Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Crop Production

Print ISSN: 2008- 739x
Online ISSN: 2008- 7403

Iranian Society of Agronomy and Plant Breeding Sciences

Effect of NaCl salinity stress on accumulation of Na^+, K^+, N, and proline amino acid in soybean cultivars

Mitra Rostami hir[1], Serollah Galeshi[2*], Afshin Soltani[3], Ebrahim Zeinali[4]

[1] 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

[2] Corresponding Author, Professor, Department of Agronomy, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, Email: segaleshi@gmail.com

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

[4] 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^+/K^+ 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+ and K+ percentage, Na+/K+ 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^+/K^+ 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^+/K^+ 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+/K+ 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+, K+, 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

تـولیـد گیـاهـان زراعـی
شـاپـا چـاپـی: ۲۰۰۸-۷۳۹x
شاپا الکترونیکی: ۲۰۰۸-۷۴۰۳

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

میترا رستمی‌هیر[۱]، سراله گالشی[۲*]، افشین سلطانی[۳]، ابراهیم زینلی[۴]

[۱] مربی دانشگاه علمی– کاربردی اردبیل و دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، رایانامه: mitrarosrami@ymail.com
[۲] استاد گروه زراعت،دانشکده تولید گیاهی،دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی،گرگان، ایران، رایانامه:galeshi@gau.ac.ir
[۳] استاد گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی،دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی،گرگان، ایران، رایانامه: Afshin.soltani@gmail.com
[۴] دانشیار گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی،دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی،گرگان، ایران، رایانامه: e.zeinali@gau.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۲۰

واژه‌های کلیدی:
پرولین
تنش شوری
سویا
نسبت سدیم به پتاسیم
نیتروژن

چکیده

سابقه و هدف: افزایش روزافزون شوری آب وخاک وخسارت ناشی ازآن بر تولیدات گیاهی، بررسی اثرات شوری برگیاهان زراعی را ضروری می‌کند. مطالعه تغییرات فیزیولوژیکی درشرایط 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 (*Glycine max* L.) در اقتصاد جهانی و نیاز به روغن‌های خوراکی و پروتئین‌های گیاهی این آزمایش با هدف انتخاب رقم متحمل سویا به شوری و شناسائی سازوکارهای تحمل شوری انجام شد.

مواد و روش‌ها: 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، LBK، BP، هاگ، دیر، گرگان ۳، سحر، هابیت، ویلیامز، JK و LWK) بودند. در این آزمایش بذور با باکتری ریزبیوم ژاپونیکوم تلقیح شدند و در گلدان‌های حاوی ماسه کشت شدند. از ابتدای کاشت تا ظهور برگ اصلی گلدان ها فقط با آب معمولی آبیاری شدند و پس از ظاهر شدن برگ اصلی آبیاری با محلول هوگلند 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.

یافته‌ها: 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 (٥٤درصد) از تیمار شاهد به تیمار۸۰ میلی‌مول بود. با افزایش شوری از تیمار شاهد به تیمار ۸۰ میلی‌مول کلرید سدیم، رقم هاگ دارای کمترین میزان افزایش درصد سدیم و کمترین درصد کاهش جذب پتاسیم و پایین‌ترین میزان نسبت سدیم به پتاسیم در مقایسبه با سایر ارقام بود و ارقام LWK، LBK 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 (**۰/۹۰٤) و درصد نیتروژن (**۰/۹۰۲) نیز نشان داد ارقامی که توانایی جذب پتاسیم و نیتروژن بالاتری دارند، ماده خشک بیشتری نیز تولید می‌کنند.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج به‌دست آمده، به نظر می‌رسد ارقام متحمل با سازوکارهایی مانند جذب کمتر سدیم، افزایش جذب پتاسیم و تنظیم پتانسیل اسمزی با تنش شوری مقابله می‌کنند. در بین ارقام مورد بررسی و با توجه به شاخص های اندازه‌گیری شده، می‌توان از رقم دیر به عنوان رقم متحمل برای کشت در اراضی شور و از رقم هاگ در برنامه‌های اصلاح نژاد استفاده کرد.

استناد: رستمی‌هیر، میترا؛ گالشی، سراله؛ سلطانی، افشین؛ زینلی، ابراهیم. (۱٤۰۳). 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

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

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 (٤). 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 وافزایش فلورسانس کلروفیل، کاهش می‌یابد (٦). 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 ٤۸-۳۰ درصد پروتئین و۲۲-۱۳ 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 مرفولوژیک 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 (١٤). 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 (١٦). 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 غلظت های بالا به ساختارهای سلولی آسیب نمی‌رساند، اما پتانسیل اسمزی سلول را کاهش می‌دهد. پرولین اثر محافظتی بر روی فسفولیپیدها، پلاسمالما، میتوکندری و غشای پلاستیدی 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 شناسائی 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 به‌صورت 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، L.BK، BP، هاگ، دیر، گرگان ۳، سحر، هابیت، ویلیامز، JK و LWK بود. تیمارهای شوری به‌ترتیب 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 آبشوئی 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 بهم‌خوردن 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 ازکاشت، بوته ها 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 اندازه گیری 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 آون ۷۰ درجه با ترازو و با دقت یک هزارم گرم اندازه گیری شد. عملکرد نیتروژن نیز از حاصل ضرب، میزان نیتروژن در عملکرد ماده خشک بدست آمد. تجزیه آماری اطلاعات حاصل از صفات اندازه گیری 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

سدیم در اندام‌های گیاهی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است (جدول ۱).

بررسی میزان سدیم در سطوح شاهد،۳۰، ٦۰ و ۸۰ میلی‌مول کلرید سدیم نشان داد که در سطح شاهد رقم هیل دارای کمترین میزان جذب سدیم بوده و با رقم دیر اختلاف معنی‌داری ندارد در همین سطح رقم هاگ بیشترین میزان سدیم را دارا بوده و با ارقام هابیت، JK، LWK، LBK و سحر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. با افزایش شوری از سطح شاهد به ۳۰ میلی‌مول، درصد سدیم جذب شده در همه ارقام افزایش یافت (جدول۲). 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 میلی‌مول بود (جدول۲). در سطح ٦۰ میلی‌مول نیز رقم سحر با میانگین ۵/۵۲۹ درصد دارای بیشترین میزان تجمع سدیم بود و با ارقام LWK و LBK اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین میزان سدیم با اختلاف معنی‌دار نسبت به سایر ارقام در رقم هیل مشاهده گردید. با افزایش شوری از سطح شاهد به سطح ٦۰ میلی‌مول، رقم هاگ دارای کمترین میزان افزایش و رقم هیل دارای بیشترین میزان افزایش در تجمع سدیم بودند (جدول ۲). در سطح ۸۰ میلی‌مول کلریدسدیم، اکثر ارقام تجمع بالایی از سدیم را نشان دادند به طوری‌که رقم LBK علی‌رغم داشتن بالاترین درصد سدیم با ارقام BP، هاگ، سحر، هابیت، JK و LWK اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۲). کمترین میزان افزایش درصد تجمع سدیم با افزایش سطح شوری از صفر به ۸۰ میلی‌مول 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 یون‌ها به‌ویژه سدیم در بافت‌های گیاهی است (۲۰). کنترل تجمع سدیم یک فرآیند فیزیولوژیک مهم در مقاومت گیاهان به شوری می‌باشد (۲۱). تفاوت در میزان تجمع سدیم بین ارقام مختلف، می‌تواند به‌دلیل تفاوت‌های 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 واکوئل می‌نماید (۲۳). همچنین غلظت بالای سدیم در محلول خاک منجر به کاهش جذب دیگر عناصرتوسط گیاه می شود؛ چرا که سدیم به طور مستقیم سبب تداخل در جذب و انتقال دیگر عناصر از طریق پلاسمودسماتای سلول ریشه می‌گردد (۲٤). همبستگی منفی و معنی‌دار بین وزن خشک کل و میزان تجمع سدیم (جدول ۳)، نشان دهنده تاثیر منفی تجمع آن بر رشد گیاهان می‌باشد. 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 می‌باشد (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 علی‌رغم 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 می‌دهد واریته‌هایی که تجمع سدیم بیشتری داشتند کاهش بیشتری را در رشد و تجمع و ماده خشک داشتند و واریته‌های مقاوم، تجمع سدیم کمتر و تجمع ماده خشک بیشتری را دارند که این امر می‌تواند در

شناسائی ارقام متحمل بـه شـوری مـوثر باشـد (۲۶). همبستگی منفی و معنی‌دار بین میزان مـاده خشـک و درصد سدیم (** ۰/۸۸-) نیز نتـایج بدسـت آمـده را تایید می‌نماید (جدول ۳).

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	1.45×10^{-9}	0.02051
شوری Salinity(s)	3	4.0649**	3.001**	3.969**	0.697**	7.953**	2.37×10^{-7}**	0.9639**
رقم Variety	10	143.99**	130.70**	218.9**	14.302**	279.75**	1.21×10^{-6}**	22.57**
شوری× رقم Salinity × Variety	30	0.517**	0.0477**	1.819**	0.1453**	1.121**	4.47×10^{-9}**	2287**
خطای آزمایش Error	86	0.0676	0.0045	0.2450	0.00717	0.6455	4.62×10^{-9}	0.006932
ضریب تغییرات(درصد) CV (%)		7.07	6.39	3.00	3.84	6.12	2.26	4.92

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و غیر معنی‌دار می‌باشند.

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

اثر شوری بر میزان پتاسیم: جـدول تجزیـه واریـانس نشان می‌دهد که بین سـطوح شـوری، رقـم و اثـرات متقابل رقم و شوری اختلاف معنی‌دار از نظـر درصـد پتاسـیم در سـطح احتمـال یـک درصـد وجـود دارد (جدول۱). تجمع پتاسیم روند معکوس تجمع سـدیم را داشت و با افزایش سـطح شـوری از صـفر تـا ۸۰ میلی‌مول کلریـد سـدیم، میـانگین درصـد پتاسـیم در تمامی ارقام کاهش یافت (جدول۲).

در سطح صفر میلی‌مول رقم هاگ دارای بیشـترین و رقم LBK دارای کمترین درصد پتاسیم بود بین رقم هاگ و ویلیامز اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. ایـن درحالی است که با افزایش سطح شوری از صـفر بـه ۳۰ میلی‌مول رقم هاگ با ۱۷/۸ درصد دارای کمتـرین کاهش درصد پتاسیم و رقم ویلیـامز بـا ۴۳/۶ درصـد دارای بیشترین افت پتاسیم بود (جدول ۲). در سـطح ۳۰ میلی مول نیز رقم هاگ با میانگین ۵/۵۰۷ درصـد دارای بیشترین و رقم LBK با میانگین ۳/۲۲۳ درصد دارای کمترین تجمع پتاسـیم در بافـت گیـاهی خـود بودند. بین رقم LBK، BP، هیـل و ویلیـامز اخـتلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول۲). با افزایش شوری از سطح شاهد به ۶۰ میلی‌مـول، رقـم هـاگ بـا ۱۷/۸ درصد کاهش در میزان جذب پتاسیم، کمترین تغییر و رقم ویلیامز با ۴۳/۶ درصد کـاهش دارای بیشـترین میزان تغییر در جذب پتاسیم بود (جـدول۲). تفـاوت بین ارقام از نظر میزان پتاسیم با توجه به یکسان بودن شرایط آزمایش به علت تنوع ژنتیکی ظاهر می‌شود.

رقم هاگ در سطح ۶۰ میلی‌مول نیـز بـا اخـتلاف معنی‌دار نسبت به سایر ارقام، بیشترین درصـد تجمـع پتاسـیم (۴/۰۹۴ درصـد) را نشـان داد و رقـم BP کمترین درصد تجمع پتاسیم را به خود اختصاص داد،

در این سطح بین ارقام BP، LBK، دیر و ویلیامز اختلاف معنی‌داری مشاهد نشد. کمترین میزان تغییر در جذب پتاسیم با افزایش سطح شوری از شاهد به ٦٠ میلی‌مول در رقم هاگ با ٣٨ درصد کاهش و بیشترین آن در رقم سحر با ٦٤ درصد مشاهده شد. در سطح ٨٠ میلی‌مول کلرید سدیم نیز رقم هاگ با میانگین ٢/٠٣٦ درصد دارای بیشترین تجمع پتاسیم و کمترین درصد تغییر جذب پتاسیم (٦٩/٦ درصد) بود و رقم LWK با میانگین ٠/٨٧٢ درصد و کاهش ٨٤/٨ درصدی نسبت به شاهد دارای کمترین میزان تجمع پتاسیم بود. در این سطح، رقم ویلیامز دارای بیشترین کاهش در میزان جذب پتاسیم به میزان ٨٦/٤ درصد در مقایسه با سایر ارقام بود (جدول٢). در بررسی مجموع سطوح شوری و با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان 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 پایین‌تری قرار داشتند.

جدول٢-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 (میلی‌گرم در گرم ماده خشک) Proline (mg g-1Fw)	نیتروژن (درصد) N (%)	عملکرد نیتروژن (گرم در بوته) g per plant
شاهد Control	هیل	0.431^{d}	5.644^{de}	0.001^{a}	3.005^{bc}	7.54^{bc}
	L.B.K	1.290^{abc}	4.308^{f}	0.00069^{ef}	2.896^{cd}e	5.107^{d}
	B.P	1.285^{abc}	5.009^{e}	0.00056^{h}	2.690^{e}	7.309^{bc}
	هاگ	1.801^{a}	6.704^{a}	0.0007^{de}	3.160^{a}	8.509^{ab}
	دیر	0.902^{cd}	6.03^{abcd}	0.00096^{b}	3.075^{ab}c	9.23^{a}
	گرگان٣	1.091^{bc}	5.992^{bcd}	0.00084^{c}	2.855^{a}	8.580^{ab}
	سحر	1.458^{abc}	5.604^{de}	0.00063^{g}	2.620^{f}	6.804^{c}
	هابیت	1.606^{ab}	6.364^{abc}	0.00074^{d}	2.865^{a}	8.193^{ab}
	ویلیامز	1.046^{bc}	6.608^{ab}	0.00065^{d}	2.985^{c}	8.161^{abc}
	J.K	1.589 ^{ab}	5.506^{de}	0.00066^{fg}	2.860^{a}	8.670^{ab}
	L.W.K	1.598^{ab}	5.755^{cd}	0.00052^{i}	3.100^{ab}	8.075^{bc}
٣٠ میلی‌مول کلرید سدیم 30 mM NaCl	هیل	1.060^{e}	3.696^{cde}	0.00113^{a}	2.58^{cd}	5.508^{bc}
	L.B.K	2.619^{cd}	3.223^{e}	0.000823^{ef}	2.71^{abc}	3.646^{f}
	B.P	2.750^{bcd}	3.398^{e}	0.000843^{de}	2.29^{fg}	4.643^{e}
	هاگ	3.302^{ab}	5.507^{a}	0.000853^{de}	2.795^{a}	6.065^{ab}
	دیر	1.633^{e}	4.568^{b}	0.00107^{b}	2.730^{ab}	6.255^{a}
	گرگان٣	3.397^{abc}	4.588^{b}	0.00098^{c}	2.62^{bcd}	5.571^{ab}
	سحر	3.723^{a}	3.615^{de}	0.00077^{g}	2.225^{g}	4.318^{e}
	هابیت	2.559^{a}	4.324^{bcd}	0.000873^{d}	2.20^{g}	4.960^{cd}
	ویلیامز	2.617^{cd}	3.723^{cde}	0.000863^{d}	2.53^{de}	4.210^{e}
	J.K	3.765^{a}	4.475^{b}	0.000793^{fg}	2.425^{ef}	4.292e
	L.W.K	3.699^{a}	4.408^{bc}	0.00069^{h}	2.785^{a}	5.124^{cd}
٦٠ ملی‌مول کلرید سدیم 60 mM NaCl	هیل	2.924^{e}	2.8005^{b}	0.0013^{a}	1.90^{cd}	3.209^{b}
	L.B.K	5.482^{ab}	2.169^{cd}	0.00097^{d}	2.29^{ab}	2.029^{ef}
	B.P	4.116^{d}	2.068^{cd}	0.00096^{d}	1.815^{cd}	1.343^{g}
	هاگ	4.279^{d}	4.094^{a}	0.00098^{d}	2.025^{bc}	2.554d^{e}
	دیر	4.117^{d}	2.292^{cd}	0.00121^{b}	2.505^{a}	4.686^{a}
	گرگان٣	4.185^{d}	2.600^{bc}	0.00112^{c}	2.445^{a}	3.740^{b}
	سحر	5.529^{a}	2.004^{bc}	0.00091^{e}	1.92^{c}	2.463^{de}
	هابیت	4.442^{cd}	2.79^{bc}	0.0011^{c}	1.635^{a}	2.427^{e}
	ویلیامز	4.441^{cd}	2.506^{cd}	0.001^{a}	1.36^{e}	1.604^{ef}

	J.K	4.912^{bc}	2.746^{bc}	0.00091^{e}	1.96^{c}	2.990^{ca}
	L.W.K	5.006^{abc}	2.59^{bc}	0.000803^{t}	1.795^{cd}	1.152^{g}
	هیل	4.409^{c}	1.363^{ab}	0.0015^{a}	1.52^{bc}	1.622^{bc}
	L.B.K	7.298^{a}	0.891^{b}	0.00119^{c}	1.69^{bc}	1.054^{et}
	B.P	6.472^{ab}	0.986^{b}	0.00106^{d}	1.095^{de}	0.397^{g}
	هاگ	6.198^{ab}	2.036^{a}	0.00109^{d}	1.54^{bc}	1.154^{d}
۸۰ میلی‌مول	دیر	5.658^{b}	0.904^{b}	0.00137^{b}	2.20^{a}	3.100 ^{a}
کلرید سدیم	گرگان۳	5.507^{bc}	1.400^{ab}	0.00119^{c}	1.915^{ab}	2.030 ^{b}
80	سحر	6.548 ^{ab}	0.990^{b}	0.00103^{e}	1.095de	0.608^{tg}
mM NaCl	هابیت	6.691^{ab}	1.056^{b}	0.00117^{c}	0.95e	0.796^{etg}
	ویلیامز	5.577^{bc}	0.896^{b}	0.00109^{g}	0.845^{e}	0.646^{tg}
	J.K	6.262^{ab}	1.250^{ab}	0.00119^{c}	1.48 ^{ca}	1.559^{ca}
	L.W.K	6.676 ^{ab}	0.872^{b}	0.00099^{e}	1.090^{de}	0.369g

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

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 فتوسنتری 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 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 می کنند. همبستگی مثبت و معنی‌دار درصد پتاسیم با وزن خشک (**۰/۹۰) نشان دهنده این موضوع می‌باشد (جدول۳). کاهش میزان تجمع پتاسیم در کلزا و ذرت گزارش شده است که مطابق با نتایج پژوهش حاضر می‌باشد (۳۱ و ۳۲).

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

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

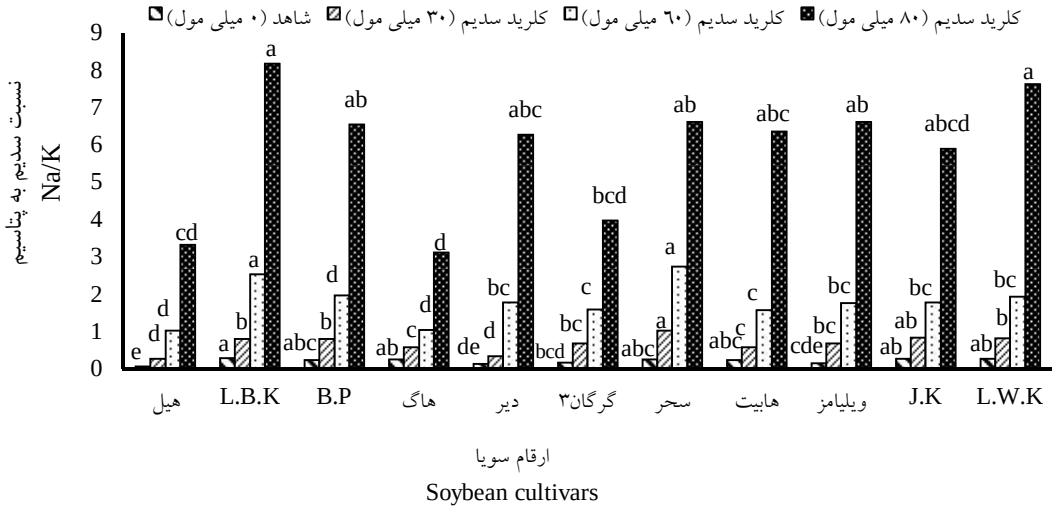
ns, * and **: Not significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

نسبت سدیم به پتاسیم: 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 (جدول۲). 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 ویلیامز اختلاف معنی‌داری در سطح شاهد وجود نداشت همچنین بین ارقام LBK و LWK اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل۱). در سطح ۳۰ میلی‌مول کلرید سدیم، سحر دارای بیشترین و هیل دارای کمترین نسبت سدیم به پتاسیم بودند، بین هیل و دیر اختلاف معنی دار دیده نشد. با افزایش سطح شوری از سطح شاهد به سطح ۳۰ میلی‌مول، نسبت سدیم به پتاسیم در همه ارقام مورد مطالعه افزایش یافت؛ اما میزان این تغییر متفاوت بود به‌طوری که رقم ویلیامز با افزایش ٤/٤ برابری دارای بیشترین تغییر و رقم هاگ با افزایش ۲/۲ برابری دارای کمترین میزان تغییر در این نسبت بود. در سطح ٦۰ میلی‌مول نیز رقم سحر بیشترین نسبت را دارا بوده و با LBK دریک گروه آماری قرار می‌گیرد. رقم هیل دارای کمترین نسبت سدیم به پتاسیم بود و بین دو رقم هیل و هاگ اختلاف معنی‌دار وجود نداشت (شکل۱). با افزایش سطح شوری از شاهد به ٦۰ میلی‌مول 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 نسبت سدیم به پتاسیم نشان داد. رقم LBK و رقم هاگ به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین نسبت سدیم به پتاسیم در سطح ۸۰ میلی‌مول کلریدسدیم بودند. در این سطح نیز بیشترین تغییر در رقم هیل و کمترین آن در رقم هاگ مشاهده گردید (شکل۱).

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 کلریدسدیم 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 (**۰/۸٤۷) در این پژوهش نیز نشان‌دهنده ارتباط این نسبت با میزان سدیم جذب شده می‌باشد (جدول۳). بنده حق و همکاران (۲۰۰٤) 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 (۳٤). 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 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 به شوری در ذرت و گندم مشاهده شده است که همسو با نتایج پژوهش حاضر است (۳۷ و ۳۸).



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

پرولین: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر تنش شوری، رقم و برهم‌کنش توام این دو عامل بر میزان تجمع پرولین در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است (جدول۱). مقایسه میانگین میزان پرولین در ارقام و سطوح مختلف شوری نشان داد که افزایش میزان شوری موجب افزایش میزان پرولین (میلی‌گرم درگرم وزن‌تر) در تمام رقم‌های مورد مطالعه شد اما میزان افزایش در تمامی ارقام یکسان نبود (جدول۲). در سطح شاهد رقم هیل دارای بیشترین میزان تجمع پرولین با میانگین ۰/۰۰۱ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر و رقم LWK با میانگین ۰/۰۰۰۵۲ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر، دارای کمترین میزان تجمع پرولین بود (جدول۲). 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. درسطوح ۳۰، ۶۰ و ۸۰ میلی‌مول نیز ارقام هیل و LWK به ترتیب دارای بیشترین و کمترین میزان تجمع پرولین بودند (جدول۲).

اندازه‌گیری پارامترهای رشد برای مقایسه تحمل به تنش، درگونه‌های مختلف و یا ارقام مختلف یک گیاه، اغلب کافی نبوده و معمولا 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

همکاران (۲۰۱۸) در بررسی گیاهچه‌های برنج در شرایط شوری، بیان کردند که تجمع پرولین در رقم متحمل به شوری بیشتر از رقم حساس به شوری است (٤٣). همچنین آرتیاگا و همکاران(۲۰۲۰) نیز افزایش تجمع پرولین را در ارقام متحمل لوبیا گزارش کردند که مطابق با پژوهش حاضر می‌باشد (٤٤).

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 می‌توان به فعالیت تثبیت نیتروژن باکتریهای همزیست گیاه یعنی ریزوبیوم ژاپونیکوم نسبت داد. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که تاثیر شوری، رقم و برهمکنش رقم وشوری بر درصد نیتروژن و عملکرد آن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول۱). همانطور که در جدول (۲) دیده می‌شود ارقام از نظر تجمع نیتروژن با هم متفاوت هستند؛ به‌طوری‌که در سطح شاهد رقم هاگ دارای بیشترین مقدار نیتروژن بوده و بین این رقم و ارقام LWK و دیر اختلاف معنی‌دار مشاهده نمی‌شود و رقم سحر نیز دارای کمترین مقدار نیتروژن می‌باشد. با افزایش سطوح شوری از صفر به ۳۰ میلی‌مول از میزان نیتروژن کاسته می‌شود ولی میزان کاهش آن در تمامی ارقام یکسان نیست به طوری‌که با افزایش شوری به سطح ۳۰ میلی‌مول، درصد نیتروژن بافت خشک گیاهی در ارقام هیل، LBK، BP، هاگ، دیر، گرگان۳، سحر، هابیت، ویلیامز، JK وLWK به‌ترتیب ٦/٢،١٤، ١١/٥،١٤/٨، ١١/٢، ٨/٢، ١٥، ٢٢/٥، ١٥/٢، ١٥/٢ و ١٠/٦ درصد نسبت به شاهد افزایش داشتند (جدول ۲).

در سطح ۳۰ میلی‌مول 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 رقم سحر اختلاف معنی‌داری نداشت. در سطح ٦٠ میلی‌مول 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 معنی‌دار مشاهده نشد. با افزایش سطح شوری از شاهد به ٦٠ میلی‌مول، رقم ویلیامز با ٥٤ درصد دارای بیشترین میزان کاهش و رقم گرگان ۳ با ١٤ 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 میلی‌مول بودند، بین رقم گرگان۳ و دیر و همچنین بین هابیت و ویلیامز اختلاف معنی‌داری 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 میلی‌مول بودند (جدول۲).

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 می‌باشد. شوری فعالیت‌های میکروبی در خاک را به دلیل تنش اسمزی و سمیت یون‌های Na^+ و Cl^- محدود می‌کند (٤٥). تنش شوری با محدود ساختن مراحل اولیه ایجاد همزیستی بین گیاه و باکتری، کاهش حجم تارهای کشنده و کاهش میزان کلونی‌های باکتری در سطح ریشه، میزان گره‌بندی و در نهایت میزان تثبیت نیتروژن به طور قابل توجهی کاهش می‌دهد (٤٦). شوری حاصل از کلریدسدیم، با کاهش میزان انتشار اکسیژن به درون گره‌ها، فعالیت آنزیم نیتروژناز و میزان تنفس گره‌ها کاهش می‌دهد (٤٧). آنزیم نیتروژناز دارای نقش اساسی در تثبیت نیتروژن اتمسفری می‌باشد و هر عاملی که بر فعالیت این آنزیم مؤثر باشد، بر تثبیت بیولوژیک نیتروژن نیز مؤثر خواهد بود، کلرید سدیم با کاهش

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 لوبیا گزارش شده است که همسو با نتایج پژوهش حاضر است (۵۰ و ۵۱).

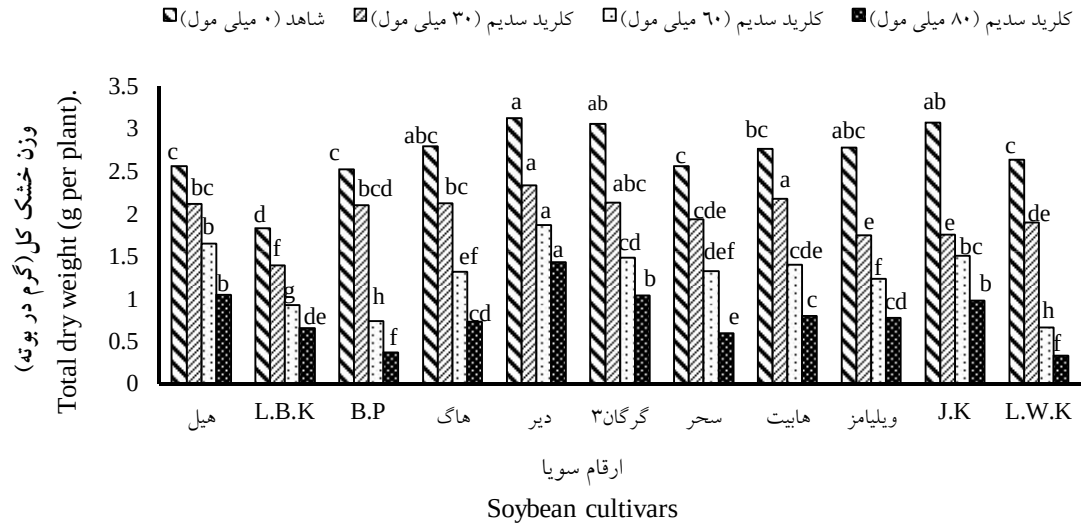
برای نتیجه گیری دقیق تر در مورد میزان تثبیت بیولوژیک نیتروژن هر رقم بایستی از عملکرد نیتروژن استفاده کرد. عملکرد نیتروژن هر بوته که حاصل ضرب درصد نیتروژن در وزن خشک کل هر بوته می‌باشد، با افزایش شوری علاوه بر کاهش وزن خشک بوته، درصد نیتروژن هم کاهش یافت و در نتیجه منجر به کاهش عملکرد نیتروژن در هر بوته شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین عملکرد نیتروژن نشان می‌دهد که رقم دیر در سطح شاهد، ۳۰، ۶۰ و ۸۰ میلی‌مول کلریدسدیم دارای بیشترین عملکرد نیتروژن می‌باشد. در سطح شاهد بین رقم دیر و ارقام هاگ، گرگان۳، هابیت، ویلیامز و JK اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، در سطح ۳۰ میلی‌مول کلرید سدیم نیز بین رقم دیر و ارقام هاگ و گرگان۳ اختلاف معنی‌دار وجود نداشت (جدول۲). 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 وBP اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۳). تحمل ارقام نسبت به شوری و رشد مناسب آنها می‌تواند در رابطه همزیستی اثرات مثبتی بگذارد. رقم 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 می کند (جدول۳). 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 (جدول۱). 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 میلی مول، رقم دیر و رقم LBK به‌ترتیب بیشترین و کمترین وزن خشک کل را دارا بودند. بین ارقام دیر، هابیت و گرگان۳ 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.

بین رقم LWK و BP اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. در سطح ۸۰ میلی‌مول نیز رقم دیر با ۱/٤٤ گرم و رقم LWK با ۰/۳۳٦ 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 ٦۰،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 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(٥٤). بایبوردی 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 منجربه 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 (٥٦ و ۵۷). ارقام دیر، هیل و گرگان۳ 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.



شکل۲- 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

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 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 عکس العمل 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.

References

1. 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.
2. Pessarakli, M. (1999). Handbook of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker Incorporation. New York.1254p.
3. 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.
4. Yang, Y. & Guo, Y. (2018). Elucidating the molecular mechanisms mediating plant salt-stress responses. *New Phytologist, 217*(2), 523–539.
5. Ashraf, M. & Harris, P. J. C. (2013). Photosynthesis under stressful environments: An overview. *Photosynthetica. 51*(2), 163–190.
6. Viera Santos, C. (2004). Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves. *Scientia Horticulturae, 103*(1), 93-99.
7. 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.
8. Bernstein, L. (1963). Osmotic adjustment of plant to saline media. Dynamic phase. *American Journal of Botany, 50* (4), 360-37
9. 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.
10. Masoudi, B. (2021). Screening of Soybean Genotypes at Seedling Stage under Salinity Stress.
Journal of Crop Breeding, 13(38), 124-137. [In Persian]
11. 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]
12. Amirjani, M. R. (2010). Effect of NaCl on Some Physiological Parameters of Rice. *EJBS, 3*(1), 06-16.
13. 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 salinty 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 nonhalphytes. 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+/K+ 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^+ and K^+ 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. Kózminska, 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+ 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 absorbtion 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 2-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., Garello, 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]