University of Birjand

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

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences

Vol. 17, No. 3, pp. 491-504 (Fall 2024)

https://doi.org/10.22077/ESCS.2023.6027.2190

Original article

Investigating of salinity stress tolerance in barley (*Hordeum vulgare*) genotypes originating from Iran

Sh. Shahmoradi[1*], A. Nakhei[2], S.A. Tabatabaie[3]

1. *Assistant Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran*
2. *Research Instructor, South Khorasan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Iran*
3. *Associate Prof., Yazd Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Iran*

Received 17 January 2023; Accepted 25 February 2023

Extended abstract

Introduction

The combination of the effects of drought stress and soil salinity causes a severe limitation in the production of agricultural crops. Irrigation with saline water has caused the expansion of more saline lands. Salt tolerant genotypes are very important in the development of agricultural systems suitable for saline lands. Soil salinity through soil amendment and or the cultivation of tolerant crops can be adjusted. Of course, soil amendment is a costly process and the cultivation of tolerant species and varieties is the most practical solution in conditions where soil salinity is low. It is clear that the genotypes show a significant difference in response to salinity stress. One of the ways to deal with salinity is to select and find salinity-tolerant cultivars through the use of breeding methods. It is also possible to select and modify salinity-tolerant species in some fodder plants of temperate regions. This research was modified, with the aim of evaluation of selected barley genotypes from past years' experiments, under salinity stress conditions and identification and introduction of tolerant genotypes and direct and indirect use of them in breeding programs.

Materials and methods

In this experiment, the genotypes were evaluated during two crop years in the form of a rectangular lattice design with three replications at the research station of South Khorasan Agriculture and Natural Resources Research Center, Birjand. The experiment was conducted under normal conditions and salt stress separately. In order to compare these genotypes with modified cultivars, six cultivated barley cultivars, including two salinity-tolerant controls, including Mehr and Khatam cultivars and the semi-sensitive Yusuf control, were also included in the experiments (Table 1). In addition to evaluating the phenological traits of days to flowering and days to maturity, the traits of plant height, seed yield, and 1,000-seed weight were recorded. Stress indices including stress tolerance index (STI) were calculated based on grain yield in barley genotypes.

* Corresponding author: Shakiba Shahmoradi; E-Mail: shakibashahmoradi@gmail.com

© 2024, The Author(s). Published by University of Birjand. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

Results and discussion

The combined analysis of phenological, morphological and agronomic traits in the evaluated genotypes in two cropping years and two normal conditions and salinity stress showed that the interaction effect of year, salinity stress and genotype on the traits is significant. This showed that the reaction of genotypes was different in different years and different salinity conditions, so the results in different years were analyzed separately. In the salt research station in the first year of the experiment, genotypes number 31 (TN4006), 30 (TN3947), 50 (TN5008) and 28 (TN3646) along with Yusuf, Nusrat and Gohran cultivars, in terms of agronomic traits and stress indices were superior. While in the second year, the top genotypes were genotypes No. 44 (TN4904), 25 (TN3477), 23 (TN3470) and 32 (TN4104) along with Nimroz and Mehr cultivars.

Conclusion

The information related to the trend of temperature changes and rainfall in different months in Birjand showed that the amount of rainfall was significantly higher in the first year of the experiment. In addition to reducing the salinity of the soil by adjusting the temperature, it reduces the amount of evaporation and transpiration and the intensity of the salinity stress. Therefore, it seems that the level of salinity stress was milder in the first year and more intense in the second year, and this was also observed in the stress intensity index. Based on this, the difference in the results in the two years of the experiment can be justified, in other words, in the first year, tolerant genotypes were introduced in mild stress and in the second year, tolerant genotypes were introduced in severe stress. Overall, these results showed that climate changes in different years have a great impact on the response of genotypes to salinity stress.

Keywords: Climate, Diversity, Stress, Tolerance

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد هفدهم، شماره سوم، پائیز ۱۴۰۳

https://doi.org/10.22077/ESCS.2023.6027.2190

مقاله پژوهشی

بررسی تحمل به تنش شوری در ژنوتیپ‌های جو زراعی (*Hordeum vulgare*) بومی ایران

شکیبا شاهمرادی[1*]، آزیتا نخعی[2]، سیدعلی طباطبایی[3]

۱. استادیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج
۲. مربی پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
۳. دانشیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

مشخصات مقاله

واژه‌های کلیدی:
اقلیم
تحمل
تنش
تنوع

تاریخ دریافت:
۱۴۰۱/۱۰/۲۷

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۱/۱۲/۰۶

تاریخ انتشار:
پائیز ۱۴۰۳

۱۷(۳): ۴۹۱-۵۰۴

چکیده

به‌منظور ارزیابی و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به شوری، تعداد ۵۰ ژنوتیپ منتخب از آزمایش‌های شوری انجام‌شده در سال‌های گذشته، به‌منظور ارزیابی تکمیلی در شرایط تنش شوری، انتخاب شدند. ژنوتیپ‌ها در طی دو سال زراعی ۱۳۹۸-۹۹ و ۱۴۰۰-۱۳۹۹، در قالب طرح لاتیس مستطیل با سه تکرار در ایستگاه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی، شهرستان بیرجند، مورد ارزیابی قرار گرفتند. آزمایش در شرایط نرمال و تنش شوری به‌طور جداگانه اجرا شد. به‌منظور مقایسه پتانسیل عملکرد این ژنوتیپ‌ها با ارقام اصلاح‌شده، شش رقم جو زراعی ازجمله دو شاهد متحمل به شوری شامل ارقام جو مهر و خاتم نیز در آزمایش‌های گنجانده شد، لذا آزمایش در قالب طرح لاتیس مستطیل ۸×۷ اجرا شد (۵۰ ژنوتیپ و شش رقم شاهد). صفات فنولوژیکی، میزان عملکرد دانه و وزن هزار دانه در ژنوتیپ‌ها اندازه‌گیری شد. به‌منظور گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به شوری و با عملکرد بالا در هر دو محیط تنش و نرمال، تجزیه‌وتحلیل روابط میان صفات با استفاده از نرم‌افزارهای Stat Graphics و SPSS انجام شد. محاسبه شاخص شدت تنش (SI) نشان داد این شاخص در سال زراعی ۹۹-۹۸، ۰/۲۰ و در سال زراعی ۱۴۰۰-۹۹، ۰/۳۹ بود. تجزیه واریانس مرکب صفات نشان داد که اثر متقابل سال و تنش شوری و ژنوتیپ بر صفات معنی‌دار بود. درمجموع این نتایج نشان داد که تغییرات اقلیمی در سال‌های مختلف تأثیر زیادی بر واکنش ژنوتیپ‌ها نسبت به تنش شوری دارد. ژنوتیپ ۳۲ (TN4104)، در هر دو سال در بین ژنوتیپ‌های برتر بود.

مقدمه

شوری خاک یکی از عوامل اصلی محدودکننده توسعه کشاورزی در ایران است. شوری خاک به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک که حدود ۳۴ میلیون هکتار تحت تأثیر سطوح بالای نمک قرار دارد شدیدتر است و از این میزان ۴/۱ میلیون هکتار زمین به کشت آبی اختصاص دارد. حدود ۵۰ درصد از سطح اراضی کشت آبی به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم به آب‌های زیرزمینی ازجمله آب چشمه وابستگی دارد (FAO, 2015). شوری خاک و آب باعث تخریب خاک شده و عملکرد گیاه را نسبت به شرایط غیرشور کاهش می‌دهد (Ghasemi et al., 1995; Hillel, 2000).

برخی از خاک‌ها به‌طور طبیعی شور هستند و دارای نمک اضافی حاصل از سنگ‌بستر یا منابع آبی هستند. این نوع شوری، شوری اولیه محسوب می‌گردد. شوری ثانویه ناشی از تغییرات در رژیم هیدرولوژیکی ناشی از ترکیبی از فرآیندهای هیدرولوژیکی است که در طیف وسیعی از مقیاس‌های فیزیکی و در محدوده‌ای از مقیاس‌های زمانی عمل می‌کنند (Peck and Hatton, 2003). شوری ثانویه یک مشکل جهانی در سیستم‌های کشاورزی است که دارای زهکشی داخلی (نفوذ خاک) و بیرونی (رواناب) ضعیف هستند و باعث تجمع نمک‌ها

* نگارنده پاسخگو: شکیبا شاهمرادی. پست الکترونیک: shakibashahmoradi@gmail.com

می‌شوند (Rengasamy, 2002; Barrett-Lennard et al., 2016).

افزایش املاح نمکی در خاک برای اغلب گیاهان مضر است. در حقیقت در مقیاس جهانی هیچ ماده‌ای به‌اندازه نمک، رشد گیاهان را محدود نمی‌کند. بر اساس محاسبات، حداقل ۲۰٪ اراضی خشک و بیش از ۴۰٪ از اراضی آبی دنیا تحت تأثیر درجات مختلف شوری می‌باشند (Demiral et al., 2005). سمیت سدیم عامل مهم تنش یونی در ارتباط با شوری بالا است. به‌علاوه برخی از گونه‌های گیاهی نسبت به یون کلر نیز حساس هستند. تحقیقات نشان داده است که گونه‌های گیاهی و ژنوتیپ‌های مختلف، تفاوت معنی‌داری در تحمل به شوری دارند. در میان گیاهان زراعی، جو به‌عنوان گیاه بسیار متحمل نسبت به تنش شوری شناخته می‌شود.

ترکیب اثرات تنش خشکی و شوری خاک باعث ایجاد محدودیت شدیدی در تولید گیاهان زراعی می‌گردد. آبیاری با آب لب‌شور باعث گسترش بیشتر اراضی شور شده است (Al Menale et al., 2005). ژنوتیپ‌های متحمل به شوری جو اهمیت زیادی در توسعه سیستم‌های زراعی مناسب اراضی شور دارند. شوری خاک از طریق اصلاح خاک و یا کشت گیاهان متحمل قابل تعدیل است (Bagcı et al., 2003). البته اصلاح خاک فرآیند پرهزینه‌ای است و کشت گونه‌ها و واریته‌های متحمل عملی‌ترین راه‌حل در شرایطی است که شوری خاک پایین باشد. آشکار است که ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری در واکنش نسبت به تنش شوری نشان می‌دهند.

یکی از راه‌های مقابله با شوری انتخاب و پیدا کردن ارقام متحمل به شوری از طریق به کار گرفتن روش‌های اصلاحی است، همچنین امکان انتخاب و اصلاح گونه‌های متحمل به شوری در برخی از گیاهان علوفه‌ای مناطق معتدل وجود دارد. در یک آزمایش تحقیقاتی، ۱۴۱ ژنوتیپ جو را در شرایط آبیاری با آب معمولی و آب لب‌شور موردبررسی قرار گرفتند (Al Menale et al., 2005). نتایج این تحقیق نشان داد که آبیاری با آب لب‌شور اثرات مثبت و منفی بر قلمرو خاک دارد و بررسی‌های آماری پس از هر آزمایش نشان داد که افزایش سطح زیرکشت جو در اراضی شور، تنها با در نظر گرفتن شرایط خاک، آب، ژنوتیپ و اکولوژی منطقه مقدوراست.

برای تعیین تحمل نسبی در ژنوتیپ‌های موردبررسی از شاخص‌های تنش استفاده می‌شود (Fischer and Maurer, 1978). افزایش در میزان نمک‌های KCl و NaCl از رشد گیاهچه‌های جو جلوگیری می‌کند ولی شدت بازدارندگی نمک NaCl بیشتر از KCl است (Shekari and Karimi, 2000). علی و همکاران (Ali et al., 2007) با هدف معرفی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش شوری جو و تعیین اثرات سطوح مختلف شوری بر رشد، نمو دانه و عملکرد آن، ۱۸۱ ژرم‌پلاسم جو را در معرض پنج تیمار مختلف غلظت نمک کلرید سدیم قرار دادند. از ۱۸۱ ژنوتیپ موردبررسی در این آزمایش، ۳۹ ژنوتیپ متحمل به شوری بودند. منصور و همکاران (Mansour et al., 2021) در آزمایش‌های مزرعه‌ای در اقلیم مدیترانه‌ای واکنش بیست‌ویک ژنوتیپ مختلف جو را نسبت به تنش شوری مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد تنوع قابل‌توجهی در واکنش ژنوتیپ‌های مختلف جو نسبت به تنش شوری وجود دارد.

کلکسیون ژرم‌پلاسم جو زراعی در بانک ژن گیاهی ملی ایران شامل بیش از ده هزار نمونه ژنتیکی می‌شود که از نقاط مختلف ایران و سایر کشورهای جهان جمع‌آوری‌شده‌اند و دارای منابع ارزشمندی از تنوع ژنتیکی می‌باشند. شاهمرادی و همکاران (Shahmoradi et al., 2018) در ارزیابی واکنش ۱۰۰۰ ژرم‌پلاسم بومی ایران، نسبت به تنش شوری گزارش نمودند که علاوه بر عملکرد دانه در شرایط تنش شوری و نرمال، صفات فنولوژیک روز تا گلدهی و روز تا رسیدن نیز ارتباط معنی‌داری با تحمل به شوری داشتند و این‌طور استنباط می‌شود که ژنوتیپ‌هایی که مرحله رشد زایشی در آن‌ها زودتر آغاز شده و زودرس‌تر از سایر ژنوتیپ‌ها هستند، دارای میزان عملکرد بیشتری در شرایط تنش بوده و از شاخص تحمل تنش شوری بالاتری برخوردار بوده‌اند. این تحقیق، با هدف ارزیابی تکمیلی و دقیق‌تر ژنوتیپ‌های منتخب جو زراعی از آزمایش‌های سال‌های گذشته، در شرایط تنش شوری و شناسایی و معرفی ژنوتیپ‌های متحمل و بهره‌گیری مستقیم و غیرمستقیم از آن‌ها در فعالیت‌های به نژادی، انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش، ژنوتیپ‌ها در طی دو سال زراعی در قالب طرح لاتیس مستطیل با سه تکرار در ایستگاه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی، شهرستان بیرجند، مورد ارزیابی قرار گرفتند. آزمایش به‌صورت کشت مزرعه‌ای در دو ایستگاه تحقیقاتی محمدیه (شرایط نرمال) و امیرآباد (تنش شوری) به‌طور جداگانه اجرا شد، بنابراین در آزمایش شوری، ژنوتیپ‌ها از ابتدای دوره رشد

در شرایط تنش شوری قرار داشتند. بر اساس نتایج آزمایش خاک در ایستگاه تحقیقات محمدیه بیرجند، هدایت الکتریکی خاک در عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتری خاک، در حدود ۴/۵ دسی‌زیمنس و هدایت الکتریکی آب آبیاری در حدود ۳/۴ دسی‌زیمنس بود و در ایستگاه تحقیقات شوری امیرآباد بیرجند، هدایت الکتریکی خاک در عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتری خاک، در حدود ۱۰/۸ دسی‌زیمنس و هدایت الکتریکی آب آبیاری در حدود ۷/۶ دسی‌زیمنس بود. کشت ژنوتیپ‌ها هرسال در نیمه اول آذرماه به‌صورت جوی و پشته در دو خط دو متری با فاصله خطوط ۳۰ سانتیمتر در بلوک-هایی شامل ۷ واحد آزمایشی انجام گرفت. به‌منظور مقایسه این ژنوتیپ‌ها با ارقام اصلاح‌شده، شش رقم جو زراعی ازجمله دو شاهد متحمل به شوری شامل ارقام مهر و خاتم و شاهد نیمه حساس یوسف نیز در آزمایش‌های گنجانده شدند (جدول ۱)، آزمایش در قالب طرح لاتیس مستطیل ۸×۷ با سه تکرار اجرا شد (۵۰ ژنوتیپ و شش رقم شاهد). در این آزمایش‌های علاوه بر ارزیابی صفات فنولوژیکی روز تا گلدهی و روز تا رسیدن، صفات ارتفاع بوته، میزان عملکرد دانه و وزن هزاردانه، یادداشت‌برداری شد. شاخص‌های تنش شامل میانگین عملکرد (MP)، تحمل (TOL)، میانگین هندسی عملکرد (GMP) و شاخص تحمل تنش (STI) بر اساس عملکرد دانه در شرایط تنش شوری (YS) و نرمال (YP) در ژنوتیپ‌های جو محاسبه گردید.

$$MP=\frac{Yp+Ys}{2} \quad [۱]$$

$$TOL=Yp-Ys \quad [۲]$$

$$GMP=\sqrt[2]{YpxYs} \quad [۳]$$

$$STI=\frac{Y_S\times Y_P}{\bar{Y}_P^{\,2}} \quad [۴]$$

اطلاعات مربوط به روند تغییرات دما و بارندگی در ماه‌های مختلف سال‌های زراعی ۹۹-۱۳۹۸ و ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در بیرجند در شکل ۱ ارائه شده است. همان‌طور که در نمودارهای هواشناسی ملاحظه می‌شود، میزان بارندگی در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای بیشتر از سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹ بوده است.

جدول ۱. ژنوتیپ‌های منتخب جهت کشت در آزمایش شوری به همراه ارقام شاهد زراعی

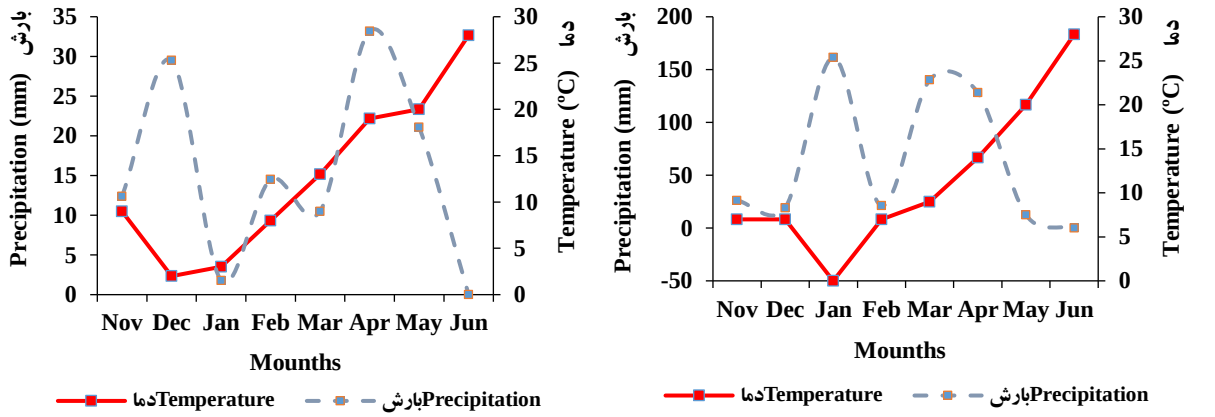
Table 1. genotypes selected for cultivation in salinity experiment and control cultivars

شماره	KC/TN	شماره	KC/TN	شماره	KC/TN	شماره	KC/TN	شماره	KC/TN	شماره	Cultivar	رقم
1	70233	**11**	18514	**21**	TN3454	**31**	TN4006	**41**	TN4847	**51**	Nosrat	نصرت
2	70343	**12**	18515	**22**	TN3456	**32**	TN4104	**42**	TN4891	**52**	Yousef	یوسف
3	70344	**13**	18517	**23**	TN3470	**33**	TN4247	**43**	TN4902	**53**	Nimrooz	نیمروز
4	18040	**14**	18555	**24**	TN3474	**34**	TN4332	**44**	TN4904	**54**	Goharan	گوهران
5	18042	**15**	20019	**25**	TN3477	**35**	TN4333	**45**	TN4905	**55**	Mehr	مهر
6	18074	**16**	20037	**26**	TN3490	**36**	TN4337	**46**	TN4910	**56**	Khatam	خاتم
7	18396	**17**	20367	**27**	TN3643	**37**	TN4354	**47**	TN4911			
8	18410	**18**	20418	**28**	TN3646	**38**	TN4357	**48**	TN4923			
9	18414	**19**	20966	**29**	TN3748	**39**	TN4461	**49**	TN4928			
10	18513	**20**	70443	**30**	TN3947	**40**	TN4596	**50**	TN5008			

برای بررسی یکنواختی و متجانس بودن واریانس خطاهای آزمایشی و بررسی امکان انجام تجزیه مرکب داده‌ها آزمون لون انجام شد. تجزیه واریانس متناسب با طرح آزمایشی انجام شد و معنی‌دار بودن اثر ژنوتیپ بر صفات مورد ارزیابی برآورد گردید. به‌منظور ارزیابی روابط صفات و نقش آن‌ها در میزان تنوع تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده شد. به‌منظور گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به شوری و با عملکرد بالا در هر دو محیط تنش و محیط بدون تنش، نمودار بای پلات بر اساس عملکرد در شرایط نرمال و شرایط تنش رسم گردید، تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Stat Graphics و نرم‌افزار SPSS انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه مرکب صفات فنولوژیک و زراعی در ژنوتیپ‌های جو زراعی مورد ارزیابی در دو سال زراعی و دو شرایط نرمال و



شکل ۱. روند تغییرات دما و بارندگی در ماه‌های مختلف سال‌های زراعی 99-1398 (a)، 1400-1399 (b) در بیرجند

Fig. 1. Changes in temperature and precipitation in different months of the 2019-2020 (a), 2020-2021 (b) cropping seasons in Birjand

تنش شوری در جدول ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، اثر سال تنها بر صفت روز تا گلدهی معنی‌دار بود و در سایر صفات مورد ارزیابی معنی‌دار نشد. همچنین اثر تنش شوری بر صفات فنولوژیک، ارتفاع بوته و عملکرد دانه معنی‌دار نشد. این در حالی است که اثر متقابل سال و تنش شوری در صفات روز تا رسیدن و ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد و اثر متقابل این دو عامل بر صفت عملکرد دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. بر اساس نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات، اثر عامل ژنوتیپ در صفات فنولوژیکی روز تا گلدهی و روز تا رسیدن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. همچنین عامل ژنوتیپ در صفات ارتفاع بوته و وزن هزاردانه اثر معنی‌داری داشت. تنها صفتی که اثر عامل ژنوتیپ در آن معنی‌دار نشد، صفت عملکرد دانه بود. اثر متقابل ژنوتیپ در سال بر صفات موردمطالعه معنی‌دار نشد. اثر متقابل ژنوتیپ و تنش شوری در صفات روز تا گلدهی و وزن هزاردانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد ولی بر سایر صفات اثر معنی‌داری نداشت. در تحقیقات قبلی نیز وجود اثر متقابل معنی‌دار میان تنش شوری و ژنوتیپ گزارش شده است (Mansour et al., 2021). اثر متقابل ژنوتیپ در تنش شوری در سال بر همه صفات مورد ارزیابی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. این امر نشان می‌دهد که این صفات تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و محیطی می‌باشند. بر اساس این نتایج، تجزیه‌وتحلیل صفات در ژنوتیپ‌ها و واکنش آن‌ها نسبت به شرایط شوری به‌طور جداگانه در هرسال موردبررسی قرار می‌گیرد. مقایسه میانگین صفات در ژنوتیپ‌های جو و ارقام شاهد در جدول ۳ ارائه شده است.

بر اساس صفت فنولوژیکی روز تا گلدهی، ژنوتیپ‌های شماره ۴۹ و ۴۸ به ترتیب با میانگین ۱۱۴ و ۱۱۵ روز کمترین میانگین را به خود اختصاص دادند و ژنوتیپ شماره ۴۲ با ۱۴۰ روز تا گلدهی بیشترین میانگین را داشت. در صفت روز تا رسیدن نیز نتایج مشابه بود و ژنوتیپ‌های شماره ۴۸ و ۴۹ زودرس‌ترین و ژنوتیپ شماره ۴۲ دیررس‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند و تفاوت معنی‌داری با ارقام شاهد نشان دادند. مقایسه میانگین صفت ارتفاع بوته نشان داد ژنوتیپ‌های شماره ۱۵ و ۱۴ به ترتیب با میانگین ارتفاع بوته ۶۵ و ۶۶ سانتیمتر کمترین میانگین را داشتند و بالاترین میانگین ارتفاع بوته در ژنوتیپ شماره ۵۰ (۹۴ سانتیمتر) بود و با ارقام شاهد تفاوت معنی‌داری داشت. در صفت وزن هزاردانه ژنوتیپ شماره ۳۳، رقم مهر و ژنوتیپ شماره ۵۰ بالاترین میانگین را به خود اختصاص دادند.

به‌منظور ارزیابی دقیق‌تر داده‌ها و بررسی ارتباط بین صفات و شاخص‌های تحمل تنش شوری در ژنوتیپ‌های مختلف جو زراعی، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای هرسال به‌طور جداگانه صورت گرفت. تجزیه به مؤلفه‌ها در سال زراعی ۹۸-۹۹ (جدول ۴)، چهار مؤلفه که مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک داشتند را معرفی می‌کند و این مؤلفه‌ها درمجموع ۸۴/۱۱ درصد از واریانس کل صفات را توجیه می‌کنند. ۴۴/۵۶ درصد از این واریانس به مؤلفه اول اختصاص دارد و بزرگ‌ترین ضرایب در این مؤلفه مربوط به شاخص‌های MP، STI، GMP و عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش شوری، با علامت منفی است (جدول ۴).

جدول ۲. تجزیه واریانس مرکب صفات مورد ارزیابی در ژنوتیپ‌های جو زراعی در دو سال زراعی و شرایط تنش شوری و بدون تنش

Table 2. Combined analysis of traits evaluated in barley genotypes in two crop seasons and under salinity stress and normal conditions

S.O.V[1]	منابع تغییر[1]	df	Days to Flowering روز تا گلدهی	Days to Maturity روز تا رسیدن	Plant Hight ارتفاع بوته	Grain Yield عملکرد دانه	Kernel Weight وزن هزاردانه
Year	سال	1	5366.37**	10129.28 ns	71630.7 ns	1559424 ns	1.339 ns
Salt stress	تنش شوری	1	83.58 ns	4417.751 ns	3393.01 ns	1560099 ns	0.326 ns
Year*Stress	سال*تنش	1	5.54 ns	3317.03**	1560.38**	88302.51*	0.105 ns
Year*Stress(Rep)	سال*تنش (تکرار)	8	2.80	10.299	34.35	9329.17	0.42
Rep(Block)	تکرار (بلوک)	21	4.39	12.47	23.53	612.63 s	0.099
Year*Stress(Rep(Block))	سال*تنش (تکرار(بلوک)	84	4.65	13.57	26.69	4552.24	0.08
Genotype	ژنوتیپ	55	207.37**	24.72**	187.68**	17350.2 ns	1.37**
Gen*Year	ژنوتیپ * سال	55	3.89 ns	8.376 ns	48.68 ns	11658.5 ns	0.106 ns
Gen*Stress	ژنوتیپ * تنش	55	98.39**	10.62 ns	47.01 ns	15006.05 ns	0.23**
Year*Stress*Gen	سال*تنش*ژنوتیپ	55	6.14**	11.75**	41.88**	13153.9**	0.11**
Error	خطا	356	2.66	5.71	14.95	1970.86	0.44
Leven test	آزمون یکنواختی	3	2.219 ns	1.650 ns	2.812 ns	1.766 ns	1.44 ns

* and **: significant at 5% and 1% probability levels, respectively. *و ** به ترتب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

۱. هر کدام از منابع تغییر بر اساس امید ریاضی مدل با خطای مربوطه ارزیابی شده است (Khodadadi et al., 2017).

1. Each source of variation was evaluated based on the mathematical expectation of the model with the corresponding error (Khodadadi et al., 2017).

مؤلفه دوم ۱۷/۷۲ درصد از واریانس موجود را ایجاد کرده و صفات فنولوژیک روز تا گلدهی و روز تا رسیدن در شرایط نرمال و تنش شوری، در این مؤلفه نقش مهمی دارند. بزرگ‌ترین ضریب مربوط به مؤلفه سوم شاخص تحمل (TOL) می‌باشند که ۱۱/۳۹ درصد از واریانس را به خود اختصاص داده است. مؤلفه چهارم ۱۰/۴۲ درصد واریانس را ایجاد کرد و صفت زراعی مهم وزن هزار دانه مهم‌ترین عامل در این مؤلفه بود. تحقیقات قبلی در بررسی مؤلفه‌های اصلی در ژنوتیپ‌های گندم و چاودار در شرایط تنش نیز عملکرد دانه در شرایط نرمال و شاخص‌های STI, GMP را در مؤلفه اول و شاخص TOL را در مؤلفه دوم به‌عنوان مهم‌ترین عوامل معرفی نموده‌اند (Firoozi et al., 2013; Shahmoradi and Ghotbi, 2022).

نمودار بای‌پلات مؤلفه‌های اصلی اول و دوم بر اساس صفات مورد ارزیابی و شاخص تحمل تنش در ژنوتیپ‌های جو زراعی در شرایط نرمال و تنش شوری (شکل ۲)، نشان می‌دهد که در سال اول آزمایش صفات زراعی شامل عملکرد دانه در شرایط نرمال (GYN) و تنش (GYS) و وزن هزاردانه (KW) به همراه شاخص STI که دارای بیشترین ضریب در مؤلفه اول بود، بردارهایی نزدیک به یکدیگر دارند و در ربع چهارم نمودار قرار گرفتند. این امر نشان می‌دهد که صفات زراعی عملکرد دانه و وزن هزاردانه در شرایط نرمال و تنش ارتباط نزدیکی با تحمل به تنش شوری دارد. همان‌طور که در نمودار (شکل ۲) مشاهده می‌شود برخی ژنوتیپ‌ها شامل ژنوتیپ شماره ۳۱ (TN4006)، ۳۰ (TN3947)، ۵۰(TN5008)، ۲۸ (TN3646)، ۲۷ (TN3643) و ۳۲ (TN4104) به همراه ارقام شاهد یوسف، نصرت و گوهران در این ربع نمودار قرارگرفته‌اند، لذا این ژنوتیپ‌ها ازنظر صفت عملکرد دانه و شاخص‌های تنش نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها

جدول ۳. مقایسه میانگین دوسالانه صفات مورد ارزیابی در ژنوتیپ‌های جو زراعی

Table 3 Mean Comparison of the traits evaluated in barley genotypes in two crop seasons

شماره Number	ژنوتیپ Genotype	روز تا گلدهی Days to flowering	روز تا رسیدن Days to maturity	ارتفاع بوته Plant hight (cm)	عملکرد دانه Grain yield(g/m^2)	وزن هزاردانه Kernel weight(g)
1	**70233**	132.52	170.63	69.18	193.10	36.1
2	**70343**	136.33	172.84	77.05	156.97	35.2
3	**70344**	135.12	171.08	72.70	156.81	37.6
4	**18040**	131.33	167.78	73.43	163.18	38
5	**18042**	132.91	169.38	76.74	161.82	38.6
6	**18074**	134.28	171.75	75.61	167.82	36.8
7	**18396**	134.92	170.58	67.56	154.96	37
8	**18410**	131.37	169.09	75.29	206.80	31.9
9	**18414**	131.87	167.67	74.06	144.97	32.1
10	**18513**	130.38	168.16	73.99	151.07	38
11	**18514**	130.21	168.34	72.44	145.54	39
12	**18515**	131.45	168.22	72.74	171.95	37.7
13	**18517**	130.68	167.47	71.78	154.06	34.4
14	**18555**	128.50	167.41	66.81	157.67	38
15	**20019**	130.89	168.62	65.28	144.82	36.6
16	**20037**	118.54	161.74	75.78	158.77	38.2
17	**6135**	131.04	169.09	75.17	213.61	33.6
18	**20418**	129.36	167.82	76.17	151.28	37.8
19	**20966**	123.75	164.89	81.04	186.63	30.5
20	**70443**	122.35	167.46	73.27	162.25	35.9
21	**3454**	120.29	162.20	72.02	161.81	39.6
22	**3456**	119.22	162.53	74.75	212.19	39.4
23	**3470**	128.53	167.81	81.27	222.05	32.9
24	**3474**	132.44	169.82	75.59	213.19	34.7
25	**3477**	130.30	167.15	84.48	191.85	31
26	**3490**	127.11	166.66	73.28	180.49	36.5
27	**3643**	122.31	165.39	82.42	228.87	38.7
28	**3646**	123.25	164.23	76.93	194.46	36.2
29	**3748**	130.75	166.55	75.96	200.56	35.6
30	**3947**	126.46	167.17	78.09	139.96	39.4
31	**4006**	118.53	162.68	78.52	192.80	36.1
32	**4104**	125.01	164.89	76.40	145.92	33
33	**4247**	124.57	166.60	77.95	199.53	42.7
34	**4332**	125.24	167.39	76.75	188.38	39.1
35	**4333**	132.74	167.52	81.19	191.55	37.2
36	**4337**	121.17	164.45	78.80	217.75	39
37	**4354**	117.61	162.97	77.14	194.43	39.4
38	**4357**	119.95	163.53	81.10	203.21	41.4
39	**4461**	131.26	169.82	75.69	187.45	33
40	**4596**	135.77	171.97	73.51	170.93	37.3
41	**4847**	137.77	174.24	75.20	194.96	36.1
42	**4891**	140.60	175.99	75.75	154.45	31.8
43	**4902**	118.52	162.09	78.83	214.68	39.4
44	**4904**	117.72	162.43	75.75	187.02	33.7
45	**4905**	117.69	161.30	83.84	181.66	38.4
46	**4910**	116.85	161.06	80.46	175.87	37.9
47	**4911**	128.12	163.82	77.76	222.17	29.8
48	**4923**	115.62	160.48	73.00	223.36	29.5
49	**4928**	114.69	161.09	75.58	186.15	31.6
50	**5008**	127.47	165.89	94.69	269.90	41.7
51	**Goharan**	123.52	165.72	87.45	266.09	38.2
52	**Khatam**	119.23	164.88	78.90	213.02	40.2
53	**Mehr**	123.47	162.59	78.13	216.90	42.2
54	**Nimroz**	121.98	165.07	85.75	230.69	40.3
55	**Nosrat**	133.93	170.60	77.88	254.02	34.2
56	**Yosef**	135.62	171.25	76.04	265.09	36.4
LSD		***0.82***	***0.68***	***1.40***	***10.27***	***0.71***

جدول ۴. مقادیر ویژه، واریانس نسبی و ضرایب متغیرها برای چهار مؤلفه اصلی در ژنوتیپ‌های جو زراعی در شرایط نرمال و تنش شوری در سال زراعی ۹۹-۹۸

Table 4. Eigen values, relative variance and coefficients of four principle components in barley genotypes under normal salt stress condition in 2019-2020 cropping season

Traits	صفات	مؤلفه ۱ Component 1	مؤلفه ۲ Component 2	مؤلفه ۳ Component 3	مؤلفه ۴ Component 4
Days to flowering(N)	روز تا گلدهی (نرمال)	0.260	0.449	-0.145	-0.037
Days to maturity(N)	روز تا رسیدن (نرمال)	0.227	0.462	-0.108	-0.061
Plant hight(N)	ارتفاع بوته (نرمال)	-0.201	0.192	-0.357	0.097
Grain yield(N)	عملکرد دانه (نرمال)	-0.337	0.221	0.255	0.194
Kernel weight(N)	وزن هزاردانه (نرمال)	-0.213	0.178	0.063	-0.553
Days to flowering(S)	روز تا گلدهی (تنش)	0.261	0.442	-0.127	-0.047
Days to maturity(S)	روز تا رسیدن (تنش)	0.065	0.342	0.276	-0.147
Plant hight(S)	ارتفاع بوته (تنش)	-0.150	0.161	-0.486	0.317
Grain yield(S)	عملکرد دانه (تنش)	-0.272	-0.066	-0.422	-0.167
Kernel weight(S)	وزن هزاردانه (تنش)	-0.222	0.018	0.034	-0.624
MP	میانگین عملکرد	-0.380	0.139	0.006	0.074
TOL	تحمل تنش	-0.180	0.263	0.508	0.295
GMP	میانگین هندسی عملکرد	-0.377	0.128	-0.026	0.054
STI	شاخص تحمل تنش	-0.377	0.130	-0.025	0.058
Eigenvalue	مقادیر ویژه	6.23	2.48	1.59	1.45
Percent of Variance	واریانس نسبی	44.566	17.727	11.397	10.42
Cumulative Percentage	واریانس تجمعی	44.566	62.29	73.68	84.11

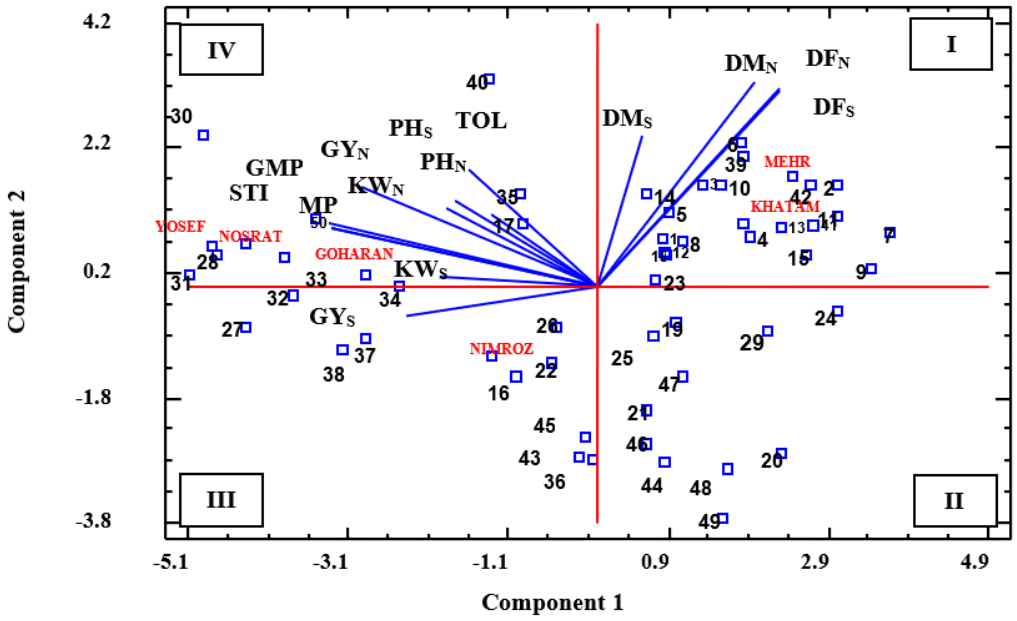
برتری داشته‌اند و نشان‌دهنده تحمل بالای آن‌ها نسبت به تنش شوری است زاویه تند میان بردارهای عملکرد در شرایط تنش و نرمال با شاخص تحمل تنش و نزدیکی این ژنوتیپ‌ها با بردارهای مذکور تائید کننده این نتیجه است. بر اساس نتایج مقایسه میانگین صفات زراعی عملکرد دانه و وزن هزاردانه (جدول ۳) ژنوتیپ شماره ۵۰ (TN5008) به همراه ارقام نصرت، یوسف و گوهران بالاترین میانگین عملکرد دانه را داشتند.

نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در ایستگاه تحقیقاتی بیرجند در جدول ۵ ارائه شده است. چهار مؤلفه که مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک داشتند درمجموع ۸۲/۵۰ درصد از واریانس صفات را توجیه می‌کنند. ۳۵/۵۱ درصد از این واریانس به مؤلفه اول اختصاص داشت و همانند سال زراعی قبل، بزرگ‌ترین ضرایب در این مؤلفه مربوط به MP، STI، GMP که ارتباط نزدیکی با شاخص تحمل تنش دارند و عملکرد دانه در شرایط نرمال، با علامت منفی بود (جدول ۵). مؤلفه دوم ۲۴/۵۹ درصد از واریانس موجود را ایجاد کرده و صفت عملکرد دانه در شرایط تنش شوری، در این مؤلفه نقش مهمی داشت. بزرگ‌ترین ضریب مربوط به مؤلفه سوم وزن هزاردانه است که ۱۳/۰۱ درصد از واریانس را به خود اختصاص داده است. مؤلفه چهارم ۹/۳۷ درصد واریانس ایجاد کرد و شاخص مهم تحمل تنش (TOL) مهم‌ترین عامل در این مؤلفه بود.

نمودار بای‌پلات مؤلفه‌های اصلی اول و دوم بر اساس صفات مورد ارزیابی و شاخص تحمل تنش در ژنوتیپ‌های جو زراعی در شرایط نرمال و تنش شوری (شکل ۳)، نشان می‌دهد که در سال دوم آزمایش، مشابه سال قبل صفات زراعی شامل عملکرد دانه در شرایط نرمال (GYN) و تنش (GYS) به همراه شاخص‌های تنش شامل MP، STI و GMP که دارای بیشترین ضریب در مؤلفه اول بودند، بردارهایی نزدیک به یکدیگر دارند و در ربع چهارم نمودار قرار گرفتند. این امر نشان می‌دهد که صفات عملکرد دانه و وزن هزاردانه در شرایط

نرمال و تنش ارتباط نزدیکی با تحمل به تنش شوری دارد این نتایج در تحقیقات محققین قبلی نیز گزارش شده است (Mansour et al., 2021). همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود برخی ژنوتیپ‌ها شامل ژنوتیپ شماره ۴۴(TN4904)، ۲۵(TN3477)، ۲۳(TN2470) و ۳۲(TN4104) به همراه ارقام شاهد نیمروز و مهر در این ربع نمودار قرارگرفته‌اند، لذا در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ این ژنوتیپ‌ها ازنظر صفات زراعی در شرایط تنش شوری و نرمال و شاخص‌های تنش نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برتری داشتند و تحمل بالاتری نسبت به تنش شوری نشان دادند. این در حالی است که بر اساس مقایسات میانگین صفت عملکرد دانه و وزن هزاردانه این ژنوتیپ‌ها میانگین بالایی نداشتند، لذا این نتایج اهمیت بررسی و ارزیابی جداگانه ژنوتیپ‌ها در سال‌های مختلف را نشان می‌دهد. درمجموع نتایج این دو سال زراعی نشان می‌دهد که برخی ژنوتیپ‌ها نظیر ژنوتیپ شماره ۴۱۰۴(۳۲) به همراه ارقام شاهد یوسف و گوهران از نظر صفات زراعی عملکرد دانه، وزن هزاردانه و شاخص‌های تنش در هر دو سال نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برتری داشته‌اند و نشان‌دهنده تحمل بالای آن‌ها نسبت به تنش شوری است.

در مطالعات ارزیابی تحمل به شوری در ژنوتیپ‌های مختلف از شاخص تحمل تنش به‌عنوان شاخص غربالگری سریع و راحت برای تحمل تنش شوری استفاده می‌شود (Tao et al., 2021; Javed et al., 2022). در این تحقیق نیز، شاخص تحمل تنش (STI) به‌عنوان شاخص اصلی برای غربالگری مورداستفاده قرار گرفت. پاسخ رشد گیاه نسبت به تنش شوری در مقاطع مختلف چرخه زندگی گیاه متفاوت است. مراحل رشدی حساس به تنش شوری عبارت‌اند از جوانه‌زنی، استقرار و گلدهی (Ashraf and Waheed, 1990; Flowers, 2004). معیارهای ارزیابی و غربالگری



شکل ۲. نمودار بای‌پلات دو مؤلفه اصلی برای صفات مورد ارزیابی و شاخص‌های تنش شوری در ژنوتیپ‌های جو در سال زراعی ۹۹-۹۸ (STI: شاخص تحمل تنش، GMP: میانگین هندسی عملکرد، MP: میانگین عملکرد، TOL: تحمل، GY_N: عملکرد دانه نرمال، PH_N: ارتفاع بوته نرمال، KW_N: وزن هزار دانه نرمال، DF_N: تعداد روز تا گلدهی نرمال، DM_N: تعداد روز تا رسیدن نرمال، GY_S: عملکرد دانه تنش، PH_S: ارتفاع بوته تنش، KW_S: وزن هزار دانه تنش، DF_S: تعداد روز تا گلدهی تنش، DM_S: تعداد روز تا رسیدن تنش، PH_S: ارتفاع بوته تنش)

Fig. 2. Bi-plot of first two principal components for characters and salt stress indices in cultivated barley genotypes in 2019-2020 cropping season (STI: stress tolerance index, GMP: geometric mean productivity, TOL:Tolerance, MP: Mean productivity, GY_N: normal grain yield, PH_N: normal plant height, KW_N: normal kernel weight, DF_N: normal days to flowering, DM_N: normal days to maturity, GY_S: stress grain yield, PH_S: stress plant height, KW_S: stress kernel weight, DF_S: stress days to flowering, DM_S: stress days to maturity, PH_S: stress plant height)

جدول ۵. مقادیر ویژه، واریانس نسبی و ضرایب متغیرها برای چهار مؤلفه اصلی در ژنوتیپ‌های جو زراعی در شرایط نرمال و تنش شوری در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹

Table 5. Eigen values, relative variance and coefficients of four principle components in barley genotypes under normal salt stress condition in 2020-2021 cropping season

Traits	صفات	مؤلفه ۱ Component 1	مؤلفه ۲ Component 2	مؤلفه ۳ Component 3	مؤلفه ۴ Component 4
Days to flowering(N)	روز تا گلدهی (نرمال)	0.218	0.352	-0.055	0.225
Days to maturity(N)	روز تا رسیدن (نرمال)	0.146	0.360	-0.111	0.205
Plant hight(N)	ارتفاع بوته (نرمال)	-0.287	-0.048	0.144	0.021
Grain yield(N)	عملکرد دانه (نرمال)	-0.391	0.010	-0.052	0.393
Kernel weight(N)	وزن هزاردانه (نرمال)	-0.053	-0.167	0.656	0.119
Days to flowering(S)	روز تا گلدهی (تنش)	0.246	0.382	0.068	0.206
Days to maturity(S)	روز تا رسیدن (تنش)	0.210	0.318	0.124	0.377
Plant hight(S)	ارتفاع بوته (تنش)	-0.256	-0.090	-0.137	-0.004
Grain yield(S)	عملکرد دانه (تنش)	-0.180	0.404	0.165	-0.408
Kernel weight(S)	وزن هزاردانه (تنش)	0.106	-0.083	0.655	0.112
MP	میانگین عملکرد	-0.398	0.223	0.047	0.085
TOL	تحمل تنش	-0.236	-0.238	-0.148	0.597
GMP	میانگین هندسی عملکرد	-0.362	0.303	0.077	-0.067
STI	شاخص تحمل تنش	-0.362	0.299	0.059	-0.057
Eigenvalue	مقادیر ویژه	4.97	3.44	1.82	1.31
Percent of Variance	واریانس نسبی	35.51	24.59	13.01	9.37
Cumulative Percentage	واریانس تجمعی	35.51	60.11	73.13	82.50

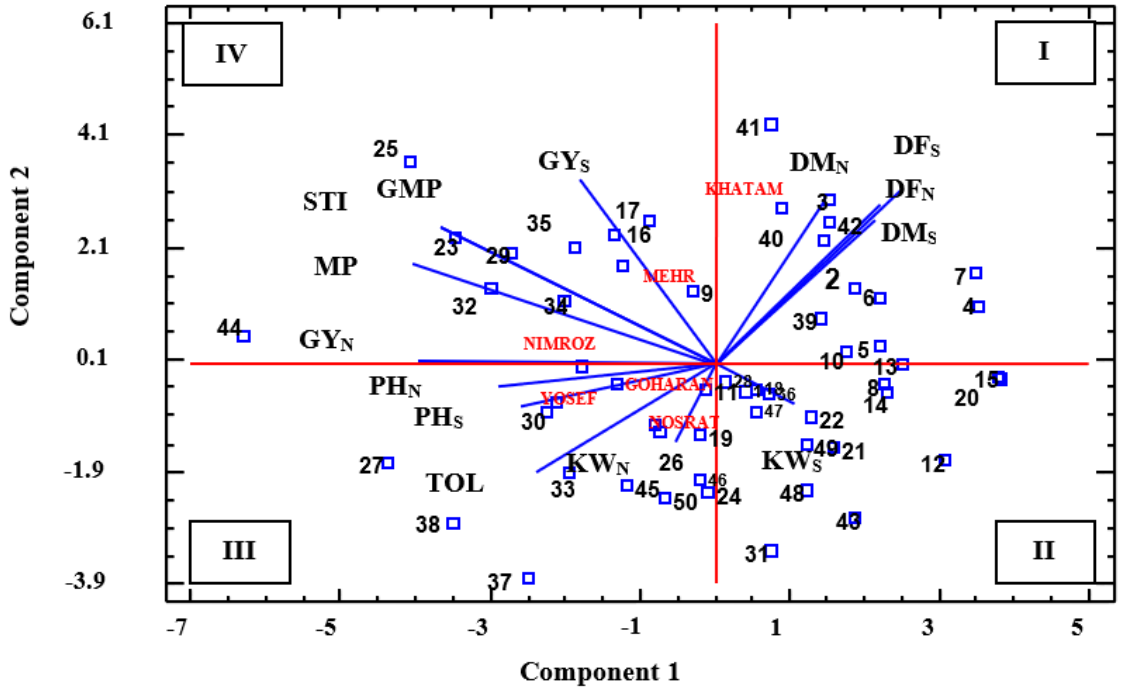
تحمل به شوری در گیاهان زراعی بسته به سطح و مدت تنش شوری و مرحله رشد گیاه متفاوت است (Neumann, 1997). به‌طورکلی، تحمل به تنش شوری بر اساس تولید زیست‌توده یا عملکرد در مقایسه با شرایط بدون تنش ارزیابی می‌شود. محاسبه شاخص شدت تنش (SI) در دو سال آزمایش نشان داد این شاخص در سال زراعی ۹۹-۹۸، ۰/۲۰ بود و در سال زراعی ۱۴۰۰-۹۹ این شاخص ۰/۳۹ برآورد شد لذا به نظر می‌رسد شدت تنش در سال دوم آزمایش بیشتر بود. تحقیقات قبلی نشان داده است در شرایط شوری کم تا متوسط، ظرفیت تولید ژنوتیپ اغلب مناسب‌ترین معیار است، درحالی‌که در سطوح شوری نسبتاً بالا توانایی بقا اغلب استفاده می‌شود (Epstein et al., 1980). لذا بر اساس محاسبه شاخص شدت تنش در این آزمایش، شدت تنش در محدوده مناسبی برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر بود.

نتیجه‌گیری نهایی

تجزیه مرکب صفات فنولوژیک، مورفولوژیک و زراعی شامل روز تا گلدهی، روز تا رسیدن، ارتفاع بوته، وزن هزاردانه و عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های جو در دو سال زراعی و دو شرایط نرمال و تنش شوری نشان داد که اثر متقابل سال و تنش شوری و ژنوتیپ در صفات معنی‌دار است. این امر نشان داد که در سال‌های مختلف و شرایط مختلف شوری، واکنش ژنوتیپ‌ها متفاوت بود، لذا نتایج در سال‌های مختلف به‌طور جداگانه موردبررسی و تحلیل قرار گرفت.

در سال اول آزمایش، ژنوتیپ‌های شماره ۳۱(TN4006)، ۳۰(TN3947)، ۵۰(TN5008) و ۲۸(TN3646) به همراه ارقام شاهد یوسف، نصرت و گوهران، از نظر صفات زراعی و شاخص‌های تنش نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برتری داشتند. درحالی‌که در سال دوم ژنوتیپ‌های برتر، ژنوتیپ‌های شماره ۴۴(TN4904)، ۲۵(TN3477)، ۲۳ (TN3470) و ۳۲(TN4104) به همراه ارقام شاهد نیمروز و مهر بودند.

اطلاعات مربوط به روند تغییرات دما و بارندگی در ماه‌های مختلف دو سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ و ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در بیرجند نشان داد که میزان بارندگی در سال اول آزمایش به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای بیشتر بود. این امر علاوه بر کاهش میزان شوری خاک از طریق آبشویی با تعدیل دما میزان تبخیر و تعرق را کاهش داده و از شدت تنش شوری می‌کاهد. لذا به نظر می‌رسد میزان تنش شوری در سال اول ملایم‌تر و در سال دوم شدیدتر بود و این امر در شاخص شدت تنش نیز مشاهده گردید. بر این اساس تفاوت نتایج در دو سال آزمایش قابل توجیه است به‌عبارت‌دیگر در سال اول ژنوتیپ‌های متحمل در تنش ملایم و در سال دوم ژنوتیپ‌های متحمل در تنش شدید معرفی گردید. درمجموع این نتایج نشان داد که تغییرات اقلیمی در سال‌های مختلف تأثیر زیادی بر واکنش ژنوتیپ‌ها نسبت به تنش شوری دارد.



شکل ۳. نمودار بای‌پلات دو مؤلفه اصلی برای صفات مورد ارزیابی و شاخص‌های تنش شوری در ژنوتیپ‌های جو در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ (STI: شاخص تحمل تنش، GMP: میانگین هندسی عملکرد، MP: میانگین عملکرد، TOL: تحمل، GY_N: عملکرد دانه نرمال، PH_N: ارتفاع بوته نرمال، KW_N: وزن هزار دانه نرمال، DF_N: تعداد روز تا گلدهی نرمال، DM_N: تعداد روز تا رسیدن نرمال، PH_N: ارتفاع بوته نرمال، GY_S: عملکرد دانه تنش، PH_S: ارتفاع بوته تنش، KW_S: وزن هزار دانه تنش، DF_S: تعداد روز تا گلدهی تنش، DM_S: تعداد روز تا رسیدن تنش، PH_S: ارتفاع بوته تنش)

Fig. 3. Bi-plot of first two principal components for characters and salt stress indices in cultivated barley genotypes in 2020-2021 cropping season (STI: stress tolerance index, GMP: geometric mean productivity, TOL:Tolerance, MP: Mean productivity, GY_N: normal grain yield, PH_N: normal plant height, KW_N: normal kernel weight, DF_N: normal days to flowering, DM_N: normal days to maturity, GY_S: stress grain yield, PH_S: stress plant height, KW_S: stress kernel weight, DF_S: stress days to flowering, DM_S: stress days to maturity, PH_S: stress plant height)

منابع

Ali, M. R., Uddin, M. Sh., Ara Bagum, Sh., 2007. Identification of salt tolerant barley genotypes for coastal region of Bangladesh. Bangladesh Journal of Botany, 36, 151-155. https://doi.org/10.3329/bjb.v36i2.1504

Ashraf, M., Waheed, A., 1990. Screening of local/exotic accessions of lentil (*Lens culinaris* Medic) for salt tolerance at two growth stages. Plant and Soil. 128,167–176. https://doi.org/10.1007/BF00011106

Al-Menale, H. S., Calingari, P. D., Forster, B. P., 2005. Development of salt tolerant barley for sustainable agriculture in Kuwait. Options Mediterraneennes, series A. 81, 369-372.

Bagcı, S., Ekiz, H., Yilmaz, A., 2003. Determination of the salt tolerance of some barley genotypes and the characteristics affecting tolerance. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 27, 253-260.

Barrett-Lennard, E.G., Anderson, G.C., Holmes, K.W., Sinnott, A., 2016. High soil sodicity and alkalinity cause transient salinity in south-western Australia. Soil Research. 54, 407–417. https://doi.org/10.1071/SR15052

Demiral, M.A., Aydin, M., Yorulmax. A., 2005. Effect of salinity on growth chemical composition and anti-oxidative enzyme activity of two malting barley cultivars. Turkish Journal of Biology. 29, 117-123.

Epstein, E., Norlyn, J.D., Rush, D.W., Kingsbury, R.W., Kelly, D.B., Cunningham, G.A., Wrona, A.F., 1980. Saline culture of crops: a genetic approach. Science. 210,399–404. https://doi.org/10.1126/science.210.4468.399

FAO. 2015. Extent of salt-affected soils. https://www.fao.org/soils-portal/soil-management/management-of-some-problem-soils/salt-affected-soils/more-information-on-salt-affected-soils/en/

Flowers, T.J., 2004. Improving crop salt tolerance. Journal of Experimental Botany. 55, 307–319.https://doi.org/10.1093/jxb/erh003

Firoozi, B., Sofalian, O., Shokrpour, M., Rasoulzadeh, A., Ahmadpoor, F., 2013. Evaluation of spring wheat genotypes using drought tolerance indices and principle component analysis. Environmental Stresses in Crop Sciences.5, 99-113. [In Persian with English summery]. https://doi.org/10.22077/escs.2013.118

Fischer, A. A., Maurer, R., 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars: I. Grain yield responses. Australian Journal of Agricultural Research. 29, 894-912. https://doi.org/10.1071/AR9780897

Ghasemi, F., Jakeman, A.J., Nix, H.A., 1995. Salinization of land and water resources: human causes, extent, management and case studies. UNSW press, CAB International, Sydney, Wallingford.

Hillel, D., 2000. Salinity management for sustainable irrigation: integrity science, environment and economics. The world Bank. Washington DC. https://doi.org/10.1596/0-8213-4773-X

Javed, M.M., Al-Doss, A.A., Tahir, M.U., Khan, M.A., El-Hendawy, S., 2022. Assessing the suitability of selection approaches and genetic diversity analysis for early detection of salt tolerance of barley genotypes. Agronomy. 12, 3217.

Khodadadi, M., Dehghani, H., Jalali Javaran, M., 2017. Quantitative genetic analysis reveals potential to genetically improve Fruit Yield and Drought Resistance Simultaneously in Coriander. Frontiers in Plant Science. 8, 568. https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00568

Mansour, E., Moustafa, E.S.A., Abdul-Hamid, M.I.E., Ash-shormillesy, S.M.A.I., Merwad, A.M.A., Wafa, H. A., Igartua, E., 2021.Field responses of barley genotypes across a salinity gradient in an arid Mediterranean environment. Agricultural Water Management. 258, 107206. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107206

Neumann, P., 1997. Salinity resistance and plant growth revisited. Plant, Cell and Environment. 20, 1193–1198. https://doi.org/10.1046/j.13653040.1997.d01-139.x

Peck, A.J., Hatton, T., 2003. Salinity and the discharge of salts from catchments in Australia. Journal of Hydrology. 272, 191–202. https://doi.org/10.1016/S00221694(02)00264-0

Rengasamy, P., 2002. Transient salinity and subsoil constraints to dryland farming in Australian sodic soils: an overview. Australian Journal of Experimental Agriculture. 42, 351–361. https://doi.org/10.1071/EA01111

Shekari, F., Karimi. A., 2000. Tolerance of barley cultivar at the germination to different concentration of anions is saline soils of Tabriz pLain. Agronomy Journal. 86, 232-236. [In Persian with English summery].

Shahmoradi, Sh., Tabatabaie, S. A., Pouresmaeil, M., 2018. Analysis and classification of salt tolerance in native barley (*Hordeum vulgare* L.) germplasm of Iran. Iranian Journal of Crop Science. 19, 319-333. [In Persian with English summery]. https://dorl.net/dor/20.1001.1.15625540.1396.19.4.4.6

Shahmoradi, S., Ghotbi, V., 2022. Evaluation of of Iranian rye (*Secale cereale* L.) ecotypes under late season drought stress. Environmental Stresses in Crop Sciences. 15, 19-29. [In Persian with English summery]. https://doi.org/10.22077/escs.2020.3507.1867

Tao, R., Ding, J., Li, C., Zhu, X., Guo, W., Zhu, M., 2021. Evaluating and screening of agro-physiological indices for salinity stress tolerance in wheat at the seedling stage. Frontiers in Plant Science. 12, 646175. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.646175