University of Birjand

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

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences

Vol. 16, No. 3, pp. 745-763 (Fall 2023)

https://dx.doi.org/10.22077/ESCS.2023.4968.2093

Original article

Survey of yield, agricultural characteristics and tability analysis of bread wheat lines under dry and irrigated conditions

S. Dehbalaei [1], A.A. Mehrabi[2*], A. Maleki[3], M. Poursiahbidi[4]

1. *PhD Student of Plant Breading, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Islamic Azad University, Ilam Branch, Ilam, Iran*
2. *Associate Professor, Research institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extention (AREEO), Tehran, Iran*
3. *Associate Professor of Agronomy, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Islamic Azad University of Ilam Branch, Ilam, Iran*
4. *Assistant Professor of Field and Horticultural Crop Science Research Department , Ilam Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ilam , Iran*

Received 20 December 2021; Accepted 12 August 2022

Extended abstract

Introduction

Wheat (*Triticum aestivum* L.) is one of the main crops of the cereal family, which is widely cultivated in the world and brings energy and protein to human society. Drought is the most important non-living stress in crops and due to the decrease in annual rainfall and increase in temperature, production and cultivation of tolerant cultivars with high yield potential will be very important. While available water for agriculture is becoming more limited, the production of drought tolerant cultivars is very important and should be considered. The aim of this study was to analyze the stability of quantitative and qualitative yield and to analyze the stability of bread wheat genotypes in rainfed and irrigated planting conditions in the form of field farms in 3 crop years 2016-2017, 2017-1996 and 2017-17 in Sarableh Agricultural Research Station located in the province. Ilam was implemented.

Materials and methods

This research was conducted as two independent experiments, each in the form of a randomized complete block design with three replications. The first factor includes planting in irrigated and rainfed conditions. The second factor also included 20 wheat genotypes. In irrigated conditions, irrigation was done according to the needs of the plant (normal) and in another experiment, only atmospheric benzoate was sufficient. In this study, yield stability was measured based on drought resistance and its effective traits in different bread wheat genotypes and quantitative and qualitative yield. Data were analyzed using SAS software version 22 for combined analysis and comparison using the least significant difference test (LSD).

Results and discussion

The results showed that the highest grain yield in irrigated planting medium was related to SUP152 genotype (3245 kg ha-1) which was not statistically significant different from WHEAR genotype which was in the second category. The MILAN/SHA7 genotype was also in the third place. These three genotypes also had high values in terms of yield components. The highest grain protein in irrigated

* Corresponding author: Ali Ashraf Mehrabi; E-Mail: a.mehrabi@ilam.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 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

planting medium belonged to REEDLING # 1 genotype with 11.73% which was not statistically significant difference with FRNCL and SAAR genotypes which were in the second and third ranks. The lowest grain protein in aqueous medium belonged to WHEAR genotype. The highest grain protein was obtained in the dryland medium of GASPARD genotype (13.73%). ND643 genotype was also in the second category but there was no significant difference with the first category genotype. Gonbad genotype was also in the third category and was one of the top genotypes. The highest grain yield was obtained in the dryland planting medium related to PBW343 genotype at the amount of 2051 kg ha^{-1}. The lowest grain yield in dryland environment was related to PAURAQ genotype at 1457 kg ha^{-1}. PBW343 genotype was one of the best genotypes in terms of yield components in rainfed planting environment. Distribution of hybrids based on YS, YP and MP and GMP indices showed that WHEAR, MILAN, CHIBIA// PRLII, PBW343 and SOKOLL3 genotypes are in group A and are water resistant and have high grain yield in both environments. And were selected as superior genotypes for both rainfed and irrigated environments.

Keywords: 1000-seed weight, Dehydration, Geometric mean yield, Protein, Seed yield

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد شانزدهم، شماره سوم، پائیز ۱۴۰۲

https://dx.doi.org/10.22077/ESCS.2023.4968.2093

مقاله پژوهشی

بررسی عملکرد، خصوصیات زراعی و تحمل به خشکی لاین‌های گندم نان در شرایط دیم و آبی

صفورا دهبالائی[۱]، علی‌اشرف مهرابی[۲*]، عباس ملکی[۳]، محمدمهدی پورسیابیدی[۴]

۱. دانشجوی دکترای اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ایلام، ایلام، ایران.
۲. دانشیار موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران، ایران.
۳. دانشیار گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ایلام، ایلام، ایران.
۴. استادیار مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی شهرستان ایلام، ایلام، ایران.

مشخصات مقاله

واژه‌های کلیدی:
پروتئین
عملکرد دانه
کم‌آبی
میانگین هندسی
محصول دهی
وزن هزار دانه

تاریخ دریافت:
۱۴۰۰/۰۹/۲۹

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۱/۰۵/۲۱

تاریخ انتشار:
پائیز ۱۴۰۲
۱۶(۳): ۷۴۵-۷۶۳

چکیده

این پژوهش با هدف تعیین عملکرد کمی و کیفی و تحمل خشکی لاین‌های گندم نان در شرایط دیم و آبی در طول ۳ سال زراعی (۹۸-۱۳۹۵) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی سرابله واقع در استان ایلام اجرا شد. بررسی به‌صورت دو آزمایش مستقل هر یک در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. در این بررسی ۲۰ لاین گندم در دو مکان آبی و دیم به‌صورت جداگانه کاشت شدند. در شرایط آبی، آبیاری بر اساس نیاز گیاه (بدون تنش) به مقدار ۴ هزار مترمکعب و به تعداد ۶ مرتبه انجام شد و در آزمایش دیگر فقط به نزولات جوی اکتفا گردید. در این بررسی مقاومت به خشکی و صفات مؤثر بر آن در لاین‌های مختلف گندم نان و عملکرد کمی و کیفی موردانداز‌ه‌گیری قرار گرفت. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در محیط کاشت آبی مربوط به لاین SUP152 به مقدار ۳۲۴۵ کیلوگرم در هکتار بود که تفاوت آماری معناداری با لاین WHEAR که رده دوم قرار گرفت، نداشت. لاین MILAN/SHA7 نیز، در رده سوم قرار داشت. این ۳ لاین از نظر اجزای عملکرد نیز مقادیر بالایی داشتند. بیشترین عملکرد دانه در محیط کاشت دیم مربوط به لاین PBW343 به مقدار ۲۰۵۱ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. کمترین عملکرد دانه در محیط دیم مربوط به لاین PAURAQ به مقدار ۱۴۵۷ کیلوگرم در هکتار بود. لاین PBW343 در محیط کاشت دیم از نظر اجزای عملکرد جزو بهترین لاین‌ها بود. بررسی پراکنش لاین‌ها بر اساس YS، YP و شاخص-های MP و GMP نشان داد که لاین‌های WHEAR، MILAN، CHIBIA//PRLII، PBW343 و SOKOLL3 در گروه A قرارگرفته و مقاوم به تنش خشکی بوده و عملکرد دانه بالایی در هر دو محیط داشتند و به‌عنوان لاین‌های برتر برای هر دو محیط دیم و آبی انتخاب شدند.

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) از اصلی‌ترین محصول خانواده‌ی غلات است که به شکل بسیار وسیعی در جهان کشت می‌گردد و بخشی از انرژی و پروتئین جامعه انسانی را تأمین می‌کند. خشکی یکی از تنش‌های مهم غیرزنده بوده که زارعان تمام جهان با آن مواجه می‌باشند. خشکی همه‌ساله موجب خسارت عمده‌ای به‌خصوص در کشورهای درحال‌توسعه می‌گردد و با روند فعلی تغییرات آب و هوایی جهانی، به‌احتمال‌زیاد منجر به خسارت‌های بیشتری نیز خواهد شد (Li et al., 2015). اثرات تنش خشکی بسیار پیچیده بوده و بر رشد و نمو گیاه تأثیر می‌گذارد همچنین برخی از فعالیت‌های حیاتی در گیاهان مانند جذب مواد غذایی از ریشه و انتقال آن به اندام هوایی در اثر تنش خشکی کاهش می‌یابد، زیرا سرعت تعرق و نفوذپذیری غشاء محدود می‌گردد (Heiba et al., 2021). خشکی مهم‌ترین تنش غیرزنده در گیاهان بوده (Bahamin et al., 2019;

* نگارنده پاسخگو: علی‌اشرف مهرابی. پست الکترونیک: a.mehrabi@ilam.ac.ir

Fathi and Bahamin, 2018) و با توجه به کاهش بارندگی-های سالانه و افزایش دما، تولید و زراعت ارقام متحمل و با پتانسیل عملکرد بالا از اهمیت بسیار زیادی برخوردار خواهد بود (Khalilzadeh, 2018). تاکنون بهنژادگران توانسته‌اند تولید گیاهان را در حالت تنش خشکی و شوری افزایش دهند اما این-گونه موفقیت‌ها با در نظر گرفتن تغییرات آب و هوایی و افزایش مداوم نیازهای غذایی به دلیل افزایش جمعیت دنیا کافی نیست (Cattivelli et al., 2008). درحالی‌که آب موجود برای زراعت محدودتر می‌گردد، تولید ارقام مقاوم به تنش خشکی اهمیت بسیار بالایی دارد و باید مدنظر قرار گیرد (Bruce et al., 2002).

کمبود آب و خشکی می‌تواند عملکرد گیاهان را به شکل قابل‌توجهی کاهش دهد (Bahamin et al, 2021). بیان‌شده که کاهش ۴۰ درصد آب آبیاری می‌تواند عملکرد گندم را ۲۱ درصد کاهش دهد (Zandalinas et al., 2016; Oraby et al., 2005; Mariey, 2004). مصطفی و همکاران (Mostafa et al., 2016) نیز بیان کردند تنش خشکی منجر به کاهش عملکرد سنبله در بوته و کاهش تعداد دانه جو می‌گردد. اثر تنش خشکی بر زندگی گیاهان عمدتاً به مقدار آب برای جذب مواد غذایی و انجام فرآیندهای فیزیولوژیکی بستگی دارد. همچنین، کمبود آب در طول دوره رشد گیاه، به گیاه هشدار می‌دهد که روزنه‌های خود را ببندد تا از دست دادن آب از طریق تعرق کاهش یابد. این امر دمای گیاه را افزایش می‌دهد و پیامدهای تنش را افزایش می‌دهد (Haworth et al., 2018). تطابق و سازگاری نباتات زراعی با تنش کم‌آبی یک مسئله‌ی بسیار مهم برای پیشرفت روش-های نوین افزایش عملکرد گیاهان مقاوم به تنش کم‌آبی است. عوامل زیادی می‌توانند بر واکنش گیاهان زراعی به تنش کم‌آبی تأثیرگذار باشند که می‌توان به مرحله‌ی رشد، لاین، مدت و شدت وقوع تنش و فرآیندهای فیزیولوژیکی رشد (Huang et al., 2015) اشاره کرد.

تحمل گندم زراعی به تنش خشکی یا کم‌آبی به عواملی مانند لاین، شدت تنش، مدت‌زمان تنش و مراحل فنولوژیکی (رویشی یا زایشی) بستگی دارد (Yadav et al., 2020). طبق مطالعه‌ی دنکیک و همکاران (Dencic et al., 2000)، تنش خشکی بر خصوصیات برگ (شکل، گسترش، مساحت، اندازه، پیری، بلوغ و کوتیکول) و ریشه (وزن خشک، تراکم و طول) تأثیر می‌گذارد. شی و همکاران (Shi et al., 2010) اظهار داشتند که تنش خشکی می‌تواند مراحل رویشی و باروری را تحت تأثیر قرار دهد؛ بنابراین، درک واکنش گیاهان به خشکی در هر مرحله از رشد، برای پیشرفت در مهندسی ژنتیک و اصلاح گیاهان بسیار مهم است. گسترش برگ نیز می‌تواند تحت تنش آبی محدود شود تا بین آب جذب‌شده از ریشه و وضعیت آب بافت‌های گیاهی تعادل ایجاد شود (Pereira-Santana et al., 2015). زیست‌توده گیاهی نیز ازجمله خصوصیات مهمی است که تحت تنش خشکی در گندم کاهش می‌یابد (Wang et al., 2005).

در دهه‌ی گذشته، تلاش‌های زیادی برای تولید گندم مقاوم به خشکی از طریق روش‌های زراعی انجام شده است. اصلاح نژادی بین گونه‌های وحشی گندم در مرکز بین‌المللی تحقیقات کشاورزی در مناطق خشک موجب ایجاد ژرم‌پلاسمی شده که عملکرد بیشتری را در شرایط خشکی تولید می‌کند. در برنامه‌های اصلاح گندم، بهبود تحمل به خشکی گیاهان در اولویت قرار دارد. بااین‌حال، قبل از دست‌کاری ژنتیکی موفق، بسیار مهم است که پارامترهای فیزیولوژیکی ارقام مقاوم به خشکی یا حساس را مشخص کرد (Veesar et al., 2007). یکی از عوامل مؤثر بر سرعت اصلاح و معرفی ارقام در مناطق مختلف، کاهش اثر متقابل لاین و محیط با انتخاب ارقامی با عملکرد پایدار خواهد بود. اثر متقابل لاین و محیط موجب می‌شود که عملکرد دانه‌ی لاین‌ها تحت اثر محیط قرار بگیرد و عملکرد واقعی هر لاین را نتوان به‌طور صحیح برآورد کرد، به بیانی دیگر موجب کاهش رابطه‌ی بین ارزش فنوتیپی و لاین‌ها می‌شود و درنتیجه‌ی این فرآیند، لاین‌ها یا ارقام با عملکرد مناسب در یک محیط احتمال دارد در محیط دیگر تظاهر ضعیفی داشته باشند (Najafi Mirak et al., 2020). عملکرد دانه صفتی کمی و بسیار پیچیده است که حاصل اثر متقابل بین پتانسیل‌های ژنتیکی و محیط است. عملکرد دانه وراثت‌پذیری پایینی دارد و انتخاب به-خصوص در نسل‌های اولیه بر اساس عملکرد دانه چندان مؤثر نیست (Yarahmadi et al., 2020). عملکرد دانه گندم می-تواند از طریق انتخاب غیرمستقیم اجزای عملکرد بهبود پیدا کند. انتخاب غیرمستقیم بر اساس تعدادی از اجزای عملکرد، مؤثرتر از انتخاب مستقیم بر اساس عملکرد دانه است (Chandra et al., 2004) لذا نمودارهای دندوگرام و سه‌بعدی در خصوص گروه‌بندی لاین‌های برتر بسیار کمک می‌کند. با توجه به مطالب ذکرشده، این پژوهش با هدف بررسی عملکرد کمی و کیفی لاین‌های گندم نان و تعیین لاین‌های برتر بر اساس نمودارهای سه‌بعدی در شرایط دیم

(تنش خشکی) و آبی (بدون تنش خشکی) در استان ایلام انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی صفات اگرواکولوژیک و کیفی ۲۰ لاین گندم نان در شرایط آبی و دیم یک آزمایش مزرعه‌ای در طول ۳ سال زراعی (۹۸-۱۳۹۵) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی شهرستان سرابله واقع در استان ایلام اجرا شد. این شهرستان در شمال شرقی استان ایلام بین ۴۷ درجه و ۷ دقیقه و ۱۶ ثانیه تا ۴۸ درجه و ۴ دقیقه و ۹ ثانیه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۳۳ دقیقه و ۵۸ ثانیه تا ۳۳ درجه و ۱۲ دقیقه و ۸ ثانیه عرض شمالی قرار گرفته و بر اساس طبقه‌بندی کوپن دارای اقلیم معتدل کوهستانی است. کمینه و بیشینه دمای مطلق سالانه شهرستان سرابله بین ۶/۵- تا ۳۹ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارش سالانه‌ی آن بین ۴۰۰ تا ۵۵۰ میلی‌متر در نوسان است (جدول ۱). نمونه‌گیری خاک از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری جهت بررسی ویژگی‌های خاک مزرعه قبل از انجام آزمایش انجام شد. سپس ویژگی‌های آن بررسی شد. مشخص گردید که خاک مزرعه آزمایشی از نوع بافت لومی رسی است (جدول ۲).

جدول ۱. بارندگی (میلی‌متر) و میانگین دمای شهرستان سرآبله (درجه سانتی‌گراد) در سه سال زراعی (۹۸-۱۳۹۵)

Table 1. Rainfall (mm) and mean temperature of Sarableh city (ºC) in two years (2016-2019)

		سال ۱۳۹۶ Year 2017		سال ۱۳۹۷ Year 2018		سال ۱۳۹۸ Year 2019	
		دما Temperature	بارندگی rainfall	دما Temperature	بارندگی rainfall	دما Temperature	بارندگی rainfall
		°C	mm	°C	mm	°C	mm
April	فروردین	21.3	87.5	21.5	37.5	21.6	17.4
May	اردیبهشت	24.4	42.4	24.4	40.4	24.6	65.4
June	خرداد	28.4	12.3	27.9	11.4	28.2	1
July	تیر	35.9	0	36	0	36.2	0
Agust	مرداد	36.5	0	36.4	0	36.5	0
September	شهریور	33.1	1.2	33.2	0	33.2	1.3
October	مهر	28.3	45.5	28.5	17.5	29	12.3
November	آبان	20.8	90.5	21	45.5	21.2	34.5
December	آذر	16.4	112.3	16.7	87.7	16.6	90.4
January	دی	10.1	121.2	10.5	90.5	10.3	85.4
February	بهمن	9.8	116.5	10	82.3	10.5	78.7
March	اسفند	14.5	87.5	14	34.6	14.6	45.5
Average temperature (° C)	میانگین دما	23.2	-	23.3	-	23.5	-
Total rainfall (mm)	جمع بارندگی	-	716.6	-	447.4	-	431.9

جدول ۲. ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک تحت بررسی

Table 2. Chemical and physical and properties of the soil

وزن مخصوص ظاهری Appearance specific gravity	هدایت الکتریکی EC	رس Clay	شن Sand	سیلت Silt	اسیدیته pH	نیتروژن Nitrogen	فسفر Nitrogen	پتاسیم Potassium	ماده آلی Organic matter
g cm $^{-3}$	ds m^{-1}	---------- % ----------				%	------- mg kg^{-1} soil -------		
1.5	2.9	25	38	35	7.2	0.07	19	221	0.77

این پژوهش به‌صورت دو آزمایش مستقل در شرایط دیم و آبیاری کامل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بر روی بیست لاین گندم (جدول ۳) انجام شد. هر کرت آزمایش شامل ۶ خط کاشت به طول ۴ متر با فاصله خطوط ۲۰ سانتی‌متر بود. در شرایط آبی، آبیاری بر اساس نیاز گیاه (بدون تنش) به مقدار ۴ هزار مترمکعب در هکتار انجام شد.

اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت بذرها، دومین آبیاری در مرحله‌ی سبز شدن، سومین آبیاری در مرحله پنجه‌زنی، چهارمین آبیاری در مرحله ساقه رفتن، پنجمین آبیاری در مرحله گلدهی، ششمین آبیاری در مرحله بلوغ و هفتمین آبیاری نیز قبل از برداشت انجام شد. در آزمایش دیم (تنش خشکی) فقط متکی به نزولات جوی بود. فاصله‌ی بین کرت‌ها ۱ متر و بین بلوک‌ها نیز ۲ متر بود. جهت سهولت آبیاری لوله‌کشی و به‌منظور کنترل دقیق آب ورودی به هر کرت از کنتورهای حجمی قابل تنظیم و اتوماتیک استفاده شد.

در این بررسی در کاشت آبی ۲۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار در ۳ مرحله شامل قبل از کاشت، ساقه رفتن و سنبله-دهی و همچنین ۱۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل و ۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار قبل از کاشت مصرف شد. در کاشت دیم نیز با توجه به بارندگی مناسب منطقه ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار مصرف شد. دوسوم مقدار کود اوره در پاییز هم‌زمان با کشت به‌صورت جایگذاری زیر بستر بذر مصرف شد. یک‌سوم باقیمانده نیز پس از بارندگی مناسب بهاره در نیمه دوم اسفندماه به‌صورت سرک مصرف شد.

جدول ۳. شماره و شجره لاین‌های گندم موردمطالعه در آزمایش

Table 3. Number and pedigree of studied wheat lines

لاین Line	شجره Pedigree
1	Morvarid (local control)
2	Gonbad (local control)
3	REEDLING#1
4	CHIBIA//PRLINCM65531/3/SKAUZ/BAV92/4/MUNAL1
5	PBW343*2/KUKUNA/3/PASTOR/CHIL/PRL/4/GRACK
6	QUAIU*2/KINDE
7	FRNCL*2/TECUE#1
8	FRNCOLIN#1/AKURI#1//FRNCLN
9	KACHU#1//WBLLI*2/KUKUNA
10	CHIBIA//PRLII/CM65531/I/SKAUZ/BAV92*2/4/QUAIU
11	SITTE//PASTOR/3/TILHI/4/MUNAL#1/5/MUNAL
12	SAAR//INQALAB91*2/KUKUNA/3/KIRITATI/2*TRCH
13	MILAN/KAUZ//BABAX/3/BAV92/4/WHEAR//2*PRL/2*PASROR
14	PAURAQ//ND643/2*WBLLI/3/PAURAQUE#1
15	WHEAR/VIVITSI//WHEAR*2/3/KACHU
16	SOKOLL3/PASTOR//HXL7573/2*BAU/4/SOKOLL/WBLI
17	SUP152*2/TINKIO#1
18	ND643/2*WBLI/4/CHIBIA//PRLII/CM65531/3/SKAUZ/BAV92/5/BECARO
19	MILAN/SHA7/3/THB*S*/TON*S*//VEE*S*/6/LUAN/4/V763.23/3/V879CB//PVNPICUS/S/OPAA
20	GASPARD//MILAN/SHA7/3/MILAN/SHA7

در زمان برداشت نهایی یعنی در مرحله‌ی رسیدگی کامل، ۱۰ بوته به شکل تصادفی از خط‌های دوم و پنجم هر کرت و با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای برداشت گردید. صفاتی مانند تعداد سنبلچه در سنبله، ارتفاع بوته و تعداد دانه در سنبله موردسنجش قرار گرفت. از دانه‌های رسیده‌ی هر واحد آزمایشی، چهار نمونه هزار عددی انتخاب گردید و پس از وزن کردن، وزن هزار دانه محاسبه گردید. جهت سنجش عملکرد بیولوژیک (ماده خشک) و عملکرد بذر، گیاهان گندم ۲ ردیف وسط در هر کرت با حذف کردن ۵۰ سانتی‌متر از انتها و ابتدای هر کرت (حذف اثرات حاشیه‌ای) برداشت گردید. سپس عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه برحسب واحد کیلوگرم در هکتار یادداشت گردید. شاخص برداشت نیز از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک و ضرب‌در عدد ۱۰۰ محاسبه گردید.

شاخص تحمل به تنش و شاخص متوسط بهره‌وری طبق معادله‌های ۱ و ۲ محاسبه شدند (Mittal and Kumari, 2012).

$$Tol= YP- YS \quad [۱]$$

$$MP= (YP+YS)/2 \quad [۲]$$

که YP: عملکرد در شرایط بدون‌تنش، YS: عملکرد در شرایط تنش، Tol: شاخص تحمل به تنش و MP نیز شاخص متوسط بهره‌وری است. نتایج عددی بالای شاخص تحمل به تنش خشکی، بیانگر حساسیت بیشتر به تنش است. لذا برای انتخاب لاین‌های برتر، کمتر بودن مقادیر شاخص تحمل به تنش خشکی، یک شاخص خوب به‌حساب می‌آید. انتخاب بر

اساس شاخص ذکرشده موجب گزینش لاین‌ها یا ارقام با عملکرد کم تحت شرایط بهینه و عملکرد مطلوب تحت شرایط تنش خواهد شد. انتخاب بر اساس شاخص متوسط بهره‌وری (MP) در حالت تنش و بدون تنش؛ با مقادیر بالاتری برای آن همراه است که این شاخص تمایل به ارقام با عملکرد پتانسیلی بیشتر و تحمل به تنش کمتر دارد.

مقدار پروتئین کل نمونه‌های آرد توسط دستگاه NIR با روش ارائه‌شده توسط ویلیامز (Williams, 1993) اندازه‌گیری شد و دستگاه NIR در اندازه‌گیری پروتئین قبل از استفاده با روش متداول کجلدال کالیبره گردید.

ابتدا آزمون بارتلت انجام شد و پس از سنجش شاخص‌های تنش خشکی، شاخص‌های مذکور به همراه عملکرد دیم و آبی و با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند. مقایسه میانگین به روش LSD در سطح احتمال ۵ درصد و در صورت معنی‌دار بودن برهمکنش، برش‌دهی انجام شد. نمودارها ستونی توسط نرم‌افزار اکسل و نمودارهای سه‌بعدی نیز توسط نرم‌افزار Spss رسم شدند.

نتایج و بحث

ارتفاع

اثر اصلی سال و اثر اصلی لاین در دو محیط مجزای کاشت آبی و دیم بر ارتفاع بوته لاین‌های گندم معنی‌دار بود (جدول ۴). در محیط کاشت آبی میانگین ارتفاع بوته ۹۹/۹ سانتی‌متر بود که ۱۲ درصد بیشتر از محیط کاشت دیم بود. در محیط آبی بین لاین‌ها نیز بیشترین ارتفاع بوته در لاین Morvarid به مقدار ۹۹/۲ سانتی‌متر به دست آمد. کمترین ارتفاع بوته در لاین FRNCOLIN#1 و ۸۹/۱ سانتی‌متر بود. بیشترین مقدار در محیط کاشت دیم مربوط به لاین SUP152 به مقدار ۹۴/۶ سانتی‌متر حاصل شد (شکل ۱).

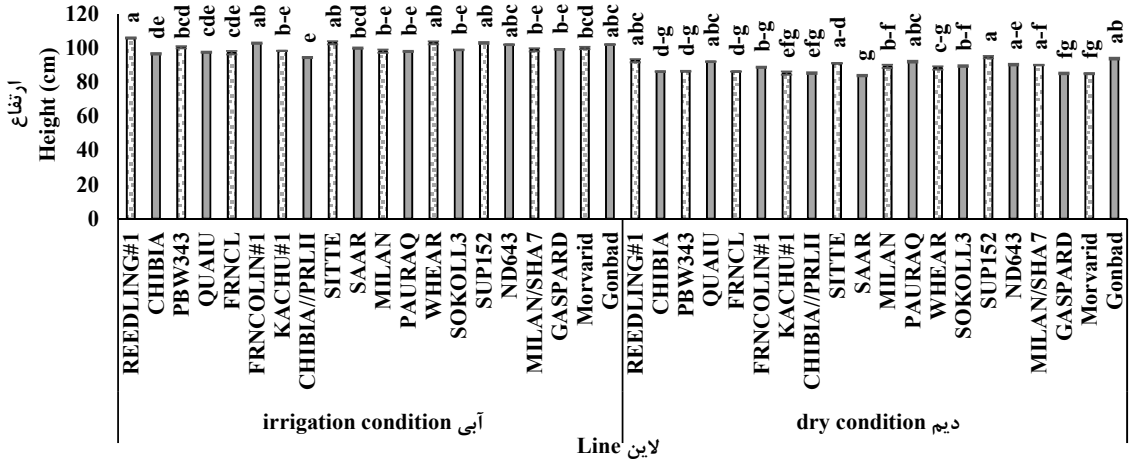
جدول ۴. تجزیه واریانس برخی صفات در لاین‌های گندم تحت تأثیر رژیم رطوبتی

Table 4. Analysis of variance of some traits in wheat lines under the influence of moisture regime

منابع تغییرات SOV	درجه آزادی DF	ارتفاع Height	تعداد سنبلچه در سنبله Spikelets per spike	تعداد دانه در سنبله Kennel per spike	وزن هزار دانه 1000 seed weight	وزن سنبله Spike weight
			Irrigated condition	آبی		
سال Year (Y)	2	1830**	39.317**	45.957ns	1630.9**	0.3554**
تکرار (سال) Rep (Y)	6	33.37	1.9804	89.257	7.8969	0.063
لاین Line(L)	19	69.8**	7.3373**	210.34**	27.017*	0.4738**
لاین×سال Y× L	38	19.91ns	1.0735ns	29.983ns	11.577ns	0.0124ns
خطای آزمایش Residual	114	21.75	1.9467	35.316	8.553	0.0263
ضریب تغییرات CV(%)	-	*4.6*	*7.7*	*11.7*	*11.5*	*10.5*
			Dry condition	دیم		
سال Year (Y)	2	4010**	9.0023**	19.063*	316.56**	0.2779**
تکرار (سال) Rep (Y)	6	34.04	0.609	3.2399	20.962	0.0123
لاین Line(L)	19	94.88**	4.1818**	8.6611**	20.756*	0.1918**
لاین×سال Y× L	38	55.45ns	0.0508ns	0.0377ns	6.6205ns	0.0072ns
خطای آزمایش Residual	114	20.80	1.3391	3.6271	8.022	0.0288
ضریب تغییرات CV(%)	-	*5.1*	*8.1*	*4.7*	*12.3*	*12.5*

**، * و ns: بترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد، معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و عدم تفاوت معنی‌دار

**, * and ns: show significance at 1% probability level, significance at 5% probability level and no significant difference, respectively



شکل ۱. مقایسه میانگین مجزای ارتفاع لاین‌ها در دو محیط کاشت آبی و دیم

Fig. 1. Comparison mean separate line's height in irrigated and dry condition

کاهش ارتفاع گیاه بر اثر تنش کم‌آبی یکی از بارزترین علائم بود و مشخص گردیده است که تنش کم‌آبی از طریق کاهش سرعت رشد باعث کم کردن ارتفاع بوته می‌شود و هرچقدر زمان وقوع تنش خشکی به مراحل پایانی رشد نزدیک‌تر گردد تأثیر آن بر ارتفاع بوته کمتر می‌شود (Heiba et al., 2021). به نظر می‌رسد علت کاهش ارتفاع تأثیر تنش بر سطح برگ و کم کردن فتوسنتز به‌ویژه در اواخر دوران رویشی و با ورود بوته به مرحله‌ی گلدهی و ریزش برگ‌ها نیز از پایین بوته است. خشکی موجب تنش اسمزی در بوته شده و به دنبال آن موجب کاهش آب و کاهش فشار تورژسانس سلولی می‌گردد. وقوع این پدیده، طویل شدن سلول‌ها و به دنبال آن موجب کاهش ارتفاع گیاه می‌شود (Rajpar et al., 2006).

تعداد سنبلچه در سنبله

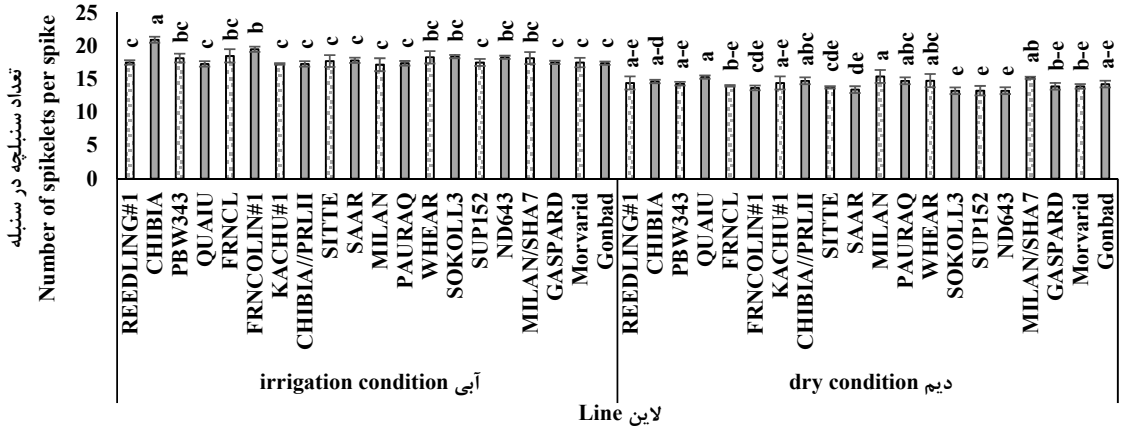
اثر اصلی سال و اثر اصلی لاین در دو محیط مجزای کاشت آبی و دیم بر تعداد سنبلچه در سنبله از نظر آماری ($p\leq0.01$) معنی‌دار بود (جدول ۴). بالاترین تعداد سنبلچه در سنبله در محیط کاشت آبی مربوط به لاین CHIBIA به مقدار ۲۰/۹۱ عدد بود که تفاوت آماری معناداری با لاین FRNCOLIN#1 که رده دوم قرار گرفت، داشت. لاین FRNCL نیز در رده سوم قرار داشت. نازل‌ترین تعداد سنبلچه در سنبله در محیط آبی به لاین KACHU#1 تعلق داشت. بیشترین تعداد سنبلچه در سنبله در محیط کاشت دیم به لاین MILAN به تعداد ۱۵/۳۸ اختصاص داشت. لاین QUAIU در رده‌ی دوم قرار گرفت. کمترین تعداد سنبلچه در سنبله در محیط دیم مربوط به لاین‌های ND643، SUP152 و SOKOLL3 بود. این لاین‌ها عملکرد دانه کمی نیز تولید کردند (شکل ۲).

گرچه اجزای عملکرد گندم طی مراحل مختلف رشد و نمو گیاه تشکیل می‌شوند ولی یک ماه قبل از گلدهی دوره بسیار مهمی در تعیین عملکرد دانه گندم است. در طول این دوره ساقه و سنبله، حداکثر سرعت رشد خود را دارند (Heiba et al., 2021) و برای دریافت کربوهیدرات‌ها با یکدیگر رقابت می‌کنند که این رقابت تعیین‌کننده میزان مرگ گلچه‌های بارور در مرحله‌ی گلدهی است (Khalilzadeh, 2018). تنش در غلات، عقیمی گلچه را افزایش می‌دهد. همچنین تعداد پنجه‌های بارور در هر گیاه، وزن هزار دانه و تعداد دانه در خوشه در اثر تنش کاهش می‌یابد (Rajpar et al., 2006).

تعداد دانه در سنبله

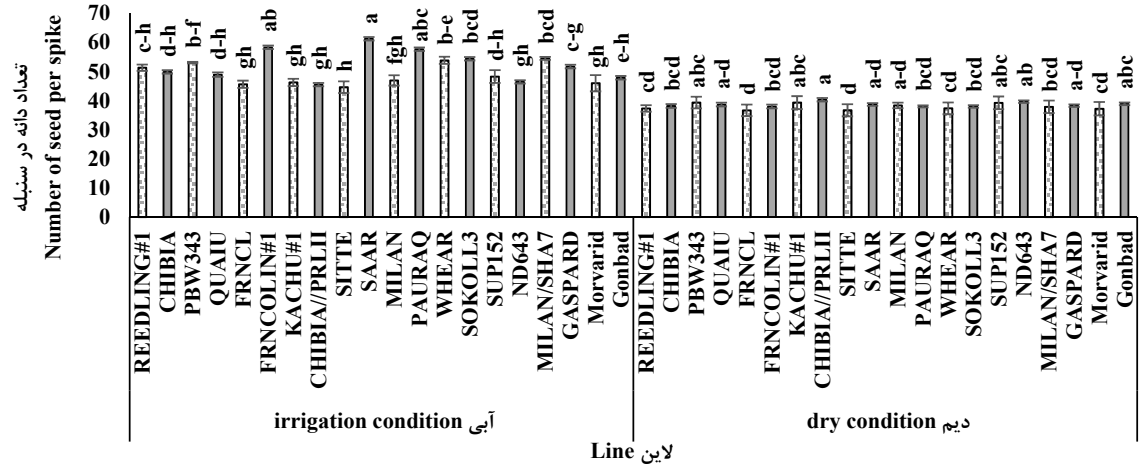
یافته‌های تجزیه واریانس داده نشان داد که اثر اصلی لاین در محیط‌های مجزای کاشت آبی و دیم بر تعداد دانه در سنبله گندم ازلحاظ آماری معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که اثر اصلی سال بر این صفت در محیط کاشت دیم در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). لاین SAAR به مقدار ۶۱/۲ عدد بیشترین تعداد دانه در سنبله در محیط کاشت آبی را داشت که همچون صفت تعداد سنبلچه در سنبله تفاوت آماری

معناداری با لاین FRNCOLIN#1 که رده دوم قرار گرفت، نداشت. حداقل تعداد دانه در سنبله در این محیط، مربوط به لاین SITTE بود. بالاترین تعداد دانه در سنبله در محیط کاشت دیم مربوط به لاین CHIBIA//PRLII به مقدار ۴۰/۳ تعلق داشت. دومین لاین برتر نیز ND643 بود. لاین PBW343 و KACHU#1 نیز در رده سوم قرار داشتند و ازجمله لاین‌های برتر بودند (شکل ۳). تعداد دانه در گندم به شکل مستقیم بر اساس تعداد گلچه‌های بارور در مرحله گلدهی تعیین می‌گردد. بسیاری از محققان گزارش کردند که تعداد گلچه‌های بارور در مرحله گلدهی با وزن خشک سنبله در آن مرحله همبستگی مثبت دارد (Yingfeng and Wei., 2007; Fisher, 2007; Reynolds et al., 2009). عوامل مختلفی چون دما، طول روز و تاریخ کاشت، بر روی تعداد دانه در سنبله تأثیر گذاشته و سبب ایجاد تنوع در لاین‌های گندم می‌گردد. فیشر (Fisher, 2007) نیز گزارش کرد تعداد دانه در سنبله ارتباط بسیار نزدیکی با وزن خشک سنبله در فاصله ی ظهور برگ پرچم تا ظهور سنبله دارد. طبق گزارش محققین وقوع تنش خشکی به‌خصوص در مرحله گرده‌افشانی به دلیل حساسیت دانه‌های گرده به کمبود رطوبت موجب عقیم شدن دانه‌های گرده، عقیم شدن گل‌های انتهایی سنبله، اختلال در فتوسنتز جاری و انتقال مواد ذخیره‌شده به دانه‌ها می‌گردد (Seraj et al., 2004) و همه این عوامل می‌توانند دلیلی بر کاهش تعداد دانه در لاین‌های تحت شرایط تنش خشکی باشند.



شکل ۲. مقایسه میانگین مجزای تعداد سنبلچه در سنبله‌ی لاین‌ها در دو محیط کاشت آبی و دیم

Fig. 2. Comparison mean separate line's number of spikelets per spike in irrigated and dry condition

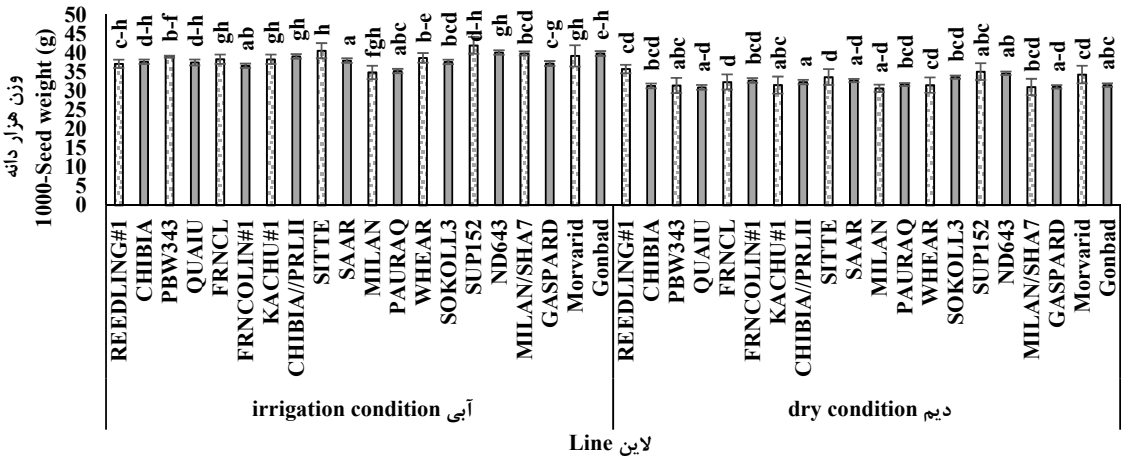


شکل ۳. مقایسه میانگین مجزای تعداد دانه در سنبله‌ی لاین‌ها در دو محیط کاشت آبی و دیم

Fig. 3. Comparison mean separate line's number of seeds per spike in irrigated and dry condition

وزن هزار دانه

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها بیانگر آن بود که اثر اصلی سال (در سطح ۱ درصد) و لاین (در سطح ۵ درصد) در هر دو محیط کاشت آبی و دیم بر وزن هزار دانه ازلحاظ آماری معنی‌دار شد (جدول ۴). در محیط کاشت آبی میانگین وزن هزار دانه ۴۸/۳ گرم و ۱۱ درصد بیشتر از محیط کاشت دیم بود. بین لاین‌ها نیز بیشترین وزن هزار دانه در لاین WHEAR به مقدار ۳۸/۵ گرم به دست آمد. کمترین وزن هزار دانه نیز مربوط لاین SITTE و ۳۲/۸ گرم بود. لاین‌های MILAN/SHA7 و Morvarid نیز جزو لاین‌های برتر ازلحاظ وزن هزار دانه بودند. در محیط کاشت دیم نیز بیشترین وزن هزار دانه مربوط به لاین REEDLING#1 به مقدار ۳۵/۷ گرم بود (شکل ۴). نیومن و نیومن (Newman and Newman, 2008) نیز دلیل کاهش وزن هزار دانه جو در اثر تنش خشکی را کوتاه‌تر شدن طول دوره پر شدن دانه و مواجهه با دمای بالاتر طی روزهای پایانی دوره رشد عنوان کردند که سبب ریزتر شدن دانه‌ها می‌گردد. احمدی و همکاران (Ahmadi et al., 2009) کاهش وزن هزار دانه در تنش خشکی را به کاهش تعداد سلول‌های اندوسپرم و کاهش اندازه مخزن در هر دانه نسبت دادند. چنین واکنشی به تنش در مطالعات دیگر نیز گزارش گردیده است (Newman and Newman, 2008). پژوهشگران معتقد می‌باشند که تنش خشکی از دوره‌ی گرده‌افشانی تا بلوغ فیزیولوژیک به‌خصوص اگر با دمای بالا نیز همراه گردد، دوره‌ی پر شدن و سرعت پر شدن دانه‌ی گیاه را کاهش می‌دهد و درنتیجه وزن دانه در گیاه کاهش می‌یابد (Newman and Newman, 2008).



شکل ۴. مقایسه میانگین مجزای وزن هزار دانه‌ی لاین‌ها در دو محیط کاشت آبی و دیم

Fig. 4. Comparison mean separate of line's 1000-seed weight in irrigated and dry condition

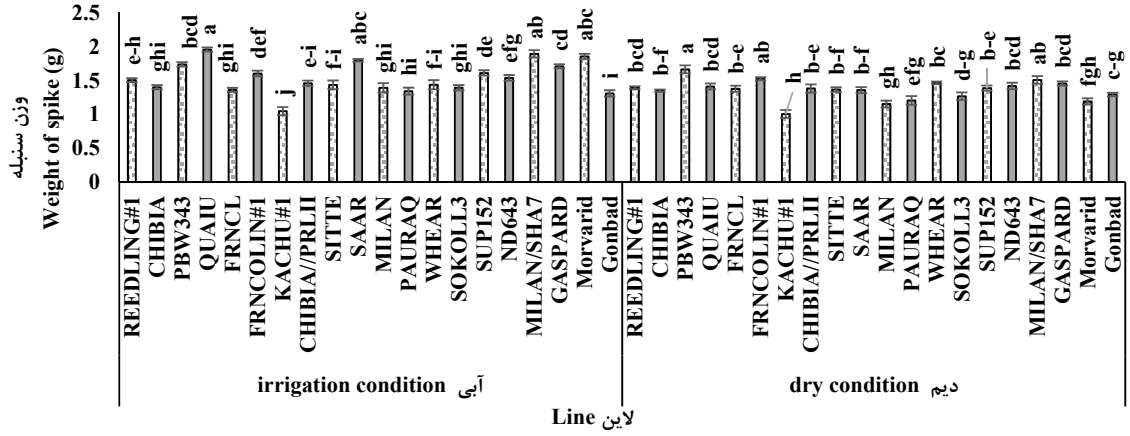
وزن سنبله

نتایج تجزیه واریانس بیانگر معنی‌دار بودن اثر اصلی سال و اثر اصلی لاین در محیط کاشت آبی و دیم بر وزن سنبله ازلحاظ آماری بود (جدول ۴). در محیط کاشت آبی حداکثر وزن سنبله به لاین QUAIU به مقدار ۱/۹۵ گرم اختصاص داشت که تفاوت معناداری ازلحاظ آماری با لاین MILAN/SHA7 نداشت. لاین Morvarid نیز، در رده سوم قرار داشت و اختلاف آماری معناداری با لاین رده اولی نداشت. کمترین وزن سنبله در محیط آبی مربوط به لاین KACHU#1 بود. بیشترین وزن سنبله در محیط کاشت دیم مربوط به لاین PBW343 به مقدار ۱/۶۶ گرم حاصل شد. لاین FRNCOLIN#1 نیز در رده‌ی دوم قرار داشت. لاین MILAN/SHA7 نیز در رده سوم قرار داشت و جزو لاین‌های برتر بود (شکل ۵). تنش خشکی منجر به کاهش عملکرد سنبله در بوته می‌گردد (Mostafa et al., 2016). خشکی می‌تواند موجب عقیم شدن دانه‌ی گرده، ریزش دانه-ها، انباشت آبسیزیک اسید در سنبله ارقام زراعی گندم حساس به تنش کم‌آبی گردد که این فرآیندها کاهش وزن سنبله را به دنبال دارد (Ji et al., 2010). تنش خشکی در مراحل مختلف رشد گندم به‌خصوص در مرحله‌ی گلدهی موجب کاهش سرعت رشد سنبله و به دنبال آن کاهش وزن سنبله خواهد شد (Heiba et al., 2021). همچنین با عقیم شدن گلچه‌ها در اثر تنش خشکی، وزن سنبله کاهش می‌یابد

چراکه باروری گلچه‌ها از عوامل اصلی اثرگذار بر وزن سنبله است (Rajpar et al., 2006).

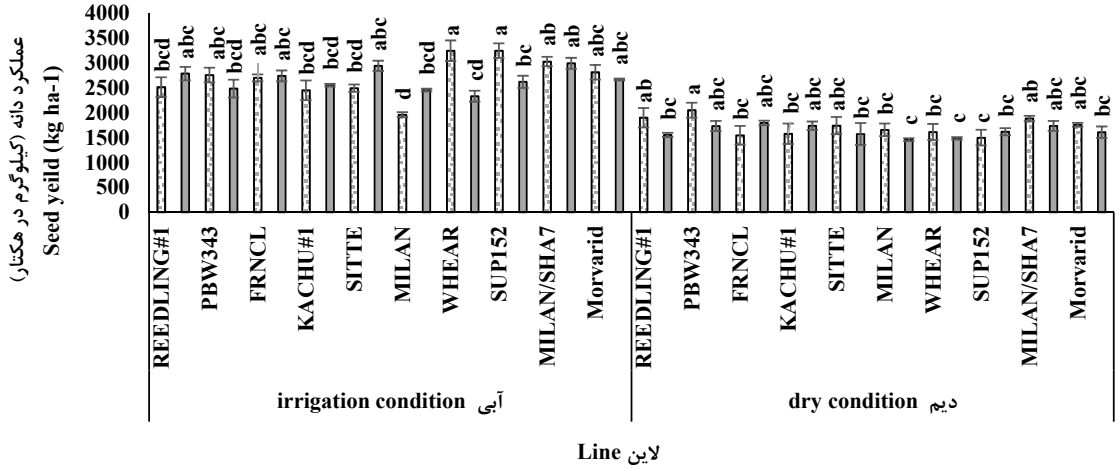
عملکرد دانه

یافته‌های حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از معنی‌دار بودن اثر اصلی لاین در سطح ۱ درصد در هر دو محیط کاشت آبی و دیم بر عملکرد دانه بود. اثر اصلی سال نیز در محیط کاشت آبی بر این صفت معنی‌دار بود (جدول ۵). بیشترین عملکرد دانه در محیط کاشت آبی مربوط به لاین SUP152 به مقدار ۳۲۴۵ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که تفاوت آماری معناداری با لاین WHEAR که رده دوم قرار گرفت، نداشت. سومین لاین برتر مربوط به MILAN/SHA7 بود. این ۳ لاین از نظر اجزاء عملکرد نیز مقادیر بالایی داشتند. پایین ترین عملکرد در محیط آبی مربوط به لاین MILAN با مقدار ۱۹۵۸ کیلوگرم در هکتار بود. بیشترین عملکرد دانه در محیط کاشت دیم مربوط به لاین PBW343 به مقدار ۲۰۵۱ کیلوگرم در هکتار بود. دومین عملکرد در محیط دیم مربوط به لاین REEDLING#1 بود. لاین MILAN/SHA7 نیز در رده سوم قرار داشت و جزء لاین‌های برتر بود. کمترین عملکرد دانه در محیط دیم به لاین PAURAQ به مقدار ۱۴۵۷ کیلوگرم در هکتار تعلق داشت. قابل‌ذکر است که لاین PBW343 در محیط کاشت دیم از نظر اجزاء عملکرد جزء بهترین لاین‌ها بود (شکل ۶).



شکل ۵. مقایسه میانگین مجزای وزن سنبله‌ی لاین‌ها در دو محیط کاشت آبی و دیم

Fig. 5. Comparison mean separate line's spike weight in irrigated and dry condition



شکل ۶. مقایسه میانگین مجزای عملکرد دانه‌ی لاین‌ها در دو محیط کاشت آبی و دیم

Fig. 6. Comparison mean separate line's seed yield in irrigated and dry condition

جدول ۵. تجزیه واریانس برخی صفات لاین‌های گندم تحت تأثیر رژیم رطوبتی دیم و آبی

Table 5. Analysis of variance of some traits of wheat lines under the influence of moisture regime irrigated and dry condition

منابع تغییرات	SOV	درجه آزادی DF	عملکرد دانه Seed yeild	عملکرد بیولوژیک Biologic yeild	شاخص برداشت Harvest indec	پروتئین Protein
			Irrigated condition آبی			
سال	Year (Y)	2	4306709**	27139265*	29.32^{ns}	6.700^{ns}
تکرار (سال)	Rep (Y)	6	235431	3591195	55.29	24.42
لاین	Line(L)	19	866501**	15586017**	91.17**	3.71**
لاین×سال	Y×L	38	283474^{ns}	2359024^{ns}	0.59^{ns}	0.02^{ns}
خطای آزمایش	Residual	114	303075	2528750	8.63	1.125
ضریب تغییرات	CV%	-	*20.4*	*21.3*	*8.05*	*9.7*
			Dry condition دیم			
سال	Year (Y)	2	62826ns	1110864^{ns}	62.19*	7.905^{ns}
تکرار (سال)	Rep (Y)	6	123762	3354621	13.79	4.079
لاین	Line(L)	19	213275**	5975598**	73.45**	9.18**
لاین×سال	Y×L	38	166877^{ns}	1854976^{ns}	0.65^{ns}	0.03^{ns}
خطای آزمایش	Residual	114	111945	1811079	15.01	1.331
ضریب تغییرات	CV%	-	*19.9*	*22.8*	*13.4*	*9.4*

**، * و ns: به ترتیب بیانگر معناداری در سطح احتمال ۱ درصد، معناداری در سطح احتمال ۵ درصد و عدم تفاوت معنادار.

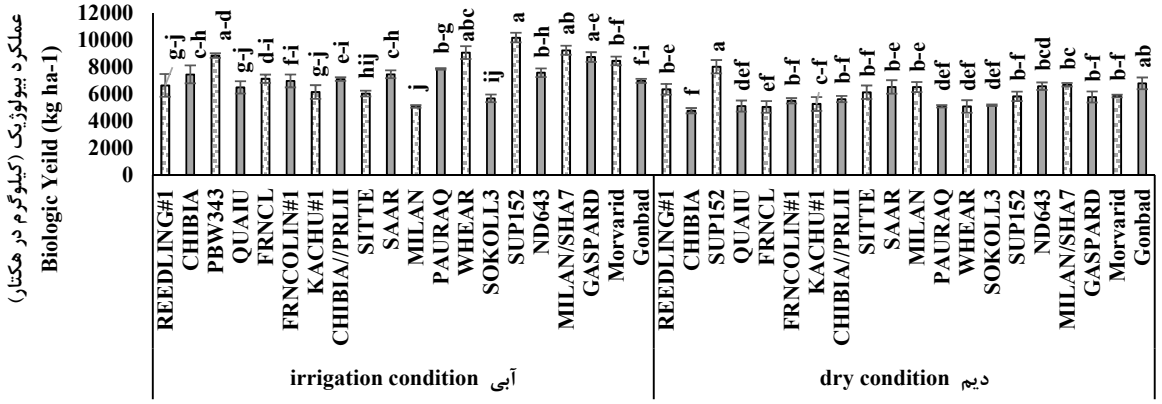
**, * and ns: significance at 1% probability level, significance at 5% probability level and no significant, respectively.

معلوم شده است که بروز تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه (به‌خصوص در مراحل اولیه پر شدن آن)، با کاهش وزن دانه سبب کاهش عملکرد دانه می‌گردد (Zhao et al., 2009). به گزارش بارناباس و همکاران (Barnabás et al., 2008) کاهش عملکرد در اثر تنش خشکی به علت کاهش محتوای نشاسته است، چراکه بیش از ۶۵ درصد دانه غلات از نشاسته تشکیل می‌شود. محققان بر این موضوع تأکید کردند که کاهش عملکرد در اثر تنش کمبود آب، ناشی از کاهش فتوسنتز گیاه تحت تأثیر کاهش پتانسیل آب برگ و سطوح فعال فتوسنتزی بوده است (Barutcular et al., 2016). پژوهشگران دیگری نیز محدودیت کربوهیدراتی، کاهش میزان فتوسنتز خالص و تجمع ماده خشک در برگ‌ها و ساقه را ازجمله دلایل کاهش عملکرد ماده خشک بیان کردند. این محققان همچنین نتیجه گرفتند که سه عامل مهم در محاسبه تولید ذرت در شرایط کمبود آب، سطح برگ، وزن برگ و وزن اندام‌های هوایی است (Vurukonda et al., 2016). افزایش تنش، رشد گیاه و محتوای مواد غذایی را در گیاه کاهش می‌دهد؛ بنابراین با کاهش رشد رویشی ناشی از کاهش پتانسیل اسمزی، رشد زایشی و درنهایت عملکرد دانه تحت تأثیر تنش قرار می‌گیرند (Barutcular et al., 2016).

عملکرد بیولوژیک

تجزیه واریانس نشان داد اثر اصلی لاین (در سطح ۱ درصد) در هر دو محیط کاشت آبی و دیم بر عملکرد بیولوژیک معنی دار بود. اثر اصلی سال نیز در محیط کاشت آبی بر این صفت معنی‌دار بود (جدول ۵). بیشینه‌ی عملکرد بیولوژیک در محیط کاشت آبی به لاین SUP152 به مقدار ۱۰۱۸۸ کیلوگرم در هکتار اختصاص داشت که تفاوت معناداری با لاین MILAN/SHA7 نداشت. سومین مورد برتری مربوط به لاین WHEAR بود. کمترین عملکرد بیولوژیک در محیط آبی مربوط به لاین MILAN بود. بیشینه‌ی عملکرد بیولوژیک در محیط کاشت دیم به لاین SUP152 به مقدار ۸۰۲۷ کیلوگرم در هکتار تعلق یافت. لاین MILAN/SHA7 در رده‌ی دوم و لاین ND643 در رده سوم قرار داشت بود. پایین‌ترین عملکرد بیولوژیک در محیط دیم مربوط به لاین CHIBIA بود (شکل ۷). محققان بیان کردند که در آغاز اعمال تنش، کاهش رطوبتی که درنتیجه‌ی کاهش پتانسیل آبی در ریشه به وجود می‌آید (Barutcular et al., 2016)، عامل اصلی کاهش رشد و نهایتاً کاهش وزن خشک اندام هوایی است (Barnabás et al., 2008; Zaho et al., 2009). درواقع مهم‌ترین نتیجه حساسیت رشد سلول به کمبود رطوبت، کاهش قابل‌توجه در رشد برگ و درنتیجه مساحت برگ است، با کاهش سطح برگ و کاهش فتوسنتز،

عملکرد بیولوژیک گیاه نیز کاهش می‌یابد (Kamrani et al., 2015). تنش خشکی رشد ریشه و ساقه را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. به نظر می‌رسد در شرایط تنش، رشد اندام هوایی کاهش می‌یابد و از طرفی ریشه جهت دسترسی به رطوبت از افق‌های پایین‌تر خاک رشد می‌کند و به همین علت نسبت آلومتری ریشه به ساقه در شرایط تنش افزایش می‌یابد (Vida et al., 2014).



شکل ۷. مقایسه میانگین مجزای عملکرد بیولوژیک لاین‌ها در دو محیط کاشت آبی و دیم

Fig. 7. Comparison mean separate of effect of line's biologic yield in irrigated and dry condition

شاخص برداشت

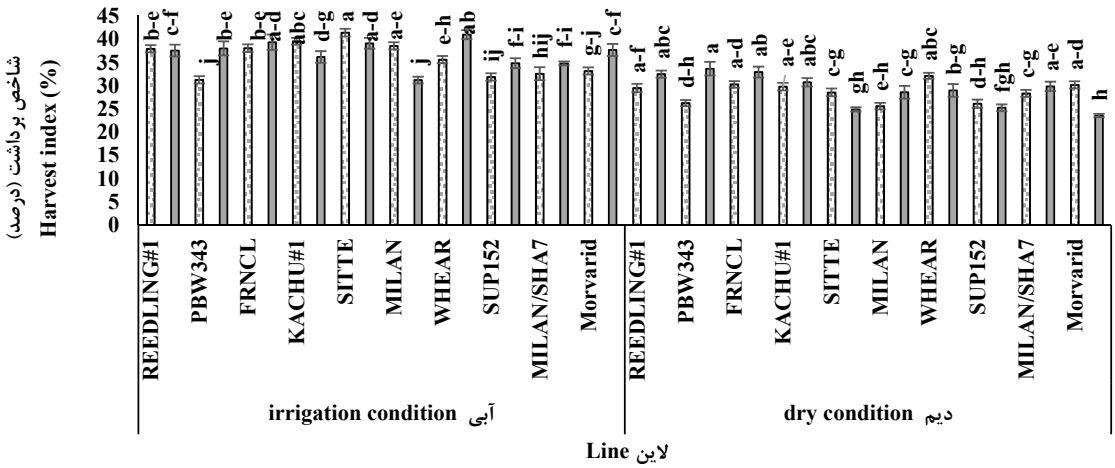
یافته‌های این تحقیق بیانگر آن بود که اثر اصلی لاین (در سطح ۱ درصد) در هر دو محیط کاشت آبی و دیم بر شاخص برداشت معنی‌دار بود. اثر اصلی سال نیز در محیط کاشت دیم بر شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۵). بیشترین شاخص برداشت در محیط کاشت آبی، مربوط به لاین SITTE به مقدار ۴۱/۴ درصد حاصل شد که تفاوت آماری معناداری با لاین SOKOLL3 که رده دوم قرار گرفت، نداشت. لاین KACHU#1 نیز، در رده سوم قرار داشت. کمترین شاخص برداشت در محیط آبی مربوط به‌PBW343 به مقدار ۳۱/۲ درصد حاصل شد. بیشترین شاخص برداشت در محیط کاشت دیم، مربوط به لاین QUAIU به مقدار ۳۳/۶ درصد حاصل شد. لاین FRNCOLIN#1 نیز در رده‌ی دوم قرار داشت. لاین CHIBIA نیز در رده سوم قرار داشت و جزء لاین‌های برتر بود. کمترین شاخص برداشت در محیط دیم مربوط به لاین Gonbad بود. لاین SAAR نیز شاخص برداشت پایینی داشت که لاین‌های مذکور از نظر عملکرد دانه، در رده‌های پایین قرار داشتند (شکل ۸).

شاخص برداشت حساسیت زیادی به تنش‌های محیطی دارد و تنش‌های مختلف ممکن است اثرات مختلفی بر شاخص برداشت داشته باشند. رینولد و همکاران (Reynolds et al., 2009) اظهار داشتند که افزایش توان رقابتی سنبله برای جذب مواد فتوسنتزی در مقایسه با ساقه منجر افزایش شاخص برداشت می‌گردد. رقابت سنبله با ساقه از مرحله تشکیل سنبلچه انتهایی آغاز و در زمان گرده‌افشانی و هنگامی‌که میانگره‌های بالایی ساقه در حال رشد و توسعه ساختار خود می‌باشند به حداکثر می‌رسد (Barutcular et al., 2016). این رقابت موجب سقط گلچه‌ها در داخل سنبلچه و درنتیجه کاهش عملکرد می‌گردد. ارقامی از گندم که دارای سنبله‌های بزرگ‌تر باقدرت رقابتی بیشتر باشند توان حفظ گلچه‌های بیشتر و افزایش تعداد دانه، افزایش عملکرد و افزایش شاخص برداشت را دارند (Heiba et al., 2021).

پروتئین

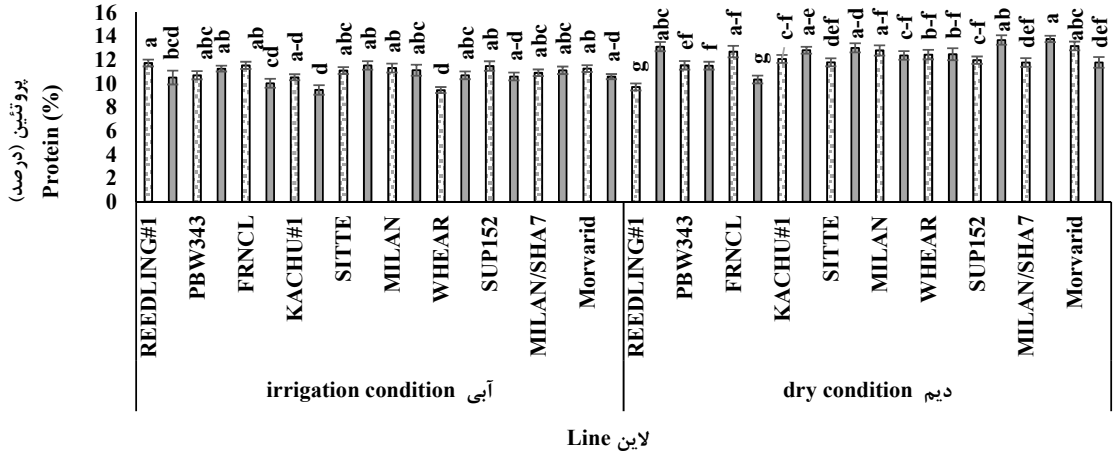
نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی لاین در هر دو محیط کاشت آبی و دیم بر پروتئین دانه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). در محیط کاشت آبی حداکثر پروتئین دانه مربوط به لاین REEDLING#1 به مقدار ۱۱/۷۳ درصد بود که تفاوت آماری معناداری با لاین‌های FRNCL و SAAR که رده‌های دوم و سوم قرار گرفتند،

نداشت. کمترین پروتئین دانه مربوط به لاین WHEAR بود. بالاترین پروتئین دانه در محیط کاشت دیم مربوط به لاین GASPARD به مقدار ۱۳/۷۳ درصد حاصل شد. لاین‌های ND643 و Gonbad نیز به ترتیب در رده‌های دوم و سوم قرار داشتند (شکل ۹). تجمع پروتئین در پاسخ به تنش‌های محیطی تغییر می‌کند. به‌غیراز پروتئین‌هایی که نقش فعالی در بیوسنتز و متابولیسم دارند، پروتئین‌های ذخیره‌ای و پروتئین‌هایی که نقش حفاظتی در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده دارند نیز به ترتیب در دانه تجمع می‌یابند (Balla et al., 2011). باروتکولار و همکاران (Barutcular et al., 2016) نیز بالاترین میزان پروتئین دانه (۱۸/۱ درصد) را در تیمار دیم گزارش کردند. برخی محققان نیز افزایش میزان پروتئین دانه گندم نان را در تنش گرمای آخر فصل گزارش کردند (Labuschagne et al., 2009; Balla and Veisz, 2007). در مقابل برخی محققین علت افزایش پروتئین در شرایط تنش خشکی را به کاهش عملکرد دانه به دلیل کاهش مقدار نشاسته نسبت داده‌اند (Fowler, 2003).



شکل ۸. مقایسه میانگین مجزای شاخص برداشت لاین‌ها در دو محیط کاشت آبی و دیم

Fig. 8. Comparison mean separate of effect of line's HI in irrigated and dry condition

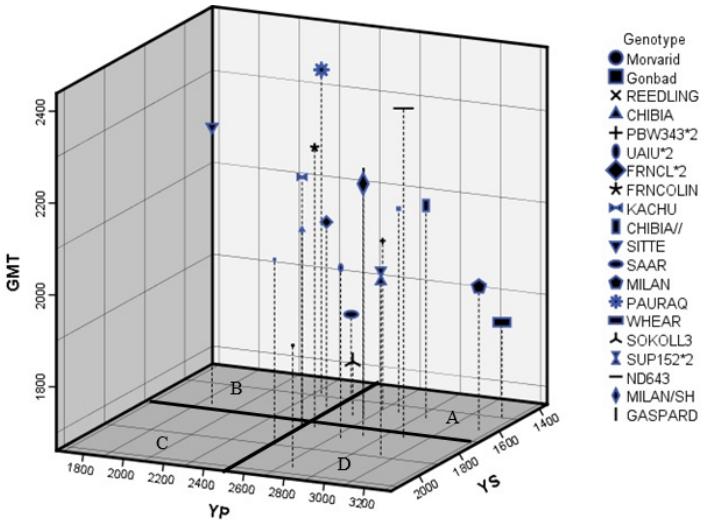


شکل ۹. مقایسه میانگین مجزای پروتئین دانه‌ی لاین‌ها در دو محیط کاشت آبی و دیم

Fig. 9. Comparison mean separate of effect of line's seed protein in irrigated and dry condition

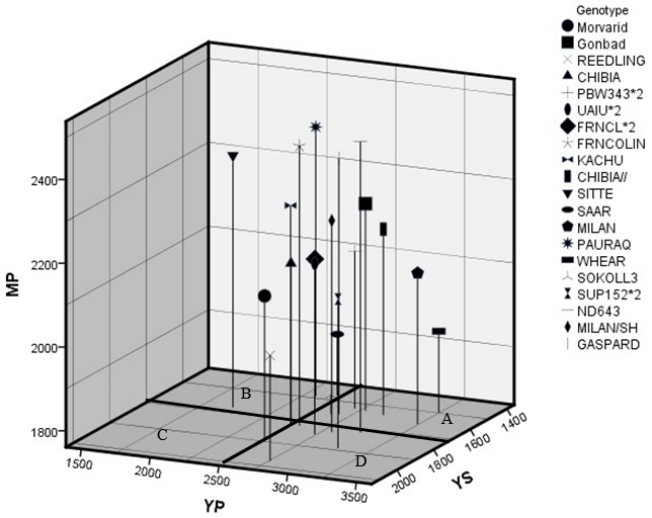
شاخص میانگین هندسی محصول دهی

نمودارهای سه‌بعدی شاخص میانگین هندسی محصول دهی قابلیت بررسی روابط بین سه متغیر را دارند. بعد از شناسایی بهترین شاخص تحمل به خشکی، برای شناسایی و تعیین لاین‌های متحمل خشکی در این بررسی از نمودار سه‌بعدی استفاده گردید که پس از رسم این نمودارها، نتایج مطالعه نشان داد که در خصوص پراکنش لاین‌های موردبررسی بر اساس YS، YP و شاخص‌های MP و GMP لاین‌های WHEAR، MILAN، CHIBIA//PRLII، PBW343 و SOKOLL3 در گروه A قرارگرفته و مقاوم به کم‌آبی بوده و عملکرد دانه بالایی در هر دو محیط دیم و آبی تولید کردند (شکل‌های ۱۰ و ۱۱). یوسفی آذر و رضایی (Yousofi-Azar, Rezai, 2007) در بررسی لاین‌های گندم با توجه به عملکرد YS، YP و شاخص‌های MP و GMP و به کمک نمودار سه‌بعدی در چهار ناحیه A، B، C و D نشان داده و گزارش کردند که شاخصی که بتواند گروه A را از سایر گروه‌ها تمیز دهد مناسب‌ترین شاخص خواهد بود. مهدوی و همکاران (Mahdavi et al., 2022) نیز با روش نمودار سه‌بعدی و بای پلات توانستند لاین‌های سازگار و مقاوم محصول برنج به تنش خشکی را شناسایی کنند.



شکل ۱۰. پراکنش لاین‌ها بر اساس عملکرد دانه در شرایط کاشت آبی و شاخص میانگین هندسی محصول دهی

Fig. 10. Distribution of lines based on seed yield and geometric mean yield index under irrigated conditions



شکل ۱۱. پراکنش لاین‌ها بر اساس عملکرد دانه در شرایط کاشت دیم و شاخص میانگین محصول دهی

Fig. 11. Distribution of lines based on seed yield and geometric mean yield index under dry conditions

نتیجه‌گیری نهایی

بالاترین تعداد سنبلچه در سنبله در محیط کاشت آبی مربوط به لاین CHIBIA به مقدار ۲۰/۹۱ عدد بود. لاین‌های FRNCOLIN#1 و FRNCL نیز در رده¬های دوم و سوم قرار داشتند. بیشترین تعداد سنبلچه در سنبله در محیط کاشت دیم به لاین MILAN به تعداد ۱۵/۳۸ اختصاص داشت. لاین QUAIU در رده‌ی دوم قرار گرفت. لاین SAAR به مقدار ۶۱/۲ عدد بیشترین تعداد دانه در سنبله در محیط کاشت آبی را داشت که همچون صفت تعداد سنبلچه در سنبله تفاوت آماری معناداری با لاین FRNCOLIN#1 که رده دوم قرار گرفت، نداشت. بالاترین تعداد دانه در سنبله در محیط کاشت دیم مربوط به لاین CHIBIA//PRLII به مقدار ۴۰/۳ تعلق داشت. لاین‌های ND643، PBW343 و KACHU#1 نیز ازجمله لاین‌های برتر بودند. بیشترین وزن هزار دانه در لاین WHEAR به مقدار ۳۸/۵ گرم به دست آمد. لاین‌های MILAN/SHA7 و Morvarid نیز جزو لاین‌های برتر ازلحاظ وزن هزار دانه بودند. در محیط کاشت دیم نیز بیشترین وزن هزار دانه مربوط به لاین REEDLING#1 بود. بیشترین عملکرد دانه در محیط کاشت آبی مربوط به لاین SUP152 به مقدار ۳۲۴۵ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که تفاوت آماری معناداری با لاین WHEAR که رده دوم قرار گرفت، نداشت. سومین لاین برتر مربوط به MILAN/SHA7 بود. این ۳ لاین از نظر اجزاء عملکرد نیز مقادیر بالایی داشتند. بیشترین عملکرد دانه در محیط کاشت دیم مربوط به لاین PBW343 به مقدار ۲۰۵۱ کیلوگرم در هکتار بود. دومین عملکرد در محیط دیم مربوط به لاین REEDLING#1 بود. لاین MILAN/SHA7 نیز در رده سوم قرار داشت و جزء لاین‌های برتر بود. قابل‌ذکر است که لاین PBW343 در محیط کاشت دیم از نظر اجزاء عملکرد جزء بهترین لاین‌ها بود. در پراکنش لاین‌ها بر اساس YS، YP و شاخص‌های MP و GMP نشان داد که لاین‌های WHEAR، MILAN، CHIBIA//PRLII، PBW343 و SOKOLL3 در گروه A قرارگرفته و مقاوم به کم‌آبی بوده و عملکرد دانه بالایی در هر دو محیط دارند و به‌عنوان لاین‌های برتر برای هر دو محیط دیم و آبی انتخاب شدند.

منابع

Ahmadi, A., Marde, A. S., Poostini, K., Jahromi, M.E.P., 2009. The rate and duration of grain filling and stem reserve remobilization in wheat cultivars as a response to water deficit. Iranian Journal of Field Crop Science. 40, 23-35. [In Persian]. DOR: 20.1001.1.20084811.1388.40.1.18.0

Bahamin, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Behashti, S., 2021. Effect of nitrogen and phosphorus fertilizers on yield and nutrient efficiency indices in maize under drought stress. Environmental Stresses in Crop Sciences. 14, 675-690. [In Persian]. https://doi.org/10.22077/escs.2020.3095.1793

Bahamin, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Beheshti, S., 2019. Effect of biological and chemical fertilizers of nitrogen and phosphorus on quantitative and qualitative productivity of maize under drought stress conditions. Environmental Stresses in Crop Sciences. 12, 123-139. [In Persian]. https://doi.org/10.22077/escs.2018.1152.1235

Balla, K., Veisz, O., 2007. Changes in the quality of cereals in response to heat and drought stress. Acta Agronomica Óvariensis, 49, 451-455.

Balla, K., Rakszegi, M., Li, Z., Bekes, F., Bencez, S., Veisz, O., 2011. Quality of winter wheat in relation to heat and drought shock after anthesis. Czech Journal of Food Science. 29, 117-128. https://doi.org/10.17221/227/2010-CJFS

Barnabás, B., Jäger, K., Fehér, A., 2008. The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. Plant, Cell and Environment, 31, 11-38. https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2007.01727.x

Barutcular, C., Yıldırım, M., Koc, M., Akıncı, C., Tanrıkulu, A., El Sabagh, A., Saneoka, H., Ueda, A., Islam, M.S., Toptas, I., Albayrak, O., 2016. Quality traits performance of bread wheat genotyp under drought and heat stress conditions. Fresenius Environmental Bulletin and Advances in Food Sciences, 25, 6159-6165.

Bruce, W.B., Edmeades, G.O., Barker, T.C., 2002. Molecular and physiological approaches to maize improvement for drought tolerance.

Journal of Experimental Botany. 53, 13-25. https://doi.org/10.1093/jexbot/53.366.13

Cattivelli, L., Rizza, F., Badeck, F.W., Mazzucotelli, E., Mastrangelo, A.M., Francia, E., Mare, C., Tondelli, A., Stanca, A.M., 2008. Drought tolerance improvement in crop plants: an integrated view from breeding to genomics. Field Crops Research. 105, 1-14. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.07.004

Chandra, D., Islam, M.A., Barma, N.C.D., 2004. Variability and interrelationship of nine quantitative characters in F5 bulks of five wheat crosses. Pakistan Journal of Biological Sciences. 7, 1040-1045. https://doi.org/10.3923/pjbs.2004.1040.1045

Denčić, R., Kastori, B., Kobiljski, Duggan, B., 2000. Evaluation of grain yield and its components in wheat cultivars and landraces under near optimal and drought conditions. Euphytica. 113, 43-52. https://doi.org/10.1023/A:1003997700865

Fathi, A., Bahamin, S., 2018. The effect of irrigation levels and foliar application (zinc, humic acid and salicylic acid) on growth characteristics, yield and yield components of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). Environmental Stresses in Crop Sciences. 11, 661-674. [In Persian].

Fischer, R.A., 2007. Understanding the physiological basis of yield potential in wheat. The Journal of Agricultural Science. 145, 99.

Fowler, D.B., 2003. Crop nitrogen demand and grain protein concentration of spring and winter wheat. Agronomy Journal. 95, 260-265.

Haworth, M., Marino, G., Brunetti, C., Killi, D., De Carlo, A., Centritto, M., 2018. The impact of heat stress and water deficit on the photosynthetic and stomatal physiology of olive (*Olea europaea* L.) a case study of the 2017 heat wave. Plants, 7,1–13.

Heiba, S.A., Osman, S.A., Eldessouky, S.E., Haiba, A.A., Ali, R.T., 2021. Genetic and biochemical studies on some Egyptian wheat genotyp under drought stress. Bulletin of the National Research Centre, 45, 1-15.

Huang, Q., Wang, Y., Li, B., Chang, J., Chen, M., Li, K., He, G., 2015. TaNAC29, a NAC transcription factor from wheat, enhances salt and drought tolerance in transgenic Arabidopsis. BMC Plant Biology, 15, 268.

Ji, X., Shiran, B., Wan, J., Lewis, D.C., Jenkins, C.L., Condon, A.G., Dolferus, R., 2010. Importance of pre□anthesis anther sink strength for maintenance of grain number during reproductive stage water stress in wheat. Plant, Cell & Environment. 33, 926-942.

Jin, J., Shan, N., Ma, N., Bai, J. Gao, J., 2006, Regulation of ascorbate peroxidase at the transcript level is involved in tolerance to postharvest water deficit stress in the cut rose (*Rosa hybrida* L.) cv. Samantha. Postharvest Biology and Technology. 40, 236-243.

Jose, A.I., 2000. Package of Practices Recommendations: Crops. 12th Edition. Kerala Agricultural University, Trichur, Kerala, India. 278p.

Kamrani, M., Farzi, A., Ebadi, A., 2015. Evaluation of grain yield performance and tolerance to drought stress in wheat genotyp using drought tolerance indices. Cereal Research. 5, 231-246.

Kardoni, F., Bahamin, S., Khalil Tahmasebi, B., Ghavim-Sadati, S.H., Vahdani, S.E., 2019. Yield comparisons of mung-bean as affected by its different nutritions (chemical, biological and integration) under tillage systems. Journal of Crop Ecophysiology. 13, 87-102. [In Persian].

Khalilzadeh, G.R., 2018. Genetic investigation of grain yield and its components in bread wheat genotyp using diallel method. Iranian Journal of Dryland Agriculture. 6, 165-186. [In Persian].

Khanna-Chopra, R., Selote D.S., 2007. Acclimation to drought stress generates oxidative stress tolerance in drought-resistant than susceptible wheat cultivar under field conditions. Environmental and Experimental Botany. 60, 276-283. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2006.11.004

Labuschagne, M.T., Elago, O., Koen, E., 2009. The influence of temperature extremes on some quality and starch characteristics in bread, biscuit and durum wheat. Journal of Cereal Science, 49, 18-189.

Li, T., Hasegawa, T., Yin, X., Zhu, Y., Boote, K., Adamm, M., 2015. Uncertainties in predicting rice yield by current 130 crop models under a wide range of climatic conditions. Global Change Biology. 21,1328–41.

Mahdavi, A., Babaeian Jelodar, N., Farshadfar, E., Bagheri, N., 2022. Study of grain yield stability of bread wheat lines using non-parametric method and GGE biplot. Environmental Stresses in Crop Sciences. 15,

287-298. [In Persian]. https://doi.org/10.22077/escs.2020.3527.1871

Mariey, A.S., 2004. Genetical and molecular studies on barley salt tolerance. M.Sc. Thesis, Tanta University, Egypt.

Mittal, S.N., Kumari, V., 2012. Differential response of salt stress on Brassica juncea: Photosynthetic performance, pigment, proline, D1 and antioxidant enzymes. Plant Physiology Biochemical. 54, 17-26.

Mostafa, E.A.H., El-Atroush, H., El-Ashry, Z.M., Mohamed, F.I., El-Khodary, S.E., Osman, S.A., 2016. Genetic variation and agro-morphological criteria of ten Egyptian barley under salt stress. International Journal of ChemTech Research. 9,119–130.

Movludi, A., Ebadi, A., Jahanbakhsh, S., Davari, M., and Parmoon, G.H., 2014. The effect of water deficit and nitrogen on the antioxidant enzymes activity and quantum yield of barley (*Hordeum vulgare* L.). Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 42, 398-404.

Najafi Mirak, T., Dastfal, M., Farzadi, H., Sayyahfar, M., Andarzian, B., 2020. Study of durum wheat yield stability in warm zone of Iran under normal and drought stress. Journal of Crop Breeding. 12, 80-90. [In Persian]

Newman, R.K., Newman, C.W., 2008. Barley for Food and Health: Science, Technology, and Products. John Wiley and Sons.

Oraby, H. F., Ransom, C. B., Kravchenko, A. N., & Sticklen, M.B., 2005. Barley HVA1 gene confers salt tolerance in R3 transgenic oat. Crop Science. 45, 2218-2227.

Pereira-Santana, A., Alcaraz, L.D., Castaño, E., Sanchez-Calderon, L., Sanchez-Teyer, F., odriguez-Zapata, L., 2015. Comparative genomics of NAC transcriptional factors in angiosperms: implications for the adaptation and diversification of flowering plants. PlOS ONE.10, e0141866.

Rajpar, Y.M. Khanif, F., Soomro, M., and Suthar, J.K., 2006. Effect of NACL salinity on the growth and yield of inqlab wheat (*Triticum aestivum* L.) variety. American Journal of Plant Physiology. 1, 34-40.

Reynolds, M., Foulkes, J.M., Slafer, G.A., Berry, P., Snape, J.W., Angus, W.J., 2009. Raising yield potential in wheat. Journal of Experimental Botany. 60, 1899-1918.

Seraj, R., Sinclair, T.R., 2004. Inhibition of nitrogenase activity and nodule oxygen permeability by water deficit. Journal of Experimental Botany. 47, 1067-1073.

Shi, J.F., Mao, X.G., Jing, R.L., Pang, X.B., Wang, Y.G., Chang, X.P., 2010. Gene expression profiles of response to water stress at the jointing stage in wheat. Agricultural Sciences in China. 9, 325-330.

Veesar, N.F., Channa, A.N., Rind, M.J., Larik, A.S., 2007. Influence of water stress imposed at different stages on growth and yield attributes in bread wheat genotyp *Triticum aestivum* L. Wheat Information Service. 104, 15-19.

Vida, G., Szunics, L., Veisz, O., Bedő, Z., Láng, L., Árendás, T., Bónis, P., Rakszegi, M., 2014. Effect of genotypic, meteorological and agronomic factors on the gluten index of winter durum wheat. Euphytica. 197, 61-71. https://doi.org/10.1007/s10681-013-1052-6

Vurukonda, S.S.K.P., Vardharajula, S., Shrivastava, M., SKZ, A., 2016. Enhancement of drought stress tolerance in crops by plant growth promoting rhizobacteria. Microbial Research. 184, 13-24.

Wang, F.Z., Wang, Q.B., Kwon, S.Y., Kwak, S.S., Su, W.A., 2005. Enhanced drought tolerance of transgenic rice plants expressing a pea manganese superoxide dismutase. Journal of Plant Physiology. 162, 465-472.

Wang, W.B., Kim, Y.H., Lee, H.S., Kim, K.Y., Deng, X.P., Kwak, S.S., 2009. Analysis of antioxidant enzyme activity during germination of alfalfa under salt and drought stresses. Plant Physiology and Biochemistry, 47, 570-577.

Williams, P.C., Sobering, D.C., 1993. Comparison of commercial near infrared transmittance and reflectance instruments for analysis of whole grains and seeds. Journal of Near Infrared Spectroscopy. 1, 25-32. https://doi.org/10.1255/jnirs.3

Yadav, S., Payal, M., Akanksha, D., Akdasbanu, V., Disha, P., Mohini, P., 2020. Effect of abiotic stress on crops. Sustainable Crop Productin. 4, 1-21.

Yarahmadi, S., Nematzadeh, G., Sabouri, H., Najafi Zarrini, H., 2020. Selection of agro-morphological traits related to spring wheat yield in dryland conditions as selection indices.

Environmental Stresses in Crop Sciences. 13, 1019-1030. [In Persian with English summary.]

Yingfeng, L., Wei, Z., 2007. Effects of water stress on quality characters of different types of gluten wheat grain. Chinese Agricultural Science Bulletin. 23, 115- 115.

Yousofi-Azar, M. Rezai, A.M., 2007.Assessment of drought tolerance in different breeding lines of wheat (*Triticum. aestivum* L). Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources. 42, 11.113-121. DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.10.9

Zabet, M., Bahamin, S., Ghoreishi, S., Sadeghi, H., Moosavi, S. (2015). Effect of deficit irrigation and nitrogen fertilizer on quantitative yield of aboveground part of forage pear millet (*Pennisetum glaucum*) in Birjand. Environmental Stresses in Crop Sciences. 7, 187-194. [In Persian].

Zandalinas, S.I., Sales, C., Beltrán, J., Gómez-Cadenas, A., Arbona, V., 2017 Activation of secondary metabolism in citrus plants is associated to sensitivity to combined drought and high temperatures. Frontiers in Plant Science. 7, 1–17.

Zhao, C.X., He, M.R., Wang, Z.L., Wang, Y.F., Lin, Q. ,2009. Effects of different water availability at post-anthesis stage on grain nutrition and quality in strong-gluten winter wheat. Comptes Rendus Biologies, 332, 759-764.