مطالعه‌ی اثر محلول‌پاشی عناصر سیلیسیم و پتاسیم بر برخی ویژگی‌های رشدی دانهال‌های پسته‌ی رقم بادامی ریز زرند در شرایط تنش شوری

مریم رنجبرکبوترخانی [۱]، مجید اسمعیلی‌زاده [۲]، حمیدرضا کریمی [۳]، محمدحسین شمشیری [۳]
۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم باغبانی، دانشگاه ولی‌عصر (عج)، رفسنجان، ۲- استادیار گروه علوم باغبانی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان، ۳- دانشیار گروه علوم باغبانی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان

چکیده
جهت شناسایی برخی سازوکارهای تحمل به تنش شوری در پستهوبه‌منظور ارزیابی تاثیر سیلیکات پتاسیم و سولفات پتاسیم بر برخی ویژگی‌های رشدی دانهال‌های پسته رقم بادامی ریز زرند در شرایط تنش شوری، پژوهشی بصورت فاکتوریل با سه فاکتور شامل ۲ سطح شوری (۰ و ۹۰ میلی‌مولار)، ۳ سطح سیلیکات پتاسیم (۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) و ۳ سطح سولفات پتاسیم (۰، ۱ و ۲ درصد)، در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد.نتایج نشان داد که تنش شوری موجب کاهش کارایی استفاده از آب، محتوای آب نسبی برگ و افزایش میزان نشت الکترولیت‌ها از برگ دانهال‌های پسته شد و محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم و سولفات پتاسیم باعث افزایش معنی‌دار کارایی استفاده از آب، محتوای آب نسبی برگ و کاهش میزان نشت الکترولیت‌ها در شرایط تنش شوری گردیدند.

واژه‌های کلیدی: سولفات پتاسیم، سیلیکات پتاسیم، کارایی استفاده از آب، نشت الکترولیت، محتوای آب نسبی برگ

مقدمه
شوری در خاک و آب‌های آبیاری یک مشکل محیطی و جدی برای تولیدات گیاهی است((Bartels and Sunkar, ۲۰۰۵. اثرهای منفی شوری بر رشد گیاه، به‌علت پتانسیل اسمزی پایین محلول خاك (تنش اسمزی)، اثرهای ویژه یونی (تنش شوری)، عدم تعادل عناصر غذایی یا مجموعه این عوامل ایجاد می‌شود.(Khan *et al*., ۲۰۰۹)هر ساله به‌دلیل شور بودن آب مورد استفاده مقدار زیادی از باغ‌های پسته ایران به‌ویژه در استان کرمان در حال از بین رفتن هستند. لذا انجام پژوهش در زمینه ایجاد مقاومت به شوری و یا به‌عبارت دیگر نگه‌داری درختان پسته در این شرایط بسیار حائز اهمیت است.یکی از راهکارهای کاهش اثر زیانبار تنش شوری، استفاده از روش‌های تغذیه معدنی از جمله استفاده از عنصر سیلیسیم ((Reezi*et al*., ۲۰۰۹و پتاسیم (Akram *et al*., ۲۰۰۹)می‌باشد. گزارش شده است که کاربرد سیلیسیم در شرایط تنش شوری بر گیاه گوجه‌فرنگی باعث افزایش محتوای آب نسبی برگ گردید (Romero *et al*., ۲۰۰۶). زوکارینی و همکاران (۲۰۰۸) گزارش نمودند که سیلیسیم رشد لوبیا را در شرایط تنش شوری با کاهش میزان نشت الکترولیت در برگ‌ها بهبود داد. همچنین نتایج نشان داد که کاربرد برگی سولفات پتاسیم به‌طور قابل توجهی رشد، میزان محصول، فتوسنتز، میزان تعرق، هدایت روزنه‌ای، راندمان مصرف آب، فشار تورگر برگ و افزایش طول ساقه و برگ را در گیاهان آفتابگردانی که تحت تنش شوری بودند را بهبود بخشید(Akram*et al*., ۲۰۰۹). کاربرد برگی سولفات پتاسیم بر روی درخت پسته، کیفیت خشک‌میوه را بهبود بخشیده و میزان پتاسیم برگ را افزایش داد(Ben(mimoun*et al*., ۲۰۰۴.بنابراین این پژوهش به منظور مطالعه‌ی اثر محلول‌پاشی عناصر سیلیسیم و پتاسیم بر برخی ویژگی‌های رشدی دانهال‌های پسته‌ی رقم بادامی ریز زرند در شرایط تنش شوری انجام شد.

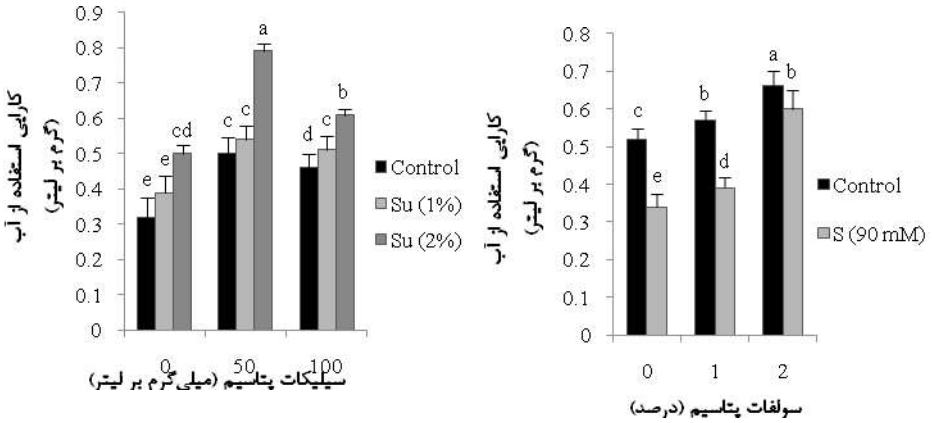
مواد و روش‌ها
این آزمایش بصورت گلخانه‌ای در دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان در سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۹۲ انجام شد. بذر مورد استفاده در این آزمایش بذر پسته رقم بادامی ریز زرند بود. آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی به‌اجرا درآمد. فاکتورها شامل ۲ سطح شوری به‌فرم NaCl(۰ و ۹۰ میلی‌مولار)، ۳ سطح سیلیکات پتاسیم (۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) و ۳ سطح سولفات پتاسیم (K_2SO_4- ۰، ۱ و ۲ درصد) با سه تکرار بودند. پس از گذشت حدود یک ماه و نیم از زمان جوانه‌زنی بذور زمانی که دانهال‌ها ۱۰ برگی شدند، تنش شوری اعمال شد. در این پژوهش محلول‌پاشی با سیلیکات پتاسیم و سولفات پتاسیم طی دو مرحله انجام شد. مرحله‌ی اول یک هفته قبل از شروع تنش شوری و مرحله‌ی دوم یک هفته بعد از شروع تنش شوری بود. پس از پایان آزمایش یعنی ۴۵ روز پس از محلول‌پاشی دوم نمونه‌گیری از تکرارها جهت اندازه‌گیری روابط آبی (کارایی استفاده از آب و محتوای آب نسبی برگ) گیاه و نشت الکترولیت از برگ‌ها انجام و سپس بوته‌ها برداشت شدند.برای اندازه‌گیری میزان نسبی آب برگ ۴ دیسک به قطر ۶ میلی‌متر از برگ‌ها تهیه و وزن کرده و داخل پتری‌دیش حاوی آب مقطر قرار داده تا سلول‌های برگ به‌حالت آماس درآیند. پس از گذشت ۶ ساعت آن‌ها را وزن کرده و پس از آن نمونه‌ها را در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت قرار

داده تا خشک شوند و دوباره وزن آن‌ها را محاسبه کرده و میزان آب نسبی برگ به‌دست آمد(Whitehouse, ۱۹۵۷).برای محاسبه کارایی استفاده از آب، میزان کل ماده خشک تولید شده (وزن خشک شاخه و ریشه) برای هر گلدان محاسبه و بر میزان آب مصرف شده در طول دوره کشت تقسیم شد و سپس کارایی استفاده از آب (WUE)محاسبه شد (Karkanis*et al*., ۲۰۱۱).اندازه‌گیری درصد نشت الکترولیت‌ها با گرفتن دیسکهایی به قطر ۶ میلی‌متر از نمونه‌های برگی محاسبه گردید (Sairam and Srivastava, ۲۰۰۲). نتایج و داده‌های به‌دست آمده توسط نرم‌افزار SAS تجزیه و تحلیل آماری شده و میانگین‌ها به‌وسیله آزمون LSDدر سطح ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفتند و نمودارهای مربوطه با استفاده از نرم‌افزار EXCELرسم و نتایج تفسیر شدند.

نتایج و بحث

کارایی استفاده از آب (WUE)

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که سطح شوری ۹۰ میلی‌مولار باعث کاهش میزان کارایی استفاده از آب نسبت به شرایط غیرتنش شد. اما کاربرد سولفات پتاسیم در هر دو شرایط (تنش شوری و غیرشوری) باعث بهبود کارایی استفاده از آب شد. بهترین وضعیت کارایی استفاده از آب در هر دو شرایط مربوط به تیمار ۲ درصد سولفات پتاسیم بود (شکل ۱ الف). همچنین نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کاربرد تیمار ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر سیلیکات پتاسیم و ۲ درصد سولفات پتاسیم بیشترین کارایی استفاده از آب را نشان داد (شکل ۱ ب).



شکل ۱: برهمکنش شوری آب آبیاری و سولفات پتاسیم (الف) و سیلیکات پتاسیم و سولفات پتاسیم (ب) بر کارایی استفاده از آب دانهال‌های پسته بادامی ریز زرند در شرایط تنش شوری.

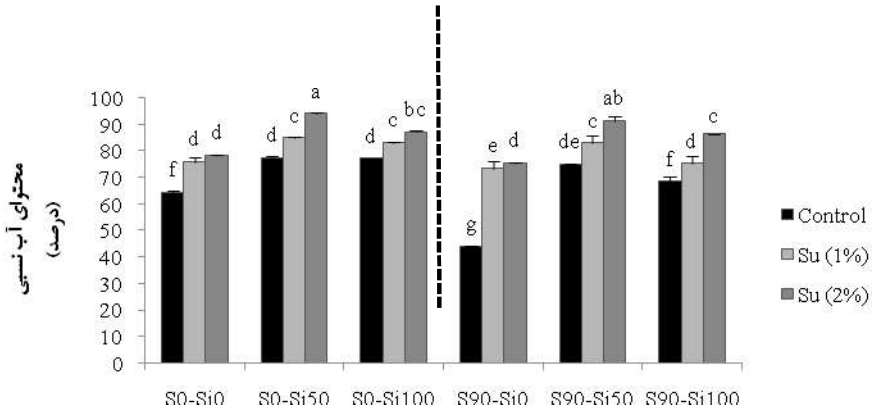
Control و S (۹۰ mM):به‌ترتیب شاهد و شوری ۹۰ میلی‌مولار

Su (۱%)، Controlو Su (۲%): به‌ترتیب شاهد، غلظت‌های ۱ و ۲ درصد سولفات پتاسیم

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می‌باشند از نظر آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

محتوای آب نسبی برگ (RWC)

محتوای آب نسبی برگ در سطح شوری ۹۰ میلی‌مولار نسبت به شرایط غیرتنش (شاهد) کاهش معنی‌داری داشت. همچنین مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کاربرد تیمار سیلیکات پتاسیم و سولفات پتاسیم باعث افزایش محتوای آب نسبی برگ در هر دو شرایط (تنش شوری و غیرتنش) شد و بهترین تیمار، تیمار ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر سیلیکات پتاسیم و ۲ درصد سولفات پتاسیم بود (شکل ۲).



شکل ۲: برهمکنش شوری آب آبیاری، سیلیکات پتاسیم و سولفات پتاسیم بر محتوای آب نسبی برگ دانهال‌های پسته بادامی ریز زرند در شرایط تنش شوری.

S۰ و S۹۰: به‌ترتیب شاهد و شوری ۹۰ میلی‌مولار

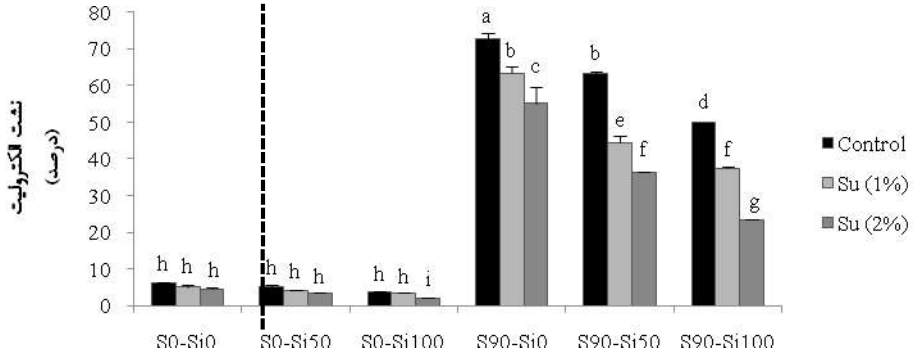
Control، Su (۱%)و Su (۲%): به‌ترتیب شاهد، غلظت‌های ۱ و ۲ درصد سولفات پتاسیم

Si۵۰، Si۰ و Si۱۰۰: به‌ترتیب شاهد، غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سیلیکات پتاسیم

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می‌باشند از نظر آزمون LSDدر سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

نشت الکترولیت از برگ

نتایج این پژوهش نشان داد که تنش شوری باعث افزایش معنی‌دار نشت الکترولیت از برگ نسبت به شرایط غیرتنش گردید. همچنین مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش سطوح کاربردی سیلیکات پتاسیم و سولفات پتاسیم درصد نشت در هر دو شرایط کاهش یافت، به‌طوریکه تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سیلیکات پتاسیم و ۲ درصد سولفات پتاسیم در هر دو شرایط (تنش شوری و غیرتنش) کمترین نشت الکترولیت را دارا بود (شکل ۳).



شکل ۳: برهمکنش شوری آب آبیاری، سیلیکات پتاسیم و سولفات پتاسیم بر درصد نشت الکترولیت از برگ دانهال‌های پسته بادامی ریز زرند در شرایط تنش شوری.

S۰ و S۹۰: به‌ترتیب شاهد و شوری ۹۰ میلی‌مولار

Control، Su (۱%)و Su (۲%): به‌ترتیب شاهد، غلظت‌های ۱ و ۲ درصد سولفات پتاسیم

Si۵۰، Si۰و Si۱۰۰: به‌ترتیب شاهد، غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سیلیکات پتاسیم

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می‌باشند از نظر آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

کاهش محتوای آب نسبی برگ و کارایی استفاده از آب در شرایط تنش شوری ناشی از کاهش رشد ریشه، بسته شدن روزنه‌های هوایی، کاهش جذب و انتقال آب توسط ریشه و همچنین افزایش تجمع یون‌ها به ویژه یون‌های سدیم و کلر می‌باشد Hajiboland) *et al*., ۲۰۰۹). سیلیسیم در دیواره‌ی سلول‌ها رسوب کرده و با ماکروملکول‌های آلی (شامل سلولز، پکتین، گلیکوپروتئین‌ها و لیگنین) ترکیب شده و ترکیبات کلوئیدی بی‌شکل را با سطح جذب بالا تشکیل می‌دهد. در نتیجه نانو ذره‌های سیلیسیم بر میزان انتقال آب اثرگذار بوده و کارایی استفاده از آب را افزایش می‌دهد(Wang and Naser, ۱۹۹۴) . همچنین از نقش‌های حیاتی پتاسیم نقش اسمزی این عنصر

در بالا بردن محتوای آب نسبی برگ و کارایی استفاده از آب در گیاه است، به‌طوریکه در حضور مقدار کافی پتاسیم وظیفه سلول‌های روزنه که باز و بسته شدن آنها با توجه به شرایط رطوبتی گیاه است به درستی صورت می‌گیرد و محتوای آب نسبی برگ و کارایی استفاده از آب را بالا می‌برد (Marschner, ۱۹۹۵). نتایج بدست آمده از این پژوهش با نتایج کاربرد سیلیسیم و پتاسیم بر اسفناج (Kaya *et al*., ۲۰۰۱)، گوجه‌فرنگی (Romero *et al*., ۲۰۰۶)، آفتابگردان (Akram *et al*., ۲۰۰۹) و شنبلیله (Nasseri *et al*., ۲۰۱۲) مطابقت دارد.

در شرایط شوری، به‌دلیل پراکسیداسیون لیپیدها، غشا آسیب دیده و در نتیجه میزان نفوذپذیری و نشت الکترولیت‌ها افزایش می‌یابد(Kaya etal., ۲۰۰۶) .تیمار سیلیسیم در شرایط شوری نشت الکترولیت‌هااز برگ را کاهش می‌دهد این کاهش اول به‌دلیل کاهش جذب نمک و دوم به‌خاطر افزایش پایداری غشای سیتوپلاسمی می‌باشد زیرا سیلیسیم با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت (کاتالاز و سوپراکسیددسموتاز) باعث از بین رفتن رادیکال‌های آزاد تولید شده در شرایط تنش شوری می‌گردد و در نهایت باعث کاهش نفوذپذیری غشای سلول برگ و افزایش پایداری غشا می‌شود(Kaya et al., ۲۰۰۶; Ma and Yamaji, ۲۰۰۶) .در شرایط تنش شوری رادیکال‌های آزاد باعث پراکسیداسیون لیپیدهای غشا و خروج یون پتاسیم از دیواره سلولی شده و همچنین یون سدیم به‌دلیل اثر رقابتی با پتاسیم بر محل‌های اتصال پتاسیم در غشای سلولی جایگزین می‌شود و از آنجایی که نمی‌تواند فعالیت پتاسیم را انجام دهد باعث نشت الکترولیت‌ها از دیواره سلول می‌شود، اما کاربرد پتاسیم باعث بهبود نسبت K/Na شده و قرارگیری سدیم در غشا کمتر می‌شود و در نهایت پتاسیم باعث کاهش نشت و پایداری غشا سلولی می‌شود (Cuin andShabala, ۲۰۰۷). نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر با نتایج کاربرد سیلیسیم و پتاسیم بر اسفناج(Kaya et al., ۲۰۰۱)،لوبیا (Zuccariniet al., ۲۰۰۸) و شنبلیله (Nasseriet al., ۲۰۱۲)مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این پژوهش کاهش روابط آبی گیاه (کارایی استفاده از آب و محتوای آب نسبی برگ) و افزایش نشت الکترولیت‌ها از برگ دانهال‌های پسته رقم بادامی ریز زرند در شرایط تنش شوری را نشان داد و همچنین نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر نشان داد که پارامترهای فوق تحت تاثیر محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم و سولفات پتاسیم قرار گرفتند به‌طوریکه کاربرد این دو ماده باعث افزایش روابط آبی گیاه و کاهش نشت الکترولیت‌ها در شرایط تنش شوری گردیدند.

منابع

Akram M.S., Ashraf M. and Akram N.A. ۲۰۰۹. Effectiveness of potassium sulfate in mitigating salt-induced adverse effects on different physio-biochemical attributes in sunflower (*Helianthus annuus*L.). Science Direct Flora, ۲۰۴: ۴۷۱-۴۸۳.

Bartels D. and Sunkar R. ۲۰۰۵.Drought and salt tolerance in plants. Critical Reviews in Plant Sciences, ۲۴: ۲۳-۵۸.

Cuin T.A. and Shabala S. ۲۰۰۷. Compatible solutes reduce ROS-induced potassium efflux in *Arabidopsis* roots. Plant Cell Environment, ۳۰: ۸۷۵-۸۸۵.

Hajiboland R.N.,Aliasgharzade S., Farsad H. and Poschenrieder C.H. ۲۰۰۹.Colonization with arbuscularmycorrhizal fungi improvas salinity tolerace of tomato plants. Plant Soil, ۱۱: ۲۴۹-۲۵۵.

Karkanis A., Bilalis D. and Efthimiadou A. ۲۰۱۱. Architectural plasticity, photosynthesis and growth responses of velvetleaf (*Abutilon theophrasti*medicus) plants to warer stress in a semi arid environment. Australian Journal of Crop Science, ۵: ۳۶۹-۳۷۴.

Kaya C., Higgs D. and Kirnak H. ۲۰۰۱.The effects of high salinity (NaCl) and supplementary phosphorus and potassium on phtsiology and nutrition development of spinach. Journal Plant Physiolgy, ۲۷: ۴۷-۵۹.

Kaya C., Tuna L. and Higgs D. ۲۰۰۶.Effect of silicon on plant growth and mineral nutrition of maize grown under water stress condition. Journal of Plant Nutrition, ۲۹: ۱۴۶۹-۱۴۸۰.

Khan M.A., Shirazi M.U., Khan M.A., Mujtaba S.M., Islam E., Mumtaz S., Shereen A., Ansari R.U. and Ashraf M.Y. ۲۰۰۹. Role of proline, K+/Na+ ratio and chlorophyll content in salt tolerance of wheat. Pakistan Journal of Botany, ۴۱: ۶۳۳-۶۳۸.

Ma J.F. and Yamaji N. ۲۰۰۶.Silicon uptake and accumulation in higher plants. Trends in Plant Science, ۱۱: ۳۹۲-۳۹۷.

Marschner H. ۱۹۹۵. Mineral nutrition of higher plants.Academic Press.Limited London.Second edition, ۶۷۴.

Nasseri M., Aroiee H., Nemati S.H. and Kafi M. ۲۰۱۲.Effect of salinity and silicon application on biomass accumulation, sodium and potassium content of shoots of fenugreek (*Trigonellafoenum-graceum*L.). Journal of Water and Soil, ۲۶: ۵۰۸-۵۱۴.

Reezi S., Babalar M., Kalantari S., Okhovvat S.M. and Jeong B.R. ۲۰۰۹. Silicon alleviates salt stress, decreases malondiaaldehyde content and affects petal color of salt stressed cut rose (*Rosa xhybrida*L.) 'Hot Lady'. African Journal of Biotechnology, ۸: ۱۵۰۲-۱۵۰۸.

Romero-Aranda M.R., Jurado O. and Cuartero J. ۲۰۰۶.Alleviates the deleterious salt effect on tomato plant growth by improving plant water status. Plant Physiology, ۱۶۳: ۸۴۷-۸۵۵.

Sairam R.K. and. Srivastava G.C. ۲۰۰۲.Changes in antioxidant activity in subcellular fraction of tolerant and susceptible wheat genotypes in response to long term salt stress. Plant Science, ۱۶۲: ۸۹۷-۹۰۴.

Wang J. and Naser N. ۱۹۹۴.Improved performance of carbon paste ampermeric biosensors through the incorporation of fumed silica.Electroanalysis, ۶: ۵۷۱- ۵۷۵.

Whitehouse W.E. ۱۹۵۷. The pistachio nut a new crop for the Western United States. Society for Economic Botany, ۱۱: ۲۸۱-۳۲۱.

Zuccarini P. ۲۰۰۸. Effects of silicon on photosynthesis, water relations and nutrient uptake of *Phaseolus vulgaris* under NaCl stress. BiologiaPlantarum, ۵۲: ۱۵۷-۱۶۰.

Abstract

In order to detection some mechanisms of pistachio tolerance to salinity and evaluate the effect of potassium silicate and potassiumsulfate on vegetative parameters ofpistachioseedlingscv. Badami -E- Riz, anexperiment was done as factorial with three factors, including:salinity(۰, ۹۰mM), potassiumsilicate(۰, ۵۰and۱۰۰mgL-۱) and potassium sulfate(۰, ۱and ۲%), in compeletely randomize disigne with ۳ replications. The results showed that salinity stress decreased water use efficiency, leaf relative water content and increased electrolyteleakagein leaf ofpistachioseedlingsand foliar application ofpotassium silicateandpotassium sulfate increased water use efficiency, leaf relative water content andreducedelectrolyte leakage under salinity conditions.