

## Effect of NaCl salinity stress on accumulation of Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, N, and proline amino acid in soybean cultivars

Mitra Rostami hir<sup>1\*</sup>, Serollah Galeshi<sup>2</sup>, Afshin Soltani<sup>3</sup>, Ebrahim Zeinali<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Corresponding Author, Lecturer at Ardabil University of Applied Sciences, Ardabil, Iran and MSc Graduated of Agronomy, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, Email: mitrarosrami@ymail.com

<sup>2</sup> Professor, Department of Agronomy, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, Email: segaleshi@gmail.com

<sup>3</sup> Professor, Department of Agronomy, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, Email: afshin.soltani@gmail.com

<sup>4</sup> Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, Email: zeinalistudents@gmail.com

### Article Info

#### Article type:

Research Full Paper

#### Article history:

Received: 2023-12-29

Accepted: 2023-11-11

#### Keywords:

Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ratio  
Nitrogen  
Proline  
Salt Stress  
Soybean

### ABSTRACT

**Background and objectives:** Increasing water and soil salinity and the damage caused by it on plant products make it necessary to investigate the effects of salinity on crops. Studying the physiological traits changes under stress conditions is a suitable method for identifying the factors that affect crop tolerance to salinity stress and selecting tolerant cultivars.

**Materials and methods:** A factorial experiment was conducted based on a randomized complete block design with three replications in the research greenhouse of the faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural. Experiment factors included the applying four salinity levels with Hoagland solution (no application of salinity as control, application of 30, 60, and 80 mM NaCl) and different soybean cultivars (Hill, LBK, BP, Hog, Deer, Gorgan 3, Sahr, Hobbit, Williams, JK, and LWK). In this experiment, soybean seeds were inoculated with *Rhizobium japonicum* bacteria and planted in pots containing sand. The irrigation was done by distilled water from the planting until the appearance of the main leaf, and after that, Hoagland's solution (without nitrogen) continued. Seedlings were harvested after 60 days and Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup> percentage, Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ratio, proline, nitrogen percentage, nitrogen yield, and total dry weight were measured. Analysis of variance and comparison of the means (LSD test) was done by the SAS software (version v9).

**Results:** The results show that with increasing the salinity, sodium percentage, Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ratio, and proline amount increased and total dry weight, potassium percentage, and nitrogen yield decreased. Deer cultivar with the highest percentage of nitrogen at the levels of 0, 30, 60, and mM NaCl and the lowest percentage of nitrogen reduction (28%) have the lowest total dry weight reduction (54%) from the control treatment to the 80 mM treatment. Hag cultivar have the lowest increase in sodium percentage and the lowest percentage decrease in potassium absorption and the lowest Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ratio compared to other varieties. LWK, LBK, and Sahar cultivars had the lowest tolerance to salinity with the highest amount of sodium accumulation, the highest Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ratio, and low production of proline, and dry matter. The results of correlation coefficients showed that there was the most positive and significant correlation between total dry weight and potassium percentage (0.904\*\*) and nitrogen percentage (0.902\*\*).

---

---

**Conclusion:** According to the obtained results, it seems that the tolerant cultivars deal with salinity stress with mechanisms such as more potassium absorption and osmotic potential regulation. Among the investigated cultivars and according to the measured indicators, the Deer cultivar was recognized as a tolerant cultivar and can be used for cultivation in saline lands and the Hag cultivar can be used in breeding programs.

---

**Cite this article:** Rostami hir, M., Galeshi, S., Soltani, A., Zeinali, E. 2024. Effect of NaCl salinity stress on accumulation of Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, N and proline amino acid in soybean cultivars. *Crop Production Journal*, 17 (1), 19-38.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/ejcp.2024.20938.2559

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

---



## تولید گیاهان زراعی

شاپا چاپی: ۲۰۰۸-۷۳۹۸  
شاپا الکترونیکی: ۲۰۰۸-۷۴۰۳



### بررسی تاثیر تنش شوری کلرید سدیم بر تجمع سدیم، پتاسیم، نیتروژن و اسید آمینه پرولین در ارقام سویا

میترا رستمی هیر<sup>۱\*</sup>، سراله گالشی<sup>۲</sup>، افشین سلطانی<sup>۳</sup>، ابراهیم زینلی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> نویسنده مسئول، مربی دانشگاه علمی - کاربردی اردبیل و دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، رایانامه: mitrarosrami@ymail.com

<sup>۲</sup> استاد گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران، رایانامه: galeshi@gau.ac.ir

<sup>۳</sup> استاد گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران، رایانامه: Afshin.soltani@gmail.com

<sup>۴</sup> دانشیار گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران، رایانامه: e.zainali@gau.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی- پژوهشی	<b>سابقه و هدف:</b> افزایش روزافزون شوری آب و خاک و خسارت ناشی از آن بر تولیدات گیاهی، بررسی اثرات شوری بر گیاهان زراعی را ضروری می‌کند. مطالعه تغییرات فیزیولوژیکی در شرایط تنش، راهکار مناسبی است که می‌تواند به شناسایی فاکتورهای مؤثر در تحمل به تنش شوری و انتخاب ارقام متحمل کمک نماید. با توجه به اهمیت سویا ( <i>Glycine max L.</i> ) در اقتصاد جهانی و نیاز به روغن‌های خوراکی و پروتئین‌های گیاهی این آزمایش با هدف انتخاب رقم متحمل سویا به شوری و شناسایی سازوکارهای تحمل شوری انجام شد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۰۸	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۲۰	
واژه‌های کلیدی: پرولین، تنش شوری، سویا، نسبت سدیم به پتاسیم، نیتروژن	<b>مواد و روش‌ها:</b> آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده تولیدات گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و طبیعی گرگان انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل شوری در چهار سطح (عدم استفاده از شوری به‌عنوان شاهد، کاربرد ۳۰، ۶۰ و ۸۰ میلی‌مول NaCl) و ارقام مختلف سویا (هیل، BP, LBK، هاگ، دیر، گرگان ۳، سحر، هاییت، ویلامز، JK و LWK) بودند. در این آزمایش بذور با باکتری ریزیوم ژاپونیکوم تلقیح شدند و در گلدان‌های حاوی ماسه کشت شدند. از ابتدای کاشت تا ظهور برگ اصلی گلدان‌ها فقط با آب معمولی آبیاری شدند و پس از ظاهر شدن برگ اصلی آبیاری با محلول هوگلدن بدون نیترات ادامه یافت. بوته‌ها پس از ۶۰ روز برداشت شدند و درصد $Na^+$ و $K^+$ ، نسبت $Na^+/K^+$ ، پرولین، درصد نیتروژن، عملکرد نیتروژن و وزن خشک کل اندازه‌گیری شدند. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین با استفاده از نرم‌افزار SAS و آزمون LSD انجام شد.
	<b>یافته‌ها:</b> بررسی نتایج نشان می‌دهد که با افزایش شوری، درصد سدیم، نسبت $Na^+/K^+$ و مقدار پرولین در تمامی ارقام افزایش و وزن خشک کل، درصد پتاسیم و عملکرد نیتروژن کاهش می‌یابد. رقم دیر با داشتن بالاترین درصد نیتروژن در سطوح ۰، ۳۰، ۶۰ و ۸۰ میلی‌مول کلرید سدیم و کمترین درصد کاهش میزان نیتروژن (۲۸ درصد) دارای کمترین کاهش وزن خشک

---

کل (۵۴ درصد) از تیمار شاهد به تیمار ۸۰ میلی مول بود. با افزایش شوری از تیمار شاهد به تیمار ۸۰ میلی مول کلرید سدیم، رقم هاگ دارای کمترین میزان افزایش درصد سدیم و کمترین درصد کاهش جذب پتاسیم و پایین ترین میزان نسبت سدیم به پتاسیم در مقایسه با سایر ارقام بود و ارقام LBK، LWK و سحر با داشتن بیشترین میزان تجمع سدیم، بالاترین نسبت  $Na^+/K^+$  تولید پایین پرولین و ماده خشک، کمترین تحمل را به شوری داشتند. ضرایب همبستگی بین وزن خشک کل با درصد پتاسیم (\*\*۰/۹۰۴) و درصد نیتروژن (\*\*۰/۹۰۲) نیز نشان داد ارقامی که توانایی جذب پتاسیم و نیتروژن بالاتری دارند، ماده خشک بیشتری نیز تولید می کنند.

**نتیجه گیری:** با توجه به نتایج به دست آمده، به نظر می رسد ارقام متحمل با سازوکارهایی مانند جذب کمتر سدیم، افزایش جذب پتاسیم و تنظیم پتانسیل اسمزی با تنش شوری مقابله می کنند. در بین ارقام مورد بررسی و با توجه به شاخص های اندازه گیری شده، می توان از رقم دیر به عنوان رقم متحمل برای کشت در اراضی شور و از رقم هاگ در برنامه های اصلاح نژاد استفاده کرد.

---

استناد: رستمی هیر، میترا؛ گالشی، سراله؛ سلطانی، افشین؛ زینلی، ابراهیم. (۱۴۰۳). بررسی تاثیر تنش شوری کلرید سدیم بر تجمع سدیم، پتاسیم، نیتروژن و اسید آمینه پرولین در ارقام سویا. *مجله تولید گیاهان زراعی*، ۱۷ (۱)، ۳۸-۱۹.

DOI: 10.22069/ejcp.2024.20938.2559



© نویسندگان

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

## مقدمه

به عقیده متخصصان علوم کشاورزی یکی از مهم‌ترین موانع در برابر تولید محصولات کشاورزی، شور شدن اراضی زراعی است (۱). شوری یکی از مهمترین تنش‌های محیطی است که تولید محصولات زراعی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در تمام مناطقی که آبیاری برای تولید محصولات زراعی ضروری است، شور شدن خاک نیز امری غیر قابل اجتناب می‌باشد که این پدیده به تدریج به یک مشکل عمده در مناطق خشک و نیمه خشک تبدیل شده است (۲). شوری خاک به دلیل افزایش شوری آب آبیاری و شیوه‌های نامناسب آبیاری، استفاده نادرست از کودها و آلودگی‌های صنعتی در حال افزایش است (۳). تنش شوری باعث ایجاد تنش یونی، تنش اسمزی و تنش‌های ثانویه به ویژه تنش اکسیداتیو در گیاهان می‌شود (۴). کاهش رشد گیاهان تحت تاثیر شوری احتمالاً به دلیل کاهش نرخ فتوسنتز، مختل شدن جذب عناصر و غلظت بالای یون‌های سدیم و کلرید است (۵). هنگامی که گیاهی در شرایط شور رشد می‌کند، فعالیت فتوسنتزی آن در نتیجه کاهش سطح برگ، کاهش محتوای کلروفیل و افزایش فلورسانس کلروفیل، کاهش می‌یابد (۶). افزایش شوری خاک سبب افزایش تجمع یون سدیم در داخل سلول می‌شود که این امر سبب اختلال در تعادل یونی، تنظیم اسمزی، اختلال در فعالیت بسیاری از آنزیم‌ها، ایجاد سمیت بازدارنده و لطمه به جذب پتاسیم توسط گیاه می‌شود (۷).

گیاه سویا (*Glycine max L. Merr*) با دارا بودن ۳۰-۴۸ درصد پروتئین و ۱۳-۲۲ درصد روغن، ارزش بالایی از نظر تولید روغن، پروتئین و علوفه دارد (۸). تحمل پایین سویا به شوری سبب کاهش عملکرد آن می‌شود و در صورت گسترش اراضی شور، سطح زیر کشت این محصول نیز کاهش خواهد یافت (۹). یکی

از اهداف اصلاحی در برنامه‌های به نژادی سویا معرفی ژنوتیپ‌های پرمحصول و متحمل به شوری است (۱۰). برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به تنش از روش مستقیم (اندازه‌گیری عملکرد) و غیر مستقیم (اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک مرتبط با تحمل تنش) استفاده می‌گردد (۱۱). گیاهان در پاسخ به تنش شوری ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی خود را تغییر می‌دهند و با سازوکارهای ویژه‌ای، شوری را تحمل می‌کنند (۱۲). یکی از این سازوکارها، توانایی حفظ نسبت پایینی از سدیم به پتاسیم می‌باشد (۱۳). بسیاری از گیاهان تحت تنش شوری مقدار زیادی سدیم از خاک جذب می‌کنند که این امر موجب تغییر نسبت سدیم به پتاسیم در گیاه می‌شود (۱۴). ارقام متحمل به شوری در گونه‌های زراعی مختلف، نسبت سدیم به پتاسیم پایینی را نشان می‌دهند (۱۵). پایین بودن نسبت سدیم به پتاسیم می‌تواند از طریق کاهش غلظت سدیم و کاهش خروج پتاسیم حاصل گردد (۱۶). یکی دیگر از سازوکارهای گیاهان جهت مقابله با اثرات تنش شوری، تجمع پرولین است. پرولین یک اسید آمینه محلول در آب است که تجمع آن در غلظت‌های بالا به ساختارهای سلولی آسیب نمی‌رساند، اما پتانسیل اسمزی سلول را کاهش می‌دهد. پرولین اثر محافظتی بر روی فسفولیپیدها، پلاسما، میتوکندری و غشای پلاستییدی دارد (۱۷). با توجه به نقش و اهمیت کشت سویا و شور شدن خاک‌های زراعی، کشت ارقام متحمل به شوری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. هدف از این پژوهش ارزیابی تحمل ارقام به شوری و شناسایی ارقام مقاوم به شوری جهت داشتن عملکرد قابل قبول در شرایط تنش شوری و همچنین استفاده از این ارقام در برنامه‌های اصلاحی می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در شرایط گلخانه به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشکده تولید گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به اجرا درآمد. فاکتور اول شامل چهار سطح (محلول هوگلند بدون نیتروژن و نمک به عنوان شاهد (S0)، محلول هوگلند بدون نیتروژن همراه با ۳۰ میلی‌مول نمک کلرید سدیم (S2)، محلول هوگلند بدون نیتروژن به همراه ۶۰ میلی‌مول نمک کلرید سدیم (S3)، محلول هوگلند بدون نیتروژن به همراه ۸۰ میلی‌مول نمک کلرید سدیم (S4) و عامل دوم شامل رقم سویا در یازده سطح که شامل ارقام هیل، BP، L، BK، هاگ، دیر، گرگان ۳، سحر، هابیت، ویلامز، JK و LWK بود. تیمارهای شوری به ترتیب افزایش از ۳۰ به ۸۰ میلی‌مول معادل ۲/۹، ۵/۸ و ۶/۸ دسی‌زیمنس بر متر بود. کاشت بذر در محیط کشت شنی اجرا شد. برای این منظور ماسه‌ها بعد از الک شدن با غربال ۲ میلی‌متری، بوسیله آب کاملاً شسته و در گلدان‌های پلاستیکی به ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر، قطر دهانه ۲۱ سانتی‌متر و قطر بن ۱۶ سانتی‌متر ریخته شد و سپس با آب مقطر آبشویی گردید تا عاری از هر گونه ماده معدنی قابل جذب برای گیاه باشد. بذر ارقام سویا پس از خیساندن و تلقیح کردن با باکتری برادی رایزوبیوم ژاپونیکم با تراکم ۱۰ بذر در هر گلدان کشت شد. گلدان‌ها از مرحله کاشت تا مرحله سبز شدن با آب مقطر و پس از آن با محلول غذایی هوگلند بدون نیتروژن (۱۸) و با تیمارهای صفر، ۳۰، ۶۰ و ۸۰ میلی‌مول در لیتر نمک کلرید سدیم آبیاری شدند. گیاهچه‌ها روزانه یک نوبت با ۱۵۰ میلی‌لیتر محلول غذایی به مقداری که از ته گلدان خارج نگردد، به همراه تیمارهای مورد نظر آبیاری شدند. با بزرگ شدن بوته‌ها مقدار محلول به ۲۰۰

میلی لیتر افزایش یافت برای جلوگیری از تجمع نمک و بهم خوردن تیمارها هر هفته گلدان‌ها با آب مقطر آب شوئی شدند. بعد از تنک کردن در هر گلدان سه بوته سالم و قوی نگه داشته شد. ۶۰ روز بعد از کاشت، بوته‌ها برداشت و پارامترهای مورد نظر اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری میزان عناصر سدیم و پتاسیم با استفاده از روش هضم سوزاندن نمونه خشک گیاهی و به کمک دستگاه فلیم‌فتومتر (Model PFP7, Germany) تعیین گردید. استخراج پرولین با استفاده از روش بتا (۱۹۷۳) و اندازه‌گیری آن توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر انجام و غلظت پرولین بر حسب میلی‌گرم بر گرم بافت تازه برگ با استفاده از منحنی استاندارد تعیین شد. (۱۹). میزان نیتروژن به روش تیتراسیون بعد از تقطیر با استفاده از دستگاه کجل تک (Auto Analyzer 2300) در آزمایشگاه آب و خاک، مرکز تحقیقات کشاورزی گرگان اندازه‌گیری شد. وزن خشک کل نیز پس از خارج کردن بوته‌ها از گلدان و خشک کردن در ۷۰ درجه با ترازو و با دقت یک هزارم گرم اندازه‌گیری شد. عملکرد نیتروژن نیز از حاصل ضرب، میزان نیتروژن در عملکرد ماده خشک بدست آمد. تجزیه آماری اطلاعات حاصل از صفات اندازه‌گیری شده با بهره‌گیری از نرم افزار SAS نسخه ۹/۱ انجام گرفت، برای مقایسه میانگین از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد استفاده گردید.

## نتایج و بحث

اثر شوری بر غلظت سدیم: نتایج بدست آمده از جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح شوری، رقم و اثرات متقابل شوری و رقم بر میزان تجمع

گیاهی است (۲۰). کنترل تجمع سدیم یک فرآیند فیزیولوژیک مهم در مقاومت گیاهان به شوری می باشد (۲۱). تفاوت در میزان تجمع سدیم بین ارقام مختلف، می تواند به دلیل تفاوت های ژنتیکی در محدود ساختن جذب سدیم از خاک و محدود نمودن انتقال آن از ریشه به اندام هوایی باشد (۲۲). بوهنرت (۱۹۹۹) معتقد است گیاه برای جلوگیری از سمیت سدیم، سعی در خارج کردن یا فرستادن آن به واکنش می نماید (۲۳). همچنین غلظت بالای سدیم در محلول خاک منجر به کاهش جذب دیگر عناصر توسط گیاه می شود؛ چرا که سدیم به طور مستقیم سبب تداخل در جذب و انتقال دیگر عناصر از طریق پلاسمودسماتای سلول ریشه می گردد (۲۴). همبستگی منفی و معنی دار بین وزن خشک کل و میزان تجمع سدیم (جدول ۳)، نشان دهنده تاثیر منفی تجمع آن بر رشد گیاهان می باشد. اطلسی و همکاران (۲۰۱۸) ضمن اعلام افزایش جذب سدیم در شرایط تنش شوری، تجمع مقادیر متفاوت از سدیم را در ارقام گندم گزارش نمودند که با نتایج پژوهش حاضر همسو می باشد (۲۵). ارقام هیل و دیر با جذب کمتر سدیم، دارای رشد بهتر نسبت به ارقامی مثل LBK و سحر بودند که از میزان جذب زیاد سدیم برخوردار هستند و رقم هاگ نیز علی رغم داشتن تجمع بالا در میزان سدیم در تیمار شاهد، به دلیل داشتن کمترین میزان افزایش در جذب و انتقال سدیم به اندام هوایی نسبت به سایر ارقام برتر بود. تفاوت در تجمع یون سدیم بستگی به میزان جذب و انتقال آن از ریشه به اندام هوایی دارد و این تفاوت در بین ارقام مورد مطالعه به وضوح قابل مشاهده است. گزارشات نشان می دهد وارپته هایی که تجمع سدیم بیشتری داشتند کاهش بیشتری را در رشد و تجمع و ماده خشک داشتند و وارپته های مقاوم، تجمع سدیم کمتر و تجمع ماده خشک بیشتری را دارند که این امر می تواند در

سدیم در اندام های گیاهی در سطح احتمال یک درصد معنی دار است (جدول ۱).

بررسی میزان سدیم در سطوح شاهد، ۳۰، ۶۰ و ۸۰ میلی مول کلرید سدیم نشان داد که در سطح شاهد رقم هیل دارای کمترین میزان جذب سدیم بوده و با رقم دیر اختلاف معنی داری ندارد در همین سطح رقم هاگ بیشترین میزان سدیم را دارا بوده و با ارقام هایبیت، JK، LWK، LBK و سحر اختلاف معنی داری مشاهده نشد. با افزایش شوری از سطح شاهد به ۳۰ میلی مول، درصد سدیم جذب شده در همه ارقام افزایش یافت (جدول ۲). رقم دیر با افزایش ۸۰/۱ درصدی، دارای کمترین میزان افزایش تجمع سدیم و رقم گرگان ۳ با افزایش دو برابری دارای بیشترین میزان تغییر در تجمع سدیم با افزایش شوری از سطح شاهد به سطح ۳۰ میلی مول بود (جدول ۲). در سطح ۶۰ میلی مول نیز رقم سحر با میانگین ۵/۵۲۹ درصد دارای بیشترین میزان تجمع سدیم بود و با ارقام LWK و LBK اختلاف معنی داری نداشت و کمترین میزان سدیم با اختلاف معنی دار نسبت به سایر ارقام در رقم هیل مشاهده گردید. با افزایش شوری از سطح شاهد به سطح ۶۰ میلی مول، رقم هاگ دارای کمترین میزان افزایش و رقم هیل دارای بیشترین میزان افزایش در تجمع سدیم بودند (جدول ۲). در سطح ۸۰ میلی مول کلرید سدیم، اکثر ارقام تجمع بالایی از سدیم را نشان دادند به طوری که رقم LBK علی رغم داشتن بالاترین درصد سدیم با ارقام BP، هاگ، سحر، هایبیت، JK و LWK اختلاف معنی داری نداشت (جدول ۲). کمترین میزان افزایش درصد تجمع سدیم با افزایش سطح شوری از صفر به ۸۰ میلی مول در رقم هاگ با دو برابر و بیشترین آن با نه برابر افزایش در رقم هیل مشاهده گردید.

از مهمترین اثرات شوری بر رشد گیاهان زراعی، تجمع برخی از یون ها به ویژه سدیم در بافت های

شناسائی ارقام متحمل به شوری موثر باشد (۲۶). درصد سدیم (\*\* ۰/۸۸-) نیز نتایج بدست آمده را همبستگی منفی و معنی دار بین میزان ماده خشک و

جدول ۱- تجزیه واریانس و میانگین مربعات اثر شوری و رقم برای صفات مورد بررسی سویا

Table 1. Analysis of Variance and mean squares in evaluated traits

منابع تغییرات Sources of variance	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares						
		درصد سدیم Na%	درصد پتاسیم K%	نسبت سدیم به پتاسیم Na/K	درصد نیتروژن N%	عملکرد نیتروژن YN	پرولین Proline	وزن خشک کل Total dry weight
بلوک Block	2	0.0369	0.11089	0.159	0.0158	0.1776	$1.45 \times 10^{-9}$	0.02051
شوری Salinity(s)	3	4.0649**	3.001**	3.969**	0.697**	7.953**	$2.37 \times 10^{-7}$ **	0.9639**
رقم Variety	10	143.99**	130.70**	218.9**	14.302**	279.75**	$1.21 \times 10^{-6}$ **	22.57**
شوری × رقم Salinity × Variety	30	0.517**	0.0477**	1.819**	0.1453**	1.121**	$4.47 \times 10^{-9}$ **	2287**
خطای آزمایش Error	86	0.0676	0.0045	0.2450	0.00717	0.6455	$4.62 \times 10^{-9}$	0.006932
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		7.07	6.39	3.00	3.84	6.12	2.26	4.92

\*, \*\*, و ns به ترتیب معنی داری در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و غیر معنی دار می باشند.

\*, \*\*, and ns are significant at a probability level of 5%, 1% and non-significant, respectively

۳۰ میلی مول نیز رقم هاگ با میانگین ۵/۵۰۷ درصد دارای بیشترین و رقم LBK با میانگین ۳/۲۲۳ درصد دارای کمترین تجمع پتاسیم در بافت گیاهی خود بودند. بین رقم BP, LBK، هیل و ویلیامز اختلاف معنی داری وجود نداشت (جدول ۲). با افزایش شوری از سطح شاهد به ۶۰ میلی مول، رقم هاگ با ۱۷/۸ درصد کاهش در میزان جذب پتاسیم، کمترین تغییر و رقم ویلیامز با ۴۳/۶ درصد کاهش دارای بیشترین میزان تغییر در جذب پتاسیم بود (جدول ۲). تفاوت بین ارقام از نظر میزان پتاسیم با توجه به یکسان بودن شرایط آزمایش به علت تنوع ژنتیکی ظاهر می شود.

رقم هاگ در سطح ۶۰ میلی مول نیز با اختلاف معنی دار نسبت به سایر ارقام، بیشترین درصد تجمع پتاسیم (۴/۰۹۴ درصد) را نشان داد و رقم BP کمترین درصد تجمع پتاسیم را به خود اختصاص داد،

اثر شوری بر میزان پتاسیم: جدول تجزیه واریانس نشان می دهد که بین سطوح شوری، رقم و اثرات متقابل رقم و شوری اختلاف معنی دار از نظر درصد پتاسیم در سطح احتمال یک درصد وجود دارد (جدول ۱). تجمع پتاسیم روند معکوس تجمع سدیم را داشت و با افزایش سطح شوری از صفر تا ۸۰ میلی مول کلرید سدیم، میانگین درصد پتاسیم در تمامی ارقام کاهش یافت (جدول ۲).

در سطح صفر میلی مول رقم هاگ دارای بیشترین و رقم LBK دارای کمترین درصد پتاسیم بود بین رقم هاگ و ویلیامز اختلاف معنی داری مشاهده نشد. این درحالی است که با افزایش سطح شوری از صفر به ۳۰ میلی مول رقم هاگ با ۱۷/۸ درصد دارای کمترین کاهش درصد پتاسیم و رقم ویلیامز با ۴۳/۶ درصد دارای بیشترین افت پتاسیم بود (جدول ۲). در سطح



در این سطح بین ارقام LBK، BP، دیر و ویلیامز اختلاف معنی داری مشاهده نشد. کمترین میزان در جذب پتاسیم با افزایش سطح شوری از شاهد به ۶۰ میلی مول در رقم هاگ با ۳۸ درصد کاهش و بیشترین آن در رقم سحر با ۶۴ درصد مشاهده شد. در سطح ۸۰ میلی مول کلرید سدیم نیز رقم هاگ با میانگین ۲/۰۳۶ درصد دارای بیشترین تجمع پتاسیم و کمترین درصد تغییر جذب پتاسیم (۶۹/۶ درصد) بود و رقم LWK با میانگین ۰/۸۷۲ درصد و کاهش

۸۴/۸ درصدی نسبت به شاهد دارای کمترین میزان تجمع پتاسیم بود. در این سطح، رقم ویلیامز دارای بیشترین کاهش در میزان جذب پتاسیم به میزان ۸۶/۴ درصد در مقایسه با سایر ارقام بود (جدول ۲). در بررسی مجموع سطوح شوری و با توجه به نتایج به دست آمده می توان گفت رقم هاگ با بیشترین تجمع پتاسیم و کمترین کاهش درصد جذب از نظر این صفت نسبت به سایر ارقام برتر ب و ارقام LWK، سحر و ویلیامز در سطح پایین تری قرار داشتند.

جدول ۲- مقایسه میانگین برهمکنش رقم در شوری در صفات مورد بررسی

Table 2- Comparison of Means of Variety× Salinity interaction in evaluated traits

شوری Salinity (mM)	رقم Variety	سدیم (درصد) Na (%)	پتاسیم (درصد) K (%)	پرولین (میلی گرم در گرم ماده خشک) Proline (mg g-1Fw)	نیترژن (درصد) N (%)	عملکرد نیتروژن (گرم در بوته) g per plant
شاهد Control	هیل	0.431 <sup>d</sup>	5.644 <sup>de</sup>	0.001 <sup>a</sup>	3.005 <sup>bc</sup>	7.54 <sup>bc</sup>
	L.B.K	1.290 <sup>abc</sup>	4.308 <sup>f</sup>	0.00069 <sup>ef</sup>	2.896 <sup>cd</sup>	5.107 <sup>d</sup>
	B.P	1.285 <sup>abc</sup>	5.009 <sup>e</sup>	0.00056 <sup>h</sup>	2.690 <sup>e</sup>	7.309 <sup>bc</sup>
	هاگ	1.801 <sup>a</sup>	6.704 <sup>a</sup>	0.0007 <sup>de</sup>	3.160 <sup>a</sup>	8.509 <sup>ab</sup>
	دیر	0.902 <sup>cd</sup>	6.03 <sup>abcd</sup>	0.00096 <sup>b</sup>	3.075 <sup>abc</sup>	9.23 <sup>a</sup>
	گرگان ۳	1.091 <sup>bc</sup>	5.992 <sup>bcd</sup>	0.00084 <sup>c</sup>	2.855 <sup>d</sup>	8.580 <sup>ab</sup>
	سحر	1.458 <sup>abc</sup>	5.604 <sup>de</sup>	0.00063 <sup>g</sup>	2.620 <sup>f</sup>	6.804 <sup>c</sup>
	هایت	1.606 <sup>ab</sup>	6.364 <sup>abc</sup>	0.00074 <sup>d</sup>	2.865 <sup>d</sup>	8.193 <sup>ab</sup>
	ویلیامز	1.046 <sup>bc</sup>	6.608 <sup>ab</sup>	0.00065 <sup>d</sup>	2.985 <sup>c</sup>	8.161 <sup>abc</sup>
	J.K	1.589 <sup>ab</sup>	5.506 <sup>de</sup>	0.00066 <sup>fg</sup>	2.860 <sup>d</sup>	8.670 <sup>ab</sup>
L.W.K	1.598 <sup>ab</sup>	5.755 <sup>cd</sup>	0.00052 <sup>i</sup>	3.100 <sup>ab</sup>	8.075 <sup>bc</sup>	
۳۰ میلی مول کلرید سدیم 30 mM NaCl	هیل	1.060 <sup>c</sup>	3.696 <sup>cde</sup>	0.00113 <sup>a</sup>	2.58 <sup>cd</sup>	5.508 <sup>bc</sup>
	L.B.K	2.619 <sup>cd</sup>	3.223 <sup>e</sup>	0.000823 <sup>ef</sup>	2.71 <sup>abc</sup>	3.646 <sup>f</sup>
	B.P	2.750 <sup>bcd</sup>	3.398 <sup>e</sup>	0.000843 <sup>de</sup>	2.29 <sup>fg</sup>	4.643 <sup>e</sup>
	هاگ	3.302 <sup>ab</sup>	5.507 <sup>a</sup>	0.000853 <sup>de</sup>	2.795 <sup>a</sup>	6.065 <sup>ab</sup>
	دیر	1.633 <sup>e</sup>	4.568 <sup>b</sup>	0.00107 <sup>b</sup>	2.730 <sup>ab</sup>	6.255 <sup>a</sup>
	گرگان ۳	3.397 <sup>abc</sup>	4.588 <sup>b</sup>	0.00098 <sup>c</sup>	2.62 <sup>bcd</sup>	5.571 <sup>ab</sup>
	سحر	3.723 <sup>a</sup>	3.615 <sup>de</sup>	0.00077 <sup>g</sup>	2.225 <sup>g</sup>	4.318 <sup>e</sup>
	هایت	2.559 <sup>a</sup>	4.324 <sup>bcd</sup>	0.000873 <sup>d</sup>	2.20 <sup>g</sup>	4.960 <sup>cd</sup>
	ویلیامز	2.617 <sup>cd</sup>	3.723 <sup>cde</sup>	0.000863 <sup>d</sup>	2.53 <sup>de</sup>	4.210 <sup>e</sup>
	J.K	3.765 <sup>a</sup>	4.475 <sup>b</sup>	0.000793 <sup>fg</sup>	2.425 <sup>ef</sup>	4.292 <sup>e</sup>
L.W.K	3.699 <sup>a</sup>	4.408 <sup>bc</sup>	0.00069 <sup>h</sup>	2.785 <sup>a</sup>	5.124 <sup>cd</sup>	
۶۰ میلی مول کلرید سدیم 60 mM NaCl	هیل	2.924 <sup>e</sup>	2.8005 <sup>b</sup>	0.0013 <sup>a</sup>	1.90 <sup>cd</sup>	3.209 <sup>b</sup>
	L.B.K	5.482 <sup>ab</sup>	2.169 <sup>cd</sup>	0.00097 <sup>d</sup>	2.29 <sup>ab</sup>	2.029 <sup>ef</sup>
	B.P	4.116 <sup>d</sup>	2.068 <sup>cd</sup>	0.00096 <sup>d</sup>	1.815 <sup>cd</sup>	1.343 <sup>g</sup>
	هاگ	4.279 <sup>d</sup>	4.094 <sup>a</sup>	0.00098 <sup>d</sup>	2.025 <sup>bc</sup>	2.554 <sup>de</sup>
	دیر	4.117 <sup>d</sup>	2.292 <sup>cd</sup>	0.00121 <sup>b</sup>	2.505 <sup>a</sup>	4.686 <sup>a</sup>
	گرگان ۳	4.185 <sup>d</sup>	2.600 <sup>bc</sup>	0.00112 <sup>c</sup>	2.445 <sup>a</sup>	3.740 <sup>b</sup>
	سحر	5.529 <sup>a</sup>	2.004 <sup>bc</sup>	0.00091 <sup>e</sup>	1.92 <sup>c</sup>	2.463 <sup>de</sup>
	هایت	4.442 <sup>cd</sup>	2.79 <sup>bc</sup>	0.0011 <sup>c</sup>	1.635 <sup>d</sup>	2.427 <sup>e</sup>
	ویلیامز	4.441 <sup>cd</sup>	2.506 <sup>cd</sup>	0.001 <sup>d</sup>	1.36 <sup>e</sup>	1.604 <sup>ef</sup>

	J.K	4.912 <sup>bc</sup>	2.746 <sup>bc</sup>	0.00091 <sup>e</sup>	1.96 <sup>c</sup>	2.990 <sup>cd</sup>
	L.W.K	5.006 <sup>abc</sup>	2.59 <sup>bc</sup>	0.000803 <sup>f</sup>	1.795 <sup>cd</sup>	1.152 <sup>g</sup>
	هیل	4.409 <sup>c</sup>	1.363 <sup>ab</sup>	0.0015 <sup>a</sup>	1.52 <sup>bc</sup>	1.622 <sup>bc</sup>
	L.B.K	7.298 <sup>a</sup>	0.891 <sup>b</sup>	0.00119 <sup>c</sup>	1.69 <sup>bc</sup>	1.054 <sup>ef</sup>
	B.P	6.472 <sup>ab</sup>	0.986 <sup>b</sup>	0.00106 <sup>d</sup>	1.095 <sup>de</sup>	0.397 <sup>g</sup>
	هاگ	6.198 <sup>ab</sup>	2.036 <sup>a</sup>	0.00109 <sup>d</sup>	1.54 <sup>bc</sup>	1.154 <sup>d</sup>
۸۰ میلی مول	دیر	5.658 <sup>b</sup>	0.904 <sup>b</sup>	0.00137 <sup>b</sup>	2.20 <sup>a</sup>	3.100 <sup>a</sup>
کلرید سدیم	گرگان ۳	5.507 <sup>bc</sup>	1.400 <sup>ab</sup>	0.00119 <sup>c</sup>	1.915 <sup>ab</sup>	2.030 <sup>b</sup>
80 mM NaCl	سحر	6.548 <sup>ab</sup>	0.990 <sup>b</sup>	0.00103 <sup>e</sup>	1.095 <sup>de</sup>	0.608 <sup>fg</sup>
	هایت	6.691 <sup>ab</sup>	1.056 <sup>b</sup>	0.00117 <sup>c</sup>	0.95 <sup>e</sup>	0.796 <sup>efg</sup>
	ویلیامز	5.577 <sup>bc</sup>	0.896 <sup>b</sup>	0.00109 <sup>g</sup>	0.845 <sup>e</sup>	0.646 <sup>fg</sup>
	J.K	6.262 <sup>ab</sup>	1.250 <sup>ab</sup>	0.00119 <sup>c</sup>	1.48 <sup>cd</sup>	1.559 <sup>cd</sup>
	L.W.K	6.676 <sup>ab</sup>	0.872 <sup>b</sup>	0.00099 <sup>e</sup>	1.090 <sup>de</sup>	0.369 <sup>g</sup>

در هر ستون میانگین‌هایی که در یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری باهم ندارند.

In each column, means with similar letter are not significantly different based on the LSD test at 5% probability

هیدراته مشابهی هستند، پروتئین‌های انتقال دهنده آنها ممکن است در تشخیص آنها دچار اشتباه شوند و سدیم بیشتری را در مقایسه با پتاسیم به داخل انتقال دهند (۳۰). با توجه به نقش پتاسیم در فرآیندهای فتوسنتزی و رشدی، ارقامی که بتوانند پتاسیم بیشتری را جذب نمایند نسبت به شوری مقاوم‌تر بوده و ماده خشک بیشتری را تولید می‌کنند. همبستگی مثبت و معنی‌دار درصد پتاسیم با وزن خشک (\*\*۰/۹۰) نشان دهنده این موضوع می‌باشد (جدول ۳). کاهش میزان تجمع پتاسیم در کلزا و ذرت گزارش شده است که مطابق با نتایج پژوهش حاضر می‌باشد (۳۱ و ۳۲).

افزایش سدیم در محیط ریشه باعث کاهش جذب پتاسیم می‌شود (۲۷). پتاسیم یکی از عناصر ضروری در گیاهان است که نقش کلیدی در فرآیندهای مهمی مانند فتوسنتز، ساخت پروتئین، ساخت و انتقال قند، فعال‌سازی آنزیم، کنترل باز و بسته کردن روزنه‌ها دارد (۲۸). همچنین با افزایش سطح برگ و بالابردن میزان کلروفیل سبب افزایش ظرفیت فتوسنتزی در گیاه شده و در نهایت موجب بهبود تحمل به شرایط نامساعد و تنش‌زا می‌گردد (۲۹). کاهش غلظت پتاسیم در گیاه در شرایط شور به دلیل وجود غلظت‌های بالای سدیم در محیط خارجی و ایجاد رقابت با پتاسیم برای ورود به داخل سلول می‌باشد؛ چون این دو یون دارای شعاع

جدول ۳- ضرایب همبستگی صفات اندازه‌گیری شده

Table 3. Correlation coefficients of measured traits

Traits	صفات	Na	K	Na/K	N	Wg	YN	PRO
Na	سدیم	1						
K	پتاسیم	-0.875 <sup>**</sup>	1					
Na/K	نسبت سدیم به پتاسیم	0.847 <sup>**</sup>	-0.828 <sup>**</sup>	1				
N	نیترژن	-0.824 <sup>**</sup>	0.856 <sup>**</sup>	-0.789 <sup>**</sup>	1			
Wg	وزن خشک کل	-0.884 <sup>**</sup>	0.904 <sup>**</sup>	-0.760 <sup>**</sup>	0.849 <sup>**</sup>	1		
YN	عملکرد نیترژن	-0.886 <sup>**</sup>	0.929 <sup>**</sup>	-0.742 <sup>**</sup>	0.902 <sup>**</sup>	0.980 <sup>**</sup>	1	
PRO	پرولین	0.543 <sup>**</sup>	-0.701 <sup>**</sup>	0.554 <sup>**</sup>	-0.559 <sup>**</sup>	-0.586 <sup>**</sup>	-0.586 <sup>**</sup>	1

ns, \*, \*\* و \*\*\* به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, \* and \*\*: Not significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

نسبت سدیم به پتاسیم نشان داد. رقم LBK و رقم هاگ به ترتیب دارای بیشترین و کمترین نسبت سدیم به پتاسیم در سطح ۸۰ میلی مول کلرید سدیم بودند. در این سطح نیز بیشترین تغییر در رقم هیل و کمترین آن در رقم هاگ مشاهده گردید (شکل ۱).

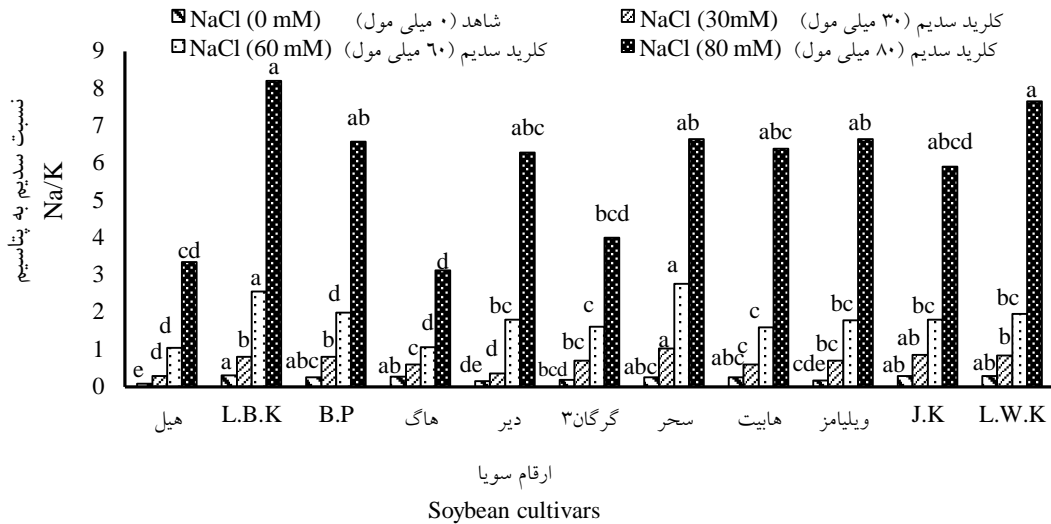
تالوار و همکاران (۲۰۱۱) در رابطه با بررسی نسبت سدیم به پتاسیم جهت به‌گزینی ارقام مقاوم به شوری در یولاف، به این نتیجه رسیدند که کوچک بودن نسبت سدیم به پتاسیم با تحمل بیشتر نمک کلرید سدیم مرتبط است و کاهش رشد در اثر شوری با افزایش مقدار یون‌های سدیم و کلر و افزایش نسبت Na/K همراه است (۳۳). رقم هیل و هاگ در تمامی سطوح شوری، دارای کمترین نسبت سدیم به پتاسیم می‌باشند، به عبارت دیگر با افزایش شوری توانسته‌اند کنترل دقیق‌تری نسبت به جذب سدیم داشته باشند. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین تجمع یون سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم (\*\*۰/۸۴۷) در این پژوهش نیز نشان‌دهنده ارتباط این نسبت با میزان سدیم جذب شده می‌باشد (جدول ۳). بنده حق و همکاران (۲۰۰۴) نیز با بررسی مقاومت به شوری ارقام بهاره گندم بیان کردند افزایشی که در نسبت Na/K با افزایش میزان شوری مشاهده می‌گردد، به دلیل افزایش سرعت جذب سدیم و ممانعت این یون از جذب پتاسیم با افزایش میزان نمک می‌باشد (۳۴). اقرا و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند ارقام حساس به شوری در شرایط بالای سدیم محیط ریشه، کاهش شدیدی را در جذب پتاسیم و افزایش جذب سدیم در اندام‌های هوایی نشان می‌دهند که این امر با افزایش نسبت سدیم به پتاسیم، سبب کاهش سرعت رشد گیاه و خسارت نمک به اندام‌های هوایی می‌شود (۳۵). از آنجایی که میزان جذب پتاسیم با میزان سدیم موجود در خاک تداخل دارد و با توجه به نقش پتاسیم و دخالت آن در فرآیندهای متابولیکی متعدد، حفظ

نسبت سدیم به پتاسیم: نتایج تجزیه واریانس برای صفت نسبت سدیم به پتاسیم تفاوت معنی‌داری در میان ارقام مختلف، سطوح مختلف شوری و اثرات متقابل آن‌ها در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول ۱). مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم در شوری در خصوص نسبت سدیم به پتاسیم نشان داد که شوری سبب افزایش این نسبت شده و میزان افزایش در ارقام مختلف متفاوت است (جدول ۲). با افزایش شوری جذب سدیم افزایش و جذب پتاسیم کاهش می‌یابد، بنابراین نسبت سدیم به پتاسیم با افزایش شوری روند صعودی نشان می‌دهد.

رقم LBK دارای بیشترین و رقم هیل دارای کمترین نسبت سدیم به پتاسیم در سطح شاهد بودند. بین ارقام هیل، دیر و ویلامز اختلاف معنی‌داری در سطح شاهد وجود نداشت همچنین بین ارقام LBK و LWK اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۱). در سطح ۳۰ میلی مول کلرید سدیم، سحر دارای بیشترین و هیل دارای کمترین نسبت سدیم به پتاسیم بودند، بین هیل و دیر اختلاف معنی‌دار دیده نشد. با افزایش سطح شوری از سطح شاهد به سطح ۳۰ میلی مول، نسبت سدیم به پتاسیم در همه ارقام مورد مطالعه افزایش یافت؛ اما میزان این تغییر متفاوت بود به طوری که رقم ویلامز با افزایش ۴/۴ برابری دارای بیشترین تغییر و رقم هاگ با افزایش ۲/۲ برابری دارای کمترین میزان تغییر در این نسبت بود. در سطح ۶۰ میلی مول نیز رقم سحر بیشترین نسبت را دارا بوده و با LBK در یک گروه آماری قرار می‌گیرد. رقم هیل دارای کمترین نسبت سدیم به پتاسیم بود و بین دو رقم هیل و هاگ اختلاف معنی‌دار وجود نداشت (شکل ۱). با افزایش سطح شوری از شاهد به ۶۰ میلی مول رقم هیل، علی‌رغم داشتن کمترین میزان نسبت سدیم به پتاسیم، دارای بیشترین میزان تغییر در این نسبت بود و رقم هاگ با افزایش ۳/۹ برابری، کمترین تغییر را در

به شوری در ذرت و گندم مشاهده شده است که همسو با نتایج پژوهش حاضر است (۳۷ و ۳۸).

نسبت متعادل سیتوزولی Na/K به یک مکانیسم کلیدی تحمل شوری تبدیل شده است (۳۶). استفاده از نسبت سدیم به پتاسیم پایین در انتخاب ارقام مقاوم



شکل ۱- مقایسه میانگین برهمکنش رقم در شوری بر صفت نسبت سدیم به پتاسیم

Figure 1- Comparison of Means of Variety× Salinity interaction in Na/K

بیشترین و کمترین میزان تجمع پرولین بودند (جدول ۲).

اندازه‌گیری پارامترهای رشد برای مقایسه تحمل به تنش، در گونه‌های مختلف و یا ارقام مختلف یک گیاه، اغلب کافی نبوده و معمولاً با اندازه‌گیری چند نشانگر بیوشیمیایی تکمیل می‌شود، یکی از این نشانگرها پرولین می‌باشد (۳۹). پرولین یک اسمولیت رایج در گیاهان است که در پاسخ به انواع مختلف تنش غیر زنده از جمله شوری و خشکی در انواع گونه‌های گیاهان تجمع می‌یابد (۴۰). پرولین علاوه بر نقشی که در تنظیم اسمزی دارد دارای کارکردهای دیگری نیز می‌باشد که از جمله آنها می‌توان به جاروب کردن رادیکال‌های هیدروکسیل، تنظیم pH سلولی و پایدار کردن ساختار پروتئین اشاره کرد (۴۱). با در نظر گرفتن عملکردهای متعدد پرولین، منطقی است که فرض کنیم انباشت پرولین با افزایش تحمل به تنش همراه خواهد بود (۴۲). عبدالعزیز و

پرولین: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر تنش شوری، رقم و برهم‌کنش توأم این دو عامل بر میزان تجمع پرولین در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است (جدول ۱). مقایسه میانگین میزان پرولین در ارقام و سطوح مختلف شوری نشان داد که افزایش میزان شوری موجب افزایش میزان پرولین (میلی‌گرم در گرم وزن تر) در تمام رقم‌های مورد مطالعه شد اما میزان افزایش در تمامی ارقام یکسان نبود (جدول ۲). در سطح شاهد رقم هیل دارای بیشترین میزان تجمع پرولین با میانگین ۰/۰۰۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر و رقم LWK با میانگین ۰/۰۰۰۵۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر، دارای کمترین میزان تجمع پرولین بود (جدول ۲). با افزایش سطح شوری میزان انباشت پرولین در تمامی ارقام افزایش یافت. بیشترین درصد افزایش با ۷۱ درصد در رقم BP و کمترین افزایش با ۲۶ درصد در رقم دیر مشاهده شد. در سطوح ۳۰، ۶۰ و ۸۰ میلی‌مول نیز ارقام هیل و LWK به ترتیب دارای

رقم سحر اختلاف معنی داری نداشت. در سطح ۶۰ میلی مول نیز رقم دیر دارای بیشترین و رقم ویلیامز دارای کمترین مقدار نیتروژن بر حسب درصد بودند، در این سطح بین رقم دیر، گرگان ۳ و LBK اختلاف معنی دار مشاهده نشد. با افزایش سطح شوری از شاهد به ۶۰ میلی مول، رقم ویلیامز با ۵۴ درصد دارای بیشترین میزان کاهش و رقم گرگان ۳ با ۱۴ درصد دارای کمترین میزان کاهش در درصد تجمع نیتروژن بودند. رقم دیر و رقم ویلیامز به ترتیب دارای بیشترین و کمترین درصد نیتروژن در سطح ۸۰ میلی مول بودند، بین رقم گرگان ۳ و دیر و همچنین بین هابیت و ویلیامز اختلاف معنی داری وجود نداشت. رقم دیر با ۵۱ درصد کاهش و رقم ویلیامز با ۷۱ درصد کاهش به ترتیب دارای کمترین و بیشترین تغییر در تجمع نیتروژن با افزایش شوری از سطح شاهد به سطح ۸۰ میلی مول بودند (جدول ۲).

با توجه به اینکه ریزوبیوم ژاپونیکوم استفاده شده در این آزمایش در بین تمام ارقام یکسان بوده است، اختلاف موجود مربوط به اثر رقم و شوری می باشد. شوری فعالیت های میکروبی در خاک را به دلیل تنش اسمزی و سمیت یون های  $Na^+$  و  $Cl^-$  محدود می کند (۴۵). تنش شوری با محدود ساختن مراحل اولیه ایجاد همزیستی بین گیاه و باکتری، کاهش حجم تارهای کشنده و کاهش میزان کلونی های باکتری در سطح ریشه، میزان گره بندی و در نهایت میزان تثبیت نیتروژن به طور قابل توجهی کاهش می دهد (۴۶). شوری حاصل از کلرید سدیم، با کاهش میزان انتشار اکسیژن به درون گره ها، فعالیت آنزیم نیتروژناز و میزان تنفس گره ها کاهش می دهد (۴۷). آنزیم نیتروژناز دارای نقش اساسی در تثبیت نیتروژن اتمسفری می باشد و هر عاملی که بر فعالیت این آنزیم مؤثر باشد، بر تثبیت بیولوژیک نیتروژن نیز مؤثر خواهد بود، کلرید سدیم با کاهش

همکاران (۲۰۱۸) در بررسی گیاهچه های برنج در شرایط شوری، بیان کردند که تجمع پرولین در رقم متحمل به شوری بیشتر از رقم حساس به شوری است (۴۳). همچنین آرتیاگا و همکاران (۲۰۲۰) نیز افزایش تجمع پرولین را در ارقام متحمل لوبیا گزارش کردند که مطابق با پژوهش حاضر می باشد (۴۴).

**درصد و عملکرد نیتروژن:** با توجه به اینکه محلول غذایی مورد استفاده در این آزمایش جهت تغذیه گیاه، عاری از نیتروژن بود بنابراین نیتروژن موجود در بافت خشک گیاه را می توان به فعالیت تثبیت نیتروژن باکتری های همزیست گیاه یعنی ریزوبیوم ژاپونیکوم نسبت داد. نتایج این بررسی نشان می دهد که تاثیر شوری، رقم و برهمکنش رقم و شوری بر درصد نیتروژن و عملکرد آن در سطح احتمال یک درصد معنی دار می باشد (جدول ۱). همانطور که در جدول (۲) دیده می شود ارقام از نظر تجمع نیتروژن با هم متفاوت هستند؛ به طوری که در سطح شاهد رقم هاگ دارای بیشترین مقدار نیتروژن بوده و بین این رقم و ارقام LWK و دیر اختلاف معنی دار مشاهده نمی شود و رقم سحر نیز دارای کمترین مقدار نیتروژن می باشد. با افزایش سطوح شوری از صفر به ۳۰ میلی مول از میزان نیتروژن کاسته می شود ولی میزان کاهش آن در تمامی ارقام یکسان نیست به طوری که با افزایش شوری به سطح ۳۰ میلی مول، درصد نیتروژن بافت خشک گیاهی در ارقام هیل، LBK، BP، هاگ، دیر، گرگان ۳، سحر، هابیت، ویلیامز، JK و LWK به ترتیب ۶/۲، ۱۴/۸، ۱۱/۵، ۱۱/۲، ۸/۲، ۱۵، ۲۲/۵، ۱۵/۲، ۱۵/۲ و ۱۰/۶ درصد نسبت به شاهد افزایش داشتند (جدول ۲).

در سطح ۳۰ میلی مول کلرید سدیم، رقم هاگ دارای بیشترین درصد نیتروژن بوده و با ارقام دیر و LBK در یک گروه آماری قرار داشتند و کمترین درصد نیتروژن نیز در هابیت مشاهده گردید که با

دیر قادر بوده با میانگین بالاتر وزن خشک کل بوته، شرایط تنش شوری را بهتر تحمل نماید و در این شرایط از نور و سایر شرایط محیطی استفاده بهتر نموده و ماده خشک بیشتری تولید نماید. بنابراین در چنین شرایطی تولید و ارسال کربوهیدرات به ریشه در این رقم از سایر ارقام بهتر بوده است و این مسئله در وزن خشک این رقم کاملاً مشهود می‌باشد. در نتیجه این عمل، باکتری تثبیت کننده نیتروژن توانسته است فعالیت بهتری نماید و با تثبیت نیتروژن اتمسفری، درصد و عملکرد نیتروژن گیاه را افزایش دهد. در حالیکه ارقام هابیت، ویلیامز و BP کمترین درصد و عملکرد نیتروژن را دارا می‌باشند. همبستگی بالای عملکرد نیتروژن با وزن خشک (\*\* ۰/۹۸) کاهش عملکرد نیتروژن را در اثر تنش شوری توجیه می‌کند (جدول ۳). در شرایط تنش شوری با ایجاد تنش ثانویه خشکی، سمیت یونی، کاهش فعالیت آنزیمی، رشد گیاه دچار کاهش می‌یابد همچنین با کاهش تثبیت نیتروژن نیز درصد نیتروژن نیز کاهش می‌یابد و مجموع این عوامل سبب کاهش عملکرد نیتروژن می‌گردد.

**اثر شوری بر وزن خشک کل:** نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس نشان داد که اثر شوری، رقم و برهمکنش آنها بر وزن خشک کل معنی‌دار بود (جدول ۱). در سطح صفر میلی‌مول کلرید سدیم، رقم دیر با ۳/۱۳۳ گرم بیشترین وزن خشک و رقم LBK با مقدار ۱/۸۳۷ گرم دارای کمترین وزن خشک کل در بین ارقام مورد بررسی بود. در سطح ۳۰ میلی‌مول، رقم دیر و رقم LBK به ترتیب بیشترین و کمترین وزن خشک کل را دارا بودند. بین ارقام دیر، هابیت و گرگان ۳ اختلاف معنی‌دار در این سطح دیده نشد (شکل ۲).

رقم دیر بیشترین و رقم LWK کمترین وزن خشک کل هر بوته را در سطح ۶۰ میلی‌مول داشتند.

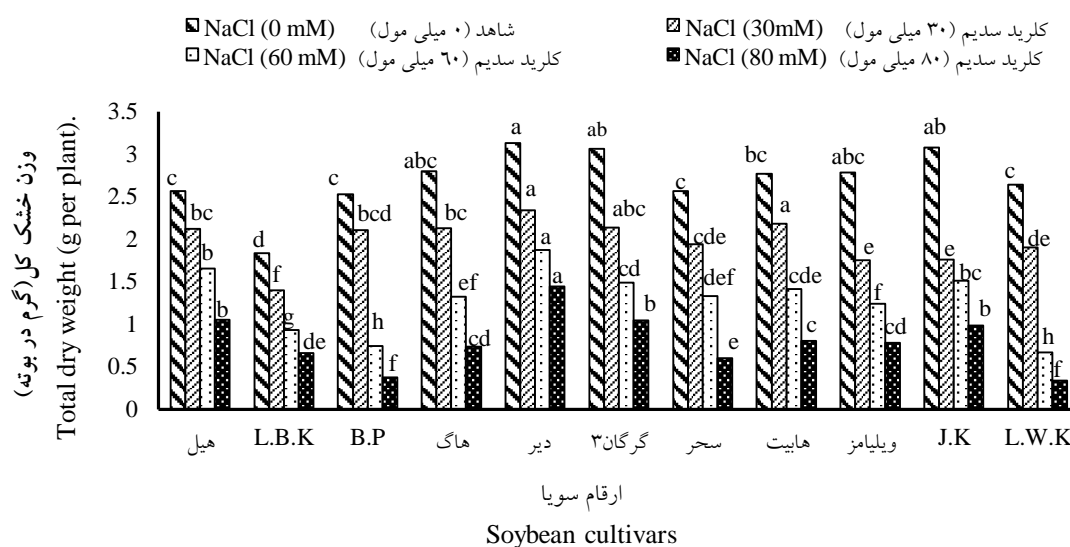
فعالیت آنزیم نیتروژناز سبب کاهش مقدار نیتروژن در بافت گیاهان تیره لگومینوز می‌شود (۴۸). کاهش فعالیت آنزیم نیتروژناز به علت کاهش نفوذ اکسیژن به گره‌ها و اثرات مستقیم آن بر فعالیت آنزیم نیتروژناز می‌باشد (۴۹). کاهش میزان درصد نیتروژن در اثر تنش کلرید سدیم در یونجه و همچنین لویبا گزارش شده است که همسو با نتایج پژوهش حاضر است (۵۰ و ۵۱).

برای نتیجه گیری دقیق تر در مورد میزان تثبیت بیولوژیک نیتروژن هر رقم بایستی از عملکرد نیتروژن استفاده کرد. عملکرد نیتروژن هر بوته که حاصل ضرب درصد نیتروژن در وزن خشک کل هر بوته می‌باشد، با افزایش شوری علاوه بر کاهش وزن خشک بوته، درصد نیتروژن هم کاهش یافت و در نتیجه منجر به کاهش عملکرد نیتروژن در هر بوته شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین عملکرد نیتروژن نشان می‌دهد که رقم دیر در سطح شاهد، ۳۰، ۶۰ و ۸۰ میلی‌مول کلرید سدیم دارای بیشترین عملکرد نیتروژن می‌باشد. در سطح شاهد بین رقم دیر و ارقام هاگ، گرگان ۳، هابیت، ویلیامز و JK اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، در سطح ۳۰ میلی‌مول کلرید سدیم نیز بین رقم دیر و ارقام هاگ و گرگان ۳ اختلاف معنی‌دار وجود نداشت (جدول ۲). کمترین میزان عملکرد نیتروژن در سطح شاهد با اختلاف معنی‌دار نسبت به سایر ارقام متعلق به رقم LBK بود. رقم ویلیامز در سطح ۳۰ میلی‌مول کمترین عملکرد نیتروژن را داشت و با ارقام سحر و JK در یک گروه آماری قرار داشت. در سطح ۶۰ و ۸۰ میلی‌مول رقم LWK، دارای کمترین عملکرد نیتروژن بود که با رقم BP در سطح ۶۰ میلی‌مول و با ارقام ویلیامز، هابیت، سحر و BP اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۳). تحمل ارقام نسبت به شوری و رشد مناسب آنها می‌تواند در رابطه همزیستی اثرات مثبتی بگذارد. رقم

شوری، دیواره سلولی خود را از طریق کاهش تقسیم و گسترش سلولی، ضخیم می‌کنند که این امر سبب کاهش خاصیت ارتجاعی دیواره سلولی و کاهش وزن خشک می‌گردد (۵۴). بایپوردی و همکاران (۲۰۱۲) نیز کاهش عملکرد بیولوژیک را ناشی از تنش اسمزی و اختلال در تعادل یونی گزارش نمودند (۵۵). در پژوهش حاضر نیز علاوه بر مواد مطرح شده، شوری بر رشد گیاه از طریق کاهش تثبیت بیولوژیکی نیتروژن موثر بوده و سبب می‌شود که تولید کربوهیدرات در گیاه کاهش یافته و اثرات متقابل آنها بر روی یکدیگر منجر به کاهش رشد گیاه و وزن خشک گردد. کاهش عملکرد بیولوژیک در اثر شوری حاصل از کلرید سدیم در کلزا و سورگوم نیز گزارش شده است که مطابق با نتایج پژوهش حاضر می‌باشد (۵۶ و ۵۷). ارقام دیر، هیل و گرگان ۳ دارای بیشترین و BP و LWK دارای کمترین میانگین وزن خشک کل در سه سطح شوری بودند. بالا بودن درصد نیتروژن در این ارقام با توجه به فیدبک مثبت بین رشد و مقدار نیتروژن می‌توان بالا بودن وزن خشک این ارقام را توجیه کرد.

بین رقم LWK و BP اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. در سطح ۸۰ میلی‌مول نیز رقم دیر با ۱/۴۴ گرم و رقم LWK با ۰/۳۳۶ گرم به ترتیب بیشترین و کمترین وزن خشک کل را دارا بودند. در این سطح نیز بین رقم LWK و BP اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. رقم دیر در سطوح ۶۰،۳۰ و ۸۰ میلی‌مول دارای بیشترین وزن خشک و رقم LWK در هر سه سطح دارای کمترین وزن خشک بود (شکل ۲).

وزن خشک اندام‌های گیاه هم از طریق کاهش میزان رشد رویشی و هم از طریق کاهش فتوسنتز تحت تأثیر قرار می‌گیرد. فعالیت فتوسنتز بستگی به تبادلات گازی و فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی دارد. تحت شرایط شوری و ایجاد تنش ثانویه خشکی روزنه‌ها بسته شده و تبادلات گازی کم و یا متوقف می‌شود (۵۲). همچنین در اثر شوری میتوکندری آماس پیدا می‌کند و فعالیت تنفسی سیکل کربس متوقف می‌شود در این حالت مرحله گلیکولیز به فعالیت خود ادامه می‌دهد ولی تولید انرژی به خاطر متوقف شدن چرخه کربس کم می‌شود؛ در نتیجه کربوهیدرات بیشتری می‌سوزد و انرژی لازم برای رشد کاهش می‌یابد (۵۳). گیاهان برای مقابله با تنش



شکل ۲- مقایسه میانگین برهمکنش رقم در شوری بر صفت وزن خشک کل بوته

Figure 2- Comparison of Means of Variety× Salinity interaction in total dry weight per plant

## نتیجه‌گیری کلی

به پتاسیم پایین‌تر و همچنین توان تثبیت نیتروژن و تجمع بالای پرولین توانستند تولید ماده خشک بالاتری داشته باشند و می‌توان آنها را به عنوان ارقام متحمل به شوری معرفی کرد و ارقام LWK و LBK در مقایسه با سایر ارقام عکس‌العمل ضعیفی نسبت به شوری داشته و به عنوان ارقام حساس ارزیابی شدند. همچنین می‌توان رقم هاگ را به دلیل داشتن کمترین میزان تغییر در میزان جذب سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم جهت استفاده در برنامه‌های اصلاحی پیشنهاد کرد.

در این مطالعه وزن خشک کل به‌عنوان شاخصی از رشد می‌باشد و هررقمی که بتواند با استفاده از سازوکارهای تحمل شوری، وزن خشک بیشتری تولید نماید رقم متحمل‌تر شناخته خواهد شد. در شرایط تنش شوری، ارقامی که توانایی بیشتری در تجمع پتاسیم، کاهش نسبت سدیم به پتاسیم و تنظیم اسمزی از طریق تولید پرولین را داشته باشند، مقاومت بیشتری نیز نسبت به شوری خواهند داشت. در پژوهش حاضر مشاهده شد ارقام هیل و دیر با جذب پایین سدیم و افزایش جذب پتاسیم و در نتیجه داشتن نسبت سدیم

## References

- Munir, N., Hasnain, M., Roessner, U. & Abideen, Z. (2022). Strategies in improving plant salinity resistance and use of salinity resistant plants for economic sustainability. *Environmental Science & Technology*, 52(12), 2150-2196.
- Pessaraki, M. (1999). Handbook of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker Incorporation. New York. 1254p.
- Ouhibi, C., Attia, H., Rebah, F., Msilini, N., Chebbi, M., Urban, L. & Lachaal, M. (2014). Salt stress mitigation by seed priming with UV-C in lettuce plants: Growth, antioxidant activity and phenolic compounds. *Plant Physiology and Biochemistry*, 83, 126-133.
- Yang, Y. & Guo, Y. (2018). Elucidating the molecular mechanisms mediating plant salt-stress responses. *New Phytologist*, 217(2), 523-539.
- Ashraf, M. & Harris, P. J. C. (2013). Photosynthesis under stressful environments: An overview. *Photosynthetica*, 51(2), 163-190.
- Viera Santos, C. (2004). Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves. *Scientia Horticulturae*, 103(1), 93-99.
- Turan, M. A., Elkiram, A. H., Taban, A. N. & Tban, S. (2009). Effect of salt stress on growth, stomatal resistance, proline and chlorophyll concentrations in maize plant. *African Journal of Agricultural Research*, 4(9), 893-897.
- Bernstein, L. (1963). Osmotic adjustment of plant to saline media. Dynamic phase. *American Journal of Botany*, 50 (4), 360-37
- Sheteiwy, M. S., Shao, H., Qi, W., Daly, P., Sharma, A., Shaghaleh, H., Hamoud, Y. A., El-Esawi, M. A., Pan, R., Wan, Q. & Lu, H. (2021). Seed priming and foliar application with jasmonic acid enhance salinity stress tolerance of soybean (*Glycine max* L.) seedlings. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(5), 2027-2041.
- Masoudi, B. (2021). Screening of Soybean Genotypes at Seedling Stage under Salinity Stress. *Journal of Crop Breeding*, 13(38), 124-137. [In Persian]
- Dadashi, M. R., MajidHeravan. I., Soltani, A. & Noorinia, A. A. (2007). Evaluation of different genotypes of barley to salinity salt stress. *The Journal of Agricultural Science*, 13(1), 181-190. [In Persian]
- Amirjani, M. R. (2010). Effect of NaCl on Some Physiological Parameters of Rice. *EJBS*, 3(1), 06-16.
- Munns, R. & Tester, M. (2008). Mechanism of Salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59, 651-681.



14. Basara, A. S., & Barsara, R. K. (1997). Mechanisms of Environmental Stress Resistance in Plants. Harwood Academic Publishers. 83-111.
15. Summart, J., Thanonkeo, P., Panichajakul, S., Prathepha, P. & McManus, M. T. (2010). Effect of salt stress on growth, inorganic ion and proline accumulation in Thai aromatic rice, Khao Dawk Mali 105, callus culture. *African Journal of Biotechnology*, 9(2), 145-152.
16. Chen, Z., Zhu, M., Newman, I., Mendham, M., Zhang, G. & Shabala, S. (2007). Potassium and sodium relations in salinized barley tissues as a basis of differential salt tolerance. *Functional Plant Biology*, 34(2), 150-162.
17. Ashraf, M. (2004). Some important physiological criteria for salt tolerance in plants. *Functional Plant Ecology*, 199(5), 361-376.
18. Hardarson, G. & Danson, S. K. A. (1993). Methods for measuring biological nitrogen fixation in grain legumes. *Plant and Soil*, 152(1), 19-23.
19. Bates, L. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, 39, 205-207.
20. Graham, J., Bristol, A., Yong, E. M., Wyn Jones, R. G. & Kashour, G. (1990). salt tolerance in the triticeae K. Na discrimination in barley. *Journal of Experimental Botany*, 41(9), 1095-1101.
21. Schachtman, D. P. & Munns, R. 1992. Sodium accumulation in leaves of *Triticum species* that differ in salt tolerance. *Australian journal of plant physiology*, 19, 331-340.
22. Deinlein, U., Stephan, A., Horie, T., Luo, W., Xu, G. & Schroeder, J. I. (2014). Plant salt tolerance mechanisms. *Trends in Plant Science*, 14(6), 1-9.
23. Bohnert, H. J., Nelson, D. E. & Jensen, R. G. (1999). Adaptation to environmental stresses. *Plant Cell*, 7(7), 1099-1111.
24. Heydari, M., Nadian, H., Bakhshandeh, A., AlamiSaeid, K.h. & Fathi, G.H. (2007). Effect of salinity and nitrogen rates on osmotic adjustment and accumulation of mineral nutrients in wheat. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 11(40), 193-21. (In Persian)
25. Atlassi Pak, V. (2018). Evaluation of Sodium Accumulation in Leaves of Wheat (*Triticum Aestivum L.*) Cultivars Differing in Salt Tolerance. *Plant Productions*, 41(1), 43-56. [In Persian]
26. Ashraf, M. & Foolad, M.R. (2007). Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*, 59 (2), 206-216.
27. Greenway, H., & Munns, R. (1980). Mechanism of salt tolerance in nonhalophytes. *Annual Review of Plant Biology*, 31(1), 149-190.
28. Karimi, R. (2017). Potassium-induced freezing tolerance is associated with endogenous abscisic acid, polyamines and soluble sugars changes in grapevine. *Scientia Horticulturae*, 215, 184-194.
29. Cakmak, I. (2005). The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168(4), 521-530
30. Aqueel Ahmad, M. S., Javed, F. & Ashraf, M. (2007). Iso osmotic effect of NaCl and PEG on growth, cations and free proline accumulation in callus tissue of two indica rice (*Oryza sativa L.*) genotypes. *Plant Growth Regulation*, 53, 53-63.
31. Kazemeini, S., Alborzei Hagighi, M. & Pirasteh-Anosheh, H. (2016). Evaluating salinity tolerance at different growth stages in rapeseed (*Brassica napus*) cv. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 9(2), 185-193. [In Persian]
32. Momeni, N., Arvin, M. J., Khagoei, G., Keramat, B., & Daneshmand, F. (2013). Effects of sodium chloride and salicylic acid on some photosynthetic parameters and mineral nutrition in maize (*Zea mays L.*) plants. *Journal of Plant Research*, (5)15, 15-30. [In Persian]
33. Talwar, H. S., Kumari, A. Surwenshi, A. & Seetharama, N. (2011). Sodium: potassium ratio in foliage as an indicator of tolerance to chloride-dominant soil salinity in oat (*Avena sativa*). *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, 81(5), 481-484.

34. Bandehhagh, A., Kazemi, H., Valizadeh, M., & Javanshir, A. (2004). Salt tolerance of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars during vegetative and reproductive growth. *Iranian, The Journal of Agricultural Science*, 35(1), 61-71. [In Persian]
35. Iqra, L., Rashid, M. S., Ali, Q., Latif, I. & Mailk, A. (2020). Evaluation for Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ratio under salt stress condition in wheat. *Life Science Journal*, 17(7), 43-50.
36. Assaha, D. V., Ueda, A., Saneoka, H., Al-Yahyai, R. & Yaish, M. W. (2017). The role of Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup> transporters in salt stress adaptation in glycophytes. *Frontiers in Physiology*, 8, 1-19.
37. Shakib Aylar, A., Farzaneh, S., Moharramnejad, S., Seyed Sharifi, R. & Hasanzadeh, M. (2021). Response of Some Physiological Traits in Maize Cultivars to Salinity Stress. *Journal of crops breeding*, 13(40), 173-180. [In Persian]
38. Beyzavi, F., Baghizadeh, A., Mirzaei, S., Maleki, M. & Mazafari, H. (2020). Investigation of some Biochemical Traits of Tolerant and Sensitive Wheat Cultivars (*Triticum Bioticum*) under Salinity Stress. *Journal of crops breeding*, 12(36), 216-234. [In Persian]
39. Kózmńska, A., Wiszniewska, A., Hanus-Fajerska, E., Boscaiu, M., Al Hassan, M., Halecki, W. & Vicente, O. (2019). Identification of salt and drought biochemical stress markers in several *Silene vulgaris* populations. *Sustainability*, 11(3), 800-823.
40. Bacha, H., Tekaya, M., Drine, S., Guasami, F., Touil, L., Enneb, H., Triki, T., Cheour, F. & Ferchichi, A. (2017). Impact of salt stress on morpho-physiological and biochemical parameters of *Solanum lycopersicum* cv. Microtom leaves. *South African Journal of Botany*, 108, 364-369.
41. Rana, V., Ram, S. & Nehra, K. (2017). Proline biosynthesis and its role in abiotic stress. *International Journal of Agricultural Research*, 6(3), 2319-2473.
42. Al Hassan, M., Pacurar, A., López-Gresa, M.P., Donat-Torres, M., Llinares, J. Boscaiu, M. & Vicente, O. (2016). Effects of salt stress on three ecologically distinct Plant ago species. *PLoS One*, 11, e0160236.
43. Abdel Aziz, M. N., Xuan, T. D., Mekawy, A. M. M., Wang, H. & Khanh, T. D. (2018). Relationship of salinity tolerance to Na<sup>+</sup> exclusion, proline accumulation and antioxidant enzyme activity in rice seedlings. *Agriculture*, 8(11), 166-178.
44. Arteaga, S., Yabor, L., Díez, M. J., Prohens, J., Boscaiu, M. & Vicente, O., (2020). The use of proline in screening for tolerance to drought and salinity in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. *Agronomy*, 10(6), 817-834.
45. Sehrawat, N., Jaiwal, P. K., Yadav, M., Bhat, K. V. & Sairam, R. K. (2013). Salinity stress restraining mungbean (*Vigna radiata* (L.) production: gateway for genetic improvement. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 6(9), 505-600.
46. Tu, J. C. (1981). Effect of salinity on Rhizobium-root hair interaction, nodulation and growth of soybean. *Canadian Journal of Plant Science*, 61(2), 231-239.
47. Dhugga, K. S., Wanes, J. G. & Leonard, L. (1988). Nitrate absorption by corn roots. Inhibition by phenylglyoxal. *Plant Physiology*, 86(3), 759-763.
48. Sunita, K., Srivastava, M., Abbasi, P. & Muruganandam, M. (2019). Impact of Salinity on Growth and N<sub>2</sub>-Fixation in *Melilotus indicus*. *Journal of Plant Science and Reserch*, 35(1), 109-119.
49. Zahran, H. H. (1999). Rhizobium-legume symbiosis and nitrogen fixation under severe conditions and in an arid climate. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 63(4), 968-989.
50. Fazaeli, A. & Besharati, H. (2012). Effect of salinity on some growth indices and total protein content of alfalfa genotypes inoculated with *Sinorhizobium meliloti* strains under greenhouse conditions. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 3(1), 25-38. [In Persian]
51. Sepehri, M., Jahandideh mahjen abadi, V., Asadi rahmani, H. & Sadeghi hosni, A. (2015). Influence of Rhizobium

- leguminosarum b.v. phaseoli bacteria on growth, activity of antioxidant enzymes and nutrient uptake of common bean (*Phaseolus vulgaris*) under salinity stress. *Journal of Soil Management Sustainable Production*, 5(2), 165-180.
52. Tattini, M., Lombardini, L. & Gucci, R. (1997). The effect of NaCl stress and relief on gas exchange properties of two olive cultivars differing in tolerance to salinity. *Plant and Soil*, 197(1), 87-93.
53. Wood, A. J. (1999). Comparison of salt-induced osmotic adjustment and trigonelline accumulation in two soybean cultivars. *Biologia Plantarum*, 42(3), 389-394.
54. Reginato, M., Travaglia, C., Reinoso, H., Garelo, F. & Luna, V. (2016). Salt mixtures induce anatomical modifications in the halophyte *Prosopis strombulifera* (Fabaceae: Mimosoideae). *Flora*, 218, 75-85.
55. Bybordi, A. 2012. Study effect of salinity on some physiologic and morphologic properties of two grape cultivars. *Life Science Journal*, 9(4), 1092-1101.
56. Moravveji, S., Zamani, G., Kafi, M., & Alizadeh, Z. (2017). Effect of different salinity levels on yield and yield components of spring canola cultivars (*Brassica napus* L.) and Indian mustard (*B. juncea* L.). *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 10(3), 445-457. [In Persian]
57. Noroozi, M., Chavoshie, E. & Ghajar Sepanlou, M. (2022). Effect of Irrigation Water Salinity on Relative Yield and Some Morphological and Physiological Characteristics of Sorghum. *Journal of Water Research in Agriculture*, 36(1), 55-73. [In Persian]

