کاهش پتانسیل اسمزی، رشد زایشی و در نهایت عملکرد دانه زیر تأثیر شوری قرار می‌گیرند. شرایط شور منجر به کاهش جذب آب، کاهش تعرق و بسته شدن روزنه‌ها می‌شود که این امر منجر به کاهش رشد می‌شود (Ben-Asher *et al.*, 2006)، بنابراین به نظر می‌رسد کاهش رشد رویشی باعث کاهش رشد زایشی و عملکرد دانه شده است. پژوهشگران گزارش کردند که با توجه به حساسیت گیاه لوبیا به تنش شوری، رشد و عملکرد آن کاهش می‌یابد (Ashraf *et al.*, 1997).

اثرات متقابل شوری و سیلیسیم و اثر اصلی شوری بر این صفت معنی‌دار نبود. بیشترین عملکرد دانه در تیمار ۱ میلی‌مولار سیلیسیم و در سطح شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر به مقدار ۱۴۴/۲ گرم در متر مربع به‌دست آمد که نسبت به بالاترین سطح شوری و عدم مصرف سیلیسیم (۱۰/۷ گرم در متر مربع) افزایش چشمگیری نشان داد. در سطح شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر مشخص گردید که سیلیسیم در شوری بالا می‌تواند موجب کاهش اثر شوری بر این صفت شود (جدول ۴). در این راستا مس و هوفمن، گزارش کردند ۵۰ درصد کاهش عملکرد لوبیا در شوری ۳/۶ دسی‌زیمنس بر متر روی می‌دهد (Mass and Hoffman, 1997). سیلیسیم با اثر بر روی رشد رویشی گیاه و افزایش تولیدات ماده خشک و حاصلخیزی خاک، سبب کاهش تعرق شده در نتیجه موجب بالا رفتن عملکرد گیاه می‌شود (Agarie *et al*, 1996).

به‌طور کلی اگر چه اثرات مفید سیلیکات سدیم در شرایط مطلوب محسوس است، ولی زمانی که گیاه در معرض شرایط تنش قرار می‌گیرد، اثرات سودمند سیلیکات‌سدیم چشمگیرتر است. از این دیدگاه مصرف سیلیکات سدیم به‌ویژه زمانی که گیاه در معرض انواع تنش شوری قرار می‌گیرد، شایسته توجه بیشتری است و مصرف آن با توجه به نتایج این پژوهش توصیه می‌شود.



شکل ۹- اثر سطوح مختلف شوری بر عملکرد دانه لوبیا

(خط عمودی در بالای شکل بیانگر مقدار LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد)

Fig. 9. Effect of different levels of salinity on the grain yield of bean

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده گیاه لوبیا

Table 2. Analysis of variance of measured traits in bean

منابع تغییرات S.O.V		درجه آزادی Degree of freedom	مقدار نسبی آب برگ Leaf water content	وزن خشک کل Total dry weight	عملکرد دانه Grain yield
سیلیکات‌سدیم	Si	3	312.9**	949.08^{ns}	493.7^{ns}
شوری	Nacl	4	365.7**	125570.7**	32083.6**
سیلیکات‌سدیم * شوری	Si * Nacl	12	113.6^{ns}	115.4^{ns}	170.2^{ns}
خطا	Error	40	60.9	687.5	355.02
ضریب تغییرات	CV	-	12.6	11.7	23.1

**، * و ns به‌ترتیب بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و عدم تفاوت معنی‌دار می‌باشند

**, * and ns indicates significant different at 1%, 5% levels of probability and non significant different, respectively

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده گیاه لوبیا

Table 3. Analysis of variance of measured traits in bean

منابع تغییرات S.O.V		درجه آزادی Degree of freedom	پرولین Prolin	قندهای محلول Soluble sugars	درصد پروتئین Protein percent	عملکرد پروتئین Protein yield
سیلیکات‌سدیم	Si	2	28.4**	136.9^{ns}	0.4^{ns}	14.8^{ns}
شوری	Nacl	2	21.4*	6063.2*	8.6**	2502.9**
سیلیکات‌سدیم * شوری	Si * Nacl	4	2.4^{ns}	858.1^{ns}	0.5^{ns}	3.13^{ns}
خطا	Error	18	3.9	1212.8	1.3	16.9
ضریب تغییرات	CV	-	41.4	44.9	4.6	20.82

** ، * و ns به ترتیب بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و عدم تفاوت معنی‌دار می‌باشند

**, * and ns indicates significant different at 1%, 5% levels of probability and non significant different, respectively

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و سیلیکات‌سدیم بر صفات لوبیا

Table 4. Mean comparison of interactive effects of salinity and sodium silicate of measured traits in bean

سیلیکات‌سدیم (میلی مولار)	شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	مقدار نسبی آب برگ Leaf water content	وزن خشک کل Total dry weight	عملکرد دانه Grain yield
0	1	63.6 a	334.9 a	141.1 a
	2	64.1 a	307.1 a	134.7 a
	3	59.7 a	195.4 a	70.8 a
	4	48.5 a	138.2 a	42.8 a
	5	39.6 a	89.7 a	10.6 a
0.5	1	74.7 a	348.7 a	136.2 a
	2	63.9 a	313 a	130.4 a
	3	68.2 a	213.9 a	86.2 a
	4	62.2 a	151.5 a	41.2 a
	5	52.2 a	107.2 a	21.1 a
1	1	63.7 a	339.2 a	144.2 a
	2	69.1 a	310.2 a	126.2 a
	3	65.9 a	226.9 a	79.9 a
	4	64.2 a	160.5 a	70.8 a
	5	62.8 a	117.4 a	20.7 a
2	1	73.5 a	341.2 a	128.9 a
	2	58.8 a	309.2 a	118.6 a
	3	58.5 a	209.5 a	74.8 a
	4	57 a	141.2 a	39.7 a
	5	64.2 a	94.3 a	11.9 a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری با هم بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ ندارند.

Means within each column with at least a same letter are not signification different at α=0.05 in method LSD.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و سیلیکات‌سدیم بر صفات لوبیا

Table 5. Mean comparison of interactive effects of salinity and sodium silicate of measured traits in bean

سیلیکات‌سدیم (میلی مولار)	شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	پرولین Prolin	قندهای محلول Soluble sugars	درصد پروتئین Protein percent	عملکرد پروتئین Protein yield
0	1	4.6 a	71.3 a	26.5 a	37.3 a
	3	6.4 a	75.2 a	25.3 a	17.8 a
	5	8.7 a	88.5 a	25.2 a	2.7 a
1	1	2.6 a	75.7 a	26.5 a	38.3 a
	3	5.2 a	46.7 a	25.4 a	20.3 a
	5	6.5 a	120.2 a	23.9 a	4.8 a
2	1	2.4 a	55 a	26.8 a	34.5 a
	3	3.1 a	52.5 a	25.3 a	18.9 a
	5	3.5 a	112.2 a	24.9 a	2.6 a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری با هم بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ ندارند.

Means within each column with at least a same letter are not signification different at α=0.05 in method LSD.

منابع

1. Agarie, S., Agata, W., Uchida, H., Kubota, F., and Kaufman, P.B. 1996. Function of silica bodies in epidermal system of rice (*Oryza sative* L.). Journal of Experimental Botany 47: 655-660.
2. Ashraf, M., and Foolad, M.R. 2007. Role of glycine betaine and Proline in Improving Plant Abiotic Stress Resistance. Journal of Environmental and Experimental Botany 206-216.
3. Ashraf, M., Jaiwal, P.K., and Singh, G.A. 1997. Improvement of salt tolerance in same native pulse crops. Strtegies for improvement of salt tolerance in higher plants. Oxford and IBH publishing Co. Pvt. Ltd., New Delhi, p. 413-434.

4. Bates, I.S., Waldern, R.P., and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free prolin for water stress studies. Journal of Plant and Soil 39: 205-207.
5. Ben-Asher, J. I., Tsuyuki, B., Bravdo, A., and Sagih, M. 2006. Irrigation of grapevines with saline water. I. Leaf area index, stomatal conductance, transpiration and photosynthesis. Journal of Agricultural Water Management 83: 13-21.
6. Bradford, M.M. 1979. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Journal of Analytical Biochemistry 72: 248-254.
7. Bruria, H., and Arie, N. 1998. Physiological response of potato plants to soil salinity and water deficit. Journal of Plant Science 137: 43- 51.
8. FAO. 2006. Production Estimates and Crop Assessment Division, FAS, USDA.
9. Fatemy, L.S., Tabatabaei, S.J., Fallahi, F. 2009. The effect of silicon on the growth and yield of strawberry grown under saline conditions. Journal of Horticultural Sciences 23: 88-95 (In Persian with English Summary).
10. Hossein, M.M., Shaaban, M.M., and El-Saady, A.K. 2008. Response of cowpea Grown under salinity stress to PK-flior applications. Journal of American Plant Physiology 1-8.
11. Hu, Y., and Schmidhalter, U. 1997. Interactive effects of salinity and macronutrient level on wheat.2. Composition. Journal of Plant Nutrition 20: 1169-1182.
12. Irigoyen, J.J., Einerich, D.W., and Sanchez-Diaz, M. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (Medicago sativa) plants. Journal of Physiologia Plantarum 84 (1): 58-60.
13. Kafi, M., Nabati, J., Masoumi, A., and MehrGerdi, Z.M. 2011. Effect of Salinity and Silicon Application on Oxidative Damage Of Sorghum [Sorghum Bicolor (L.) Moench.]. Journal of Botany 43 (5): 2457-2462.
14. Katerji, N., VanHoorn, J.W., Hamdy, A., Bouzid, N., El-Sayed Mahrous, S., and Mastrorilli, M., 1992. Effect of salinity on water stress, growth and yield of broadbeans. Agricultural Water Management 21: 107-117.
15. Kaya, C., Tuna, L., and Higgs, D. 2006. Effect of silicon on plant growth and mineral nutrition of maize grown.under water-stress condition. Journal of Plant Nutrition 29: 1469- 1480.
16. Lauchli, A. 1984. Salt exlusion: an adaptation of legumes for crops and pasture under saline conditions. Staples, R.C., Tronniessen, G.H, (Eds). Salinity Tolerance in Plants: Strategies for Crop Improvement 171-187.
17. Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. Limited, London. Second edition. p 861.
18. Mass, E.V., and Hoffan, G.I. 1997. Crop salt tolerance, evaluating existing data. In: International Salinity Conference Pub. Book. pp. 107-120.
19. Mass, E.V., and Hoffman, G.H. 1977. Crop salt tolerance current assessment. Journal of Irrigation and dranage 103:115-134.
20. Menzies, J.G., and Belanger, R.R. 1996. Recent advances in cultural management of diseases of greenhouse crops. Journal of Plant Pathol 18: 186-193.
21. Oliviera-Neto, C.F., Silva-Lobato, A.K., Goncalves-Vidigal, M.C., Costa, R.C.L., Santos.Filho, B.G., Alves, G.A.R., Silva-Maia, W.J.M., Cruz, F.J.R., Neres, H.K.B., and Santos Lopes, M.J. 2009. Carbon compounds and chlorophyll contents in sorghum submitted to water deficit during three growth stages. Journal of Science and Technology 7: 588-593.
22. Parvaiz, A., and Satyawati, S. 2008. Salt stress and phyto-blochemical responses of plants. Journal of Plant Soil Environ 54: 89-99.
23. Pesarrakli, M. 1999. Handbook of plant and crop stress. Marcel Decker Inc, New York. Turk, M. A., A. R. M. Tahawa, and K. D. Lee. 2004.
24. Saadat Noori, S.A., and MC Nelly, T. 2000. Assessment of variability in salt tolerance based on seedling growth in Triticum dorum Dest. Journal of Genrtic Resources and Crop Evaluation 47: 285-291.
25. Safarnejad, A., Colin, H.A., Bruce, K.D., and McNeily, T. 1996. Characterization of alfalfa following in vitro selection for salt tolerance. Journal of Euphitica 92: 55-61.
26. Silva, J.V., Lacerd, C.F., Costa, P.H.A., Filho, J.E., Filho, E.G., and Prisco, J.T. 2003. Physiological responses of NaCl stressed cowpea plants grown in nutrient solution supplemented with $CaCl_2$. Journal of Plant Physiology 15: 99-105.
27. Tahir, M.A., Rahmatullah, A., Aziz, T., Ashraf, M., Kanwal, S., and Maqsood, M.A. 2006. Benefical effects of Silicon in wheat under salinity stress. Journal of Botany 38: 1715-1722.

28. Wang, W., Vinocur, B., and Altman, A., 2003. Plants responses to drough, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. Planta, Heidelberg 218 (l): 1-14.
29. Zhu, Z., Wei, G., Li, J., Qian, Q., and Yu, J. 2004. Silicon alleviates salt stress and increases antioxidant enzymes activity in leaves of salt-stressed cucumber (*Cucumis sativus* L.). Journal of Plant Science 167: 527-533.
30. Zuccarini, P. 2008. Effects of silicon on photosynthesis, water relations and nutrient uptake of Phaseolus vulgaris under NaCl stress. Bio. Plant 52 (1): 157-160.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 5, No. 2, 2014, p. 57-70

Effects of silicon on the physiological, quality and quantity characteristics of common bean (*Phaseolus vulgaris)* under salinity stress

Parande[1*], S., Zamani[2], Gh. R., Sayyari[2], M.H. & Ghaderi[2], M. Gh

1- PhD Student of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Birjand
2- Academies staff, Department of Agronomy, University of Birjand

Received: 22 March 2013
Accepted: 17 January 2015

Abstract

Salinity is the major limiting factor for plant growth and crop productivity. Salt stress is effective on physiological characteristics, morphology, anatomy, chemical composition and water content of plant tissue. Pulses are the second of food source after the cereals for human. Among the Pulses, the bean has special importance. In order to investigate the effect of silicon on the physiological, quality and quantity characteristics of common bean, an experiment was conducted as factorial based on randomize completely design with 3 replications in the research greenhouse of Agriculture faculty of Birjand university in 2011. Treatments were including of 5 levels soil salinity (1, 2, 3, 4, 5 $ds.m^{-1}$) and 4 levels silicon (0, 0.5, 1, 2 mM). The results of analysis of variance showed that the increasing of salinity caused significant reduce in leaf water content, total dry weight, protein content, protein yield and grain yield. But in contrast, salinity caused a significant increase in proline concentration and the concentration of soluble sugars of the plant. Silicon is also imposed a significant effect on leaf water content and proline concentration in leaves. Finally it could be concluded that using of Si in salinity condition reduced harmful effects of salinity on the physiological, quality and quantity characteristics of the bean plant.

Key words: Common bean, Sodium silicate, Proline, Soluble sugars, Protein percent

* **Corresponding Author:** Sara.parande@yahoo.com