مجله دانش نوین
کشاورزی پایدار

جلد ۱۰ شماره ۱
صفحات ۶۰-۵۱

اثر شوری کلرید سدیم بر جذب عناصر معدنی ضروری در ارقام بادمجان

حمید صادقی*
استادیار فیزیولوژی گیاهی
گروه زیست شناسی
دانشگاه آزاد اسلامی واحد جهرم
جهرم، ایران
نشانی الکترونیک ✉:
hsadeghi@jia.ac.ir

حسن رسولی
کارشناس ارشد مرکز تحقیقات کشاورزی خنج
خنج، ایران
نشانی الکترونیک ✉:
hassan_rasooli@yahoo.com

مسعود زاده باقری
استادیار فیزیولوژی گیاهی
گروه علوم باغبانی
دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز
شیراز، ایران
نشانی الکترونیک ✉:
mzadehbagheri@yahoo.com

چکیده به منظور بررسی اثر تنش شوری ناشی از کلرید سدیم بر وضعیت جذب عناصر معدنی در اندام‌های مختلف سه رقم بادمجان (محلی جهرم، قلمی دزفول و دلمه هندی) پرورش یافته در هوای آزاد، پژوهشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۰ تکرار انجام شد. نشاهای ۱۰ هفته‌ای یکسان از نظر ارتفاع و قطر ساقه در محل یقه، به گلدان‌های پلاستیکی حاوی ۹ کیلوگرم خاک غالب منطقه منتقل و به مدت ۲۰ روز با آب شاهد آبیاری شدند. سپس تیمارهای شوری در ۷ سطح شامل غلظت‌های شاهد، ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم مورد استفاده قرار گرفتند. مقادیر مختلف کلرید سدیم به آب آبیاری با هدایت الکتریکی ۲۱۹ میکروزیمنس بر سانتی متر اضافه و به مدت پنج ماه اعمال شد. نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری جذب عناصر معدنی نشان داد که شوری باعث افزایش غلظت سدیم ریشه، ساقه و برگ و افزایش کلسیم ریشه شد. افزون بر آن شوری بیشتر باعث کاهش در غلظت پتاسیم ریشه، کلسیم برگ و نسبت پتاسیم به سدیم ریشه، ساقه و برگ شد. ضمن این که شوری اثر معنی‌داری بر پتاسیم ساقه و برگ، کلسیم ساقه و همچنین میزان نیترات برگ نداشت. در بین ارقام مورد بررسی براساس اندازه‌گیری میزان انباشت یون‌های اضافی، رقم محلی جهرم به عنوان رقمی با بردباری بیش‌تر و رقم قلمی دزفول به عنوان حساس‌ترین رقم در برابر شوری ناشی از کلرید سدیم ارزیابی گردید.

شناسه مقاله:
نوع مقاله: **پژوهشی**
تاریخ پژوهش: **۹۱-۱۳۹۰**
تاریخ دریافت: **۹۲/۱۱/۰۸**
تاریخ پذیرش: **۹۳/۰۳/۲۸**

واژه‌های کلیدی:
- ***Solanum melongena***
- **تغذیه معدنی**
- **تنش شوری**
- **تغذیه گیاهی**
- **عناصر پرمصرف**
- **غربالگری**

مقدمه شوری خاک و آب از عوامل محدود کننده‌ی توسعه کشاورزی در کشورهای واقع در نواحی خشک و نیمه خشک جهان است. در این کشورها مقادیر قابل توجهی از آب‌های با کیفیت پایین، به ویژه آب‌های شور وجود دارد که استفاده از آنها برای پایداری کشاورزی امری اجتناب‌ناپذیر است. استفاده از این آب‌ها نیازمند دانش بیشتر و فن‌آوری‌های نوین همراه با پژوهش‌های مضاعف در ارتباط با تحمل شوری در ارقام مختلف و مدیریت صحیح آب و خاک در شرایط شوری است.[۲] اغلب گیاهان، شیرین‌رست بوده و در شرایط شوری کم در خاک تکامل یافته‌اند، از این رو سازوکارهای‌های جذب، انتقال و استفاده از عناصر غذایی معدنی در گیاهان، در خاک‌های غیر شور توسعه یافته است.[۸] بنا بر *گزارش‌های شانون (۱۹۸۰)*[۲۰]، *جونز (۱۹۸۷)*[۹]، همچنین *کالو و برگ (۱۹۹۳)*[۱۱]، اطلاع از میزان بردباری به شوری گیاهان سبزی برای تصمیم‌های مدیریتی و همچنین جهت افزایش سودآوری، مهم است. *هی یوئر و همکاران (۱۹۸۶)*[۷]، همچنین *ساواس و لنز (۱۹۹۶)*[۱۹]، عنوان نموده‌اند که بادمجان دارای حساسیت متوسط به شوری می‌باشد. در شرایط شور، غلظت یون‌های سدیم و کلر به طور معمول، بیش‌تر از غلظت عناصر غذایی ضروری می‌باشد. این عدم تعادل موجب کاهش کمیت و کیفیت محصول می گردد. از طرفی، نیاز گیاهان به عناصرغذایی در محیط شور به اندازه شرایط طبیعی و حتی بیش‌تر می‌باشد.[۸] شوری باعث افزایش غلظت سدیم و کلر و کاهش میزان کلسیم و پتاسیم در گیاهان می‌گردد.[۵] بعضی از پژوهشگران نیز بیان کرده‌اند که کلسیم نقش حفاظتی در فضای آپوپلاستی ریشه دارد و به تنش شوری حساس می‌باشد[۲۳] شوری موجب کاهش غلظت کلسیم در برگ‌های جوان جو شده و بنابراین، کاهش دسترسی به کلسیم و افزایش نسبت سدیم به کلسیم در برگ، سبب جلوگیری از رشد می‌شود.[۲۳] تصور می‌شود که کلسیم با پیوند به گروه‌های فسفات و کربوکسیلات فسفولیپیدها و پروتئین‌ها در سطح غشا، سبب پایداری غشاهای سلولی می‌شود و از نشانه‌های کمبود کلسیم، از هم پاشیدن غشای سلولی است.[۱۳] افزون بر این اثر منفی یون‌های کلر و سدیم به صورت همراه با هم، بیش‌تر از تأثیر منفی هریک از آن‌ها به تنهایی است و البته اثر منفی کلر کمتر از سدیم می‌باشد.[۱۴] بادمجان[1] از تیره‌ی سیب‌زمینی، یکی از سبزی‌های میوه‌ای پرمصرف در ایران است. این محصول از نظر تولید خارج از فصل در نیمهٔ جنوبی کشور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و سود سرشاری را برای کشاورزان این بخش از کشور به همراه دارد. ارقام متعدد بادمجان در مناطقی نظیر فارس، هرمزگان، بوشهر، خوزستان و قسمت‌هایی از کرمان نظیر بم و جیرفت کاشته می‌شود. یکی از چالش‌های پیش رو در کشاورزی به ویژه در نیمه جنوبی کشور کاهش میزان آب‌های با کیفیت و افزایش روند شور شدن آب و خاک در این مناطق است. بنابراین به نظر می‌رسد که یک غربال‌گری مناسب از نظر بردباری به شوری و آب‌های با کیفیت پایین در بین گونه‌ها و رقم‌های مختلف گیاهانی که در این مناطق کاربرد زراعی یا باغی دارند امری اجتناب‌ناپذیر است. در میان این گونه‌ها غربالگری ارقام بادمجان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است چرا که کشت و کار وسیع‌تر آن به‌خصوص در فصلی صورت می‌گیرد که مشکل کمبود آب نیز بیش‌تر خود را نشان می‌دهد. در این مقاله تأثیر شوری کلرید سدیم بر جذب برخی از عناصر غذایی با هدف غربالگری سه رقم متفاوت بادمجان که در جنوب کشور از سطح زیر کشت بالاتری برخوردار هستند مورد بررسی قرار می‌گیرد.

مواد و روش‌ها مواد گیاهی مورد استفاده در این پژوهش شامل نشاهای ۱۰ هفته‌ای سه رقم بادمجان شامل ارقام محلی جهرم، قلمی دزفول و دلمهٔ هندی بود که بذرهای

[1] *Solanum melongena* L.

آنها از مؤسسه تولید نهال و بذر کرج تهیه و در بستر خاک پیت کشت گردید. پس از ۱۰ هفته نشاهای یکسان از نظر ارتفاع و قطر ساقه در محل یقه انتخاب و به کیسه‌های پلاستیکی حاوی ۹ کیلوگرم خاک غالب منطقه جنوب منتقل شد. در هر گلدان یک نشا کشت گردید. نمونهٔ خاک مورد استفاده توسط آزمایشگاه خاک مرکز تحقیقات کشاورزی استان فارس مورد آزمایش قرار گرفت و کمبودهای آن از نظر عناصر غذایی ضروری با توصیه کودی آزمایشگاه برطرف گردید. آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی، در شرایط نور و دمای طبیعی در فضای باز نهالستان مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان خنج با موقعیت جغرافیایی ۲۷ درجه و ۵۲ دقیقه شمالی و ۵۳ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی در ارتفاع ۶۸۶ متر از سطح دریا انجام شد. دمای روزانه ۳۵-۲۵ درجه سلسیوس و دمای شبانه ۱۵-۱۰ درجه سلسیوس در طول دوره رشد و نمو بود. تغییرات درجه حرارت با استفاده از پوشش پلاستیکی و بخاری کنترل شد. هفت سطح شوری با افزودن مقادیر شاهد، ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم به آب آبیاری با هدایت الکتریکی ۲۱۹ میکروزیمنس بر سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در آغاز نشاها به مدت ۲۰ روز تا مرحله استقرار با آب معمولی هدایت الکتریکی ۲۱۹ میکروزیمنس بر سانتی‌متر آبیاری شدند. سپس تیمارهای شوری به تدریج از پایین‌ترین سطح شروع شد و در خلال یک دوره‌ی ۲۰ روزه به بالاترین سطح شوری در تیمار ۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم رسید. تنش شوری تا پنج ماه ادامه یافت و در پایان دوره تنش، میزان عناصر سدیم، پتاسیم و کلسیم انباشته شده در اندام‌های ریشه، ساقه و برگ با استفاده از روش نورسنجی شعله‌ای[1] و میزان نیترات برگ به وسیله دستگاه میکروکجلدال[2] اندازه‌گیری شد. علاوه بر این، نسبت پتاسیم به سدیم اندام‌های ریشه، ساقه وبرگ نیز محاسبه گردید. برای تجزیه عناصر معدنی در هر تیمار، پنج تکرار در نظر گرفته شد. ابتدا نرمال بودن داده‌ها بررسی و تجزیه واریانس با نرم‌افزار MSTATC و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون دانکن در سطح آماری ۵٪ صورت گرفت.

نتایج و بحث

اثر شوری بر جذب و انباشتگی نیترات برگ ارقام بادمجان

میزان جذب این عناصر در اغلب موارد تحت تأثیر تفاوت‌های ژنوتیپی در ارقام بادمجان، سطوح شوری و اثر متقابل سطوح شوری و رقم قرار گرفته اند (جدول ۱). نتایج مشابهی از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به میزان سدیم ساقه و برگ، میزان کلسیم ساقه و برگ و نسبت‌های یونی پتاسیم به سدیم ساقه و برگ به دست آمد. در همین حال نتایج به دست آمده از مقایسه‌ی میانگین میزان نیترات در برگ ارقام بادمجان در تیمارهای مختلف شوری تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ آزمون دانکن با تیمار شاهد نشان نداد (جدول ۲). این نتیجه با پژوهش‌های انجام شده در بعضی ارقام گوجه‌فرنگی که کاهش جذب نیترات در مجاورت کلر زیاد را نشان می‌دهد همخوانی نداشت. در پژوهش‌های مورد نظر مشخص شده است که جذب نیترات و اثر متقابل نیترات و کلر با بردباری به شوری ارقام گوجه‌فرنگی متناسب می باشد، زیرا ارقام بسیار بردبار گوجه‌فرنگی، نیترات بیش‌تری را نسبت به ارقام بسیار حساس در شرایط شوری جذب می‌کنند.[۱۰] بنابراین، هر سه رقم بادمجان بردباری مناسبی نسبت به شوری تا سطح ۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم از خود نشان داده‌اند.

اثر شوری بر جذب و انباشتگی سدیم در ریشه، ساقه و برگ ارقام بادمجان

مقایسه میانگین سدیم انباشته شده در ریشه، ساقه و برگ ارقام بادمجان

[1] flame photometry
[2] micro kjeldahl

جدول ۱: نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی

Table 1: ANOVA results of studied traits

Source of Variation	df	mean of squares						
		leaf nitrate	root Na^+	root K^+	stem K^+	leaf K^+	root Ca^{2+}	root K^+/Na^+
Cultivar	2	102981.7**	0.00050**	0.000040**	0.00011**	0.00007^{ns}	0.004*	0.006**
Salinity	6	19551.6**	0.00050**	0.000083**	0.00002^{ns}	0.00033**	0.014**	0.087**
Cult. x Sal.	12	23476.3**	0.00083**	0.000012**	0.00002^{ns}	0.00008^{ns}	0.003**	0.012**
Error		7238.8	0.00004	0.000002	0.00001	0.00004	0.001	0.001
C.V.%		18.2	1.4	12.3	12.3	14.3	26.0	14.7

^{ns}، * و ** به ترتیب غیر معنی و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪

^{ns}= non-significant, *= significant at 5% level of probability and **= significant at 1% level of probability.

در سطوح مختلف شوری نشان داد که به طور کلی با افزایش میزان کلرید سدیم، میزان سدیم هر سه اندام افزایش یافته است. با این حال، میزان انباشتگی سدیم در ساقه در شوری‌های بالا نسبت به ریشه و برگ، احتمالا به سبب نقش انتقالی آن، کمتر بود. بالاترین میزان سدیم برگ مربوط به تیمارهای ۸۰ و ۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم بود و بین این دو تیمار تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). انباشتگی سدیم در برگ‌ها در سطوح بالای شوری ناشی از کلرید سدیم را شاید بتوان به طبیعت گلیکوفیتی بادمجان نسبت داد. این نتایج با یافته‌های *اکینچی و همکاران (۲۰۰۴)* در گیاه بادمجان[۱] هماهنگی داشت. در گیاهان، پروتئین ناقل ویژه‌ای برای انتقال سدیم در عرض غشای سلول‌های گیاهی وجود ندارد و سدیم از راه رقابت با پتاسیم و از طریق کانال‌های ویژه پتاسیم در عرض غشای سلول‌های ریشه وارد گیاه می‌شود.[۱۵] علاوه بر این، *ماتوییس و آمتمن (۱۹۹۹)*[۱۲] و *موریلو-آمادور و همکاران (۲۰۰۶)*[۱۶] اعتقاد دارند که در تعداد زیادی از گیاهان غیرنمک دوست، بردباری به شوری با توانایی در محدود کردن جذب و یا انتقال سدیم و کلر به بخش‌های هوایی و باقی ماندن یون‌ها در ریشه بستگی دارد.

اثر شوری بر جذب و انباشتگی پتاسیم در ریشه، ساقه و برگ ارقام بادمجان

با افزایش میزان کلرید سدیم تا سطح ۱۰۰ میلی مولار، هیچ گونه تغییر معنی‌داری در میزان پتاسیم انباشته شده در ساقه و برگ ارقام بادمجان، نسبت به تیمار شاهد در سطح ۱٪ آزمون دانکن مشاهده نگردید (جدول ۲). این نتایج با یافته‌های *رضایی و همکاران (۲۰۰۶)*[۱۷] در زیتون و *صادقی و همکاران (۲۰۰۷)*[۱۸] در کاج هماهنگی نداشت. بالاترین میزان پتاسیم برگ در تیمار ۴۰ میلی مولار کلرید سدیم و پایین ترین آن در تیمار ۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم مشاهده گردید (جدول ۲). این نتیجه با یافته‌های *اکینچی و همکاران (۲۰۰۴)* در سه رقم بادمجان[۱] و *چارتزولاکیس و کلاپاکی (۲۰۰۰)* در دو رقم فلفل[۳] هماهنگی داشت ولی مغایر با نتایج *آنلوکارا و همکاران (۲۰۱۰)* در بادمجان[۲۵] بود. با افزایش میزان شوری کلرید سدیم، میانگین پتاسیم انباشته شده در ریشه‌ی هر سه رقم نسبت به تیمار شاهد کاهش معنی‌داری در سطح ۱٪ آزمون دانکن نشان داد (جدول ۲). این مسأله را می توان به سبب ویژگی آنتاگونیستی (ناهمسازی) بین یون‌های سدیم و پتاسیم دانست. این نتیجه با یافته‌های *چارتزولاکیس و کلاپاکی (۲۰۰۰)* در فلفل[۳] هماهنگی دارد.

اثر شوری بر جذب و انباشتگی کلسیم در ریشه، ساقه و برگ ارقام بادمجان

در سطوح شوری بالاتر از ۲۰ میلی-مولار کلرید سدیم، افزایش معنی-داری در میزان کلسیم انباشته شده در ریشه نسبت به تیمار شاهد مشاهده گردید (جدول ۲). در ساقه افزایش شوری اثر معنی‌داری در میزان کلسیم در سطح ۱٪ نداشت. میانگین کلسیم برگ هر سه رقم، در سطوح بالاتر از ۶۰ میلی مولار کلرید سدیم، کاهش معنی دار نسبت به تیمار شاهد نشان داد (جدول ۲). بالاترین میزان کلسیم برگ در تیمار

۲۰ میلی مولار کلرید سدیم مشاهده گردید (جدول ۲). نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های *آنلوکارا و همکاران (۲۰۱۰)* روی گیاه بادمجان[۲۵] همخوانی نداشت. این موضوع ممکن است به سبب تفاوت در نوع و ترکیب نمک‌های به کار رفته در شوری با جایگزین شدن سدیم به جای کلسیم استحکام دیواره سلول‌های ریشه کاهش می یابد و

جدول ۲) اثر تیمارهای شوری کلرید سدیم بر نیترات برگ، سدیم، پتاسیم، کلسیم و نسبت پتاسیم به سدیم در ریشه، ساقه و برگ

Table - Effect of NaCl salinity on leaf nitrate, sodium, potassium, calcium, and potassium to sodium ratio in roots, stems and leaves

Trait	salt treatments (mMol NaCl)						
	0	10	20	40	60	80	100
Leaf nitrate (mg. Kg^{-1} d.w.)	457 ab	414 b	446 ab	509 a	493 ab	503 ab	442 ab
Root Na^+ (%)	0.38 d	0.46 c	0.50 abc	0.48 bc	0.51 abc	0.55 a	0.53 ab
Shoot Na^+ (%)	0.23 f	0.28 e	0.34 d	0.44 c	0.49 b	0.50 b	0.54 a
Leaf Na^+ (%)	0.16 d	0.22 d	0.34 cd	0.62 bc	0.91 b	1.23 a	1.42 a
Root K^+ (%)	0.14 a	0.12 b	0.11 b	0.11 b	0.08 c	0.08 c	0.09 c
Shoot K^+ (%)	0.25 a	0.25 a	0.25 a	0.23 a	0.24 a	0.22 a	0.23 a
Leaf K^+ (%)	0.37 abc	0.41 ab	0.42 a	0.43 a	0.38 ab	0.35 bc	0.31 c
Root K^+/Na^+ ratio	0.37 a	0.27 b	0.23 c	0.23 c	0.16 d	0.15 d	0.18 d
Shoot K^+/Na^+ ratio	1.09 a	0.87 b	0.74 c	0.52 d	0.50 d	0.45 d	0.44 d
Leaf K^+/Na^+ ratio	2.36 a	1.95 b	1.29 c	0.74 d	0.52 de	0.36 ef	0.24 f
Root Ca^{2+} (%)	0.94 b	0.76 b	0.94 b	1.49 a	1.49 a	1.35 a	1.43 a
Shoot Ca^{2+} (%)	0.23 ab	0.25 a	0.24 ab	0.22 ab	0.23 ab	0.20 b	0.22 ab
Leaf Ca^{2+} (%)	0.65 ab	0.70 a	0.73 a	0.68 a	0.56 bc	0.48 cd	0.42 d

در هر ردیف، حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۱٪ در آزمون دانکن است.

Different letters in each row show significantly different means at 1% level of Duncan test.

پژوهش‌های محققین اخیر باشد. به طور کلی، میانگین کلسیم ریشه ارقام بادمجان بالاتر از ساقه و برگ بود (جدول ۲). گزارش‌های زیادی در مورد کاهش میزان کلسیم در اندام‌های هوایی گیاهان مختلف وجود دارد اما در ریشه به نظر می‌رسد که بین مقدار کلسیم و سدیم اثر متقابلی وجود داشته باشد[۱۵]، به گونه‌ای که کاهش در جذب پتاسیم و کلسیم می‌تواند با افزایش سدیم در ریشه و بالا رفتن حساسیت گیاه نسبت به شوری مرتبط باشد.[۵]

علاوه بر این، به نظر می‌رسد که کاهش مقدار کلسیم در اندام‌های هوایی از پیامدهای بارز شوری می‌باشد و موجب آشکار شدن علایم کمبود کلسیم می‌شود.[۴] این موضوع شاید به دلیل نقش حفاظتی کلسیم در فضای آپوپلاستی سلول‌های ریشه است که تا حد زیادی به تنش شوری حساس می باشد. در شرایط غشای سلول‌های ریشه به همین دلیل آسیب پذیر شده و تراوایی انتخابی آن به شدت کاهش می‌یابد.[۲۳]

اثر متقابل رقم- شوری از نظر انباشتگی عناصر معدنی ضروری

برهمکنش رقم- شوری از نظر میزان نیترات برگ در ارقام بادمجان معنی‌دار نبود. با این حال، به نظر

می‌رسد که بیشترین میزان انباشتگی نیترات برگ در ارقام مختلف در سطوح میانی شوری رخ داده است. به گونه‌ای که بالاترین میزان نیترات برگ در رقم دلمه‌ای در تیمار ۴۰ میلی مولار کلرید سدیم، در رقم قلمی در تیمار ۶۰ میلی مولار کلرید سدیم و در رقم جهرمی در تیمار ۸۰ میلی مولار کلرید سدیم مشاهده شد (جدول ۳). چنین به نظر می‌رسد که مواجه شدن با مقادیر اضافی نمک در ارقام بادمجان منجر به افزایش انباشتگی نیترات برگ در سطوح میانی شوری می‌شود. اگر انباشتگی نیترات به عنوان یک پاسخ سازگارکننده‌ی گیاه در نظر گرفته شود، بالاترین سطح سازگاری در رقم دلمه‌ای در تیمار ۴۰ میلی مولار، در رقم قلمی در تیمار ۶۰ میلی مولار و در رقم جهرمی در تیمار ۸۰ میلی مولار کلرید سدیم مشاهده شد (جدول ۳). اثر متقابل رقم- شوری بر میزان انباشت سدیم برگ نشان داد که در بالاترین سطح شوری (۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم) انباشت سدیم ۵/۰ ، ۵/۵ و ۱۵/۴ برابر تیمار شاهد به ترتیب در ارقام جهرمی، دلمه‌ای و قلمی بود (جدول ۳). با افزایش غلظت نمک تا تیمار۶۰ میلی مولار، هیچ گونه تفاوت معنی‌داری از نظر میزان سدیم برگ در بین سه رقم مشاهده نگردید، ولی با افزایش غلظت نمک از تیمار ۶۰ میلی مولار به بالا، افزایش معنی‌داری در میزان سدیم برگ رقم قلمی نسبت به دو رقم دیگر مشاهده شد که می‌تواند دلیلی بر حساسیت بیشتر رقم قلمی باشد (جدول ۳). از این دیدگاه و با توجه به اثر متقابل رقم- شوری به نظر می‌رسد رقم جهرمی به سبب انباشتگی بیشتر یون سدیم در ریشه، دارای مقاومت نسبی بالاتری در مقایسه با دو رقم دیگر باشد و ارقام دلمه‌ای و قلمی به ترتیب در رده‌های بعدی قرار داشتند (جدول ۳). افزون بر آن، بعضی از فیزیولوژیست‌ها نظیر *تستر و دوونپورت (۲۰۰۳)* معتقدند که به طور کلی، یک رابطه منفی بین غلظت سدیم در اندام هوایی گیاه و میزان رشد گیاه وجود دارد اما به دلیل وجود سازوکارهای مختلف مؤثر بر انباشتگی یون سدیم در اندام‌های هوایی گیاهان، این رابطه در تمام گونه‌های گیاهی مشابه نمی‌باشد[۲۴]. ارزیابی اثر متقابل رقم- شوری بر انباشتگی پتاسیم ریشه تفاوت‌های معنی‌داری نشان داد به گونه‌ای که در بالاترین سطح شوری (۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) انباشت پتاسیم در ارقام جهرمی، دلمه و قلمی به ترتیب برابر با ۵۲/۶، ۳۰/۸ و ۱۸/۲٪ نسبت به تیمار شاهد بود. انباشتگی کمتر یون پتاسیم در ریشه‌ی رقم جهرمی با انباشتگی بیشتر یون سدیم در بافت ریشه‌ی این رقم همراه بود.

اثر متقابل رقم- شوری بر میزان انباشتگی کلسیم نیز نشان داد که با افزایش شوری در رقم جهرمی میزان کلسیم انباشته شده در ریشه در مقایسه با شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۳). در رقم قلمی نیز به غیر از تیمار ۸۰ میلی مولار کلرید سدیم در سایر سطوح شوری تفاوت معنی‌داری از این نظر مشاهده نشد. هرچند به اعتقاد *مانس (۲۰۰۲)* افزایش هماهنگ انباشت کلسیم ریشه با افزایش شوری می‌تواند دلیلی بر پایداری بیشتر و توازن یونی مناسب‌تر ریشه در شرایط شوری در مقایسه با ساقه و برگ باشد. در رقم دلمه به غیر از تیمارهای ۴۰ و ۶۰ میلی مولار کلرید سدیم، سایر سطوح شوری نسبت به تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۳).

اثر شوری بر نسبت پتاسیم به سدیم در ریشه، ساقه و برگ ارقام بادمجان

بالاترین نسبت یونی پتاسیم به سدیم همواره در برگ هر سه رقم، در مقایسه با ساقه و ریشه، مشاهده شد (جدول ۴). این می‌تواند نشان دهندهٔ نقش‌های فیزیولوژیکی مهمتر پتاسیم در برگ‌ها در مقایسه با ساقه و ریشه باشد. با افزایش شوری تا سطح ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، کاهش معنی‌داری در نسبت پتاسیم به سدیم ریشه، ساقه و برگ در سطح ۱٪ آزمون دانکن در تمام تیمارها نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۴). به اعتقاد بعضی از محققین نظیر *سونگ و همکاران (۲۰۰۶)*[۲۱]، *استاپلز و تونیسن (۱۹۸۴)*[۲۲] و

گوکسی و تاتینی (۱۹۹۷)[۶]، نسبت پتاسیم به سدیم در گیاه به عنوان یک شاخص مهم برای تعیین میزان تحمل گیاه به شوری می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. نتایج به دست آمده در این پژوهش با یافته‌های *چارتزولاکیس و کلاپاکی (۲۰۰۰)* روی دو رقم فلفل [۳] و یافته‌های *آکینچی و همکاران (۲۰۰۴)* روی سه رقم بادمجان[۱]، هماهنگی دارد. به طور کلی، با افزایش غلظت کلرید سدیم، نسبت پتاسیم به سدیم دربرگ هر سه رقم کاهش یافت و از این نظر رقم جهرمی کاهش و رقم قلمی بیشترین کاهش را در مقایسه با شاهد نشان داد (جدول ۴).

نتیجه‌گیری کلی ارقام بادمجان از نظر جذب و انباشتگی عناصر معدنی ضروری در سطوح مختلف شوری پاسخ‌های متفاوتی دارند. از نظر انباشتگی نیترات در برگ به جز یک مورد که ممکن است ناشی از تفاوت‌های ژنوتیپی و یا خطای آزمایش اشد، تفاوت معنی‌داری بین شاهد و تیمارهای شوری در هیچ یک از ارقام بادمجان مشاهده نشد. این نشان می دهد که شوری تا غلظت ۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم بر انباشتگی نیترات در برگ این ارقام بادمجان اثری ندارد. پرهیز از جذب مقادیر اضافی سدیم، جلوگیری از انتقال آن به اندام‌های هوایی، افزایش جذب کلسیم در مواجه شدن با شرایط شوری و حفظ نسبت یونی پتاسیم به سدیم همگی سازوکارهای مقابله با شوری بوده و از این نظر رقم محلی جهرمی در مقایسه با دو رقم دیگر در این پژوهش بردباری بیشتری نسبت به شوری از خود نشان داد و ارقام دلمه هندی و قلمی دزفول به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. توصیه به کاشت رقم محلی جهرم در مقایسه با دو رقم دیگر نیاز به بررسی‌های بیشتر به ویژه از نظر عملکرد محصول در شرایط مزرعه دارد. اگر چه با توجه به یافته‌های این پژوهش و تاثیر مثبت تغذیه معدنی بر عملکرد محصول رقم اخیر می‌تواند مورد توجه بیشتری برای کشت و کار در مناطق جنوبی کشور قرار گیرد.

سپاسگزاری بدین وسیله از مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان خنج به سبب فراهم کردن فضا و امکانات لازم برای انجام این پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

جدول ۴: اثر متقابل رقم-شوری بر نسبت یونی پتاسیم به سدیم در ریشه، ساقه و برگ

Table 4: The interaction of salt-eggplant variety on the ratio of potassium to sodium ions in roots, stems and leaves

Cultivar	plant organ	salt treatments (mMol NaCl)						
		0	10	20	40	60	80	100
Jahromi	root	0.50 a	0.26 bc	0.24 bcd	0.21 c-f	0.15 fg	0.15 fg	0.19 d-g
	shoot	1.16 a	0.91 bc	0.74 de	0.59 ef	0.58 ef	0.53 fg	0.50 fg
	leaf	2.16 ab	1.9 bc	1.11 d	0.56 de	0.54 ef	0.46 ef	0.39 fg
Dezful slim	root	0.27 ab	0.26 ab	0.23 bc	0.27 ab	0.17 cd	0.17 cd	0.18 cd
	shoot	1.11 a	0.84 bc	0.70 cd	0.44 ef	0.51 de	0.49 ef	0.43 f
	leaf	2.56 a	1.68 b	1.02 c	0.74 cde	0.36 ef	0.21 fg	0.15 g
Indian cottage	root	0.34 a	0.29 ab	0.22 cd	0.22 cd	0.14 e	0.14 e	0.17 de
	shoot	0.99 a	0.85 ab	0.81 b	0.53 c	0.39 cd	0.34 d	0.38 cd
	leaf	2.37 a	2.23 a	1.73 b	0.93 c	0.66 cd	0.41 d	0.19 de

در هر ردیف، حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد در آزمون دانکن است.

Different letters in each row show significantly different means at 1% level of Duncan test.

جدول ۳: برهمکنش رقم- شوری بر مبنای مقایسه میانگین صفات

Table 3- Comparison of the interaction between cultivar and salinity level based on studied traits

Cultivar	treatments (mMol NaCl)	leaf nitrate ($mg.Kg^{-1}$ d.w)	root Na^+ (%)	shoot Na^+ (%)	leaf Na^+ (%)	root K^+ (%)	shoot K^+ (%)	leaf K^+ (%)	root Ca^{2+} (%)	shoot Ca^{2+}(%)	leaf Ca^{2+} (%)
Jahromi	0	560 ab	0.38 f	0.22 l	0.18 e	0.19 a	0.26 a	0.36 a-d	0.91 d-g	0.28 a	0.73 ab
	10	457 a-d	0.47 b-f	0.30 ij	0.21 de	0.12 bc	0.27 a	0.41 a-d	0.74 fg	0.28 a	0.80 a
	20	399 bcd	0.49 b-f	0.34 hi	0.40 cde	0.12 bc	0.24 ab	0.45 a	0.97 c-g	0.28 a	0.77 a
	40	483 abc	0.57 abc	0.41 fg	0.76 bcd	0.12 bc	0.24 ab	0.42 abc	1.38 b-e	0.22 a-d	0.65 a-d
	60	467 abc	0.59 ab	0.45 def	0.78 bcd	0.09 def	0.26 a	0.38 a-d	1.42 b-e	0.22 a-d	0.56 b-e
	80	616 a	0.62 a	0.46 def	0.79 bcd	0.09 def	0.24 ab	0.36 a-d	0.92 d-g	0.24 abc	0.50 c-f
	100	420 bcd	0.53 a-e	0.47 cde	0.90 bc	0.09 def	0.23 ab	0.35 a-d	1.44 a-d	0.23 a-d	0.39 ef
Dezful slim	0	483 abc	0.39 f	0.23 kl	0.16 e	0.11 bcd	0.26 a	0.40 a-d	1.11 b-g	0.22 a-d	0.54 c-f
	10	485 abc	0.42 ef	0.29 ijk	0.26 de	0.11 bcd	0.24 ab	0.43 ab	0.66 g	0.28 a	0.67 abc
	20	483 abc	0.53 a-e	0.38 gh	0.36 cde	0.11 bcd	0.26 a	0.36 a-d	0.82 efg	0.23 a-d	0.64 a-d
	40	532 ab	0.41 ef	0.47 c-f	0.64 cde	0.11 bcd	0.23 ab	0.45 a	1.62 ab	0.22 a-d	0.66 abc
	60	602 a	0.43 def	0.48 cde	1.25 b	0.07 f	0.24 ab	0.36 a-d	1.45 a-d	0.24 abc	0.46 ef
	80	495 abc	0.51 a-e	0.51 bcd	2.13 a	0.08 ef	0.25 ab	0.31 bcd	2.02 a	0.21 bcd	0.43 ef
	100	476 abc	0.55 a-d	0.56 ab	2.46 a	0.09 def	0.24 ab	0.29 d	1.56 abc	0.24 abc	0.38 f
Indian Cottage	0	329 cd	0.38 f	0.23 kl	0.16 e	0.13 b	0.23 ab	0.36 a-d	0.81 efg	0.19 cd	0.67 abc
	10	299 d	0.48 b-f	0.26 jkl	0.18 e	0.13 b	0.23ab	0.40 a-d	0.89 d-g	0.19 cd	0.63 a-d
	20	455 a-d	0.49 b-f	0.32 hij	0.26 de	0.11 bcd	0.26 a	0.44 a	1.02 b-g	0.22 a-d	0.78 a
	40	513 ab	0.45 c-f	0.43 efg	0.47 cde	0.10 cde	0.22 ab	0.43 ab	1.46 a-d	0.23 a-d	0.73 ab
	60	411 bcd	0.52 a-e	0.53 abc	0.69 b-e	0.07 f	0.21 ab	0.42 abc	1.60 ab	0.22 a-d	0.66 abc
	80	399 bcd	0.51 a-e	0.54 ab	0.77 bcd	0.07 f	0.18 b	0.38 a-d	1.12 b-g	0.17 d	0.50 c-f
	100	429 bcd	0.52 a-e	0.58 a	0.88 bc	0.09 def	0.22 ab	0.30 cd	1.30 b-f	0.18 cd	0.48 def

در هر ستون، حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معن دار در سطح احتمال ۱٪ در آزمون دانکن است.

Different letters in each column show significantly different means at P≤ 1%

References

1. Akinci I, Akinci S, Yilmaz K, Dikici H (2004) Response of eggplant varieties (*Solanum melongena*) to salinity in germination and seedling stages. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 32(2): 193-200.
2. Chartzoulakis K, Loupassaki M. (1997) Effects of NaCl salinity on germination, growth, gas exchange and yield of greenhouse eggplant. Agricultural Water Management, 32(3): 215-225.
3. Chartzoulakis K, Klapaki M (2000) Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. Scientia Horticulturae 86(3): 247-260.
4. Cramer GR, Epstein E, Läuchli A. (1991) Effects of sodium, potassium and calcium on salt-stressed barley. Physiologia Plantarum 81(2): 197-202.
5. El-Hendawy SE, Hu Y, Schmidhalter U (2005) Growth, ion content, gas exchange, and water relations of wheat genotypes differing in salt tolerances. Crop and Pasture Science 56(2): 123-134.
6. Gucci R, Tattini M (1997) Salinity tolerance in olive. Horticulture Review 21: 177-214.
7. Heuer B, Meiri A, Shalevet J (1986) Salt tolerance of eggplant. Plant and Soil 95(1): 9-13.
8. Heydari F, Hassanshahi H, Abdollahi H, Neyazi J, (2010) Khak, Kimiaye Faramoosh Shod-E (Soil, The Forgotten Alchemy). Shiraz, Iran: Fars Province Organization of Agricultural Jihad. 115.
9. Jones RA (1987) Genetic advances in salt tolerance. Plant Biology 4: 125-137.
10. Kafkafi, U, Siddiqi MY, Ritchie RJ, Glass J, Ruth T (1992) Reduction of nitrate (13NO3) influx and nitrogen (13N) translocation by tomato and melon varieties after short exposure to calcium and potassium chloride salts. Journal of Plant Nutrition. 15(6-7): 959-975.
11. Kalloo G, Bergh B (1993) Genetic improvement of vegetable crops: Pergamon.
12. Maathuis FJ, Amtmann A (1999) K+ nutrition and Na+ toxicity: the basis of cellular K^+/Na^+ ratios. Annals of Botany 84(2): 123-133.
13. Marschner H (1995) Mineral nutrition of higher plants. Orlando (FL) 7.
14. Martin P, Koebner R (1995) Sodium and chloride ions contribute synergistically to salt toxicity in wheat. Biologia Plantarum 37(2): 265-271.
15. Munns R (2002) Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell & Environment 25(2): 239-250.
16. Murillo-Amador B, Troyo-Dieguez E, García-Hernández JL, Lopez-Aguilar R, Avila-Serrano NY, Zamora-Salgado S, Rueda-Puente EO, Kaya C (2006) Effect of NaCl salinity in the genotypic variation of cowpea (*Vigna unguiculata*) during early vegetative growth. Scientia Horticulturae 108(4): 423-431.
17. Rezaei M, Lesani H, Babalar M, Talaei AR (2006) Effect of NaCl on growth and ion content in five olive cultivars (in Persian with English abstract). Iranian Journal of Agricultural Sciences (Journal of Agriculture) 37(2): 293-301.
18. Sadeghi H, Khavari Nejad RA, Fahimi H, Fallahian FA, Imanipour A (2007) The effect of NaCl salinity on growth and mineral uptake in Pinus eldarica M. (in Persian with English abstract). Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 8(3): 199-212.
19. Savvas D, Lenz F (1996) Influence of NaCl concentration in the nutrient solution on mineral composition of eggplants grown in sand culture. Angewandte Botanik 70(3-4): 124-127.
20. Shannon M (1980) Differences in salt tolerance within 'Empire'lettuce. Journal of the American Society for Horticultural Science 105(6): 944-947.
21. Song JQ, Mei XR, Fujiyama H (2006) Adequate internal water status of NaCl-salinized rice shoots enhanced selective calcium and potassium absorption. Soil Science & Plant Nutrition 52(3): 300-304.
22. Staples RC, Toenniessen GH (1984) Salinity tolerance in plants-strategies for crop improvement. John Wiley & Sons.
23. Suhayda CG, Redmann RE, Harvey BL, Cipywnyk AL (1992) Comparative response of cultivated and wild barley species to salinity stress and calcium supply. Crop Science 32(1): 154-163.
24. Tester M, Davenport R (2003) Na+ tolerance and Na+ transport in higher plants. Annals of Botany 91(5): 503-527.
25. Ünlükara A, Kurunç A, Kesmez GD, Yurtseven E, Suarez DL (2010) Effects of salinity on eggplant (*Solanum melongena* L.) growth and evapotranspiration. Irrigation and Drainage 59(2): 203-214.

Effect of NaCl salinity on mineral nutrient uptake in eggplant cultivars

Modern Science of Sustainable Agriculture

Vol. 10, No. 1, (51-60)

Hamid Sadeghi*

Assistance professor
Islamic Azad University
Jahrom Branch
Jahrom, Iran
Email ✉:
hsadeghi@jia.ac.ir

Hassan Rassoli

Master expert of Jihad Agriculture
Khonj-e-Larestan, Iran
Email ✉:
hassan_rasooli@yahoo.com

Masood Zadeh Bagheri

Faculty member of Horticulture Dep.,
Islamic Azad University
Shiraz Branch
Shiraz, Iran
Email ✉:
mzadehbagheri@yahoo.com

Received: 28 January, 2014 **Accepted:** 18 June, 2014

ABSTRACT To study the effect of NaCl salinity on the uptake of mineral elements in different organs of eggplant three cultivars including Jahrom landrace, Dezful slim, Indian cottage grown in outdoor conditions, an experiment was performed based on a completely randomized design with 10 replications. Ten days old seedlings equal in height and stem diameter in crown area were transformed into plastic pots containing 9 kg local field soil and irrigated with tap water for 20 days. Seven salinity levels were used with concentrations of 0, 10, 20, 40, 60, 80 and 100 mM NaCl. Different amounts of NaCl were added to tap water with electrical conductivity of 219 $\mu S.cm^{-1}$ and salinity stress followed for five months. The results showed that the salinity caused increasing Na^+ concentration in root, shoot, and leaf and Ca^{2+} in roots. Moreover, the salinity decreased the root potassium, leaf calcium, and the ratio of K^+/Na^+ in root, stem and leaf. No significant changes were recorded in the accumulation of potassium in leaf and stem calcium in stem and nitrate in leaf. Among studied cultivars based on measuring the accumulation of excess ions, the Jahromi landrace were evaluated as a higher tolerance genotype in comparison with Dezful slim cultivar which showing the highest sensitivity to NaCl salinity.

Keywords:

- *Solanum melongena*
- mineral nutrition
- salinity stress
- plant nutrition
- macroelements
- screening