Iranian Journal of Seed Research, 2024, 11(1): 129-144

Research Article

Salinity stress tolerance in Iranian spring wheat cultivars during germination

Ronak Talebi Qormik [1], Hadi Alipour [2,*], Reza Darvishzadeh [3]

Extended abstract

Introduction: The germination stage in plants, including wheat, is an extremely susceptible stage to biotic and abiotic stresses. Plant establishment the in the early stages of growth, especially in the germination stage, is always notably important. Salinity stress is one of the abiotic stresses that cause much damage annually, especially in arid and semi-arid regions. Therefore, identification and use of cultivars tolerant to salinity stress is one of the effective ways to reduce the negative effects of salinity stress.

Materials and Methods: In the present study, response of 64 spring wheat cultivars during the germination stage at two levels of salinity stress (zero as a control and 12 dS/m of sodium chloride) was investigated in the form of a simple lattice design with two replications at the Genetics Laboratory of the Faculty of Agriculture, Urmia University. During seven days, germination percentage, germination index, germination rate, germination energy, seedling vigor, mean germination time, and mean germination rate, and after the seventh day, seedling length, shoot length, root length, ratio of shoot length to root length, seedling fresh weight, and seedling dry weight were measured.

Results: Among the studied cultivars, a statistically significant difference was observed at the probability level of 1% in terms of all traits including radicle length, shoot length, seedling length, fresh weight, dry weight, radicle to shoot length ratio, germination index, germination rate, germination energy, germination percentage, seedling vigor, mean germination time, and mean germination rate. Based on the results of factor analysis, under both normal conditions and salinity stress, the studied traits were grouped into four main factors, and these four factors explained 92.74% of the changes under normal and 93.85% under salinity stress conditions. Using cluster analysis, cultivars were grouped into three and two clusters under normal and salinity stress conditions, respectively.

Conclusions: Based on the results of bi-plot obtained from factor and cluster analyses, the cultivars Moghan 2, Bistun, Akbari, Moghan 3, Dastjardi, Marvdasht, Gahar, and Mahdavi are the preferred cultivars and the cultivars Darya, Bam, Tajan, Sistan, Frontana, Kavir, and Afogh were introduced as undesirable cultivars in terms of the traits measured in this experiment, which can be used in breeding projects.

Keywords: ***Bread wheat, Germination, Multivariate analysis, Salinity stress***

***Highlights*:**

1. A great diversity was observed among Iranian spring wheat cultivars in terms of salt tolerance during germination.
2. Mahdavi, Dastjardi, Bistun, Akbari, Moghan 2, Moghan 3, Gahar, and Marvdasht were identified as salt-tolerant cultivars during germination.

[1] Ph.D. student, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
[2] Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
[3] Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.

*Corresponding author, E-mail: ha.alipour@urmia.ac.ir

Received: 26.3.2024; Revised: 15.8.2024;
Accepted: 28.8.2024; Online Published: 21.9.2024

DOI: 10.61186/yujs.11.1.129

ISSN: 2383-1480 (On-Line); 2383-1251 (Print)

Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

پژوهش‌های بذر ایران/ سال یازدهم/ شماره اول/ ۱۴۰۳/ صفحات: ۱۴۴-۱۲۹

مقاله پژوهشی

تحمل تنش شوری در ارقام گندم بهاره ایران در مرحله جوانه‌زنی

روناک طالبی قورمیک [۱]، هادی علی‌پور[۲*]، رضا درویش‌زاده [۳]

چکیده مبسوط

مقدمه: مرحله جوانه‌زنی در گیاهان از جمله گندم مرحله‌ای بسیار حساس به تنش‌های زیستی و غیر زیستی می‌باشد. استقرار گیاه در مراحل اولیه رشد بویژه در مرحله جوانه‌زنی همواره از اهمیت بسزایی برخوردار است. تنش شوری یکی از تنش‌های غیر زیستی است که هر ساله منجر به خسارات بسیاری به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک می‌شود. بنابراین شناسایی و استفاده از ارقام متحمل به تنش شوری یکی از راه‌های مؤثر در کاهش اثرات منفی تنش شوری است.

مواد و روش‌ها: در پژوهش حاضر عکس‌العمل ۶۴ رقم گندم بهاره در مرحله جوانه‌زنی به دو سطح تنش شوری (بدون تنش به عنوان شاهد و تنش شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر نمک کلرید سدیم) با دو تکرار در قالب طرح لاتیس ساده در آزمایشگاه ژنتیک دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه بررسی شد. در طی هفت روز صفات درصد جوانه‌زنی، شاخص جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، انرژی جوانه‌زنی، بنیه بذر، میانگین زمان جوانه‌زنی و میانگین سرعت جوانه‌زنی و بعد از روز هفتم صفات طول گیاهچه، طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، نسبت طول ساقه‌چه به طول ریشه‌چه، وزن تر گیاهچه و وزن خشک گیاهچه اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: بین ارقام مورد مطالعه از نظر تمامی صفات شامل طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول گیاهچه، وزن تر و خشک گیاهچه، نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه، شاخص جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، انرژی جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی، بنیه بذر، میانگین زمان جوانه‌زنی و میانگین سرعت جوانه‌زنی تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد. برپایه تجزیه به عامل‌ها، در هر دو شرایط طبیعی و تنش شوری، صفات مورد بررسی در چهار عامل اصلی گروه‌بندی شدند که این چهار عامل در شرایط طبیعی ۹۲/۷۴ درصد و در شرایط تنش شوری ۹۳/۸۵ درصد از تغییرات کل را توجیه نمودند. با استفاده از تجزیه خوشه‌ای، ارقام در شرایط طبیعی و تنش شوری به ترتیب در سه و دو خوشه گروه‌بندی شدند.

نتیجه‌گیری: براساس نتایج بای‌پلات حاصل از تجزیه به عامل‌ها و تجزیه خوشه‌ای، ارقام مغان ۲، بیستون، اکبری، مغان ۳، دستجردی، مرودشت، گهر و مهدوی بعنوان ارقام مطلوب و ارقام دریا، بم، تجن، سیستان، فرونتانا، کویر و افق بعنوان ارقام نامطلوب از نظر صفات مورد اندازه‌گیری در این آزمایش، معرفی شدند که می‌توانند در پروژه‌های به‌نژادی مورد استفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه‌های چندمتغیره، تنش شوری، جوانه‌زنی، گندم نان

جنبه‌های نوآوری:

۱- تنوع بالایی از نظر تحمل تنش شوری در بین ارقام گندم بهاره ایرانی در مرحله جوانه زنی مشاهده گردید.

۲- ارقام مهدوی، دستجردی، بیستون، اکبری، مغان ۲، مغان ۳، گهر و مرودشت به عنوان ارقام متحمل به تنش شوری در مرحله جوانه زنی شناسایی شدند.

[۱] دانشجوی دکتری، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

[۲] دانشیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

[۳] استاد، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

*رایانامه نویسنده مسئول: ha.alipour@urmia.ac.ir

DOI: 10.61186/yujs.11.1.129

شاپا: ۲۳۸۳-۱۴۸۰ (برخط)؛ ۲۳۸۳-۱۲۵۱ (چاپی)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱/۷؛ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۵/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۶/۷؛ تاریخ انتشار برخط: ۱۴۰۳/۶/۳۱

مقدمه

تنش شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزنده است که عملکرد محصولات زراعی را تحت تاثیر قرار می‌دهد (تائو[1]و همکاران، ۲۰۲۱). بطور تقریبی ۶ درصد از کل اراضی جهان (حدود ۱۱۲۵ میلیون هکتار) (حسین[2]، ۲۰۱۹) و ۲۰ درصد از زمین‌های آبی تحت تاثیر شوری قرار دارند (غنیم[3] و همکاران، ۲۰۲۱). منبع اولیه شوری هوازدگی سنگ مادری است که موجب آزاد سازی نمک‌های مختلف از جمله کلرید سدیم، کلسیم و منیزیم می‌شود (پریهر[4]و همکاران ، ۲۰۱۵). تغییرات اقلیمی، مدیریت ناصحیح آبیاری به ویژه در مناطق گرم و خشک رخداد تنش شوری را تسریع و تشدید می‌کند. هر ساله به دلایل طبیعی و همچنین فعالیت‌های انسانی و عوامل مرتبط با آن، حدود ۱۰ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی در اثر تجمع نمک از بین می‌رود (تائو و همکاران، ۲۰۲۱).

گندم به دلایلی از جمله سابقه کشت طولانی، اهمیت تغذیه‌ای و سازگاری ژنوتیپ‌ها نسبت به شرایط محیطی، بیشترین سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده است (سفری و مهرابی[5]، ۲۰۲۰). در همین راستا، بررسی‌های نامور[6]و همکاران (۲۰۱۸) نشان داد تحمل نسبت به تنش شوری در میان جنس و گونه‌های مختلف و حتی ژنوتیپ‌ها در داخل یک گونه متفاوت است.

گیاهان در مراحل ابتدایی رشد در مقایسه با سایر مراحل، نسبت به تنش‌های محیطی از جمله تنش شوری حساس‌تر می‌باشند (ویبوتی[7]و همکاران، ۲۰۱۵). میزان بالای یون‌های سدیم و کلر با ایجاد اختلال در جذب عناصر غذایی از جمله کلسیم و پتاسیم و به دنبال آن ایجاد سمیت در گیاه، اثرات منفی روی رشد و نمو گیاه، بخصوص مرحله جوانه‌زنی دارند (ریاحی[8]و همکاران، ۲۰۲۰). مطالعات نشان داده است با افزایش میزان شوری، کاهش معنی‌داری در صفات مختلف از جمله طول ساقه‌چه و ریشه‌چه، وزن خشک گیاهچه و نسبت طول/وزن ساقه‌چه به ریشه‌چه مشاهده می‌شود (فاضلی‌نسب[9]و همکاران، ۲۰۲۳؛ مرادی[10]و همکاران، ۲۰۱۸). همچنین مشخص شده است با افزایش میزان شوری، درصد و سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد. ترکیب و غلظت نمک و مرحله رشدی گیاه از جمله عواملی هستند که بر میزان جوانه‌زنی و رشد گیاه مؤثراند (نامور و همکاران، ۲۰۱۸). در اثر تنش شوری، سرعت و درصد جوانه‌زنی، رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه کاهش می‌یابد (مرادی و پیری[11]، ۲۰۱۸؛ بگوم[12]، ۱۹۹۶) و این امر منجر به استقرار گیاهچه‌های ضعیف و مرگ آن‌ها می‌گردد (خان[13]و همکاران، ۲۰۰۰).

کاهش رشد و نمو گندم در مرحله جوانه‌زنی تحت تنش شوری باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود، چرا که افزایش میزان سدیم باعث ایجاد سمیت و اختلال در عملکرد برگ می‌شود (قلی‌زاده[14]و همکاران، ۲۰۱۸). شوری در گندم باعث کاهش تعداد دانه در سنبله و سنبلچه، تعداد پنجه، ارتفاع بوته، عملکرد دانه، عملکرد زیستی، شاخص برداشت، محتوای نسبی آب برگ (سائرام[15]و همکاران، ۲۰۰۲) و تولید گونه‌های فعال اکسیژن[16] می‌شود (لئو و لیو[17]، ۲۰۱۱). از آنجایی که مرحله جوانه‌زنی، تداوم، استقرار و عملکرد در گیاهان زراعی را تحت تاثیر قرار می‌دهد، اصلاح این صفت بویژه در مناطقی که شرایط محیطی مناسبی ندارند، بسیار حائز اهمیت است (علی‌قلی‌زاده مقدم[18]و همکاران، ۲۰۲۱). در حقیقت یکی از مؤثرترین راهکارها برای به حداقل رساندن اثرات منفی تنش شوری، افزایش قدرت تحمل گیاهان نسبت به تنش شوری می‌باشد. با وجود مطالعات فراوان، تاکنون موفقیت زیادی در تولید ارقام

[1] Tao
[2] Hossain
[3] Ghonaim
[4] Parihar
[5] Safari and Mehrabi
[6] Namvar
[7] Vibhuti
[8] Riahi
[9] Fazeli-Nasab
[10] Moradi
[11] Piri
[12] Begum
[13] Khan
[14] Gholizadeh
[15] Sairam
[16] ROS
[17] Lue and liu
[18] Aligholizadeh Moghaddam

متحمل به شوری حاصل نشده است (تائو و همکاران، ۲۰۲۱). بنابراین لازم است مطالعات بیشتری بر در ارتباط با تنش شوری در مراحل مختلف رشدی گیاهان انجام شود. مطالعه حاضر به منظور شناسایی ارقام متحمل به تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی براساس صفات و شاخص‌های جوانه‌زنی با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی اثر تنش شوری بر جوانه‌زنی ۶۴ رقم گندم بهاره ایرانی که از بخش تحقیقات غلات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در کرج تهیه شدند، آزمایشی در قالب طرح لاتیس ساده تحت شرایط طبیعی و تنش شوری (۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) از منبع کلرید سدیم، بصورت جداگانه در آزمایشگاه ژنتیک دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه اجرا گردید. مشخصات و شجره ارقام مورد استفاده در جدول ۱ ارائه شده است. در ابتدا تعداد ۲۵ بذر از هر رقم بصورت جداگانه با هیپوکلریت سدیم ضدعفونی شدند. سپس بذرهای هر رقم داخل پتری روی کاغذ صافی قرار داده شد. شوری با حل کردن مقدار مشخصی نمک کلرید سدیم و اندازه‌گیری با EC متر تهیه و به مقدار ۸ میلی-لیتر به هر یک از پتری‌ها اضافه گردید. در شرایط طبیعی، صرفاً آب مقطر به پتری‌ها اضافه شد. سپس پتری‌های حاوی بذرها در داخل ژرمیناتور با درجه حرارت ۲۵ درجه سلسیوس با تناوب نوری ۸ ساعت روشنایی و ۱۶ ساعت تاریکی قرار داده شدند. شمارش بذرهای جوانه زده به مدت هفت روز، بصورت روزانه در ساعت مشخصی انجام شد.

در پایان آزمایش به منظور اندازه‌گیری طول گیاهچه (PL)، طول ساقه‌چه (SL)، طول ریشه‌چه (RL)، نسبت طول ساقه‌چه به طول ریشه‌چه (SL/RL) وزن تر گیاهچه (WW)، وزن خشک گیاهچه (DW)، درصد جوانه‌زنی (GP)، شاخص جوانه‌زنی (GI)، سرعت جوانه‌زنی (GR)، انرژی جوانه‌زنی (GE)، بنیه بذر (SV)، میانگین زمان جوانه‌زنی (MGT) و میانگین سرعت جوانه‌زنی (MGR)، جوانه‌ها از پتری خارج و صفات مورد نظر اندازه‌گیری شدند. درنهایت برای اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌های مورد نظر به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند.

آزمون طبیعی بودن توزیع خطاها با استفاده از PROC UNIVARIATE و تجزیه واریانس با PROC GLM در نرم‌افزار SAS 9.4 انجام شد. مقایسه میانگین‌ها بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. برای محاسبه همبستگی از PROC CORR و تجزیه به عامل‌ها از PROC FACTOR استفاده شد. گروه‌بندی ارقام با استفاده از پکیج gplots در نرم‌افزار R 4.1.0 انجام شد. ترسیم نمودارهای بای پلات در پکیج factoextra در نرم افزار R انجام شده است. همچنین تجزیه خوشه‌ای در پکیج ggplot2 در نرم‌افزار R 4.1.0 انجام شد.

نتایج و بحث

با توجه به عدم سودمندی طرح لاتیس ساده نسبت به طرح کاملاً تصادفی، تجزیه واریانس داده‌ها براساس طرح کاملاً تصادفی انجام شد. براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، اختلاف آماری معنی‌داری بین ارقام مورد بررسی از نظر صفات طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول گیاهچه، وزن تر و خشک، نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه، شاخص و سرعت جوانه‌زنی، درصد و انرژی جوانه‌زنی، بنیه بذر و میانگین سرعت و زمان جوانه‌زنی در سطح احتمال ۱ درصد در هر دو شرایط طبیعی و تنش شوری مشاهده شد که با نتایج سایر محققین مطابقت داشت (ریاحی[1] و همکاران، ۲۰۲۰؛ قوامی[2] و همکاران، ۲۰۰۴؛ نامور[3] و همکاران، ۲۰۱۸؛ اوزیر[4] و همکاران، ۲۰۲۲؛ رجبی دهنوی[5] و همکاران، ۲۰۲۰).

[1] Riahi
[2] Ghavami
[3] Namvar
[4] Uziar
[5] Rajabi Dehnavi

جدول ۱- مشخصات ارقام گندم بهاره ایرانی مورد استفاده در آزمایش

Table 1. Characteristics of Iranian spring wheat cultivars used in this study

سال	نام رقم	مبدا	شجره
Year	**Variety Name**	**Origin**	**Pedigree**
1951	4820	Landrace	
1976	ADL	Cross made in the country, one CIMMYT parent	TK/SHAHPASSAND
2010	AFLAK	CIMMYT advanced line	HD160/5/Tob/Cno/23854/3/Nai60//Tit/Son64/4/LR/Son64
2006	AKBARI	Cross made in the country, no CIMMYT parents	1-63-31/3/12300/TOB//CNO67/SX
1978	ALBORZ	CIMMYT segregating line or population	FN/MD//K117A/3/2*CLLF/4/SON64/KLRE/3/CNO//LR64*2/SON64
2006	ARTA	Cross made in the country, no CIMMYT parents	HD2206/Hork//Bul/6/CMH80A.253/2/M2A/CML//Ald*4/5/BH1146/H56.71//BH1146/3 /CMH78.390/4/Seri 82/7/Hel/3*Cno79/7/2*Seri 82
1976	BAYAT	Cross made in another country, one CIMMYT parent	PUNJAB-76/CHENAB-70
1980	BISTON	Cross made in another country, one CIMMYT parent	9-36/592/PIEVE or 9-36-562/PIAVE
1997	CHAMRAN	CIMMYT advanced line	ND/VG9144//KAL/BB/3/YACO/4/VEE#5
2013	CHAMRAN2	CIMMYT advanced line	Attila 50Y//Attila/Bacanora
1980	DARAB1	Cross made in the country, one CIMMYT parent	RSH/IRN 149(60-61)//C271
1995	DARAB2	CIMMYT advanced line	MAYA'S'/NAC
1960	DASTJERDI	Landrace	DASTJERDI
1968	DEYHEM	Landrace	DIADEM/ITALIAI
---	DN11	Unknown	
1990	FALAT	CIMMYT segregating line or population	KVZ/BUHO//KAL/BB
---	FONG	Unknown	
---	FRONTANA	Unknown	
1996	GAHAR	CIMMYT advanced line	ND/VG9144//KAL/BB/3/YACO'S'/4/VEE#5
1988	GHODS	Cross made in the country, one CIMMYT parent	RHS/5/WT/4/NOR10/K54*2//FN/3/PTR/6/OMID//KAL/BB
1986	GOLESTAN	CIMMYT segregating line or population	D6301/NAI60//WRM/3/CNO*2/CHR
2011	KARIM	International line of unknown origin	Triticum aestivum/Sprw “s”//CA8055/3/Baconora88
1980	KAVEH	CIMMYT segregating line or population	FTA/PL
1974	KHAZAR	CIMMYT segregating line or population	P4160//SN64/LR64
2002	KOOHDASHT	CIMMYT advanced line	BB/RON//CNO67/TOTA/3/JAR
1995	MAHDAVI	Cross made in the country, one CIMMYT parent	TI/PCH/5/MT48/3/WTE*3/NAR59/TOTA63/4/MUS
1991	MAROON	Cross made in the country, one CIMMYT parent	AVD/PCHU/5/N10/BR21.1C//KT54B/3/NAR59/1093/4/7C
1974	MOGHAN1	Cross made in the country, one CIMMYT parent	LR/N10B/3*ANE
1974	MOGHAN2	CIMMYT segregating line or population	LR64A/HUAR
2006	MOGHAN3	Cross made in the country, no CIMMYT parents	Luan/3/V763.23/V879.c8//Pvn/4/Picus/5/Opata
2009	MORVARID	CIMMYT advanced line	MILAN/SHANGHAI-7
1978	NAZ	CIMMYT advanced line	II12300//LR64A/8156/3/NOR
2006	NEISHABOUR	Cross made in the country, no CIMMYT parents	1-63-31/3/12300/TOB//CNO67/SX
1995	NICKNEJAD	CIMMYT segregating line or population	F134-71/CROW'S'
2012	OFOGH	Cross made in the country, one CIMMYT parent	GF-gy54/Attila
1968	PANJAMO	International line of unknown origin	
2008	PISHGAM	Cross made in the country, no CIMMYT parents	Bkt/90Zhong87
2014	QABOUS	Unknown	Dryland Agricultural Research Institute
1942	REYHANI	Landrace	RAYHANI
2012	SIRVAN	Cross made in the country, two CIMMYT parents	PRL/2*PASTOR
2006	SISTAN	Cross made in the country, no CIMMYT parents	Bank"s"/Veery"s"
1969	TOUBARI	International line of unknown origin	
1997	VEE/NAC	Unknown	Veery/Nacozari or Veery#5/NacozariF76
---	SHANGHAI	Unknown	
1969	INIA	CIMMYT advanced line	LR64/SN64
1974	ARVAND	Cross made in the country, one CIMMYT parent	RSH/3/MTA//KY/MAYO58
1960	ROSHAN	Landrace	Landrace
2006	DARYA	Cross made in the country, no CIMMYT parents	Sha4/Chil
1995	ATRAK	CIMMYT advanced line	JUP/BJY'S'//URES
2007	BAHAR	International line of unknown origin	HD2172/3/BB/2*7C//Y50E/3*KAL
2006	SEPAHAN	Cross made in the country, no CIMMYT parents	AZADI/5/L2453/1347/4/KAL//BB/KAL/3/Y50E/3*KAL
2006	BAM	Cross made in the country, no CIMMYT parents	VEE#5/NAC//1-66-22 or VEERY/NACOZARI-76//1-66-22
2002	SHIRAZ	Cross made in the country, one CIMMYT parent	GV/D6301//ALD/3/AZADI or GAVILAN,MEX/D-630//(SIB)ALONDRA/3/AZADI or ALVAND//ALDAN/IAS-58
2002	PISHTAZ	Cross made in the country, one CIMMYT parent	ALVAND//ALDAN/IAS 58
2002	HAMOON	Cross made in the country, one CIMMYT parent	FALAT/RSH
2002	DEZ	CIMMYT advanced line	KAUZ*2/OPATA//KAUZ
1997	SHIROODI	CIMMYT advanced line	ND/VG9144//KAL/BB/3/YACO/4/VEE#5
1999	MARVDASHT	Cross made in the country, one CIMMYT parent	HD2172/BLOUDAN//AZADI
1996	ZAGROS	CIMMYT advanced line	TAN'S'/VEE'S'//OPATA
1995	TAJAN	CIMMYT advanced line	BOW/NKT
1995	ALVAND	Cross made in the country, two CIMMYT parents	1-27-6275/CF 1770 or CF17170 1-22-11
1997	KAVIR	Cross made in the country, one CIMMYT parent	Stm/3/Kal//V543/Jit716 or SHORTIM/3/KALYANSONA//V-534/JIT-716
2009	PARSI	Cross made in the country, one CIMMYT parent	Dove"S"/Buc"S"//2*Darab1 or DOVE(SIB)/(SIB)BUCKBUCK(M-84-17)//2*DARAB
2009	SIVAND	Cross made in the country, no CIMMYT parents	Kauz"S"/Azd or KAUZ(SIB)/(AZD)AZADI

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مرتبط با جوانه‌زنی در ارقام بهاره گندم ایرانی تحت شرایط طبیعی و تنش شوری

Table 2. Analysis of variance for germination traits in Iranian spring wheat cultivars under normal and salinity stress conditions

شرایط conditions	صفات traits	میانگین مربعات (MS) رقم Variety	اشتباه آزمایشی Error	درصد ضریب تغییرات (CV٪)	صفات traits	میانگین مربعات (MS) رقم Variety	اشتباه آزمایشی Error	درصد ضریب تغییرات (CV٪)
طبیعی Normal	طول ریشه‌چه	7.4504**	1.2622	12.32	سرعت جوانه‌زنی	19.9626**	1.6905	9.18
تنش Stress	RL	5.0250**	0.7288	17.15	GR	16.3072**	1.0199	10.67
طبیعی Normal	طول ساقه‌چه	11.6587**	1.3505	17.30	انرژی جوانه‌زنی	0.026986**	0.002863	6.19
تنش Stress	SL	5.9291**	1.2653	26.40	GE	0.05552**	0.005488	10.54
طبیعی Normal	طول گیاهچه	26.6909**	3.9591	12.56	درصد جوانه‌زنی	274.9127**	25.2500	5.74
تنش Stress	PL	18.3857**	2.5757	17.37	GP	571.0139**	57.6250	10.64
طبیعی Normal	وزن تر گیاهچه	0.0768**	0.0099	14.32	بنیه گیاه‌چه	38.6543**	3.6999	13.65
تنش Stress	WW	0.0394**	0.0067	17.00	SV	20.7270**	2.3376	22.22
طبیعی Normal	وزن خشک گیاهچه	0.0003**	0.0001	13.80	میانگین زمان جوانه‌زنی	0.7283**	0.2431	1.85
تنش Stress	DW	0.0002**	0.0001	22.92	MGT	0.8303**	0.3651	2.27
طبیعی Normal	نسبت طول ساقه‌چه به طول ریشه‌چه	0.2016**	0.0236	20.28	میانگین سرعت جوانه‌زنی	0.00000233**	0.0000	1.90
تنش Stress	RL/SL	0.1488**	0.0793	32.56	MGR	0.00000123**	0.0000	2.41
طبیعی Normal	شاخص جوانه‌زنی	0.0275**	0.0025	6.57				
تنش Stress	GI	0.0424**	0.0036	10.10				
درجه آزادی DF		63	64	-		63	64	-

*، ** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد.

Seedling length (PL), Shoot length (SL), Root length (RL), Shoot length to Root length ratio (SL/RL), Seedling wet weight (WW), Seedling dry weight (DW), Germination percentage (GP), Germination Index (GI), Germination Rate (GR), Germination Energy (GE), Seed vigor (SV), Mean Germination Time (MGT) and Mean Germination Rate (MGR).

* and ** are significant at five and one percent probability level, respectively.

بررسی ارتباط بین صفات تحت شرایط طبیعی و تنش شوری

ضرایب همبستگی بین صفات مختلف در جدول ۳ آورده شده است. در این مطالعه در شرایط طبیعی بیشترین همبستگی مثبت معنی‌دار بین وزن خشک گیاهچه، با صفات وزن تر (r=۰/۷۶۷**)، طول گیاهچه (r=۰/۶۴۸**) و بنیه بذر (r=۰/۵۹۷**) مشاهده شد. همبستگی بین نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه، میانگین زمان و سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار نبود. در شرایط تنش شوری نیز همبستگی مثبت و معنی‌دار بین وزن خشک گیاهچه با صفات وزن تر گیاهچه (r=۰/۷۴۶**)، بنیه بذر (r=۰/۷۱۶**)، طول ساقه‌چه (r=۰/۶۹۵**) و طول گیاهچه (r=۰/۶۸۲**) مشاهده شد. همبستگی بین وزن خشک گیاهچه با صفات میانگین زمان و سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار نبود.

در ارتباط با درصد جوانه‌زنی تحت شرایط طبیعی، همبستگی مثبت معنی‌دار بین درصد جوانه‌زنی با صفات انرژی جوانه‌زنی (r=۰/۹۸۹**)، شاخص جوانه‌زنی (r=۰/۹۵۴**)، بنیه بذر (r=۰/۷۷۹**) و سرعت جوانه‌زنی (r=۰/۷۶۶**) مشاهده شد. در شرایط تنش بین درصد جوانه‌زنی با صفات انرژی جوانه‌زنی (r=۰/۷۶۷**)، شاخص جوانه‌زنی (r=۰/۷۶۷**) و سرعت جوانه‌زنی (r=۰/۷۶۷**) همبستگی مثبت معنی‌داری مشاهده شد. در ارتباط با میانگین زمان

جوانه‌زنی همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). بخشایشی قشلاق[1]و همکاران (۲۰۱۴) با بررسی چهار سطح تنش شوری روی هشت رقم گندم نان در مرحله جوانه‌زنی و گیاهچه، همبستگی مثبت معنی‌داری بین صفات طول ریشه‌چه با طول ساقه‌چه، وزن تر گیاهچه با صفات طول ساقه‌چه و ریشه‌چه، درصد جوانه‌زنی با طول ریشه‌چه گزارش نمودند که منطبق با نتایج این تحقیق است. دولت آبادی[2] و همکاران (۲۰۱۹) با بررسی سه سطح تنش شوری بر روی ۱۱۷ رقم گندم در مرحله جوانه‌زنی، همبستگی مثبت معنی‌داری بین طول ساقه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه با وزن خشک گیاهچه گزارش دادند که نتایج مطالعه حاضر را تایید می‌کند. قلی‌نژاد[3] (۲۰۱۴) نیز با بررسی شش سطح شوری بر روی هشت ژنوتیپ گندم در مرحله جوانه‌زنی و گیاهچه، گزارش داد همبستگی معنی‌داری بین طول ریشه‌چه با صفات طول ساقه‌چه، درصد جوانه‌زنی، وزن گیاهچه، ساقه‌چه و ریشه‌چه وجود دارد. همچنین همبستگی بین طول ساقه‌چه با صفات درصد جوانه‌زنی، وزن گیاهچه معنی‌دار بود. درصد جوانه‌زنی نیز همبستگی معنی‌داری با طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن گیاهچه، ساقه‌چه و ریشه‌چه نشان داد که این نتایج، با نتایج مطالعه ما مطابقت داشت. مطالعات دیگری همبستگی مثبت معنی‌داری بین درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی در هر دو شرایط طبیعی و تنش شوری نشان داده است (فرشید[4] و همکاران، ۲۰۱۴؛ قوامی و همکاران، ۲۰۰۴؛ نهتانی و مهدی‌نژاد[5]، ۲۰۲۰).

گروه بندی صفات و افراد تحت شرایط طبیعی و تنش شوری

الف-بر اساس تجزیه به عامل‌ها

براساس تجزیه به عامل‌ها تحت شرایط طبیعی، صفات مورد بررسی در چهار عامل اصلی گروه‌بندی شدند (جدول ۴). صفات طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول گیاهچه، وزن تر و خشک گیاهچه و بنیه بذر در عامل اول گروه‌بندی شدند. این عامل ۵۳/۶۸ درصد از تغییرات کل را توجیه نمود. صفات شاخص جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، انرژی و درصد جوانه‌زنی در عامل دوم قرار گرفتند، این عامل به تنهایی ۱۹/۵۸ درصد از تغییرات کل را توجیه نمود. عامل سوم نیز ۱۰/۷۳ درصد از تغییرات کل را توجیه نموده و صفات میانگین زمان و سرعت جوانه‌زنی بیشترین بار عاملی را در ارتباط با این عامل داشتند. صفت نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه در عامل چهارم گروه‌بندی شد. این عامل نیز ۸/۷۵ درصد از تغییرات کل را توجیه نمود. میزان اشتراک نشان می‌دهد، درصد بالایی از تغییرات صفات مورد بررسی توسط این چهار عامل توجیه می‌شود. درصد سهم تجمعی برابر ۹۲/۷۴ درصد بوده که بیانگر این است این چهار عامل، درصد بالایی از تغییرات صفات را پوشش می‌دهند.

تحت شرایط تنش شوری نیز، صفات در چهار عامل گروه‌بندی شدند (جدول ۵). صفات طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه، وزن تر و خشک گیاهچه و بنیه بذر در عامل اول گروه‌بندی شدند. این عامل ۵۹/۰۹ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه نمود. عامل دوم نیز به تنهایی ۱۶/۴۵ درصد از تغییرات را توجیه نموده و صفات شاخص و سرعت جوانه‌زنی، انرژی و درصد جوانه‌زنی بیشترین بار عاملی را در ارتباط با این عامل داشتند. صفات میانگین زمان و سرعت جوانه‌زنی نیز بیشترین بار عاملی را در ارتباط با عامل سوم داشتند؛ این عامل نیز به تنهایی ۹/۷۴ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه نمود. صفت نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه در عامل چهارم گروه‌بندی شد. این عامل نیز ۸/۵۷ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه نمود. با توجه به میزان اشتراک مشاهده شده، درصد بالایی از تغییرات صفات مورد بررسی بوسیله این چهار عامل توجیه می‌شود. همچنین درصد سهم تجمعی صفات مورد بررسی در این چهار عامل، ۹۳/۸۵ درصد بود که درصد بالایی از تغییرات صفات را توجیه می‌کند.

[1] Bakhshayeshi Gheshlagh
[2] Dowlat Abadi
[3] Gholinezhad
[4] Farshid
[5] Nohtani and Mahdinezhad

جدول ۳- همبستگی بین صفات مورد مطالعه در ارقام بهاره گندم ایرانی تحت شرایط طبیعی و تنش شوری

Table 3. Correlation between studied traits of Iranian spring wheat cultivars under normal and salinity stress conditions

	RL	SL	PL	WW	DW	SL/RL	GI	GR	GE	G	SV	MGT	MGR
RL	1	0.407**	0.797**	0.551**	0.560**	-0.277*	0.433**	0.370**	0.442**	0.456**	0.753**	0.150^{ns}	-0.154^{ns}
SL	0.681**	1	0.876**	0.722**	0.532**	0.710**	0.503**	0.403**	0.524**	0.511**	0.846**	0.027^{ns}	-0.018^{ns}
PL	0.909**	0.924**	1	0.768**	0.648**	0.323**	0.561**	0.462**	0.580**	0.579**	0.957**	0.097^{ns}	-0.093^{ns}
WW	0.795**	0.775**	0.856**	1	0.767**	0.343**	0.460**	0.393**	0.465**	0.466**	0.745**	0.064^{ns}	-0.072^{ns}
DW	0.549**	0.695**	0.682**	0.746**	1	0.193^{ns}	0.397**	0.385**	0.369**	0.354**	0.597**	0.217^{ns}	-0.205^{ns}
SL/RL	-0.021^{ns}	0.674**	0.372**	0.302*	0.386**	1	0.169^{ns}	0.099^{ns}	0.191^{ns}	0.166^{ns}	0.305*	-0.124^{ns}	0.124^{ns}
GI	0.440**	0.554**	0.545**	0.646**	0.577**	0.294*	1	0.912**	0.959**	0.954**	0.750**	0.503**	-0.509**
GR	0.346**	0.488**	0.458**	0.549**	0.552**	0.290*	0.933**	1	0.780**	0.766**	0.615**	0.663**	-0.644**
GE	0.464**	0.573**	0.568**	0.654**	0.558**	0.293*	0.974**	0.849**	1	0.989**	0.775**	0.309*	-0.336**
G	0.454**	0.570**	0.561**	0.659**	0.560**	0.310*	0.975**	0.846**	0.993**	1	0.779**	0.273*	-0.301**
SV	0.798**	0.881**	0.918**	0.859**	0.716**	0.378**	0.779**	0.659**	0.810**	0.807**	1	0.167^{ns}	-0.174^{ns}
MGT	0.114^{ns}	0.183^{ns}	0.164^{ns}	0.211^{ns}	0.223^{ns}	0.132^{ns}	0.413**	0.567**	0.253*	0.236^{ns}	0.185^{ns}	1	-0.955**
MGR	-0.098^{ns}	-0.192^{ns}	-0.161^{ns}	-0.208^{ns}	-0.225^{ns}	-0.142^{ns}	-0.432**	-0.587**	-0.265*	-0.258*	-0.201^{ns}	-0.945**	1

طول گیاهچه (PL)، طول ساقه‌چه (SL)، طول ریشه‌چه (RL)، نسبت طول ساقه‌چه به طول ریشه‌چه (SL/RL)، وزن تر گیاهچه (WW)، وزن خشک گیاهچه (DW)، درصد جوانه‌زنی (GP)، شاخص جوانه‌زنی (GI)، سرعت جوانه‌زنی (GR)، انرژی جوانه‌زنی (GE)، بنیه بذر (SV)، میانگین زمان جوانه‌زنی (MGT) و میانگین سرعت جوانه‌زنی (MGR). ns، * و ** به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵ و معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۱ را نشان می‌دهند. اعداد بالای قطر اصلی مربوط به همبستگی در شرایط طبیعی و اعداد پایین قطر اصلی مربوط به همبستگی در شرایط تنش شوری ۱۲ ds/m می‌باشد.

Seedling length (PL), Shoot length (SL), Root length (RL), Shoot length to Root length ratio (SL/RL), Seedling wet weight (WW), Seedling dry weight (DW), Germination percentage (GP), Germination Index (GI), Germination Rate (GR), Germination Energy (GE), Seed vigor (SV), Mean Germination Time (MGT) and Mean Germination Rate (MGR). ns, * and ** are non-significance, significance at five and one percent probability level, respectively. The upper numbers of the main diameter correspond to the correlation at the normal level and the lower numbers of the main diameter correspond to the correlation at the salinity stress level of 12 dS/m

محمدی[1] و همکاران (۲۰۱۸) با بررسی ۴ سطح تنش شوری روی ۱۶ ژنوتیپ برنج در مرحله جوانه‌زنی گزارش دادند براساس تجزیه به عامل‌ها، صفات مورد بررسی در دو عامل گروه‌بندی شدند، بطوریکه صفات طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه و وزن تر و خشک ساقه‌چه در عامل اول و صفات سرعت و درصد جوانه‌زنی در عامل دوم گروه‌بندی شده و دو عامل در مجموع ۷۷/۶۶ درصد از تغییرات را توجیه نمودند. همچنین در مطالعه دولت آبادی و همکاران (۲۰۱۹) نیز صفات مورد مطالعه در مرحله جوانه‌زنی در دو عامل گروه‌بندی و ۷۵/۵۶ درصد از تغییرات را توجیه شد. در این بررسی صفات وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه و وزن خشک کل در عامل اول و نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه در عامل دوم گروه‌بندی شدند.

تحت شرایط طبیعی براساس نتایج پراکنش ارقام و بردارهای صفات، ارقام افلاک، سیروان، گهر، زاگرس، الوند، شانگ‌های، هامون و مرودشت دارای مقادیر بالایی در ارتباط با سرعت و شاخص جوانه‌زنی، ارقام پانجامو، مغان ۳ و مرودشت دارای مقادیر بالایی در ارتباط با صفات انرژی و درصد جوانه‌زنی، ارقام بیستون، مغان ۳، پیشگام، بیات و شیرودی دارای مقادیر بالایی در ارتباط با صفت وزن خشک گیاهچه شناسایی شدند. همچنین ارقام نیشابور، فرونتانا، سیستان، کوهدشت، بم، افق، کاوه، دیهیم، تجن، اینیا و کویر در ارتباط با صفات مورد بررسی مقادیر کمتری نشان دادند (شکل ۱ A,B). تحت شرایط تنش شوری نیز براساس نتایج پراکنش ارقام و بردارهای صفات، ارقام خزر، مهدوی، فونگ، ناز و مرودشت دارای مقادیر بالایی در ارتباط با صفت سرعت جوانه‌زنی شناسایی شدند. در ارتباط با صفت شاخص جوانه‌زنی، ارقام مهدوی، وری‌ماک، مرودشت و ناز مقادیر بالایی نشان دادند. ارقام گهر، افلاک، سیروان، وری‌ماک و مرودشت نیز مقادیر بالایی در ارتباط با صفات درصد و انرژی جوانه‌زنی نشان دادند. دو رقم نیک‌نژاد و سیروان مقادیر بالایی در ارتباط با صفت وزن خشک گیاهچه داشتند. همچنین ارقام اروند،داراب ۲، سیوند، تجن، بم، مرودشت، فلات، فرونتانا، دریا، 4820، اترک، کاوه، کویر، افق، مغان ۱، دیهیم، تجن مقادیر پایین در ارتباط با اکثر صفات مورد بررسی نشان دادند (شکل ۱ C,D).

[1] Mohamadi

جدول ۴-تجزیه به عامل‌ها برای صفات مورد مطالعه در ارقام بهاره گندم ایرانی تحت شرایط طبیعی

Table 4. Principals components analysis of studied traits of Iranian spring wheat cultivars under normal conditions in wheat cultivars

متغیر	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم	عامل چهارم	برآوردهای نهایی جامعه
Variable	Factor1	Factor2	Factor3	Factor4	Final communality estimates
RL	0.791	0.307	0.011	-0.474	0.946
SL	0.684	0.356	-0.058	0.583	0.938
PL	0.871	0.397	-0.033	0.135	0.935
WW	0.840	0.212	0.037	0.236	0.808
DW	0.830	0.055	0.239	0.086	0.756
SL/RL	0.160	0.097	-0.093	0.966	0.977
GI	0.264	0.886	0.359	0.080	0.990
GR	0.229	0.712	0.571	0.058	0.889
GE	0.266	0.931	0.148	0.076	0.966
G	0.266	0.942	0.108	0.047	0.972
SV	0.747	0.625	0.011	0.126	0.965
MGT	0.041	0.180	0.962	-0.065	0.964
MGR	-0.032	-0.203	-0.950	0.072	0.950
مقدار ویژه Eigen value	6.978	2.545	1.394	1.137	
واریانس Variance (%)	53.68	19.58	10.73	8.75	

طول گیاهچه (PL)، طول ساقه‌چه (SL)، طول ریشه‌چه (RL)، نسبت طول ساقه‌چه به طول ریشه‌چه (SL/RL) وزن تر گیاهچه (WW)، وزن خشک گیاهچه (DW)، درصد جوانه‌زنی (GP)، شاخص جوانه‌زنی (GI)، سرعت جوانه‌زنی (GR)، انرژی جوانه‌زنی (GE)، بنیه بذر (SV)، میانگین زمان جوانه‌زنی (MGT) و میانگین سرعت جوانه‌زنی (MGR).

Seedling length (PL), Shoot length (SL), Root length (RL), Shoot length to Root length ratio (SL/RL), Seedling wet weight (WW), Seedling dry weight (DW), Germination percentage (GP), Germination Index (GI), Germination Rate (GR), Germination Energy (GE), Seed vigour (SV), Mean Germination Time (MGT) and Mean Germination Rate (MGR).

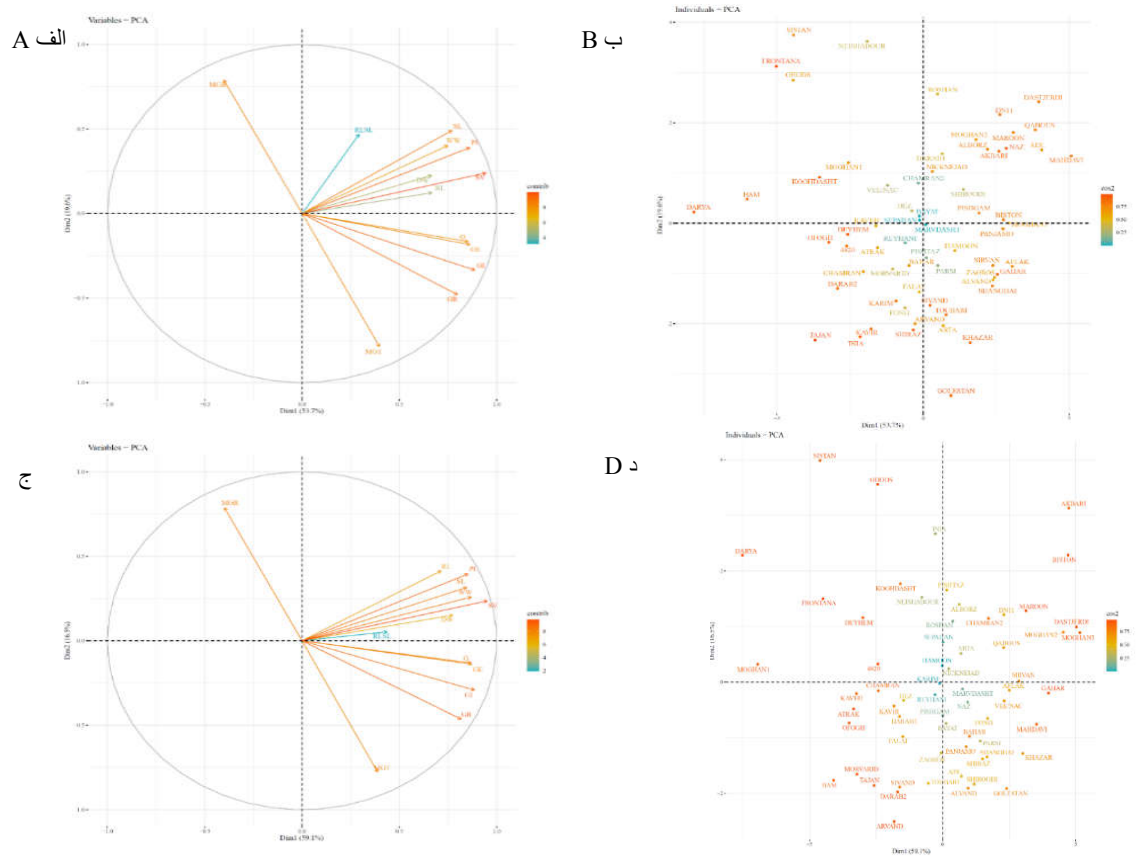
جدول ۵-تجزیه به عامل‌ها برای صفات مورد مطالعه در ارقام بهاره گندم ایرانی تحت شرایط تنش شوری

Table 5. Principals components analysis of studied traits of Iranian spring wheat cultivars under salinity stress conditions

متغیر	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم	عامل چهارم	برآوردهای نهایی جامعه
Variable	Factor1	Factor2	Factor3	Factor4	Final communality estimates
RL	0.946	0.167	0.029	-0.212	0.968
SL	0.781	0.258	0.073	0.534	0.967
PL	0.938	0.233	0.056	0.193	0.975
WW	0.830	0.389	0.092	0.112	0.861
DW	0.647	0.354	0.135	0.295	0.649
SL/RL	0.148	0.146	0.061	0.967	0.982
GI	0.315	0.907	0.252	0.100	0.996
GR	0.230	0.814	0.449	0.119	0.931
GE	0.343	0.922	0.073	0.102	0.984
G	0.336	0.925	0.059	0.119	0.987
SV	0.786	0.555	0.038	0.187	0.962
MGT	0.067	0.157	0.969	0.036	0.969
MGR	-0.055	-0.183	-0.964	-0.050	0.969
مقدار ویژه Eigen value	7.682	2.139	1.266	1.114	
واریانس Variance (%)	59.09	16.45	9.74	8.57	

طول گیاهچه (PL)، طول ساقه‌چه (SL)، طول ریشه‌چه (RL)، نسبت طول ساقه‌چه به طول ریشه‌چه (SL/RL) وزن تر گیاهچه (WW)، وزن خشک گیاهچه (DW)، درصد جوانه‌زنی (GP)، شاخص جوانه‌زنی (GI)، سرعت جوانه‌زنی (GR)، انرژی جوانه‌زنی (GE)، بنیه بذر (SV)، میانگین زمان جوانه‌زنی (MGT) و میانگین سرعت جوانه‌زنی (MGR).

Seedling length (PL), Shoot length (SL), Root length (RL), Shoot length to Root length ratio (SL/RL), Seedling wet weight (WW), Seedling dry weight (DW), Germination percentage (GP), Germination Index (GI), Germination Rate (GR), Germination Energy (GE), Seed vigour (SV), Mean Germination Time (MGT) and Mean Germination Rate (MGR).



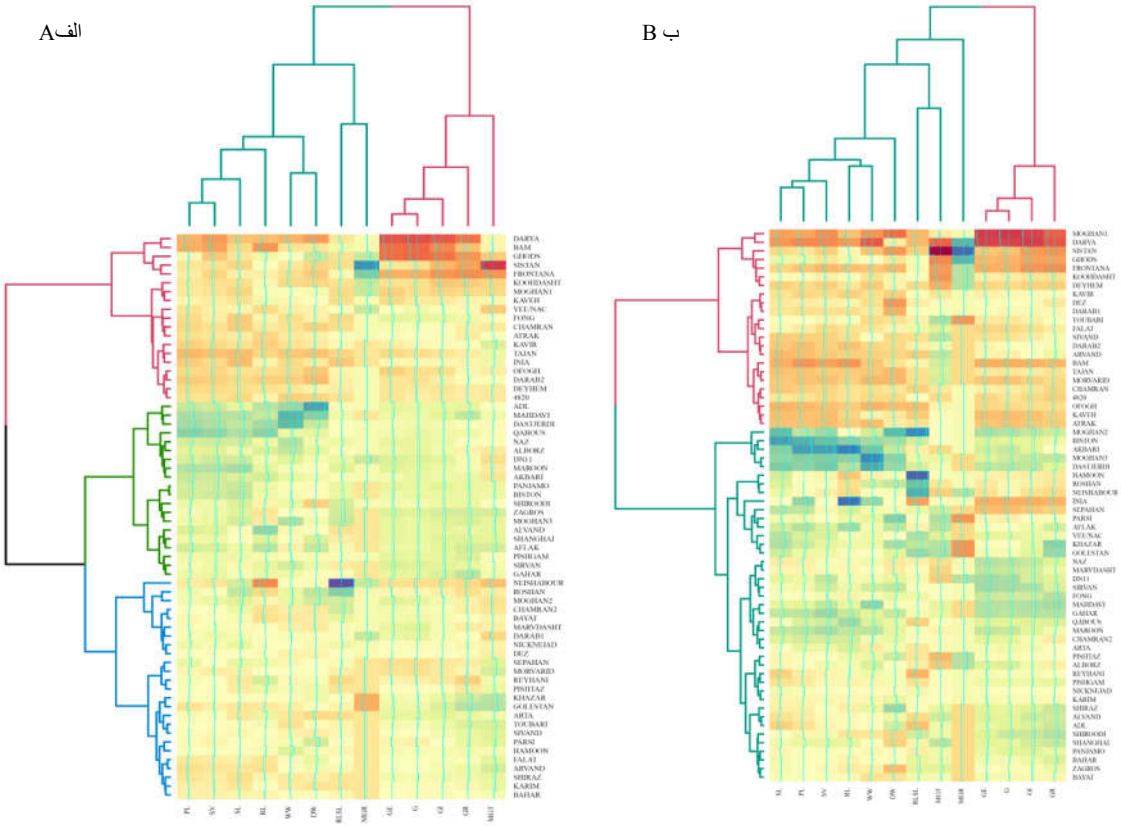
شکل ۱- نمودار بای پلات صفات و ژنوتیپ‌ها برای ۶۴ رقم زراعی گندم تحت شرایط طبیعی (الف و ب) و تحت تنش شوری (ج و د)

Figure 2. Biplot diagram, distribution diagram of genotypes for 64 wheat cultivars under normal (A, B) and salinity stress (C, D) conditions.

ب- تجزیه خوشه‌ای

براساس نتایج تجزیه خوشه‌ای، تحت شرایط طبیعی، ارقام مورد بررسی در سه خوشه گروه‌بندی شدند. ارقام دریا، بم، قدس، سیستان، فونتانا، کوهدشت، مغان ۱، کاوه، وری‌ماک، فونگ، چمران، اترک، کویر، تجن، اینیا، افق، داراب ۲، دیهیم و 4820 در خوشه اول قرار گرفتند که از نظر صفات مورد بررسی وضعیت مناسبی نداشتند. در خوشه دوم ارقام عدل، مهدوی، دستجردی، قابوس، ناز، البرز، DN11، مارون، اکبری، پانجامو، بیستون، شیرودی، زاگرس، مغان ۳، الوند، شانگ‌های، افلاک، پیشگام، سیروان و گهر قرار گرفتند که از نظر صفات مورد بررسی وضعیت خوبی داشتند. ارقام نیشابور، روشن، مغان ۲، چمران ۲، بیات، مرودشت، داراب ۱، نیک‌نژاد، دز، سپاهان، مروارید، ریحانی، پیشتاز، خزر، گلستان، آرتا، توباری، سیوند، پارسی، هامون، فلات، اروند، شیراز، کریم و بهار در خوشه سوم قرار گرفتند. این ارقام از نظر صفات مورد بررسی نسبت به ارقام خوشه اول وضعیتی بهتر و نسبت به ارقام خوشه دوم وضعیت ضعیف‌تری داشتند (شکل ۲A).

تحت شرایط تنش شوری ارقام مورد بررسی در دو خوشه دسته‌بندی شدند (شکل ۲B). ارقام مغان ۱، دریا، سیستان، قدس، فونتانا، کوهدشت، دیهیم، کویر، دز، داراب ۱، توباری، فلات، سیوند، داراب ۲، اروند، بم، تجن، مروارید، چمران، 4820، افق، کاوه و اترک در خوشه اول و ارقام مغان ۲، بیستون، اکبری، مغان ۳، دستجردی، هامون، روشن، نیشابور، اینیا، سپاهان، پارسی، افلاک، وری‌ماک، خزر، گلستان، ناز، مرودشت، DN11، سیروان، فونگ، مهدوی، گهر، قابوس، مارون، چمران ۲، آرتا،



شکل ۲. دندوگرام تجزیه خوشه‌ای ارقام بهاره گندم ایرانی تحت شرایط طبیعی (الف) و تنش شوری (ب)

Figure 3. Cluster analysis dendrogram in Iranian spring wheat cultivars in (A) under normal and (B) salinity stress conditions

پیشتاز، البرز، ریحانی، پیشگام، نیک نژاد، کریم، شیراز، الوند، عدل، شیرودی، شانگ‌های، پانجامو، بهار، زاگرس و بیات در خوشه دوم قرار داشتند. ارقام گروه‌بندی شده در خوشه اول از نظر صفات مورد بررسی مقادیری پایینی داشتند، اما ارقام گروه‌بندی شده در خوشه دوم از این نظر مقادیر بالاتری داشتند (شکل ۲ B).

براساس مطالعه فرشید و همکاران (۲۰۱۴)، رقم روشن در گروه ارقام متحمل به تنش شوری قرار گرفت. همچنین براساس مطالعه دیگری که توسط رواری[1] و همکاران (۲۰۱۶) با بررسی دو سطح تنش شوری بر روی ۴۱ رقم گندم انجام شد، رقم اکبری، افق، بم و روشن در گروه ارقام متحمل و ارقام مهدوی، شیراز، شیرودی، قدس، سیوند، تجن، مغان ۳، آرتا و فلات بعنوان ارقام حساس معرفی شدند. پوستینی[2] و همکاران (۲۰۰۷) نیز با بررسی سی رقم گندم تحت شرایط تنش شوری، رقم روشن را بعنوان رقم متحمل و ارقام مهدوی، شیراز، فلات و الوند را بعنوان ارقام حساس معرفی نمودند.

برای تأیید گروه‌بندی ارقام مورد بررسی تجزیه واریانس چند متغیره انجام شد. تحت هر دو شرایط طبیعی و تنش شوری، از نظر چهار آماره لاندای ویلکس[3]، اثر پیلا [4]، اثر هتلینگ[5] و بزرگترین ریشه روی[6] در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۶). برای بررسی دقیق‌تر تفاوت بین خوشه‌ها، تجزیه واریانس در قالب طرح کاملاً تصادفی نامتعادل با در نظر گرفتن گروه‌ها معادل تیمار و ارقام

[1] Ravari
[2] Poustini

[3] Will's Lambda
[4] Pillai's Trace
[5] Hotelling-Lawley Trace
[6] Roy's Greatest Root

جدول ۶-آماره‌های تجزیه واریانس چند متغیره تحت شرایط طبیعی و تنش شوری

Table 6. Statistics of multivariate analysis of variance under normal and salinity stress conditions

آماره statistic	طبیعی Normal		تنش شوری Salinity stress	
	Value	F	Value	F
Will's Lambda	0.0456	15.33**	0.2824	10.80**
Pillai's Trace	1.3760	9.37**	0.7175	10.80**
Hotelling-Lawley Trace	11.6598	23.90**	2.5402	10.80**
Roys Greatest Root	10.8052	45.92**	2.5402	10.80**

** معنی‌داری در سطح یک درصد

جدول ۷-تجزیه واریانس خوشه‌ها برای صفات مورد مطالعه ارقام بهاره گندم ایرانی تحت شرایط طبیعی و تنش شوری

Table 7. Analysis of variance of cluster groups for studied traits of Iranian spring wheat cultivars under normal and salinity conditions

شرایط conditions	صفات traits	میانگین مربعات Mean Squares		ضریب تغییرات (CV%)	صفات traits	میانگین مربعات Mean Squares		ضریب تغییرات (CV%)
		خوشه Cluster	خطای آزمایشی Error			خوشه Cluster	خطای آزمایشی Error	
طبیعی Normal	RL	49.003**	2.24	16.42	GR	135.29**	5.873	17.12
	SL	118.591**	2.132	21.74	GE	0.213**	0.007	9.65
	PL	315.125**	3.451	11.73	G	1965.89**	77.507	10.06
	WW	0.618**	0.019	19.98	SV	494.381**	3.751	13.75
	DW	0.001**	0.0001	15.86	MGT	2.13**	0.306	2.08
	SL/RL	0.549**	0.086	38.71	MGR	0.0000006**	0.000005	2.11
	GI	0.225**	0.006	10.77				
DF	درجه آزادی	2	61	-		2	61	-
شوری Salinity	RL	54.32**	1.67	26.01	GR	208.57**	4.92	23.43
	SL	82.19**	1.68	30.48	GE	0.855**	0.01	17.09
	PL	270.16**	4.98	24.16	G	8867.68**	147.08	17.01
	WW	0.600**	0.01	21.09	SV	358.53**	4.47	31.67
	DW	0.003**	0.0000	16.13	MGT	1.72*	0.39	2.36
	SL/RL	0.710**	0.06	29.29	MGR	0.0000ns	0.0000	2.49
	GI	0.660**	0.01	17.60				
DF	درجه آزادی	1	62	-		1	62	-

طول گیاهچه (PL)، طول ساقه‌چه (SL)، طول ریشه‌چه (RL)، نسبت طول ساقه‌چه به طول ریشه‌چه (SL/RL) وزن تر گیاهچه (WW)، وزن خشک گیاهچه (DW)، درصد جوانه‌زنی (GP)، شاخص جوانه‌زنی (GI)، سرعت جوانه‌زنی (GR)، انرژی جوانه‌زنی (GE)، بنیه بذر (SV)، میانگین زمان جوانه‌زنی (MGT) و میانگین سرعت جوانه‌زنی (MGR). ns، * و** به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح پنج درصد و یک درصد.

Seedling length (PL), Shoot length (SL), Root length (RL), Shoot length to Root length ratio (SL/RL), Seedling wet weight (WW), Seedling dry weight (DW), Germination percentage (GP), Germination Index (GI), Germination Rate (GR), Germination Energy (GE), Seed vigour (SV), Mean Germination Time (MGT) and Mean Germination Rate (MGR). ns, * and ** are non-significance, significance at five and one percent probability level, respectively.

جدول ۸- مقایسه میانگین خوشه‌ها ارقام بهاره گندم ایرانی تحت شرایط طبیعی و تنش شوری بر مبنای آزمون دانکن

Table 8. Mean comparison for cluster groups of Iranian spring wheat cultivars under normal and salinity stress conditions based on Duncan's test

شرایط طبیعی Normal						تنش شوری Salinity Stress					
صفات Traits	خوشه Cluster	میانگین Mean	صفات Traits	خوشه Cluster	میانگین Mean	صفات Traits	خوشه Cluster	میانگین Mean	صفات Traits	خوشه Cluster	میانگین Mean
RL	2	10.870a	GR	2	16.560a	RL	2	5.667a	GR	2	10.816a
	3	8.704b		3	14.321b		1	3.747b		1	7.054b
	1	7.812b		1	11.341c	SL	2	5.110a	GE	2	0.789a
SL	2	9.142a	GE	2	0.954a		1	2.748b		1	0.548b
	3	6.681b		3	0.880b	PL	2	10.776a	GP	2	80.098a
	1	4.209c		1	0.747c		1	6.494b		1	55.565b
PL	2	20.012a	GP	2	96.5a	WW	2	0.553a	SV	2	8.653a
	3	15.386b		3	88.48b		1	0.350b		1	3.720b
	1	12.021c		1	76.526c	DW	2	0.054a	MGT	2	26.685a
WW	2	0.882a	SV	2	19.281a		1	0.038b		1	26.343b
	3	0.674b		3	13.605b	SL/RL	2	0.943a	MGR	1	0.038a
	1	0.530c		1	9.256c		1	0.724b		2	0.038a
DW	2	0.073a	MGT	3	26.743a	GI	2	0.668a			
	3	0.065b		2	26.674a		1	0.456b			
	1	0.055c		1	36.151b						
SL/RL	2	0.864a	MGR	1	0.039a						
	3	0.824a		2	0.037b						
	1	0.558b									

طول گیاهچه (PL)، طول ساقه‌چه (SL)، طول ریشه‌چه (RL)، نسبت طول ساقه‌چه به طول ریشه‌چه (SL/RL) وزن تر گیاهچه (WW)، وزن خشک گیاهچه (DW)، درصد جوانه‌زنی (GP)، شاخص جوانه‌زنی (GI)، سرعت جوانه‌زنی (GR)، انرژی جوانه‌زنی (GE)، بنیه بذر (SV)، میانگین زمان جوانه‌زنی (MGT) و میانگین سرعت جوانه‌زنی (MGR). مطابق شکل ۲ در شرایط طبیعی ارقام مورد مطالعه در سه خوشه و در شرایط تنش شوری در دو خوشه گروه‌بندی شده‌اند. در هر شرایط، هر خوشه به عنوان تیمار و ارقام گروه بندی شده در هر خوشه به عنوان تکرار در نظر گرفته شده و تجزیه واریانس به صورت طرح کاملاً تصادفی نامتعادل انجام و سپس مقایسه میانگین انجام شده است.

Seedling length (PL), Shoot length (SL), Root length (RL), Shoot length to Root length ratio (SL/RL), Seedling wet weight (WW), Seedling dry weight (DW), Germination percentage (GP), Germination Index (GI), Germination Rate (GR), Germination Energy (GE), Seed vigour (SV), Mean Germination Time (MGT) and Mean Germination Rate (MGR). According to Figure 2, under normal conditions, the studied cultivars are grouped into three clusters and under salinity stress conditions; they are grouped into two clusters. In each condition, each cluster is considered as a treatment and the cultivars grouped in each cluster are considered as replicates, and analysis of variance is carried out as an unbalanced completely randomized design, and then the mean comparison is performed.

گروه‌بندی شده درون گروه‌ها به عنوان تکرار انجام شد. بر اساس نتایج تجزیه در هر دو شرایط طبیعی و تنش شوری، از نظر تمامی صفات مورد بررسی بین گروه‌ها تفاوت آماری معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد (جدول ۷). سپس برای خوشه‌ها مقایسه میانگین‌ها برمبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد (جدول ۸). تحت شرایط طبیعی ارقام گروه‌بندی شده در خوشه دوم به طور متوسط از نظر صفات طول ساقه‌چه، طول گیاهچه، وزن تر، وزن خشک، شاخص جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، انرژی جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی و بنیه بذر بالاترین میانگین و ارقام گروه‌بندی شده در خوشه اول کمترین مقادیر را از نظر صفات مورد بررسی نشان دادند. تحت شرایط تنش شوری نیز، ارقام گروه‌بندی شده در خوشه دوم از نظر صفات طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه، وزن تر و خشک، نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه، سرعت و انرژی جوانه‌زنی، درصد و شاخص جوانه‌زنی، بنیه بذر و میانگین زمان جوانه‌زنی میانگین بالاتری نسبت به خوشه اول نشان دادند.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج بدست آمده ارقام مغان ۲، بیستون، اکبری، مغان ۳، دستجردی، مرودشت، گهر و مهدوی از نظر صفات مورد بررسی دارای مقادیر بالاتری بوده و تحمل بهتری نسبت به تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی از خود نشان دادند. همچنین ارقام دریا، بم، قدس، سیستان، فرونتانا، تجن، افق و کویر به عنوان ارقام حساس شناخته شدند. بنابراین استفاده از این ارقام در پروژه‌های اصلاح و بهنژادی جهت ایجاد جمعیت‌های متنوع از طریق تلاقی نمونه‌های حساس و متحمل برای شناسایی مکان‌های ژنی مرتبط با تحمل به تنش شوری و همچنین در بررسی بیان ژن برای شناسایی ژن‌های مرتبط با تحمل به تنش شوری توصیه می‌شوند.

منابع

Aligholizadeh Moghaddam, P., Ranjbar, G.A., Najafi-Zarrini, H., and Shahbazi, H. 2021. Effect of water stress on germination and seedling characteristics of some bread wheat cultivars (*Triticum aestivum*). Journal of Seed Research, 7(2): 151-170. [In Persian]. https://doi.org/10.52547/yujs.7.2.151

Bakhshayeshi Geshlagh, M., Kazemi Arbat, H., Sadeghzadeh Ahari, D., and Bakhshayeshi Geshlagh, H. 2014. Physiological effects of salt stress (NaCl) on germination and seedling growth of breed wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. Applied Field Crops Research, 27(105): 119-126. [In Persian].

Begum, F. 1996. A comparative study of the effect of NaCl salinity on germination of wheat and triticale. Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research, 31: 43-52.

Dowlatabadi, A.Y., Najafi, Z.H., Ranzbar, G.A., and Darzi, R.H. 2019. Determining resistant wheat varieties to salinity stress with using multivariable statistical methods. Scientific-Research Journal of Plant Ecophysiology, 11(37): 74-84. [In Persian].

Farshid, R., Sahrai, E., and Zamani, G.R. 2014. Effect of NaCl salinity on germination and seedling growth of 12 wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. Iranian Journal of Field Crops Research,12(1):146-152. [In Persian].

Fazeli-Nasab, B., Khajeh, H., Piri, R. and Moradian, Z. 2023. Effect of humic acid on germination characteristics of *Lallemantia royleana* and *Cyamopsis tetragonoloba* under salinity stress. Iranian Journal of Seed Research, 9(2): 51-62. [In Persian]. https://doi.org/10.61186/yujs.9.2.51

Ghavami, F., Maliboobi, M.A., Ghannadha, M.R., Samadi, B.Y., Mozaffari, J., and Aghaei, M. 2004. An evaluation of salt tolerance in Iranian wheat cultivars at germination and seedling stages. Journal of Agricultural Sciences, 35(2): 453-464. [In Persian].

Gholinezhad, E. 2014. The Effects of salinity stress on related germination traits of wheat genotypes. Journal of Plant Research, 27(2): 276-287. [In Persian].

Gholizadeh, A., Dehghani, H., Amini, A., and Akbarpour, O. 2018. Investigation of the genetic diversity of Iranian bread wheat germplasm for tolerance to saline stress. Journal of Crop Breeding, 10(26): 173-184. [In Persian]. https://doi.org/10.29252/jcb.10.26.173

Ghonaim, M. M., Mohamed, H. I., and Omran, A. A. 2021. Evaluation of wheat (*Triticum aestivum* L.) salt stress tolerance using physiological parameters and retrotransposon-based markers. Genetic Resources and Crop Evolution, 68(1): 227-242. https://doi.org/10.1007/s10722-020-00981-w

Hossain, M.S. 2019. Present scenario of global salt affected soils, its management and importance of salinity research. International Research Journal of Biological Sciences, 1(1): 1-3.

Khan, M.A., Ungar, I.A., and Showalter, A.M. 2000. Effects of salinity on growth, water relations and ion accumulation of the subtropical perennial halophyte, *Atriplex griffithii* var. stocksii. Annals of Botany, 85(2): 225-232. https://doi.org/10.1006/anbo.1999.1022

Luo, M.B., and Liu, F. 2011. Salinity-induced oxidative stress and regulation of antioxidant defense system in the marine macroalga *Ulva prolifera*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 409(1-2): 223-228. https://doi.org/10.1016/j.jembe.2011.08.023

Mohamadi, F., Bagheri, N., Kiani, G., and Babaeian Jelodar, N. 2018. Evaluation of reaction of some rice genotypes to salinity stress at germination stage. Journal of Crop Breeding, 10(27): 20-30. [In Persian]. https://doi.org/10.29252/jcb.10.27.20

Namvar, A., Seyed Sharifi, R., and Hadi, H. 2018. A study into the effects of salt stress on germination components of different wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. Iranian Journal of Seed Research, 4(2): 1-12. [In Persian]. https://doi.org/10.29252/yujs.4.2.1

Moradi, A., Hoseini-moghadam M. and Piri, R. 2018. Effect of seed inoculation with plant growth promoting rhizobactria (PGPR) on some germination, biochemical indices and element contents of fennel (*Foeniculum vulgare* L.) under salinity stress. Iranian Journal of Field Crop Science, 49(3): 151-165. [In Persian]. https://doi.org/10.22059/ijfcs.2018.247787.654420

Moradi, A. and Piri, R. 2018. Enhancement of salinity stress tolerance in Cumin (*Cuminum cyminum* L.) as affected by plant growth promoting rhizobactria during germination stage. Journal of Plant Process and Function, 6(22): 47-53. [In Persian]. https://doi.org/20.1001.1.23222727.1396.6.22.8.2

Nohtani, H., and Mahdinezhad, N. 2020. Evaluation of salinity stress tolerance based on biochemical and morphophysiological characteristics of some wheat cultivars. Journal of Seed Sciences and Research, 7(1): 55-67. [In Persian].

Parihar, P., Singh, S., Singh, R., Singh, V.P., and Prasad, S.M. 2015. Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. Environmental Science and Pollution Research, 22(6): 4056-4075. https://doi.org/10.1007/s11356-014-3739-1

Poustini, K., Siosemardeh, A., and Ranjbar, M. 2007. Proline accumulation as a response to salt stress in 30 wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars differing in salt tolerance. Genetic Resources and Crop Evolution, 54(5): 925-934. https://doi.org/10.1007/s10722-006-9165-6

Rajabi Dehnavi, A., Zahedi, M., Ludwiczak, A., Cardenas Perez, S., and Piernik, A. 2020. Effect of salinity on seed germination and seedling development of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) genotypes. Agronomy, 10(6): 859. https://doi.org/10.3390/agronomy10060859

Ravari, S.Z., Dehghani, H., and Naghavi, H. 2016. Assessing salinity tolerance of bread wheat varieties using tolerance indices based on K+/Na+ ratio of flag leaf. Cereal Research, 6(2): 133-144. [In Persian].

Riahi, M., Mostajeran, A., and Miroliaei, M. 2020. Investigation of salinity stress effect on germination of 18 strains wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Plant Ecophysiological Research, 15(58): 1-10. [In Persian].

Safari, S., and Mehrabi, A. A. 2020. Screening of Iran bread wheat germplasm for root traits and indices using discriminate function. Journal of Field Crop Science, 51(2): 133-146. [In Persian].

Sairam, R.K., Rao, K.V., and Srivastava, G.C. 2002. Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. Plant Science, 163(5): 1037-1046. https://doi.org/10.1016/S0168-9452(02)00278-9

Tao, R., Ding, J., Li, C., Zhu, X., Guo, W., and 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: 529. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.646175

Uzair, M., Ali, M., Fiaz, S., Attia, K., Khan, N., Al-Doss, A.A. and Ali, Z. 2022. The characterization of wheat genotypes for salinity tolerance using morpho-physiological indices under hydroponic conditions. Saudi Journal of Biological Sciences, 29(6): 103299. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.103299

Vibhuti, C.S., Bargali, K., and Bargali, S.S. 2015. Seed germination and seedling growth parameters of rice (*Oryza sativa* L.) varieties as affected by salt and water stress. Indian Journal of Agricultural Sciences, 85(1): 102-108. https://doi.org/10.56093/ijas.v85i1.46046