University of Birjand

Journal homepage:
https://escs.birjand.ac.ir

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences

Vol. 16, No. 1, pp. 115-127 (Spring 2023)

http://dx.doi.org/10.22077/escs.2021.4432.2021

Original article

Evaluation of promising new Tritipyrum grain new grain lines for physiological traits and mineral elements in seedling growth stages under salinity stress conditions

Z. Pirsalami[1], A. Masoumiasl[2*], H. Shahsevand Hasani[3]

1. MSc Student of plant Breeding, Yasouj University, Yasouj, Iran
2. Associate Professor of Plant Breeding, Yasouj University, Yasouj, Iran
3. Associate Professor of Plant Protection, Shiraz University, Shiraz, Iran

Received 14 June 2021; Accepted 10 August 2021

Extended abstract

Introduction

Tritipyrum lines are obtained from a cross between durum wheat and Thinopyrum bessarabicum (2n=2x=EbEb) and its tolerance to salinity has been reported. Tritipyrum (2n=6x=42, AABBEbEb) is the third new man-made grain after triticale and tritordium, and needs further studies until release as a commercial cultivar. Therefore, this study was designed to investigate the effect of salinity stress on the amount of sodium and potassium in roots and leaves, the ratio of potassium to sodium in roots and leaves, the amount of soluble protein, soluble sugar and proline in a number of primary and combined tritipyrum lines.

Materials and Methods

In this study, 13 promising of primary and combined tritipyrum lines were tested in a factorial experiment based on completely randomized design with 3 replications. The first factor includes salinity levels (0, 80, 160 and 240 mM of sodium chloride salt) and the second factor includes 13 promising of primary and combined tritipyrum lines and 2 bread wheat varieties of Alvand and Qods (tolerant and sensitive to salinity, respectively). Measurement of sodium and potassium elements of leaves and roots was performed one month after salinity stress and the amount of proline, leaf soluble protein and leaf soluble sugars were also measured.

Results and Discussion

The results showed that with increasing salinity stress, root potassium decreased but root and leaf sodium increased. Levels of proline and soluble sugars also increased with increasing salt concentration. At 240 mM salinity stress, the highest amount of leaf potassium belonged to Ka/b and La(4B/4D)*b lines and the lowest amount of it belonged to Az/b, (Cr/b)(Ka/b)F3 lines and the Qods variety. The highest ratio of leaf potassium to sodium was belonged to (Cr/b)(Ma/b)F3, La(4B/4D)*b and St/b lines and therefore these lines are more tolerant to salinity stress. At 240 mM salinity stress, the highest leaf protein belongs to the Az/b line and the lowest value belongs to the (Cr/b)(Ma/b)F3 line. In both stress and non-stress conditions, the highest genetic variance belonged to leaf protein and the amount of this variance in stress conditions was much higher than non-stress conditions. The environmental variance of root and leaf sodium and leaf potassium traits was higher in salinity stress conditions than in non-stress conditions, which indicates that it will be more difficult to evaluate genotypes for stress traits

* Corresponding author: : Asad Masoumiasl; E-Mail: Masoumiasl@yu.ac.ir

© 2023, The Author(s). Published by University of Birjand. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

under stress conditions. Phenotypic variance of root and leaf sodium and leaf potassium as well as leaf protein in salinity stress conditions was higher than non-stress conditions, i.e. the above traits are not suitable for selection. The highest general heritability in normal conditions belonged to proline and in stress conditions belonged to leaf soluble sugar. Under normal conditions, the most significant negative correlation was between root sodium and leaf sodium. There is also a significant positive correlation between leaf protein and soluble sugar. Under stress conditions, there is a significant correlation between leaf sodium and root sodium and also between leaf potassium and proline. There is a significant negative correlation between leaf proline and sodium and the root and leaf potassium to sodium ratio has a significant positive correlation with the amount of proline. The studied genotypes categorized in 3 groups under stress conditions and 4 groups under stress conditions using cluster analysis.

Conclusion

Based on the ratio of potassium to sodium in plant tissues, which is one of the important index for the identification of salinity-tolerant species, we can introduced (Cr/b)(Ma/b)F3 and La(4B/4D)*b and St/b lines as salinity tolerant lines. On the other hand, according to the results, the crossing of genotypes with maximum genetic distances can be used to hybridization and produce more tolerant hybrids in breeding programs.

***Keywords*:** Potassium, Proline, Protein, Sodium, Tritipyrum

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد شانزدهم، شماره اول، بهار ۱۴۰۲

http://dx.doi.org/10.22077/escs.2021.4432.2021

مقاله پژوهشی

ارزیابی لاین‌های امیدبخش غله جدید تریتی‌پایروم اولیه برای صفات فیزیولوژیک و عناصر معدنی در مراحل رشد گیاهچه‌ای تحت شرایط تنش شوری

زینب پیرسلامی[۱]، اسد معصومی‌اصل[۲*]، حسین شاهسوندحسنی[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج
۲. دانشیار گروه اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج
۳. دانشیار گروه اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

مشخصات مقاله

واژه‌های کلیدی:
پتاسیم
پروتئین
پرولین
تریتی‌پایروم
سدیم

تاریخ دریافت:
۱۴۰۰/۰۳/۲۴

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۰/۰۵/۱۹

تاریخ انتشار:
بهار ۱۴۰۲

۱۶(۱): ۱۱۵-۱۲۷

چکیده

تریتی‌پایروم سومین غله جدید دست‌ساز بشر و متحمل به شوری است و تا مرحله رهاسازی به‌عنوان رقم تجاری نیاز به بررسی‌های تکمیلی دارد که این تحقیق در راستای این نیاز انجام شد. به‌منظور بررسی اثرات سطوح مختلف شوری بر لاین‌های تریتی‌پایروم و گندم، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. فاکتور اول شامل ۱۳ لاین تریتی‌پایروم، گندم الوند و قدس و فاکتور دوم سطوح مختلف شوری (صفر، ۸۰، ۱۶۰ و ۲۴۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) بود. اندازه‌گیری عناصر سدیم و پتاسیم برگ و ریشه یک ماه پس از اعمال تنش شوری انجام و میزان پرولین، پروتئین محلول برگی و قندهای محلول برگی نیز اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که با افزایش تنش شوری، میزان پتاسیم ریشه کاهش ولی میزان سدیم ریشه و برگ افزایش یافت. میزان پرولین و قندهای محلول برگی نیز با افزایش غلظت نمک افزایش یافتند. در تنش ۲۴۰ میلی‌مولار، بیشترین میزان پتاسیم برگ مربوط به لاین‌های Ka/b و La(4B/4D)*b و کمترین مقدار آن مربوط به لاین‌های Az/b، F3(Cr/b)(Ka/b) و رقم قدس بود. بیشترین نسبت پتاسیم به سدیم برگ مربوط به لاین‌های F3(Cr/b)(Ma/b)، La(4B/4D)*b و St/b بود و لذا احتمالاً این لاین‌ها نسبت به شرایط تنش شوری تحمل بیشتری دارند. بیشترین میزان وراثت‌پذیری عمومی در شرایط نرمال متعلق به صفت پرولین و در شرایط تنش متعلق به قند محلول برگی بود. ژنوتیپ‌های مورد بررسی با استفاده از تجزیه خوشه‌ای در شرایط بدون تنش ۳ و در شرایط تنش ۴ گروه را تشکیل دادند. باتوجه‌به نتایج حاصله می‌توان از تلاقی ژنوتیپ‌های با حداکثر اختلاف ژنتیکی، جهت دورگ‌گیری استفاده نمود.

مقدمه

گندم گیاهی نسبتاً متحمل به شوری است که در محدوده ۶ دسی زیمنس بر متر بدون کاهش عملکرد و در محدوده ۱۳ دسی زیمنس بر متر، ۵۰ درصد افت عملکرد دارد. در فهرست منتشرشده از گیاهان متحمل به شوری، ۱۳۵ گونه گرامینه متحمل به شوری وجود دارد که ۱۳ گونه آن متعلق به ارقام وحشی گندم است (Colmer et al., 2006). تنش شوری از جمله تنش‌های غیرزنده است که باعث کاهش تولید محصولات کشاورزی می‌شود و از آنجا که عامل محدودکننده کشت محصولات کشاورزی در آینده‌ای نه‌چندان دور نیز خواهد بود، اهمیت زیادی دارد (Wang, 2003). وقتی غلظت یک یون خاص از آستانه تحمل گیاه فراتر رود، باعث ایجاد سمیت در گیاه می‌گردد و به میزان بالایی در جذب و متابولیسم عناصر ضروری توسط قسمت‌های مختلف گیاه اختلال ایجاد می‌کند. در این بین، یون‌های سدیم و کلر شایع‌ترین یون‌های موجود در خاک‌ها و آب‌های شور هستند و

* نگارنده پاسخگو: اسد معصومی‌اصل. پست الکترونیک: Masoumiasl@yu.ac.ir

گزینش ارقام متحمل به تنش شوری معمولاً بر اساس نسبت-های یونی صورت می‌گیرد (Ashraf and McNeilly, 2004).

لاین‌های غله جدید تریتی‌پایروم اولیه غیرایرانی از تلاقی ارقام گندم دوروم و گونه علف‌شور ساحل (*Thinopyrum bessarabicum*, 2n=2x=EbEb) حاصل و تحمل آن به شوری ۲۵ دسی‌زیمنس بر متر گزارش شده است (Shahsevand Hassani and Soltaninejad, 2006). تریتی‌پایروم هگزاپلوئید (2n=6x=42, AABBEbEb) بعد از تریتیکاله و تریتوردیوم سومین غله جدید دست‌ساز بشر است.

پژوهشگران گزارش کردند که ارقام گندم متحمل به شوری غلظت سدیم کمتر و رطوبت نسبی برگ بیشتری در شرایط تنش دارند. همچنین نشان دادند که کاهش جذب سدیم، نگهداری یون سدیم در محیط ریشه و جلوگیری از انتقال آن به اندام هوایی و همچنین افزایش نسبت پتاسیم به سدیم برگ در تحمل به شوری ارقام گندم دوروم نقش اساسی دارد، زیرا یون پتاسیم در شرایط تنش شوری موجب حفظ پایداری غشای سلولی، بهبود وضعیت رطوبتی گیاه و کاهش اثرات منفی یون سدیم در گیاهان می‌شود (Ashraf and McNeilly, 2004). همچنین گزارش شده که شاخص مناسب جهت گزینش ارقام متحمل به شوری جو، نسبت پتاسیم به سدیم برگ است (Carden et al., 2003). رازقی جهرمی و همکاران (Razeghi Jahromi et al., 2007) نشان دادند که لاین تریتی‌پایروم (Ka/b)(Cr/b) دارای حداقل میزان سدیم، بیشترین میزان پتاسیم و کلسیم و نسبت پتاسیم به سدیم در شرایط تنش بود. آن‌ها نشان دادند که تنش شوری باعث کاهش وزن خشک گیاهچه، غلظت کلروفیل، غلظت پتاسیم برگ و نسبت پتاسیم به سدیم برگ ارقام گندم شد در حالی‌که غلظت سدیم برگ تحت‌تأثیر تنش شوری افزایش یافت. اگر غلظت یون سدیم بیش از کلسیم باشد، جانشین آن در غشاء می‌گردد که در نهایت تراوایی غشاء را به هم می‌زند. تراوایی غشاء علیه سدیم و به نفع پتاسیم است. در اثر به‌هم‌خوردن غشاء، تراوایی غشاء نسبت به سدیم بیشتر می‌شود و یون‌های سدیم بیشتری وارد سلول می‌گردد و سلول با کمبود یون پتاسیم مواجه می‌شود (Galeshi, 2005). پوستینی (Poustini, 2002) نشان داد که بیشترین مقدار شاخص تحمل تنش شوری در ارقام ماهوتی و کارچیا ۶۶ و کمترین میزان آن مربوط به رقم قدس بود. ارقام کارچیا ۶۶ و ماهوتی متحمل به شوری، ارقام قدس و اترک حساس به شوری و سایر ارقام از نظر تحمل شوری در حالت میانه این دو رقم قرار دارند.

محتوای پرولین آزاد برگ به طور قابل‌توجهی با افزایش غلظت NaCl افزایش و میزان آن در ارقام متحمل به نمک بیشتر از ارقام حساس است (Zare et al., 2014). در شرایط تنش شوری، میزان تولید پرولین برای ایجاد مقاومت در گیاه و شرکت در فرآیند تنظیم اسمزی افزایش می‌یابد (Vendruscolo et al., 2007). سانادا و همکاران (Sanada et al., 1995) با بررسی تأثیر شوری بر مقدار پرولین در گندم و جو عنوان کردند که افزایش غلظت پرولین در شرایط تنش شوری ممکن است به دلیل بیوسنتز یا کاهش اکسیداسیون پرولین به گلوتامات و یا تبدیل پروتئین به پرولین باشد. در تنش شدید شوری، افزایش بیوسنتز پرولین و قندهای محلول برگ می‌تواند سبب بهبود هدایت روزنه‌ای و محتوای اسمزی آب و در نتیجه کاهش کمتر ماده خشک گیاه گندم شود، لذا می‌توان از آن‌ها برای غربال کردن ژنوتیپ‌های گندم تحت تنش شوری بهره جست (Hassibi et al., 2010). در گیاهان تحت تنش شوری، ممکن است ساخت پروتئین کاهش یا افزایش یابد. کاهش ساخت پروتئین معمولاً در گیاهان متحمل بیشتر از گیاهان حساس است و علت آن پاسخ به کم‌آبی یا افزایش بیش‌از حد یک یون خاص می‌تواند باشد. دلیل کاهش مقدار پروتئین، مسمومیت با یون کلر یا عدم توازن یون پتاسیم به سدیم در گونه‌های متفاوت است (Levit, 1980). کاهش ساخت پروتئین در اندام‌های مختلف گیاهان تحت تنش شوری در جو و گندم مشاهده شده است (Abdul-Kabir and Paulsen, 1982). در مقابل، افزایش ساخت پروتئین در برنج در اثر شوری گزارش شده است (Dubey and Rani, 1989). پروتئین‌هایی که در گیاهان در شرایط شوری تجمع پیدا می‌کنند ممکن است یا به شکل ذخیره‌ای باشند که برای استفاده‌های بعدی است و یا ممکن است در تعادل اسمزی نقش داشته باشند (Parvaiz and Satyawati, 2008). تنش شوری به دلیل کاهش سنتز اسیدهای آمینه موجب کاهش ساخت پروتئین می‌شود (Pessarakli, 1994). کرپسی و گالیبا (Kerepesi and Galiba, 2005) نشان دادند که تنش شوری موجب افزایش گلوکز، فروکتوز، سوکروز و فروکتان در گندم گردیده است. از سوی دیگر، چون شوری فرآیند فتوسنتز را مهار می‌کند، در

نتیجه تولیدات فتوسنتزی مثل قند را نیز مهار می‌کند و در نتیجه مقدار قند با افزایش شوری کاهش می‌یابد.

تریتی‌پایروم تا مرحله رهاسازی به‌عنوان رقم تجاری برای استفاده در مناطق دارای آب‌وخاک شور نیاز به بررسی‌های تکمیلی دارد؛ لذا این تحقیق، با هدف بررسی اثر تنش شوری روی میزان سدیم و پتاسیم ریشه و برگ، نسبت پتاسیم به سدیم ریشه و برگ، میزان پروتئین محلول، قند محلول و پرولین برگی در تعدادی از لاین‌های تریتی‌پایروم اولیه و ترکیبی طراحی شد تا بتوان بخشی از بررسی‌های تکمیلی لازم برای آن‌ها را پوشش داد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه ۱۳ لاین امیدبخش تریتی‌پایروم اولیه و ترکیبی در آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. فاکتور اول شامل سطوح شوری (۰،۸۰،۱۶۰،۲۴۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) و فاکتور دوم شامل ۱۳ لاین امیدبخش تریتی‌پایرم اولیه و ترکیبی (تهیه‌شده از بانک ژن دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز) و ۲ رقم گندم نان ایرانی الوند و قدس (به ترتیب متحمل و حساس به شوری، تهیه‌شده از مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج) بود. تعداد ۱۵۶ گلدان به ابعاد ۱۸*۲۱ سانتی‌متر با ماسه‌بادی شسته شده تا ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر پر شده و جهت ایجاد زهکشی مناسب و جلوگیری از تجمع نمک در گلدان‌ها، در زیر تمامی گلدان‌ها سوراخ‌های مناسبی تعبیه شدند. بذور لاین‌های امیدبخش تریتی‌پایرم اولیه هگزاپلوئید و گندم با محلول هیپوکلریت سدیم ۰/۵ درصد به مدت یک دقیقه ضدعفونی و سپس با آب مقطر کاملاً شستشو داده شدند و درون سینی نشاء کاشته شده و در مرحله چهار برگی به گلدان انتقال داده شدند. در هر گلدان ۶ بوته کاشته شدند که ۳ بوته را به‌صورت تصادفی انتخاب کردیم تا صفات بیوشیمیایی و عناصر معدنی را اندازه‌گیری کنیم و برای اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک ۳ بوته دیگر را استفاده کردیم. جهت آبیاری و اعمال تنش شوری از محلول یک‌چهارم هوگلند (Hogland and Arnon, 1950) استفاده شد. با رشد و نمو بوته‌ها، بسته به نیاز گیاه درصد مواد میکرو و ماکرو موردنیاز افزایش یافت. تمامی گلدان‌ها به‌غیراز سطح صفر (شاهد)، با افزودن نمک به محلول هوگلند برای رسیدن به غلظت مناسب نمک، آبیاری شدند. در هر دور آبیاری، حجم محلول مورداستفاده برای هر گلدان ۱۰۰ میلی‌لیتر بود و میزان محلول مورداستفاده در هر دور آبیاری در سطح ثابتی نگه داشته شد. هر هفته یک‌بار محلول موردنیاز اضافه شد و به‌منظور جلوگیری از تجمع نمک، گلدان‌ها هر دو روز یک‌بار با آب معمولی آبیاری شدند. اعمال تیمارهای شوری تا پایان مرحله رسیدگی کامل دانه ادامه داشت. نمونه‌برداری برگی برای اندازه‌گیری صفاتی مثل عناصر سدیم و پتاسیم برگ و ریشه یک ماه پس از اعمال تنش شوری صورت گرفت. به‌منظور جلوگیری از تغییر در میزان پرولین، پروتئین کل و قندهای محلول، نمونه‌ها در ظرف حاوی یخ به یخچال با دمای ۴۰- درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. محتوای پرولین برگ با روش پاکوئین و لچارز (Paquine and Lechasseur, 1979)، پروتئین محلول برگی به روش لیو و هانگ (Liu and Huang, 2000)، میزان قندهای محلول برگی به روش ایریگوئین و همکاران (Irigoyen et al., 1992) و مقادیر سدیم و پتاسیم نمونه‌های برگی و ریشه‌ای توسط دستگاه فلیم فتومتر مدل PFP7 در طول‌موج ۵۹۵ نانومتر برحسب میلی‌گرم بر گرم برگ خشک قرائت گردید و اعداد قرائت‌شده به‌وسیله مقایسه با نمودار حاصل از نمونه‌های استاندارد تعدیل شدند (Kingsbury et al., 1984). پس از جمع‌آوری داده‌ها، محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزارهای SAS 9.1 و SPSS انجام و مقایسه میانگین‌ها به روش LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. در این پژوهش به‌منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها از تجزیه خوشه‌ای به روش وارد و بر مبنای فاصله اقلیدسی به‌عنوان معیار کاذب هوتلینگ و روش CCC استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر شوری برای همه صفات به‌جز نسبت پتاسیم به سدیم برگ و اثر ژنوتیپ برای همه صفات به‌جز پتاسیم برگ معنی‌دار بود. برهم‌کنش شوری و ژنوتیپ برای صفات پتاسیم برگ، پروتئین محلول برگی و نسبت پتاسیم به سدیم برگ معنی‌دار بود (جدول ۱).

با افزایش تنش شوری میزان سدیم ریشه و برگ افزایش ولی میزان پتاسیم ریشه کاهش یافت به‌طوری‌که کمترین مقدار پتاسیم ریشه در تنش شوری ۲۴۰ میلی‌مولار و بیشترین آن در شوری صفر میلی‌مولار مشاهده شد. در مقابل، با افزایش سطح شوری مقدار قند محلول برگی و پرولین افزایش نشان دادند به‌طوری‌که کمترین میزان آن‌ها در تنش صفر میلی‌مولار و بیشترین مقدار آن‌ها در تنش ۲۴۰ میلی مولار بود (جدول ۲).

جدول ۱. تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیکی و عناصر معدنی در لاین‌های امیدبخش تریتی‌پایرم اولیه و دو رقم گندم نان ایرانی
Table 1. Analysis of variance of physiological traits and mineral elements in promising lines of tritipyrum and two Iranian bread wheat cultivars

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	سدیم ریشه Root Na^+	سدیم برگ Leaf Na^+	پتاسیم ریشه Root K^+	پتاسیم برگ Leaf K^+	قند محلول Soluble sugar	پروتئین Protein	پرولین Proline	پتاسیم به سدیم ریشه Root K^+/Na^+	پتاسیم به سدیم برگ Leaf K^+/Na^+
شوری Salinity (S)	3	11.37*	2.043*	0.094	0.009*	1967.77*	54003.30*	327.30*	0.029*	0.0077
ژنوتیپ Genotype(G)	14	0.290*	0.152*	0.0026*	0.039*	170.58*	18159.33*	27.82*	0.053	0.520*
شوری*ژنوتیپ S * G	42	0.0805	0.0052	0.0003	0.186*	12.83	941.84*	3.047	0.0031	0.283*
خطا Error	120	0.0667	0.049	0.0009	4.28	14.52	141.32	2.68	0.002	0.048
CV (%)		*15.50*	*17.18*	*20.93*	*12.14*	*14.37*	*20.73*	*16.2*	*19.39*	*17.22*

*: معنی‌داری در سطوح احتمال ۱ درصد

* : significant at 1% probability levels

جدول ۲. مقایسه تأثیر سطوح شوری بر برخی صفات فیزیولوژیک در لاین‌های امیدبخش تریتی‌پایرم در مقایسه با دو رقم گندم نان ایرانی
Table 2. Comparison of the effects of salinity levels on some physiological traits in promising tritipyrum lines compared with two Iranian bread wheat cultivars

سطوح شوری Salinity levels	سدیم ریشه Root Na^+	سدیم برگ Leaf Na^+	پتاسیم ریشه Root K^+	قند محلول soluble sugar	پرولین Proline	نسبت پتاسیم به سدیم ریشه Root K^+/Na^+
mM	----------mg g^{-1} DW----------			----------ug g^{-1} FW----------		
0	0.811	0.441	0.215	11.2	7.98	0.265
80	1.18	0.619	0.165	15.7	10.8	0.140
160	1.80	0.780	0.135	21.46	12.88	0.075
240	1.82	0.933	0.108	26.33	14.14	0.059
LSD (5%)	*0.210*	*0.180*	*0.82*	*3.11*	*1.34*	*0.036*

گرامر و همکاران (Gramer et al., 1994) بیان کردند که با افزایش تنش شوری میزان سدیم برگ افزایش می‌یابد که علت تجمع آن در برگ، جذب بیشتر این یون توسط ریشه است. محققان دیگری مانند پیتمن (Pitman, 1984) نیز گزارش نمودند که تجمع سدیم در اندام هوایی و ریشه با افزایش سطح تنش شوری افزایش می‌یابد. رازقی جهرمی و همکاران (Razeghi Jahromi et al., 2007) بیان کردند با افزایش تنش شوری میزان پتاسیم کاهش می‌یابد. بنده‌حق و همکاران (Bandehhag et al., 2004) نیز گزارش کردند که به دلیل بالارفتن غلظت نمک کلرید سدیم، میزان یون پتاسیم کاهش می‌یابد. راسیکو و همکاران (Rasico et al., 2001) بیان کردند که رشد و فعالیت فیزیولوژیک گیاه در مرحله رویشی و زایشی در اثر کاهش پتاسیم مختل می‌شود، بنابراین ژنوتیپ‌هایی که قادر به حفظ نسبت بالایی از پتاسیم هستند، تحمل بیشتری نسبت به تنش شوری دارند چرا که میزان سدیم بالاتری در ریشه داشته و پتاسیم کمتری به اندام هوایی خود منتقل می‌نمایند، به‌طوری‌که در شرایط تنش شوری دارای میزان یون سدیم کمتری در اندام هوایی هستند. جک بوی (Jackboy, 1994) گزارش کرد که رشد و فعالیت فیزیولوژیک گیاه در مرحله رویشی و زایشی در اثر کاهش یون پتاسیم دچار اختلال می‌شود و ژنوتیپ‌های متحمل به شوری دارای پتاسیم بالاتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها هستند. محتوای قندهای محلول برگی می‌تواند معیاری جهت انتخاب ارقام متحمل به شوری و خشکی باشد (Majdi et al., 2007) تنظیم اسمزی در شرایط شور وابستگی زیادی به قند-های محلول دارد، علت افزایش قند می‌تواند ناشی از اثر تنش

شوری بر کاهش قدرت انتقال آوندهای آبکش و کاهش در اندام مصرف‌کننده باشد (Ashraf and McNeilly, 2004). پرولین نیز در تنظیم اسمزی نقش دارد و تنظیم اسمزی در گیاهان از راهکارهای تحمل به تنش شوری است (Baji et al., 2001). افزایش غلظت پرولین برگ‌ها با افزایش فعالیت پروتئاز، تجمع اسیدآمینه‌ها، کاهش میزان کلروفیل برگ و پروتئین همراه است. پرولین در تنظیم اسمزی و حفظ فعالیت آنزیمی گیاهان تحت تنش شوری نقش دارد (Greenway and Munns, 1980). بر اساس گزارش دیریگا و همکاران (Dieriga et al., 2002) علت تحریک مسیر ساخت و تجمع پرولین توقف تجزیه پرولین است.

نتایج مقایسات میانگین برهم‌کنش شوری و ژنوتیپ (جدول ۳) نشان داد که در تنش شوری ۲۴۰ میلی‌مولار، بیشترین مقدار پتاسیم برگ مربوط به لاین‌های Ka/b و La(4B/4D)*b و کمترین مقدار آن مربوط به لاین‌های Az/b، F3(Cr/b)(Ka/b) و رقم قدس است. از طرف دیگر، با افزایش میزان شوری در اکثر ژنوتیپ‌های مورد بررسی به‌جز لاین‌های La(4B/4D)*b و Ka/b روند تغییرات مقدار پتاسیم برگ کاهشی بود؛ ولی در این دو لاین با افزایش میزان شوری مقدار پتاسیم برگ افزایش یافته است. رازقی جهرمی و همکاران (Razeghi Jahromi et al., 2007) در بررسی تأثیر تنش شوری روی لاین‌های تریتی‌پایروم بیان کردند که لاین La/b دارای کمترین و لاین F5 (Cr/b)(Ka/b) دارای بیشترین میزان پتاسیم برگ است. کامیاب و همکاران (Kamyab et al., 2007) در بررسی اثر تنش شوری روی لاین‌های امیدبخش تریتی‌پایروم اولیه غیر ایرانی گزارش نمودند که با افزایش شوری روند مشخصی برای تغییرات میزان پتاسیم مشاهده نشد.

در تنش شوری ۲۴۰ میلی‌مولار، بیشترین پروتئین برگی مربوط به لاین Az/b و کمترین مقدار آن مربوط به لاین F3(Cr/b)(Ma/b) است (جدول ۳). از طرف دیگر، با افزایش میزان شوری در اکثر ژنوتیپ‌های مورد بررسی روند تغییرات پروتئین برگ کاهشی است. رازقی جهرمی و همکاران (Razeghi Jahromi et al., 2007) نشان دادند که لاین تریتی‌پایروم St/b دارای بیشترین و تریتیکاله دارای کمترین میانگین میزان پروتئین در شرایط تنش شوری بودند. آن‌ها همچنین گزارش کردند که در اثر تنش شوری کلرید سدیم، کمترین میزان پروتئین در لاین تریتی‌پایروم F5 (Cr/b)(Ka/b) مشاهده شد. بوگینی و همکاران (Boggini et al., 1997) گزارش کردند که در شرایط تنش شوری، خشکی و گرما ساخت پروتئین در دانه بیشتر از نشاسته تحریک‌شده و میزان پروتئین دانه افزایش می‌یابد که در خصوص لاین‌های تریتی‌پایروم مورد بررسی نیز این‌گونه بود. در تنش شوری ۲۴۰ میلی‌مولار، بیشترین نسبت پتاسیم به سدیم برگ مربوط به لاین‌های F3(Cr/b)(Ma/b)، La(4B/4D)*b و St/b است (جدول ۳). شوری با تأثیر بر روی برگ از فعالیت پتاسیم برای ساخت پروتئین و فعالیت‌های آنزیمی جلوگیری می‌کند، از طرف دیگر اگر نسبت یون پتاسیم به سدیم کاهش یابد باعث اختلال در رشد گیاه می‌گردد (Janzadeh Dehshikh et al., 2005). انتخاب‌پذیری نسبت پتاسیم به سدیم در بافت‌های گیاهی به‌عنوان یکی از شاخص‌های مهم جهت تشخیص گونه‌های متحمل از حساس به شوری گزارش‌شده است (Oyiga et al., 2016)؛ لذا با توجه به مطالب فوق، می‌توان لاین‌های F3(Cr/b)(Ma/b) و La(4B/4D)*b و St/b موردمطالعه در این تحقیق را لاین‌های متحمل به شوری معرفی کرد.

بر اساس جدول ۴، در هر دو شرایط تنش و بدون تنش، بیشترین واریانس ژنتیکی متعلق به پروتئین برگی بود و مقدار این واریانس در شرایط تنش بسیار بالاتر از شرایط بدون تنش بود. واریانس محیطی صفات سدیم ریشه و برگ و پتاسیم برگ در شرایط تنش شوری نسبت به شرایط بدون تنش بیشتر بود که بیانگر این است که برای این صفات ارزیابی ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش مشکل‌تر خواهد بود. واریانس فنوتیپی صفات سدیم ریشه و برگ و پتاسیم برگ و نیز پروتئین برگی در شرایط تنش شوری نسبت به شرایط بدون تنش بیشتر بود، یعنی صفات فوق برای گزینش صفات مناسبی نیستند. بیشترین میزان وراثت‌پذیری عمومی در شرایط بدون تنش متعلق به صفت پرولین و سپس سدیم ریشه و در شرایط تنش متعلق به قند محلول برگی و سپس پروتئین برگی است. در مورد اکثر صفات، میزان وراثت‌پذیری در شرایط تنش نسبت به شرایط بدون تنش کاهش نشان داده است؛ یعنی گزینش در شرایط تنش از کارایی کمتری برخوردار است. با این‌حال بهترین صفات برای گزینش در شرایط تنشی به ترتیب صفات قند محلول برگی، پروتئین برگی، پرولین، سدیم ریشه، پتاسیم ریشه و سدیم برگ است.

جدول ۳. مقایسه میانگین صفات برهم‌کنش شوری و ژنوتیپ در لاین‌های امیدبخش تریتی‌پایروم غیرایرانی در مقایسه با دو رقم گندم نان ایرانی

Table 3. Mean Comparison of traits for salinity and genotype interaction in promising non-Iranian tritipyrum lines compared to two Iranian bread wheat cultivars

سطوح شوری Salinity levels	ژنوتیپ Genotype	پتاسیم برگ Leaf K^+	پروتئین Protein	نسبت پتاسیم به سدیم برگ Leaf K^+/Na^+
mM		----------mg g^{-1} DW----------		
0	**Alvand**	1.090	23.564	918
80	**الوند**	1.010	20.561	0.887
160		0.656	1.65	0.851
240		0.626	10.931	0.721
0	**Qods**	1.610	19.098	0.891
80	**قدس**	0.905	14.555	0.658
160		0.637	13.7	0.623
240		0.394	12.25	0. 602
0	**Cr/b**	1.230	16.897	1.83
80		1.080	12.897	0.953
160		0.737	13.2	0.914
240		0.588	10.137	0.889
0	**La/b**	1.210	18.218	1.24
80		1.020	14.048	0.928
160		0.723	9.4	0.891
240		0.565	7.297	0.813
0	**(Ma/b)(Cr/b)F3**	0.109	17.616	2.25
80		0.979	13.063	1.99
160		0.679	8.8	1.57
240		0.596	7.134	0.99
0	**(Ma/b)(Cr/b)F4**	1.070	14.603	1.77
80		1.020	13.532	1.19
160		0.690	10.0	1.03
240		0.553	8.310	0.892
0	**(St/b)(Cr/b)F3**	1.240	17.747	1.59
80		1.111	17.413	1.29
160		0.890	12.6	1.10
240		0.695	11.275	0.871
0	**La(4B/4D)*b**	0.595	21.126	2.5
80		0.708	20.045	1.79
160		0.894	10.9	1.43
240		1.610	7.89	0.91
0	**Az/b**	1.470	24.167	1.72
80		1.270	23.048	1.12
160		1.100	21.2	0.933
240		0.479	20.179	0.896
0	**(Ka/b)(Cr/b)F5**	1.210	14.603	1.23
80		0.627	10.424	1.01
160		0.537	9.4	0.967
240		0.514	7.889	0.823
0	**Ka/b**	0.491	23.478	1.23
80		0.982	17.309	1.01
160		1.220	16.3	0.97
240		1.420	15.033	0.82
0	**(Ka/b)(Cr/b)F3**	1.410	23.764	0.95
80		1.210	18.055	0.921
160		0.955	16.3	0.864
240		0.417	15.588	0.739
0	**(Ka/b)(Cr/b)F2**	1.230	13.858	0.96
80		1.100	11.160	0.879
160		0.995	10.6	0.754
240		0.503	6.551	0.738
0	**(Ka/b)(Cr/b)F6**	1.360	18.054	0.829
80		1.140	16.494	0.815
160		1.040	9.8	0.792
240		0.537	6.637	0.763
0	**St/b**	1.610	15.311	0.992
80		0.928	12.365	0.981
160		0.673	9.2	0.953
240		0.565	6.179	0.924
LSD (5%)		*1.69*	*9.70*	*0.18*

جدول ۴. ضرایب تنوع فنوتیپی، ژنوتیپی و قابلیت توارث‌پذیری عمومی برای عناصر معدنی لاین‌های امیدبخش تریتی‌پایروم غیرایرانی در مقایسه با دو رقم گندم نان ایرانی در شرایط تنش شوری و نرمال

Table 4. Phenotypic, genotypic coefficients and general heritability for mineral elements of promising non-Iranian tritipyrum lines in comparison with two Iranian bread wheat cultivars under salinity and normal conditions

	شرایط Condition	سدیم برگ Leaf Na^+	سدیم ریشه Root Na^+	پتاسیم برگ Leaf K^+	پتاسیم ریشه Root K^+	پتاسیم به سدیم ریشه Root K^+/Na^+	پتاسیم به سدیم برگ Leaf K^+/Na^+	قند محلول soluble sugar	پرولین Proline	پروتئین Protein
واریانس ژنوتیپی Genotypic variance	نرمال Normal	1.26	5.55	1.39	1.11	0.015	0.17	15.40	3.21	23.46
	تنش Stress	5.24	9.23	0.95	0.70	0.00017	0.0002	28.94	0.15	93.93
واریانس محیطی Environment variance	نرمال Normal	1.62	2.51	1.18	3.30	0.009	0.241	9.78	0.30	16.10
	تنش Stress	14.12	14.14	2.71	1.43	0.00032	0.002	2.09	0.044	12.41
واریانس فنوتیپی Phenotypic variance	نرمال Normal	2.89	8.07	2.58	2.18	0.024	0.412	25.19	3.51	39.58
	تنش Stress	19.46	23.37	3.66	2.13	0.00044	0.002	31.03	0.19	106.34
وراثت‌پذیری عمومی Broad-sense heritability	نرمال Normal	43.73	68.80	54.06	51.04	61.71	41.3	61.15	91.43	59.30
	تنش Stress	27.43	39.49	25.92	32.83	26.34	10.53	93.24	77.12	88.32
ضریب تنوع فنوتیپی Phenotypic variance coefficient	نرمال Normal	10.40	8.12	1.70	2.27	8.35	10.89	35.84	23.71	2.21
	تنش Stress	5.25	5.70	4.14	6.23	7.56	9.35	16.92	2.45	8.18
ضریب تنوع ژنوتیپی Genotypic variance coefficient	نرمال Normal	6.88	6.47	1.25	0.00	6.56	7.00	28.08	22.67	1.70
	تنش Stress	2.75	3.58	2.10	3.57	3.88	3.03	16.33	2.15	7.68

مجیدی‌مهر و همکاران (Majidi Mehr et al., 2002) نشان دادند که عناصر معدنی ریشه نسبت به برگ دارای وراثت‌پذیری بیشتری بوده و جهت انجام تحقیقات بهنژادی بهتر هستند که نتایج این تحقیق نیز گزارش آن‌ها را تأیید نمود.

بالاترین ضریب تنوع ژنوتیپی هم در شرایط تنش و هم در شرایط عدم تنش متعلق به صفت قند محلول برگی بود هرچند پروتئین در این مورد هم پس از قند محلول در رتبه دوم قرار دارد؛ لذا قند محلول برگی می‌تواند تنوع ژنوتیپ‌ها را بهتر نشان دهد و صفت مطلوبی برای گزینش است.

در شرایط بدون تنش، بیشترین همبستگی منفی معنی‌دار بین سدیم ریشه و سدیم برگ بود. بین پروتئین برگی و قند محلول برگی نیز همبستگی مثبت معنی‌دار وجود دارد. در شرایط تنش، همبستگی معنی‌داری بین سدیم برگ و سدیم ریشه و نیز بین پتاسیم برگ و پرولین وجود دارد. جالب است که بین پرولین و سدیم برگ همبستگی منفی معنی‌دار وجود دارد و نسبت پتاسیم به سدیم ریشه و برگ با مقدار پرولین همبستگی مثبت و معنی‌دار دارند (جدول ۵). همبستگی مثبت و معنی‌دار بین پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم در شرایط تنش در گندم نان نیز نشان داده شده طوری که ارقام متحمل به شوری در شرایط تنش دارای توانایی جذب بیشتر پتاسیم بوده و در نتیجه درصد کاهش نسبت پتاسیم به سدیم در شرایط تنش در آن‌ها کمتر است (Ravari et al., 2015). می‌توان از این همبستگی‌های معنی‌دار برای گزینش غیرمستقیم بهره برد تا بتوان گزینش صفات پیچیده را با استفاده از صفات ساده‌تر انجام داد که هم در هزینه و هم در زمان صرفه‌جویی شود.

جدول ۵. ضرایب همبستگی فنوتیپی عناصر معدنی مرتبط با ۱۳ لاین امیدبخش تریتی‌پایرم اولیه و دو رقم گندم نان ایرانی در شرایط بدون تنش (زیرقطر) و تنش (بالای قطر)

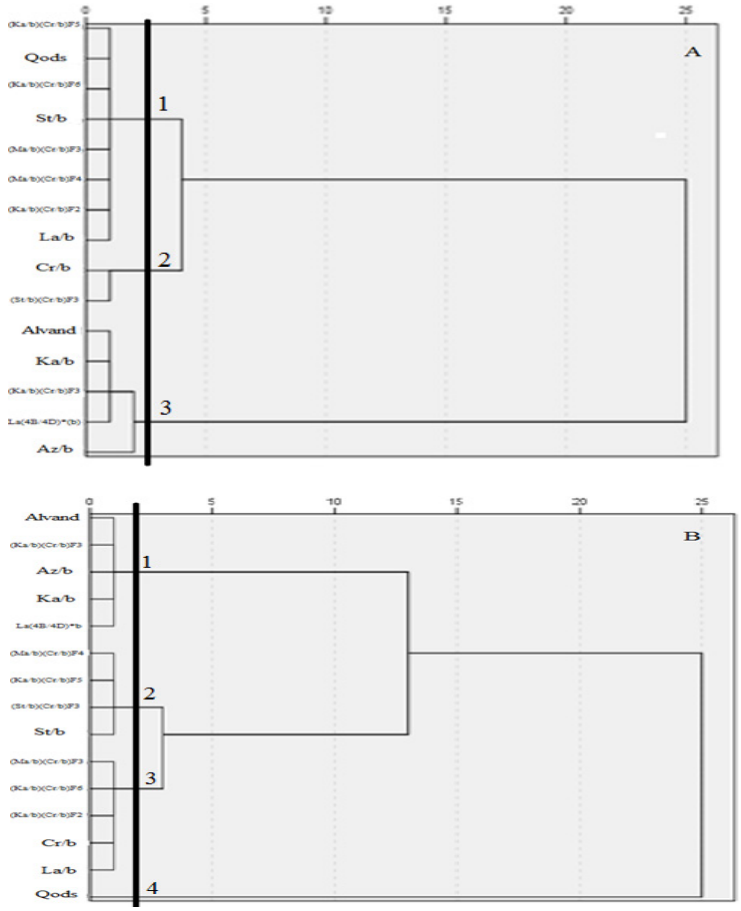
Table 5. Phenotypic correlation coefficients of mineral elements related to 13 promising tritipyrum lines and two Iranian bread wheat cultivars under non-stress (below diameter) and stress (above diameter) conditions

صفت Trait	سدیم ریشه Root Na^+	سدیم برگ Leaf Na^+	پتاسیم ریشه Root K^+	پتاسیم برگ Leaf K^+	قند محلول soluble sugar	پروتئین Protein	پروتئین Proline	پتاسیم به سدیم ریشه Root K+/Na+	پتاسیم به سدیم برگ Leaf K+/Na+
سدیم ریشه Root Na^+	1	0.570*	0.307	-0.134	-0.100	-0.228	-0.350	-0.727	-0.484
سدیم برگ Leaf Na^+	-0.535**	1	0.404	-0.269	0.132	-0.268	-0.420*	-0.331	0.884
پتاسیم ریشه Root K^+	0.334*	0.080	1	0.288	-0.106	0.121	0.164	-0.048	-0.202
پتاسیم برگ Leaf K^+	-0.270	0.075	-0.064	1	0.283	-0.193	0.556*	0.143	0.611*
قند محلول برگی Leaf soluble sugar	0.178	0.052	0.025	0.246	1	0.242	0.175	0.158	0.158
پروتئین Protein	0.039	0.051	-0.005	-0.352	0.292*	1	0.179	0.144	0.158
پرولین Proline	-0.128	0.04	0.324	-0.311	0.097	0.176	1	0.507*	0.456*
پتاسیم به سدیم ریشه Root K^+/Na^+	-0.505**	0.037	0.016	-0.076	-0.051	-0.054	0.072	1	0.256
پتاسیم به سدیم برگ Leaf K^+/Na^+	0.306	0.307	-0.265	-0.002	-0.110	0.383*	0.265*	-0.136	1

با استفاده از تجزیه خوشه‌ای، در شرایط بدون تنش ژنوتیپ‌ها در ۳ گروه قرار گرفتند که رقم حساس قدس در یک گروه قرار گرفت و رقم متحمل الوند نیز با ۴ لاین دیگر در گروه سوم قرار گرفت (برای تأیید صحت گروه‌بندی از آزمون T2 هتلینگ و CCC استفاده گردید) (شکل ۱- الف). در شرایط تنش ژنوتیپ‌ها در ۴ گروه قرار گرفتند که در آن رقم حساس قدس به تنهایی در یک گروه قرار گرفت و رقم متحمل الوند با لاین‌های امیدبخش تریتی‌پایروم Ka/b،Az/b (Ka/b)(Cr/b)F3 و La(4B/4D)*b در یک گروه قرار گرفتند؛ یعنی هر سه لاین ساده و ترکیبی تریتی‌پایروم ازلحاظ ژنتیکی کمترین فاصله را با رقم الوند داشته و لذا متحمل به شوری هستند (شکل ۱-ب). در شرایط تنش، بیشترین فاصله ژنتیکی بین دو رقم الوند و رقم قدس وجود دارد که طراحی تلاقی بین این دو برای انتقال تحمل به شوری به گندم رقم قدس می‌تواند بسیار مفید باشد. هدف یک متخصص به‌نژادی گیاهی از دسته‌بندی ارقام و لاین‌های مختلف، پی‌بردن به فاصله ژنتیکی بین آن‌ها و استفاده از تنوع ژنتیکی موجود در آن‌ها در برنامه‌های به‌نژادی است (Chatfield and Collin, 1995). گروه‌بندی می‌تواند بر اساس صفات کمی، کیفی و یا تلفیق این دو نوع صفت صورت گیرد (Johnson, 1990).

نتیجه‌گیری نهایی

بر اساس نسبت پتاسیم به سدیم در بافت‌های گیاهی که یکی از شاخص‌های مهم برای شناسایی گونه‌های متحمل به شوری است، می‌توانیم لاین‌های ترکیبی (Cr/b)(Ma/b)F3 و La (4B/4D)*b و لاین ساده St/b را به‌عنوان لاین‌های متحمل در برابر شوری معرفی نماییم. از سوی دیگر، با توجه به نتایج، از تلاقی ژنوتیپ‌های با حداکثر فاصله ژنتیکی می‌توان برای دورگ‌گیری و تولید دورگه‌های متحمل‌تر در برنامه‌های بهنژادی استفاده کرد



شکل ۱. نمودار مبنای فاصله اقلیدسی لاین‌های امیدبخش تریتی‌پایروم اولیه در مقایسه با دو رقم گندم نان ایرانی بر اساس صفات فیزیولوژیک در شرایط بدون تنش (الف) و تنش (ب)

Fig. 1. Euclidean basis diagram of early promising tritipyum lines compared to two Iranian bread wheat cultivars based on physiological traits in under non-stress (A) and stress (B) conditions

منابع

Abdul-Kabir, S.M., Paulsen, G.M., 1982. Effect of salinity on nitrogen metabolism in wheat. Journal of Plant Nutrition. 5, 1141-1151.

Ashraf, M., McNeilly, T., 2004. Salinity tolerance in Brassica oilseeds. Critical Review of Plant Science. 23, 157-174.

Baji, M., Lutts S., Kinet, J.M., 2001. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid conditions. Plant Science. 160, 669-681.

Bandehhagg A., Kazemi, H., Valizadeh, M., Javanshir, A., 2004. Salt tolerance of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars during vegetative and reproductive growth. Iranian Journal of Agriculture Science. 35, 61-71. [In Persian with English Summary].

Boggini, G., Doust, M.A., Annichiarico, P., Pecetti, L., 1997. Yield ability, Yield stability and quality of exotic durum wheat germplasm in salinity. Plant Breeding. 116, 541-545.

Carden, D.E., Walker, J.D., Flowers, T.J., Miller, A.J., 2003. Single cell measurement of the contributions of cytosolic Na^+ and K^+ to salt tolerance. Plant Physiology. 131, 676–683.

Chatfield, C., Collins, A. J., 1995. Introduction to Multivariate Analysis. Chopman and Hall Inc., London.

Colmer, T.D., Flowers, T.J., Munns, R., 2006. Use of wild relatives to improve salt tolerance in wheat. Journal of Experimental Botany. 57, 1059-1078.

Dieriga, D.A., Grieve, M.C., Shannon, M.C., 2002. Selection for salt tolerance in estimating

the number and inheritance of controlling genes for some important. Journal of Experimental Botany. 42, 211-220.

Dubey, R.S., Rani, M., 1989. Influence of NaCl salinity on growth status of proteins and amino acids in rice seedlings. Agronomy Journal. 162, 67-75.

Galeshi, S., 2005. The Effect of Environmental Stresses on Plants (drought, salinity, heat, flooding). Volume 1, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources Publications. [In Persian].

Gramer, G.R., Alberico, G.J., Schmidet, C., 1994. Salt tolerance is not associated with the sodium accumulation of two maize hybrids. Australian Journal of Plant Physiology. 21, 675-682.

Greenway, H. Munns, R., 1980. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. Annual Review of Plant Physiology. 31, 149-190.

Hassibi, P., Zandieh, L., Ghaemmoghami, N., Rashidi Rezvan, N., Najafi, H., Ghaemmaghami, F., 2010. Study of some physiological characteristics of two wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars under NaCl and CaCl2 salinity stress. Crop Physiology. 2, 3 – 24. [In Persian with English Summary].

Hogland, D.R., Arnon, D.I., 1950. The water-culture method for growing plants without soil. California Agriculture Experiment Station. 32 p.

Irigoyen J.J., Emerich, D.W., Sanchez-Diaz, M., 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. Physiogia Plantarum. 84, 55-60.

Jackboy, B., 1994. Mechanisms involved in salt tolerance of plants. In: Pessarakli, M. (ed.), Handbook of Plant Crops Stress. 2nd edn. Marcel Dekker, New York, pp. 97-123.

Janzadeh Dehshikh, J., Dadkhodaei, A., Heydari, B., Kazemini, S.A., 2005. Evaluation of salinity stress tolerance in tetraploid wheat using biochemical and morphological criteria. MsC Thesis, Faculty of Agriculture, Shiraz University. [In Persian].

Johnson, R. C., 1990. Salinity and germination in *Agropyron desertn* accessions. Canadian Journal of Plant Science. 70, 701-716.

Kamyab, M., Touhidinegad, A.A., Maghsudi Mud A., 2007. Quantitative and qualitative traits of primary and combined Lines of New Tritipyrum grain in comparison with promising triticale lines and modified bread wheat cultivars. MsC Thesis of Shahid Bahonar University of Kerman, Faculty of Agriculture and Natural Resources. [In Persian].

Kerepesi, I., Galiba, G., 2005. Osmotic and salt stress-induced alteration in soluble carbohydrate content in wheat seedlings. Crop Science. 40, 482-487.

Kingsbury, R.W., Epstein, E., Pearcy, R.W., 1984. Physiological responses to salinity in selected lines of wheat. Plant Physiology. 74, 417-425.

Levit, J., 1980. Respones of Plants to Environmental Stresses. Acadamic press. New York.

Liu, X., Huang, B., 2000. Heat stress injury in relation to membrancelipid peroxidation in creeping. Crop Science. 40, 503-510.

Majdi, M., Karimzadeh, G., Mahfoozi, S., 2007. Effect of low temperature and external calcium on the quantum efficiency of photosystem II and chlorophyll content in cold-sensitive and cold-tolerant wheat cultivars. Journal of Research and Construction in Agriculture and Horticulture. 20, 175-181. [In Persian with English Abstract].

Majidi Mehr, A., Amiri Fahliani, R., Masoumiasl, A., 2002. Identification and evaluation of effective indices in the selection of salinity tolerant genotypes in rice (*Oryza sativa* L). Master Thesis in Plant breeding, Agriculture Faculty, Yasouj University. [In Persian].

Oyiga, B.C., Sharma, R.C., Shen, J., Baun, M., Ogbonnaya, F.C., Leon, J., Ballvora, A., 2016. Identification and Characterization of Salt Tolerance of Wheat Germplasm Using a Multivariable Screening Approach. Journal of Agronomy and Crop Science. 1-14.

Paquine, R., Lechasseur, P., 1979. Observations sur une method dosage la libre dans les de planes. Canadian Journal of Botany. 57, 1851-1854.

Parvaiz, A., Satyawati, S., 2008. Salt stress and phyto-biochemical responses of plants–review. Plant Soil Environment. 54, 89-99.

Pessarakli, M., 1994. Hand book of plant and crop stress. Marcel dekker. New York. 697pages.

Pitman, M.G., 1984. Transport across The root and shoot/root interactions. Interactions. In: Staples, R.C. (ed). Salinity Tolerance in Plants: Strategies for Crop Improvement. New York, NY: Wiley.

Poustini, K., 2002. An evaluation of 30 wheat cultivars regarding the response to salinity stress. Iranian Journal of Agriculture Science, 33, 61-71. [In Persian with English Summary].

Ravari S.Z., Dehghani, H., Naghavi, H., 2015. Evaluation of relationship between salinity stress tolerance indices and some physiological traits in bread wheat. Iranian Journal of Filed Crop Science, 46, 423-432. [In Persian with English Summary].

Razeghi Jahromi, F., Rezaei, A.H., Shahsavand Hassani, H., Mohammadi S.H., 2007. salt stress effects on germination of tritipyrum lines in comparison with wheat and triticale. 12th National Congress of Agromnomy and Plant breeding. Karaj, Iran. [In Persian].

Sanada, Y., Ueda, H., Kuribayashi, K., Andoh, T., Hayashi, F., Tamai, N., Wada, K., 1995. Novel light-dark change of proline levels in halophyte (*Mesembryanthemum crystallinum* L.) and glycophytes (*Hordeum vulgare* L. and *Triticum aestivum* L.) leaves and roots under salt stress. Plant and Cell Physiology. 36, 965-970.

Shahsevand Hassani, H., Soltaninejad, N., 2006. The study of yield and agronomical potential of two alloploid synthetic cereal [tritipyrum (AABBEbEb, 2n=6x=42) and triticale (2n=6x=42, AABBRR)] with natural bread wheat allopolyploid. The 9th congress of agronomy and plant breeding. Tehran University. Iran, p: 577. [In Persian].

Vendruscolo, E.C.G., Schuster, I., Pileggi, M., Scapim, C.A., Molinari, H.B.C., Marur, C.J., Vieira, L.G.E., 2007. Stress-induced synthesis of proline confers tolerance to water deficit in transgenic wheat. Journal of Plant Physiology. 164, 1367-1376.

Wang, W. X., Vinocur, B., Altman, A., 2003. A plant response to drought, salinity and extreme temperatures: Towards genetic engineering for stress tolerance. Planta. 218, 1-14.

Zare, N., Sadat Noori, S.A., Kosh Kholgh Sima, N.A.K., Mortazavian, S.M.M., 2014. Effect of laser priming on accumulation of free proline in spring durum wheat (*Triticium turgidum* L.) under salinity stress. Internationational Transaction Journal of Engineering, Management, Applied Sciences and Technologies. 5, 119-130.