Crop Science Research in Arid Regions

homepage: https://cropscience.uoz.ac.ir/

Research Article
Volume 7, Issue 3, 2025, P. 607-625

Effective factors on precipitation use efficiency of dryland wheat and barley genotypes

Alireza Khodashenas [*a]

[a] North Khorasan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Bojnord, Iran

[*]Corresponding Author: khodashenas48@yahoo.com

Received: 22 August 2024 Accepted: 17 January 2025 **DOI: 10.22034/CSRAR.2025.469120.1425**

How to cite this article:
Khodashenas, A., 2025. Effective factors on precipitation use efficiency of dryland wheat and barley genotypes. *Crop Science Research in Arid Regions, 7*(3), 607-625.
https://doi.org/10.22034/csrar.2025.469120.1425

Abstract

Introduction: Available water and its efficient use are the main determinants of yield in agricultural ecosystems specially in dryland farming. This study was conducted in order to evaluate the efficiency of precipitation use of dryland wheat and barley varieties and the factors affecting it.
Material and Methods: Evaluation of the efficiency of precipitation use (efficiency) was done based on two-year experiments (2015-2017) on wheat and barley genotypes in dryland conditions of Mashhad. In these experiments, planting dates (main plots) and genotypes of wheat and barley (subplots) were compared in split plots based on a randomized complete block design with three replications. The results of these experiments were used to calculate the efficiency of rainfall use based on kilograms of production per millimeter of rainfall, after deducting 110 millimeters for evaporation contribution. The resulting data were statistically analyzed using $SAS_{(8.2)}$ software and the means were compared using Duncan's test.
Results and Discussion: The results showed that under the same environmental conditions, the efficiency of rainfall use (efficiency) of wheat and barley genotypes had a significant difference, and the highest and lowest efficiency in wheat genotypes was allocated to Karim and Line 14, with the rate of 9.6 and 4.3 kg of grain for each mm of rainfall, respectively. The highest and lowest efficiency in barley genotypes was recorded for Mahoor and Ansar cultivars, at the rate of 17.7 and 7.9 kg of grain per mm of rainfall, respectively. The difference between the two crops in terms of efficiency was considerable, so that the superiority of the highest efficiency of barley genotypes compared to the wheat cultivar of Karim (the highest efficiency for wheat cultivars) was 84.3%. The results showed that temperature is one of the most effective factors in improving efficiency, and on average, for each ˚C increase in temperature, the mean efficiency of wheat and barley genotypes decreased by 0.83 and 1.06 kg/ha per millimeter of rainfall, respectively. Among wheat genotypes, the Karim wheat cultivar, and among barley genotypes Mahoor barley cultivar started spring growth faster. The biomass growth rate of wheat genotypes was in the range of 84-106 kg/ha per day, and the biomass growth rate of barley genotypes was in the range of 136-166 kg/ha per day, but the difference between genotypes was not significant. The highest grain growth rate of wheat and barley genotypes was recorded for the Aftab wheat cultivar and the Khorram barley cultivar at the rate of 78.6 and 122 kg/ha per day, respectively. The time of pollination and the harvest index also played an important role in improving

©2024 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).

the efficiency of wheat and barley genotypes. So, every day of delay in pollination according to the average rate of seed production in wheat and barley genotypes, results in a reduction of 52.9 and 90.8 kg of grain per hectare, respectively. The highest harvest index was recorded for Karim wheat and Mahur barley cultivars, at 36.3 and 43.6, respectively, and the harvest index of barley varieties was greater than that of wheat varieties. Despite the effective role of each of the traits, superiority in one trait did not play a significant role in reaching efficiency, and the Mahoor cultivar with highest efficiency had a favorable status in terms of all traits.

Conclusion: It seems that by improving the effective traits, the efficiency of spring and winter wheat cultivars as well as winter and spring barley, can be improved according to a pattern similar to the Mahoor cultivar and even more than that. This situation only for wheat will mean an increase in grain yield potential by about 61.5% compared to the current situation of the best wheat variety in this condition.

Keywords: Biomass Growth Rate, Grain Growth Rate, Harvest Index, Pollination, Spring Growth Acceleration

تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد هفتم، شماره سوم، پاییز ۱۴۰۴، ص ۶۲۵-۶۰۷

مقاله پژوهشی

عوامل موثر بر کارایی استفاده از بارندگی ژنوتیپ‌های گندم و جو دیم

علیرضا خداشناس*[۱]

۱- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان شمالی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بجنورد، ایران

* مسئول مکاتبه: khodashenas48@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۲۸ **DOI: 10.22034/CSRAR.2025.469120.1425**

چکیده

بهبود کارایی استفاده از بارندگی (کارایی) یکی از استراتژی‌های مهم برای افزایش تولید در کشاورزی و به‌ویژه زراعت دیم است. این مطالعه به‌منظور ارزیابی کارایی رقم‌های گندم و جو دیم و عوامل موثر بر آن و بر مبنای نتایج آزمایشات دو ساله (۱۳۹۴-۱۳۹۶) روی ژنوتیپ‌های گندم و جو انجام شد. در این آزمایش‌ها تاریخ کاشت و ژنوتیپ‌های گندم و جو به‌صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد مقایسه قرار گرفتند. بیشترین و کمترین کارایی در ژنوتیپ‌های گندم در رقم کریم و لاین ۱۴ و به‌ترتیب به‌میزان ۹/۶ و ۴/۳ و در ژنوتیپ‌های جو برای رقم‌های ماهور و انصار و به‌ترتیب به‌میزان ۱۷/۷ و ۷/۹ کیلوگرم دانه به‌ازای هر میلی‌متر بارندگی ثبت شد و به‌طور متوسط با هر درجه سلسیوس افزایش دما، کارایی ژنوتیپ‌های گندم و جو به‌ترتیب ۰/۸۳ و ۱/۰۶ کیلوگرم در هکتار به‌ازای هر میلی‌متر بارندگی کاهش نشان داد. بیشترین سرعت رشد دانه ژنوتیپ‌های گندم و جو برای رقم‌های گندم آفتاب و جو خرم و به‌ترتیب به‌میزان ۷۸/۶ و ۱۲۲ کیلوگرم در روز در هکتار به‌ازای هر میلی‌متر بارندگی ثبت شد. هر روز تاخیر در گرده‌افشانی در ژنوتیپ‌های گندم و جو به‌ترتیب منجر به کاهش ۵۲/۹ و ۹۰/۸ کیلوگرم دانه در هکتار به‌ازای هر میلی‌متر بارندگی شد. به‌نظر می‌رسد با بهبود صفات موثر، کارایی رقم‌های گندم و جو با الگویی مشابه جو رقم ماهور و حتی به‌میزانی بیش از آن قابل اصلاح است.

واژه‌های کلیدی: تسریع رشد بهاره، سرعت رشد دانه، سرعت رشد زیست‌توده، شاخص برداشت، گرده‌افشانی

مقدمه

درحالی‌که امکان گسترش اراضی کشاورزی در حال اتمام است و سازگاری محصولات زراعی به نواحی حاشیه‌ای یک نیاز است، یک جایگزین دیگر، بهبود عملکرد از طریق برنامه‌های به‌نژادی یا استراتژی‌های جدیدی با هدف افزایش کارایی در استفاده از منابع نظیر آب و عناصر غذایی است و در این زمینه افزایش کارایی مصرف آب یک استراتژی است، که به‌طور پتانسیل می‌تواند منجر به افزایش عملکرد دانه شود (Acuña *et al.*, 2015). کارایی استفاده از بارندگی به‌عنوان موثرترین عامل تولید در زراعت دیم، ویژگی برجسته‌ای است که نقش قابل‌توجهی در تولید مزارع دیم دارد. سوال مفید این است که در شرایط تامین آب مشخص، بهترین عملکردی که می‌توان برداشت کرد چقدر است؟ (Anderson, 2010).

مطالعات اولیه حد بالای کارایی مصرف آب در سیستم‌های زراعت دیم را تولید ۲۰ کیلوگرم گندم در هکتار برای هر میلی‌متر بارندگی پس از حذف ۱۱۰ میلی‌متر سهم تبخیر تعریف نموده است. این مدل سپس طی بررسی‌های بیشتر به ۲۲ کیلوگرم دانه به‌ازای هر میلی‌متر بارندگی پس از کسر ۶۰ میلی‌متر سهم تبخیر تغییر یافت. این مقدار در گزارشات بعدی به ۲۵ کیلوگرم دانه به‌ازای هر یک میلی‌متر بارندگی پس از کسر ۱۲۰ میلی‌متر بارندگی تغییر یافت؛ بالاترین حد کارایی مصرف آب ۳۰ کیلوگرم دانه به‌ازای هر میلی‌متر آب اضافی پس از تبخیر ۱۸۰ میلی‌متر گزارش شده است که ۱۶ درصد بیشتر از تخمین قبلی است (Acuña *et al.*, 2015). در روشی دیگر برای تعیین پتانسیل بهره‌وری از بارندگی، تلفات آب براساس یک تخمین ثابت ۳۰ درصدی از بارندگی فصلی (محاسبه شده از کاشت تا رسیدگی) نسبت به میانگین ثابت ۱۱۰ میلی‌متر بارندگی ارائه شده قبلی است. بر این مبنا تلفات آب حدود ۵۰ میلی‌متر در مناطقی با بارندگی کم و متوسط تا ۱۵۰ میلی‌متر در نواحی پرباران خواهد بود (Anderson, 2010). گزارش دیگری حاکی از آن است که در شرایط مدیریت تولید مطلوب و بدون محدودیت، ارقام گندم جدید بیشترین بهره‌وری آب و به‌میزان ۲/۵ کیلوگرم دانه در هر مترمکعب آب تعرق شده (۲۵ کیلوگرم در هکتار به‌ازای هر میلی‌متر آب) را دارند. این بالاترین سطح عملکرد بر مبنای تامین آب قابل دسترس طی فصل رشد یک محصول است (Cann *et al.*, 2020).

کشت اولین محصول گندم در استرالیا توسط مهاجران در سال ۱۷۸۸ میلادی شکست خورد، در سال دوم، برداشت بسیار ناچیز بود و معادل بذر کاشته شده بود. از آن زمان به بعد تلاش کشاورزان برای کاشت بذور گندم از سایر اقلیم‌ها، اهمیت سازگاری مکانی ارقام را نشان داد و متخصصین زراعت و به‌نژادگران، فنولوژی و مورفولوژی محصولات را برای هم‌خوانی محصول با شرایط اقلیمی استرالیا تغییر و اصلاح نمودند (Richards, 1991). بنابراین تغییر در فنولوژی تنها مهم‌ترین عامل برای افزایش عملکرد گندم در استرالیا به‌شمار می‌آید (Loss *et al.*, 1990). در رابطه با هم‌خوانی فنولوژی با شرایط محیطی، یکی از عوامل موثر بر کارایی، شروع رشد سریع بلافاصله پس از رفع سرمای زمستانه است. تسریع در شروع رشد بهاره در شرایط دیم ویژگی مهمی است که منافع متعددی برای محصول خواهد داشت، از جمله اینکه بخش بیشتری از مراحل رشد و نمو محصول در شرایط دمایی و رطوبتی عموما مطلوب بهاری اتفاق افتاده، همچنین سطح خاک سریع‌تر پوشش یافته و مسیر تبخیر به نفع تعرق و تولید ماده خشک تغییر خواهد یافت. زمان گلدهی نیز اهمیت حیاتی برای تعیین عملکرد دانه محصولات دانه‌ای دارد زیرا سازگاری گیاه را تعریف می‌کند، انعکاس مناسبی از هم‌خوانی بین شرایط محیطی پویای فصلی (که ممکن است اثر مثبت یا منفی داشته باشند) و نیازهای محصول برای تشکیل و تحقق عملکرد است. گرده‌افشانی زودهنگام شرایط محیطی مناسب‌تری برای پرشدن دانه فراهم می‌کند و باعث می‌شود که زمان کافی برای پرشدن تدریجی دانه و اجتناب از دماهای بالای اقلیم خشک و تنش‌های حرارتی در دسترس باشد (Brdar *et al.*, 2008).

درک مبنای اکوفیزیولوژیکی برای بهبود مدیریت منابع به‌طور فزاینده‌ای طی دهه اخیر اهمیت یافته است (Cossani *et al.*, 2012).

در این رابطه ویژگی‌های ژنوتیپ‌های محصولات زراعی نیز اهمیت بسیاری دارد و در سازگاری با شرایط محیطی، بهره‌وری از عوامل تولید از جمله بارندگی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. آب قابل دسترس و کارایی استفاده از آب، تولید دانه را در کمربند گندم استرالیا محدود می‌کند (Rodriguez and Sadras, 2007). این وضعیت در مزارع دیم کشور ما نیز ملاحظه می‌شود. گرچه آب قابل دسترس در هر فصل زراعی ممکن است قابلیت تغییر نداشته باشد، اما بهره‌وری از این مقدار آب می‌تواند با توجه به مدیریت مزرعه و در جهت بهبود تولید تغییر کند. با توجه به اهمیت مصرف کارایی آب در تولید محصولات زراعی به‌ویژه غلات دیم، ارزیابی کارایی دو محصول گندم و جو دیم و عوامل موثر بر آن هدف این مطالعه بود.

مواد و روش‌ها

ارزیابی کارایی مصرف بارندگی ژنوتیپ‌های گندم و جو دیم و عوامل موثر بر آن براساس نتایج آزمایش‌های دو ساله (۱۳۹۴-۱۳۹۶) روی این دو محصول در شرایط دیم مشهد انجام شد (Khodashenas, 2021a; Khodashenas, 2021b). بر مبنای اطلاعات حاصل از این آزمایش‌ها، کارایی براساس فرمول ۱ محاسبه شده‌است (Acuña *et al.*, 2015):

کارایی استفاده از بارندگی (کارایی) =

عملکرد دانه/(بارندگی سالیانه - تبخیر سهم میلی‌متر ۱۱۰) (۱)

براساس فرمول ۱ کارایی برای رقم‌های جو و گندم در برخی از مطالعات داخل کشور نیز محاسبه شده‌است. سرعت رشد زیست‌توده و دانه با تقسیم اختلاف وزن بین دو برداشت بر زمان بین دو برداشت و براساس کیلوگرم در هکتار در روز محاسبه شد (Harris *et al.*, 2017).

مدت زمان برای محاسبه زیست‌توده فاصله زمانی از شروع ساقه‌روی تا رسیدگی (زیست‌توده قبل از ساقه‌روی ناچیز بود و در محاسبات لحاظ نگردید) و برای تولید دانه از گرده‌افشانی تا رسیدگی و براساس روز بوده است (Brdar *et al.*, 2008). تجزیه آماری نتایج با استفاده از نرم‌افزار $SAS_{(8.2)}$ انجام شد و میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج و بحث

رقم و همچنین برهم‌کنش رقم و سال بر کارایی و سرعت رشد دانه گندم تاثیر معنی‌داری داشت (جدول ۱). در محصول جو کارایی تحت تاثیر معنی‌دار سال، رقم و برهم‌کنش سال و رقم و تاریخ کاشت و رقم قرار داشت، سرعت رشد دانه تحت تاثیر معنی‌دار تاریخ کاشت، رقم و برهم‌کنش رقم و سال بود و سرعت رشد زیست‌توده تنها تحت تاثیر معنی‌دار سال بود (جدول ۲).

جدول ۱– سطوح معنی‌داری حاصل از تجزیه واریانس برای تیمارهای مورد بررسی گندم

Table 1- P values from the analysis of variance for wheat treatments

منابع تغییرات Source of variations	درجه آزادی df	بهره‌وری آب Water productivity	سرعت رشد دانه Kernel growth rate	سرعت رشد زیست‌توده Biological growth rate
رقم Cultivar	11	<.0001	<.0001	ns
رقم × سال Year×Cultivar	11	0.0095	0.0002	ns

ns نشان‌دهنده عدم معنی‌داری تیمارها است.

ns: non-significant

جدول ۲– سطوح معنی‌داری حاصل از تجزیه واریانس برای تیمارهای مورد بررسی جو

Table 2- P values from the analysis of variance for barley treatments

منابع تغییرات Source of variations	درجه آزادی df	بهره‌وری آب Water productivity	سرعت رشد دانه Kernel growth rate	سرعت رشد زیست‌توده Biological growth rate
سال Year	1	0.0484	ns	0.0054
تاریخ کاشت Planting date	1	ns	0.0315	ns
رقم Cultivar	11	<.0001	<.0001	ns
رقم × سال Year×Cultivar	11	0.0029	0.0007	ns
رقم × تاریخ کاشت Planting date×Cultivar	11	0.0405	ns	ns

ns نشان‌دهنده عدم معنی‌داری تیمارها است.

ns: non-significant

کارایی

برای محصول گندم بیشترین میانگین کارایی طی دو سال آزمایش در رقم کریم و کمترین آن برای لاین ۱۴ تعیین گردید (جدول ۳). جدول برهم‌کنش سال و رقم بر کارایی نشان می‌دهد که بیشترین کارایی در رقم کریم در سال دوم و به‌میزان ۹/۶ و کمترین آن در لاین ۱۴ و ارقام اوحدی و رصد در سال اول و به‌ترتیب ۴/۳، ۴/۳ و ۴/۶ کیلوگرم در هکتار به‌ازای هر میلی‌متر بارندگی بوده است (جدول ۴). نتایج حاکی از آن است که تفاوت ژنوتیپ‌ها در سال اول قابل‌توجه بوده، به‌گونه‌ای که کارایی رقم کریم در سال اول آزمایش بیش از دو برابر رقم‌های رصد و اوحدی بوده است (جدول ۴). فاصله بیشترین کارایی ثبت شده برای گندم در این بررسی با شاخص کارایی (۲۰ کیلوگرم دانه به‌ازای هر میلی‌متر بارندگی) قابل‌توجه و حدود ۴۷/۵ درصد نسبت به وضع مطلوب بوده است. نتایج کارایی محاسبه شده برای رقم‌های گندم دیم مورد مطالعه در کشور در جدول ۵ آمده است. تفاوت بین کارایی رقم‌های گندم در بررسی‌های مختلف قابل‌توجه است و به‌طورکلی و در بهترین حالت ۷۷/۵ درصد از میزان قابل انتظار بوده است، گرچه این مقدار مناسب است اما میانگین کارایی رقم‌های مختلف گندم دیم در کشور و نیز میانگین درصد نسبت به پتانسیل مورد انتظار به‌ترتیب ۹/۹۵ و ۴۹/۸ درصد است، ارقامی که بسیار نزدیک به بهترین نتایج در این مطالعه است.

رقم‌های جو نیز از نظر کارایی طی این دو سال متفاوت بودند (جدول ۶). برهم‌کنش سال و رقم بر کارایی رقم‌های جو معنی‌دار شد و رقم ماهور در سال دوم با کارایی ۱۷/۷ کیلوگرم در هکتار به‌ازای هر میلی‌متر بیشترین و رقم انصار در سال اول با ۷/۹ کیلوگرم در هکتار به‌ازای هر میلی‌متر کمترین میزان این صفت را طی دو سال انجام آزمایش نشان دادند (جدول ۷). کارایی رقم ماهور در سال دوم در این بررسی، نزدیک‌ترین مقدار به‌میزان قابل انتظار برای برداشت دانه به‌ازای هر میلی‌متر بارندگی و حدود ۸۸/۵ درصد از مقدار شاخص مورد نظر بوده است (دستیابی عملی به این درصد وضعیت خوبی به‌شمار می‌آید) و همراه با رقم‌های بهاره جو خرم و ایذه نسبت به سایر رقم‌های جو و گندم مورد بررسی برتری قابل ملاحظه‌ای نشان دادند. نتایج کارایی محاسبه شده برای رقم‌های جو دیم مورد مطالعه در کشور در جدول ۸ آمده است.در مقایسه کارایی ژنوتیپ‌های گندم و جو در شرایط یکسان محیطی نکته بسیار

مهم این است که به‌طور میانگین کمترین میزان کارایی رقم‌های جو از بیشترین میزان کارایی رقم‌های گندم بیشتر بوده است (۱۰ کیلوگرم در هکتار به‌ازای هر میلی‌متر بارندگی برای جو رقم آبیدر و ۹/۵ کیلوگرم در هکتار به‌ازای هر میلی‌متر بارندگی برای گندم رقم کریم). مقایسه برهم‌کنش‌ها نیز حاکی از تفاوت قابل‌ملاحظه کارایی رقم‌های گندم و جو است، غیر از کارایی جو رقم انصار در سال اول که باز هم از بسیاری از رقم‌های گندم در این سال بیشتر است. کمترین مقدار کارایی برای جو رقم آبیدر و به میزان ۹/۳ کیلوگرم در هکتار به‌ازای هر میلی‌متر بارندگی است، که تقریبا معادل بیشترین مقدار این صفت در ژنوتیپ‌های گندم طی دو سال بوده است. برتری بیشترین کارایی ژنوتیپ‌های جو نسبت به گندم رقم کریم (بیشترین کارایی رقم‌های گندم) ۸۴/۳ درصد و برتری بیشترین کارایی رقم‌های جو نسبت به کمترین بهره‌وری ژنوتیپ‌های گندم معادل ۳۱۱/۶ درصد بوده و به‌طور میانگین طی دو سال برتری کارایی ژنوتیپ‌های جو نسبت به ژنوتیپ‌های گندم حدود ۷۴ درصد بوده است. این تفاوت‌ها بسیار قابل‌توجه است، اما نتایج آزمایشی نشان داد که در شرایط مدیترلنه‌ای عملکرد دلنه جو بهتر از گندم نیست (Cossani *et al.*, 2009).

جدول ۳- مقایسه میانگین کارایی و سرعت رشد دانه ژنوتیپ‌های گندم

Table 3- Mean comparison of measured traits for cultivars and lines of wheat

رقم Cultivar	کارایی Efficiency (kg grain/ha.mm)	سرعت رشد دانه Grain growth rate (kg/ha.day)	سرعت رشد عملکرد زیستی Biomass growth rate (kg/ha.day)
آذر۲ Azar2	7.5 cd	55.2 c-f	91 a
باران Baran	8.1 bc	57.7 bcd	106 a
اوحدی Ohadi	6 fg	43.1 hi	83 a
کراس سبلان Crosssabalan	6.9 c-f	47.4 e-i	94 a
رصد Rasad	6.1 efg	44.9 ghi	99 a
هما Homa	7 c-f	49.7 d-h	97 a
ریژاو Rijaw	8.7 ab	63 bc	93 a
سبلان Sabalan	6.5 d-g	46.2 f-i	84 a
سرداری Sardari	7 c-f	51.5 d-h	99 a
کریم Karim	9.5 a	71.5 a	106 a
کوهدشت Koohdasht	7.3 cd	53.5 d-g	88 a
قابوس Ghaboos	6.5 d-g	49 d-i	84 a
دهدشت Dehdasht	7.6 bcd	56.5 cde	100 a
آفتاب Aftab	7.8 bc	65.8 ab	95 a
لاین ۱۴ Line14	5.6 g	40.7 i	94 a
لاین ۱۵ Line15	7.2 cde	50.8 d-h	97 a

میانگین ها در هر ستون از هر تیمار که حداقل در یک حرف مشترک باشند بر اساس آزمون دانکن از نظر آماری تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column, means with same letter (s) are not significantly difference, based on Duncan multiple range test.

جدول ۴- برهمکنش سال و رقم بر میانگین کارایی و سرعت رشد دانه ژنوتیپ‌های گندم

Table 4- Interaction of year and cultivar on mean of some measured traits of wheat genotypes

تیمار Treatment		کارایی Efficiency (kg grain/ha.mm)	سرعت رشد دانه Grain growth rate (kg/ha.day)
سال اول First year	آذر۲ Azar 2	6 e-j	46.5 e-j
	باران Baran	6.6 d-j	50.4 d-i
	اوحدی Ohadi	4.3 j	32.1 jk
	کراس سبلان Crosssabalan	6.3 e-j	43.2 e-k
	رصد Rasad	4.6 ij	36 ijk
	هما Homa	5.9 f-j	42 g-k
	سبلان Sabalan	5.6 g-j	39.1 jk
	سرداری Sardari	5.1 hij	36 ijk
	ریژاو Rijaw	8 a-f	59.5 b-f
	کریم Karim	9.4 ab	71 abc
	آفتاب Aftab	6.9 c-i	53 d-h
	کوهدشت Koohdasht	6.9 c-i	52.3 d-i
	قابوس Ghaboos	6.6 d-j	52 d-i
	دهدشت Dehdasht	7.6 a-g	56.4 b-g
	لاین ۱۴ Line14	4.3 j	29.9 k
	لاین ۱۵ Line 15	5.9 f-j	40.7 g-k
سال دوم Second year	آذر ۲ Azar2	9 abc	64 a-d
	باران Baran	9.4 ab	63.9 a-d
	اوحدی Ohadi	7.4 a-h	52.3 d-i
	کراس سبلان Crosssabalan	7.6 a-g	51.5 d-i
	رصد Rasad	7.6 a-g	53.9 d-h
	هما Homa	7.9 a-g	56.1 b-h
	سبلان Sabalan	7.3 a-h	52.2 b-i

ادامه جدول ۴- برهمکنش سال و رقم بر میانگین کارایی و سرعت رشد دانه ژنوتیپ‌های گندم

Table 4 Countinued- Interaction of year and cultivar on mean of some measured traits of wheat genotypes

تیمار Treatment		کارایی Efficiency (kg grain/ha.mm)	سرعت رشد دانه Grain growth rate (kg/ha.day)
سال دوم Second year	سرداری Sardari	8.2 a-f	61.9 b-e
	ریژاو Rijaw	9.3 ab	66.5 a-d
	کریم Karim	9.6 a	71.8 ab
	آفتاب Aftab	8.8 a-d	78.6 a
	کوهدشت Koohdasht	7.6 a-g	54.5 c-h
	قابوس Ghaboos	6.5 d-j	46.1 d-i
	دهدشت Dehdasht	7.5 a-g	56.5 b-g
	لاین ۱۴ Line14	6.8 c-i	51.5 d-i
	لاین ۱۵ Line15	8.3 a-e	59.2 b-f

میانگین ها در هر ستون از هر تیمار که حداقل در یک حرف مشترک باشند بر اساس آزمون دانکن از نظر آماری تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column, means with same letter (s) are not significantly difference, based on Duncan multiple range test.

در مقایسه دو ژنوتیپ گندم و دو ژنوتیپ جو در چهار منطقه متفاوت، برتری عملکردی بین دو گونه، حداقل بین ژنوتیپ‌های انتخابی مشاهده نشد. آزمایشات مشابه در شرایط مدیترانه‌ای نتایج متضادی را گزارش نموده‌اند و در برخی موارد عملکرد جو بهتر از گندم بوده است، درحالی‌که در برخی دیگر تفاوتی گزارش نشده است (Prado *et al.*, 2017). در توجیه نتایج باید بیان داشت که احتمالا عدم تنوع در ژنوتیپ‌های انتخابی منجر به این نتیجه در آزمایشات شده است. در این بررسی نیز عملکرد دانه و کارایی رقم کریم با رقم‌های جو با عملکرد دانه پایین مشابه بوده است.

عوامل موثر بر کارایی

دما

در سال دوم آزمایش بارندگی کمتر از سال اول و دمای هوا نیز نسبت به سال اول و میانگین درازمدت پایین‌تر بوده است (Khodashenas, 2021a). به‌طور میانگین دمای هوا از ۱۶ اسفند تا ۱۸ اردیبهشت در سال دوم ۲/۱۷ درجه سلسیوس کمتر از همین مدت در سال اول آزمایش بوده است. جدول‌های ۶ و ۸ نشان می‌دهند که میانگین کارایی ژنوتیپ‌های گندم در سال‌های اول و دوم به‌ترتیب ۶/۲۵ و ۸/۰۵ و میانگین کارایی ژنوتیپ‌های جو به‌ترتیب ۱۱ و ۱۳/۲۹ کیلوگرم در هکتار به‌ازای هر میلی‌متر بارندگی بوده و به‌طورکلی کارایی در سال دوم با وجود بارندگی کمتر در همه رقم‌ها و ژنوتیپ‌های گندم و جو بیشتر از سال اول بوده است. به‌عبارت دیگر به‌ازای هر درجه سلسیوس افزایش دما طی دوره مهم از فصل رشد، کارایی برای ژنوتیپ‌های گندم ۰/۸۳ و برای ژنوتیپ‌های جو ۱/۰۶ کیلوگرم در هکتار به‌ازای هر میلی‌متر بارندگی کاهش یافته است که به‌طور میانگین به‌ترتیب معادل ۱۱/۶ و ۸/۷ درصد نسبت به میانگین دو سال کارایی ژنوتیپ‌های گندم و جو است. مطالعات نشان داده است که به‌ازای هر ۱ درجه افزایش در میانگین دمای روزانه، عملکرد دانه گندم ۱۹۰ کیلوگرم در هکتار کاهش می‌یابد (Ullah and Chenu, 2019). مقایسه بهره‌وری ژنوتیپ‌ها طی دو سال نشان می‌دهد که دمای هوا نقش زیادی در کارایی داشته است، اما از این نظر حساسیت ارقام متفاوت بوده است به‌گونه‌ای که برخی ژنوتیپ‌ها از جمله رقم‌های گندم کریم، قابوس و دهدشت و رقم جو سرارود ۱ و جو لاین شماره ۴ طی دو سال و با وجود تغییر دما کارایی تقریبا مشابهی داشته‌اند و کاهش قابل‌توجهی نسبت به سایر ارقام در کارایی آنها نسبت به دما رخ نداده است، این ویژگی می‌تواند در برنامه به‌نژادی رقم‌های زمستانه و بهاره گندم و جو و در جهت بهبود

جدول ۵- نتایج کارایی محاسبه شده برای رقم‌های گندم در مطالعات داخل کشور

Table 5- Calculated efficiency for wheat cultivars in Iran studies

رقم Cultivar	بارندگی سال اجرای آزمایش Yearly rainfall (mm)	بیشترین عملکرددانه در آزمایش Maximum grain yield (kg/ha)	کارایی Efficiency (kg grain/ha.mm)	درصد از پتانسیل بهره‌وری Percent than theoretical potential for efficiency	منبع Ref.
آذر۲ Azar2	457.3	1104	3.2	15.9	Hoseinpour *et al.*, 2012
سرداری Sardari	457.3	1131	3.3	16.3	Hoseinpour *et al.*, 2012
سرداری Sardari	190	802	10	50	Hoseinpour *et al.*, 2012
ریژاو Rijaw	551.8	3983	9	45	Abdulahi, 2016
اوحدی Ohadi	551.8	3496	7.9	39.7	Abdulahi, 2016
سرداری Sardari	551.8	3274	7.4	37.1	Abdulahi, 2016
ریژاو Rijaw	288.3	2658	14.9	74.5	Abdulahi, 2016
اوحدی Ohadi	288.3	2443	13.7	68.5	Abdulahi, 2016
سرداری Sardari	288.3	2211	12.4	62	Abdulahi, 2016
آذر ۲ Azar2	271.2	2500	15.5	77.5	Eskandari and Roustaei, 2007
آذر۲ Azar2	368.8	1500	5.8	29	Eskandari and Roustaei, 2007
آذر ۲ Azar2	404	3800	12.9	64.6	Eskandari and Roustaei, 2007
آذر۲ Azar2	243.2	1963	14.7	73.7	Heidarpour *et al.*, 2016
آذر ۲ Azar2	456.1	1651	4.8	23.9	Heidarpour *et al.*, 2016
۲ آذر Azar2	180.9	997	14	70.3	Heidarpour *et al.*, 2016
سبلان Sabalan	527	1586	3.8	19	Feiziasl and Valizadeh, 2003
سبلان Sabalan	399.5	2252	7.8	38.9	Feiziasl and Valizadeh, 2003
سبلان Sabalan	524.5	2442	5.9	29.5	Feiziasl and Valizadeh, 2003
سبلان Sabalan	316.1	1384	6.7	33.6	Feiziasl and Valizadeh, 2003
کوهدشت Koohdasht	534.8	4907	11.6	57.8	Mohammadi *et al.*, 2016
کریم Karim	534.8	5480	12.9	64.5	Mohammadi *et al.*, 2016
صدرا Sadra	434.7	2843	8.8	43.8	Anonymous

جدول ۶- مقایسه میانگین کارایی و سرعت رشد دانه ژنوتیپ‌های جو

Table 6- Mean comparison of measured traits for cultivars and lines of barley

ژنوتیپ‌ها Genotypes	کارایی Efficiency (kg grain/ha.mm)	سرعت رشد دانه Grain growth rate (kg/ha.day)	سرعت رشد عملکرد زیستی Biomass growth rate (kg/ha.day)
سهند Sahand	12.5 a	94.7 abc	161 a
آبیدر Abidar	10 d	75.8 d	160 a
انصار Ansar	10.3 d	81 cd	166 a
Yea168	10.5 d	86.3 bcd	164 a
نادر Nader	12.5 bc	90.9 bc	158 a
سرارود۱ Sararoud1	10.6 d	86.6 bcd	158 a
لاین شماره ۴ Line no.4	13.4 ab	107 a	154 a
لاین شماره ۵ Line no.5	12.5 bc	88.5 bcd	136 a
لاین شماره ۶ Line no.6	11.3 cd	81 cd	162 a
خرم Khorram	13.9 ab	105 a	136 a
ایذه Eizeh	13.7 ab	98.4 ab	144 a
ماهور Mahoor	15.2 a	94.5 abc	138 a

میانگین‌ها در هر ستون از هر تیمار که حداقل در یک حرف مشترک باشند، تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column, means with same letter (s) are not significantly difference, based on Duncan multiple range test.

جدول ۷– برهمکنش سال و رقم بر میانگین کارایی و سرعت رشد دانه ژنوتیپ‌های جو

Table 7- Interaction of year and cultivar on mean of some measured traits of barley genotypes

ژنوتیپ‌ها Genotypes	کارایی Efficiency (kg grain/ha.mm)		سرعت رشد دانه Grain growth rate (kg/ha.day)	
	سال اول First year	سال دوم Second year	سال اول First year	سال دوم Second year
سهند Sahand	11.5 d-g	13.6 b-e	81.9 efg	108 a-d
آبیدر Abidar	9.3 gh	10.5 e-h	71.8 fg	79 efg
Yea168	10.3 fgh	10.6 e-h	88.7 c-f	84.4 efg
انصار Ansar	7.9 h	12.7 c-f	61.7 g	100 a-e
لاین شماره ۴ Line no.4	13.1 c-f	13.8 bcd	98.3 b-e	116 ab
لاین شماره ۵ Line no.5	12.7 c-f	12.3 d-g	93.8 b-f	83 efg
لاین شماره ۶ Line no.6	10.3 fgh	12.3 d-g	78.4 efg	84 efg
سرارود۱ Sararoud1	10.3 fgh	10.8 d-h	76.6 efg	96.6 b-e
نادر Nader	11.5 d-g	13.5 b-e	85.6 def	96.1 b-f
خرم Khorram	11.5 d-g	16.2 ab	88.6 c-f	122 a
ایذه Eizeh	11.6 d-g	15.5 abc	84 efg	110 abc
ماهور Mahoor	12.1 d-g	17.7 a	70.1 fg	115 ab

میانگین‌های هر صفت که حداقل در یک حرف مشترک باشند، تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each trait, means with same letter (s) are not significantly different.

هم‌خوانی رقم‌ها با شرایط تغییر اقلیم مورد توجه قرار گیرد. نکته دیگر این است که در رقم‌های گندم بیشترین تفاوت کارایی دو ساله در رقم‌های زمستانه مشاهده می‌شود و رقم‌های بهاره کمترین تاثیر را نشان داده‌اند، درحالی‌که ژنوتیپ‌های جو واکنشی متفاوت داشته‌اند و رقم‌های بهاره بیشترین تفاوت را طی دو سال نشان داده‌اند (رقم بینابین انصار نیز مشابه رقم‌های بهاره واکنش داشته است).

جدول ۸- نتایج کارایی محاسبه شده برای رقم‌های جو در مطالعات داخل کشور

Table 8- Calculated efficiency for barley cultivars in Iran studies

رقم Cultivar	بارندگی سال اجرای آزمایش Yearly rainfall (mm)	بیشترین عملکرددانه در آزمایش Maximum grain yield (kg/ha)	کارایی Efficiency (kg grain/ha.mm)	درصد از پتانسیل بهره‌وری Percent than theoretical potential for efficiency	منبع Ref.
آبیدر Abidar	380	1042	3.9	19.3	Tavakoli, 2014
آبیدر Abidar	382	1199	4.4	22	Tavakoli, 2014
سهند Sahand	375	1524	5.8	28.8	Eskandari and Alizadeh-Amraie, 2017
ماهور Mahoor	232.9	3760	30.6	153	Hajipoor *et al.*, 2017
خرم Khorram	232.9	3466	28.2	141	Hajipoor *et al.*, 2017

آغاز رشد بهاره

رقم کریم در هر دو سال انجام آزمایش رشد بهاره را سریع‌تر از سایر ژنوتیپ‌های گندم آغاز نموده و سایر ارقام گندم و به‌ویژه رقم‌های زمستانه بیشترین تاخیر را نسبت به رقم کریم نشان دادند (جدول ۹). احتمالا علت آن تامین نیاز سرمایی است، زیرا همچنان که جدول ۹ نشان می‌دهد با کاهش دما در سال دوم این فاصله کاهش یافته است.

جدول ۱۰ نشان می‌دهد که رقم ماهور سریع‌تر از سایر ژنوتیپ‌های جو رشد بهاره را آغاز نموده است. اما تفاوتی که بین دو محصول گندم و جو ملاحظه می‌شود، این است که بر خلاف ژنوتیپ‌های گندم، شروع رشد بهاره ژنوتیپ‌های جو در سال دوم با دمای کمتر تقریبا برای تمام رقم‌ها دیرتر از سال اول بوده است. شروع رشد سریع بهاره دو رقم پیشتاز یعنی رقم‌های گندم کریم و جو ماهور در سال اول مشابه بود اما در سال دوم این روند با تاخیر نسبت به سال اول رخ داد و در گندم کریم نیز این وضعیت با تاخیر نسبت به رقم ماهور اتفاق افتاد. احتمالا ۱۴ روز تاخیر برای رقم گندم کریم در سال دوم نیاز سرمایی رقم‌های زمستانه را تامین نموده و فاصله رقم‌های زمستانه و بهاره گندم برای شروع رشد بهاره کمتر شده است، اما رقم ماهور نسبت به سال اول ۷ روز تاخیر داشته است و تامین نیاز سرمایی رقم‌های جو زمستانه پس از شروع رشد رقم ماهور، زمان بیشتری طی نموده و فاصله‌ها افزایش یافته است. بیان شده است که تفاوت دوره رویشی دو گونه به اختلاف دوره پیش از گرده‌افشانی بر می‌گردد که در گندم ۵ روز طولانی‌تر از جو است (Mohammadi *et al.*, 2016). بنابر اطلاعات جدول‌های ۹ و ۱۰ رقم‌های گندم و جو برتر از نظر کارایی (جو رقم ماهور و گندم رقم کریم)، هر دو رشد بهاره را زودتر از سایر رقم‌ها و با تفاوت قابل ملاحظه‌ای آغاز نموده‌اند.

تسریع در خروج از دوره رکود و شروع رشد بهاره نقش بسیار مهمی در طولانی شدن فصل رشد و وقوع مراحل رشد و نمو در شرایط مطلوب دمایی دارد. بر مبنای متوسط سرعت رشد زیست‌توده طی دوره رشد برای ژنوتیپ‌های گندم و جو، هر روز تاخیر در شروع رشد بهاره برای ژنوتیپ‌های گندم و جو به‌طور متوسط به مفهوم کاهش ۹۴/۳ و ۱۵۳ کیلوگرم زیست‌توده در هکتار است که نسبت به متوسط کل زیست‌توده تولیدی ژنوتیپ‌های گندم و جو در فصل رشد به‌ترتیب حدود ۲/۵ و ۳ درصد کاهش روزانه تولید و مقدار قابل‌توجهی است و نشان‌دهنده اهمیت هر روز تسریع در رشد بهاره است. در یک تاریخ کاشت، ارقامی که ساقه‌روی را سریع‌تر آغاز می‌کنند ماده خشک بالای خاک بیشتری نسبت به ارقامی که هنوز در مرحله رویشی هستند تولید می‌کنند (Richards, 1991).

جدول ۹- حدود تاخیر زمانی شروع رشد بهاره (ساقه‌روی) ارقام گندم نسبت به سریع ترین رقم آغاز کننده (رقم کریم)

Table 9- Delay in the beginning of spring growth (stem elongation) of wheat genotypes than to faster beginner cultivar (Karim cultivar)

ژنوتیپ‌ها Genotypes	سال اول First year تاریخ اول First planting date	 تاریخ دوم Second planting date	سال دوم Second year تاریخ های اول و دوم First and second planting date
کریم Karim	0 (2/4/2016)	*	0 (17/4/2017)
آذر۲ Azar2	9	8	5
باران Baran	10	8	5
اوحدی Ohadi	9	9	9
کراس سبلان Crosssabalan	9	8	8
رصد Rasad	9	8	8
هما Homa	10	10	9
ریژاو Rijaw	7	5	6
سبلان Sabalan	10	8	8
سرداری Sardari	9	9	9
کوهدشت Koohdasht	5	1	1
قابوس Ghaboos	3	0	3
دهدشت Dehdasht	5	0	3
آفتاب Aftab	0	0 (11/4/2016)	0
لاین ۱۴ Line 14	9	8	8
لاین ۱۵ Line 15	9	7	7

* ساقه‌روی رقم کریم ثبت نشده است.

* Stem elongation of karim cultivar was not recorded

تسریع در شروع رشد بهاره رفتاری مشابه با دمای پایین هوا برای رشد ایفا می‌کند. تسریع در رشد بهاره می‌تواند برخورد به دمای پایین را طی فصل رشد افزایش داده و با کاهش تنش به حداکثر تولید دانه کمک نموده و راهی برای اجتناب از شرایط گرم ناشی از تغییر اقلیم باشد.

تاخیر در شروع رشد بهاره شرایط حرارتی را برای تولید به شرایط گرم‌تر و نامناسب‌تر تبدیل می‌کند و منجر به کاهش کارایی خواهد شد. با توجه به میانگین سرعت رشد زیست‌توده ژنوتیپ‌های جو و گندم که به‌ترتیب ۱۵۳ و ۹۴ کیلوگرم در هکتار در روز بوده است، پس از شروع رشد بهاره به‌طور میانگین تولید زیست‌توده ژنوتیپ‌های جو در هر روز ۵۹ کیلوگرم در هکتار بیشتر از ژنوتیپ‌های گندم و نسبت به میانگین تولید زیست‌توده ژنوتیپ‌های گندم حدود ۶۳ درصد برتری داشته است.

چنانچه این برتری را برای متوسط دوره شروع رشد بهاره تا رسیدگی فیزیولوژیک رقم گندم در نظر بگیریم حدود ۲۲۶۰ کیلوگرم زیست‌توده اضافی خواهد بود. تاثیر سرعت رشد دانه بر عملکرد دانه نیز به اندازه‌ای است که در صورت افزایش سرعت

رشـــد دانه گندم رقم کریم به‌میزان جو رقم خرم، با توجه به میانگین دوره پرشـــدن دانه در گندم رقم کریم، افزایش تولید دانه به‌میزان ۱۰۰۴ کیلوگرم و معادل حدود ۶۳ درصـد افزایش نسبت به بیشترین تولید دانه کنونی رقم کریم خواهد بود.

جدول ۱۰- حدود تاخیر زمانی شروع رشد بهاره (ساقه‌روی) ارقام جو نسبت به سریع ترین رقم آغاز کننده (رقم ماهور)

Table 10- Delay in the beginning of spring growth (stem elongation) of barley genotypes than to faster beginner cultivar (Mahoor cultivar)

ژنوتیپ‌ها Genotypes	سال اول First year		سال دوم Second year
	تاریخ کاشت اول First planting date	تاریخ کاشت دوم Second planting date	تاریخ های کاشت اول و دوم First and second planting date
ماهور Mahoor	(2/4/2016) 0	(2/4/2016) 0	(10/4/2017) 0
سهند Sahand	5	9	12
آبیدر Abidar	11	14	15
Yea168	11	14	14
انصار Ansar	11	14	15
لاین شماره ۴ Line no.4	3	4	5
لاین شماره ۵ Line no.5	5	8	11
لاین شماره ۶ Line no.6	5	8	12
سرارود ۱ Sararoud1	5	9	13
نادر Nader	5	9	11
خرم Khorram	5	5	5
ایذه Eizeh	5	5	6

سرعت رشد

سـرعت رشـد زیسـت‌توده ژنوتیپ‌های گندم در دامنه ۱۰۶-۸۳ کیلوگرم در هکتار در روز متغیر، اما این تغییر معنی‌دار نبود. سرعت رشد زیست‌توده ژنوتیپ‌های جو نیز در دامنه ۱۶۶-۱۳۶ کیلوگرم در هکتـار در روز متغیر بود، امـا تفـاوت ژنوتیـپ‌هـا معنی‌دار نشد. مقایسه سرعت رشد زیست‌توده دو محصول نشان می‌دهد که کمترین میزان این صـــفت در ژنوتیپ‌های جو از بیشـترین مقدار این صـفت در ژنوتیپ‌های گندم بیشـتر اسـت، به‌گونه‌ای که میانگین سـرعت رشـد زیسـت‌توده ژنوتیپ‌های جو نسـبت به گندم ۶۲/۲ درصـد برتری نشـان می‌دهد و این میزان برتری با توجه به شرایط یکسان محیطی بسیار قابل‌توجه است.

میانگین ســرعت رشــد دانه در گندم رقم کریم بیشــترین مقدار و بـه‌میزان ۷۱/۵ کیلوگرم در هکتـار در روز و برای لاین شـماره ۱۴ در کمترین مقدار و به‌میزان ۴۰/۷ کیلوگرم در هکتار در روز بوده اسـت. برهم‌کنش سـال و رقم بر سـرعت رشـد دانه ژنوتیپ‌های گندم معنی‌دار بود و همان‌گونه که جدول ۴ نشـــان می‌دهد، سرعت رشد اکثر ژنوتیپ‌های گندم در سال دوم بیشتر از ســال اول بوده اســت و گاهی این برتری چشــمگیر نیز بوده اسـت. بیشـترین مقدار این صـفت در سـال دوم در رقم آفتاب و به‌میزان ۷۸/۶ ملاحظه گردید و کمترین مقدار آن در لاین ۱۴ و به‌میزان ۲۹/۹ کیلوگرم در هکتار در روز مشـــاهده شـــد. وزن دانه نتیجه دو روند پرشـــدن دانه اســـت که با دو پارامتر دوام و سـرعت پرشـدن دانه تعریف می‌شـود (Brdar *et al.*, 2008). عملکرد دانه بالاتر ارقام جدید گندم از طریق سرعت رشد بیشتر از زمان ظهور خوشـه تا برداشـت حاصـل شـده اسـت (Karimi

and Siddique, 1991). با توجه به دمای متفاوت طی دو سال، تنها سرعت تولید دانه گندم رقم کریم ثابت بوده است و سایر ژنوتیپ‌های گندم تحت تاثیر شرایط حرارتی دو سال، سرعت تولید دانه متفاوتی نشان دادند. ثبات در سرعت تولید دانه با وجود تفاوت دما، ویژگی مثبتی برای اصلاح در جهت ثبات یا برتری تولید در شرایط تغییر اقلیم است و می‌تواند در انتخاب ارقام برای شرایط تغییر اقلیم مد نظر قرار گیرد.

جو لاین ۴ و جو رقم خرم به‌ترتیب با میانگین ۱۰۷ و ۱۰۵ کیلوگرم دانه در هکتار در روز بیشترین و رقم آبیدر با میانگین سرعت رشد دانه ۷۵/۸ کیلوگرم در هکتار در روز کمترین مقدار را نشان دادند (جدول ۶). برهم‌کنش سال و رقم بر سرعت رشد دانه ژنوتیپ‌های جو معنی‌دار شد و همان‌گونه که جدول ۷ نشان می‌دهد سرعت رشد اکثر رقم‌ها در سال دوم برتر از سال اول بوده است و حاکی از اثر شرایط محیطی بر این صفت می‌باشد. بیشترین سرعت رشد دانه در رقم خرم و در سال دوم به‌میزان ۱۲۲ کیلوگرم دلنه در هکتار در روز و کمترین آن برای رقم انصار در سال اول و به‌میزان ۶۱/۷ کیلوگرم در هکتار در روز ثبت گردید. لاین ۴ و رقم‌های بهاره ماهور و ایذه نیز به‌ترتیب با سرعت رشد دانه ۱۱۶، ۱۱۵ و ۱۱۰ کیلوگرم دانه در هکتار در روز بیشترین مقدار این صفت را طی دو سال آزمایش نشان دادند.

در مقایسه سرعت رشد دانه ژنوتیپ‌های گندم و جو چه از نظر میانگین و چه در برهم‌کنش ژنوتیپ‌ها و سال‌های آزمایش تفاوت ملاحظه می‌گردد. بیشترین سرعت رشد دانه جو رقم خرم در سال دوم نسبت به بیشترین مقدار این صفت در رقم‌های گندم آفتاب و کریم در سال دوم به‌ترتیب ۵۵/۲ و ۶۹/۹ درصد برتری نشان داده است. این میزان تفاوت در سرعت رشد دانه که ناشی از بروز صفات و ویژگی‌های ژنوتیپ‌های گندم و جو در شرایط یکسان محیطی است، نوید بخش امکان بهبود کارایی و افزایش تولید دلنه در ژنوتیپ‌های گندم است. علت اختلاف بین ارقام از نظر عملکرد دانه می‌تواند به دوام دوره پرشدن دانه یا سرعت رشد دانه مرتبط باشد (Sharma *et al.*, 2008).

گرده‌افشانی

گرده‌افشانی هیچ یک از رقم‌های گندم در هیچ یک از تاریخ کاشت‌های دو سال در محدوده مطلوب اتفاق نیفتاد و با تاخیر در تاریخ کاشت با تاخیر انجام شد (Khodashenas, 2021a). اما ژنوتیپ‌های جو در تاریخ کاشت اول سال اول، گرده‌افشانی را در محدوده مطلوب به اتمام رساندند و رقم ماهور در بهترین شرایط یعنی حدود نیمه این دوره گرده‌افشانی داشت و با تاخیر در کاشت رقم ماهور همچنان در محدوده مطلوب گلدهی داشت، اما گرده‌افشانی برخی از رقم‌ها و ژنوتیپ‌های جو با تاخیر در کاشت در محدوده مطلوب رخ نداد (Khodashenas, 2021b). مقایسه ژنوتیپ‌های جو و گندم از این نظر نیز حاکی از آن است که ژنوتیپ‌های جو شرایط بهتری دارند و گرده‌افشانی را زودتر از ژنوتیپ‌های گندم آغاز کرده‌اند (Khodashenas, 2021a; Khodashenas, 2021b).

زمان گلدهی گندم یک تعیین‌کننده مهم عملکرد دانه است (Bloomfield *et al.*, 2018). تاثیر هم‌خوانی گرده‌افشانی با زمان مطلوب گرده‌افشانی در هر منطقه بر عملکرد دانه به اندازه‌ای است که شرط تغییر تاریخ کاشت، اصلاح رقم‌هایی است که گلدهی متناسبی داشته باشند و زمان گلدهی مناسب مهم‌ترین عامل برای دستیابی به حداکثر عملکرد دانه و سازگاری در مناطق خشک است (Richards *et al.*, 2002). هر روز تاخیر در گرده‌افشانی با توجه به‌سرعت متوسط تولید دلنه در ژنوتیپ‌های گندم و جو به‌ترتیب به مفهوم کاهش ۵۲/۹ و ۹۰/۸ کیلوگرم دانه در هکتار است که نسبت به متوسط کل دانه تولیدی ژنوتیپ‌های گندم و جو به‌ترتیب معادل کاهش ۴/۹ و ۴/۸ درصدی عملکرد دانه به‌ازای هر روز تاخیر در گرده‌افشانی و مقدار قابل‌توجهی است. چنانچه این تاخیر را برای گندم رقم کریم نسبت به نیمه دوره مطلوب گلدهی در سال اول در نظر بگیریم، به‌ازای این تاخیر (حدود ۱۲ روز) معادل ۸۵۲ کیلوگرم عملکرد دانه است که حدود ۵۴/۵ درصد از میانگین عملکرد دانه این رقم در سال اول است، این مقدار بسیار قابل‌توجه بوده و نشان‌دهنده تاثیر گرده‌افشانی در شرایط مطلوب نسبت به وضعیت فعلی است. این مقادیر تنها در مورد کمیت دانه تولیدی است و تاثیر آن بر کیفیت دانه نیز بسیار مهم و قابل‌توجه است. گلدهی زود هنگام منجر به طولانی شدن دوره پرشدن دانه می‌شود، درحالی‌که اجزای فتوسنتزی سبز هستند و به این لحاظ پرشدن دانه را بهبود می‌بخشند، زیرا سهم عملکرد دانه از شیره پرورده پس از گرده‌افشانی در جو مهم است (Gonza´lez *et al.*, 2007). ۹۰ تا ۹۵ درصد از کربوهیدرات دانه پس از گرده‌افشانی تولید می‌شود (Blake *et al.*, 2018). به لحاظ اهمیت زمان مطلوب گرده‌افشانی توجه به این نکته حائز اهمیت است که تنها ویژگی منحصر به‌فرد جو رقم ماهور در دستیابی

به بیشترین کارایی، گلدهی در زمان مطلوب و یا بسیار نزدیک به زمان مطلوب در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها بوده است. از نظر تسریع در رشد بهاره، گندم رقم کریم مشابه جو رقم ماهور بوده است، از نظر سرعت رشد دانه نیز رقم‌هایی برتر از این رقم بوده‌اند و شاخص برداشت برخی رقم‌های جو نیز بسیار نزدیک و مشابه با جو رقم ماهور بوده است، اما هیچ یک در زمانی مشابه رقم ماهور گرده‌افشانی نداشته‌اند. چالش اصلی کشاورزان برای دسترسی به بیشترین عملکرد دانه و کارایی مصرف آب این است که محصول گندم آنها تا حد ممکن در محدوده مطلوب، گلدهی داشته باشد (Hunt *et al.*, 2014).

شاخص برداشت

گندم رقم کریم همراه با رقم آفتاب به‌ترتیب با میانگین ۳۶/۳ و ۳۶ بیشترین و رقم‌های گندم رصد و هما به‌ترتیب با میانگین ۲۶/۱ و ۲۶/۹ کمترین شاخص برداشت را نشان دادند (Khodashenas, 2021a). برهم‌کنش سال و رقم بر شاخص برداشت ژنوتیپ‌های جو اثر معنی‌دار نشان داد و جو رقم ماهور در سال اول با شاخص برداشت ۴۳/۶ بیشترین و گندم رقم انصار در سال اول با ۲۷/۸ کمترین شاخص برداشت را به‌خود اختصاص دادند (Khodashenas, 2021b). مقایسه این صفت بین دو محصول نیز حاکی از برتری ژنوتیپ‌های جو است، به‌گونه‌ای که برتری شاخص برداشت جو رقم ماهور نسبت به گندم رقم کریم حدود ۲۰ درصد بوده است. در مطالعه‌ای شاخص برداشت جو ۰/۳۴ و کمتر از شاخص برداشت گندم (۰/۳۸) بود (Regan *et al.*, 1997). شاخص برداشت بالا صفتی تحت تاثیر مراحل نمو است، با تاخیر در گلدهی کاهش می‌یابد و در عملکرد بالا در همه محیط‌ها نقش دارد (Khodashenas, 2022; Richards *et al.*, 2002).

گندم رقم کریم بیشترین کارایی را در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی گندم به‌خود اختصاص داد، و در نقطه مقابل رقم‌های اوحدی، رصد، هما، سرداری و سبلان کمترین کارایی را نشان دادند. ویژگی‌های این رقم در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها عبارت از شروع زود هنگام رشد بهاره، تسریع در گلدهی، سرعت رشد دانه و شاخص برداشت بالاتر بود. رقم گندم بینابین ریژاو با وجود این‌که از نظر شروع رشد بهاره نسبت به رقم کریم تاخیر داشته و تاخیری مشابه (گرچه کمتر) رقم‌های زمستانه‌ای نظیر اوحدی، رصد و هما داشته است، اما وقوع گرده‌افشانی این رقم تقریبا با رقم کریم همزمان بوده و سرعت رشد دانه قابل‌توجهی داشته و شاخص برداشت آن نیز نسبت به رقم‌های رصد و هما بیشتر بوده است و در مجموع میانگین عملکرد دانه‌ای نزدیک و در رتبه دوم نسبت به رقم کریم داشته است. در نقطه مقابل رقم بهاره قابوس قرار دارد که با وجود آغاز سریع تر رشد بهاره نسبت به رقم ریژاو، با تاخیر در گلدهی نسبت به این رقم و نیز سرعت رشد دانه کمتر از ریژاو با وجود شاخص برداشت مشابه ریژاو، عملکرد دانه و کارایی کمتری نسبت به ریژاو نشان داده است. علاوه‌بر زمان گلدهی مطلوب، میزان مطلوبی از بیومس نیز در گرده‌افشانی برای هر شرایط تامین آب وجود دارد. کمبود بیومس در گرده‌افشانی تعداد دانه در واحد سطح و بنابراین پتانسیل تولید دانه را کاهش می‌دهد زیرا تعداد دانه در واحد سطح با بیومس در زمان گرده‌افشانی همبستگی دارد (Khodashenas, 2022; Richards *et al.*, 2002).

در مقایسه ژنوتیپ‌های جو، رقم ماهور بیشترین کارایی را نشان داده و در نقطه مقابل رقم‌های زمستانه و بینابین آبیدر، انصار، سرارود۱ و yea168 کمترین میزان این صفت را نشان داده‌اند. شروع رشد بهاره در رقم ماهور زودتر از سایر رقم‌ها بوده است، گلدهی در زمان مطلوب اتفاق افتاده، سرعت رشد دانه بیشتری نسبت به سایر رقم‌ها داشته و نهایتا شاخص برداشت بالاتری نیز نسبت به سایر رقم‌ها داشته است، که در مجموع منجر به بیشترین کارایی گردیده است. در گروه ژنوتیپ‌های زمستانه و بینابین، لاین ۴ کمترین تاخیر را در شروع رشد بهاره و گلدهی نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها نشان داده، سرعت رشد و شاخص برداشت بالایی نیز داشته است که باعث افزایش کارایی این ژنوتیپ نسبت به سایر رقم‌های زمستانه و بینابین شده است. این ژنوتیپ نیز شاخصی از نظر مراحل رشد و نمو است و با وجود تاخیر در شروع رشد بهاره از طریق تسریع در مراحل نمو و گلدهی زود هنگام، سرعت رشد دانه بالا و نیز شاخص برداشت بالا کمترین فاصله را از نظر کارایی با رقم ماهور به‌خود اختصاص داده است؛ به‌عبارت دیگر زمینه برای بهبود پتانسیل عملکرد و کارایی ژنوتیپ‌های زمستانه و بینابین جو نیز از طریق بهبود صفات مرتبط فراهم است.

همان‌گونه که بیان شد دو محصول از نظر کارایی متفاوت هستند و می‌توان به علل این تفاوت‌ها، در مقایسه دو رقم شاخص گندم کریم و جو ماهور توجه نمود. شروع رشد بهاره

این دو رقم در سال اول مشابه بود. با وجود شروع رشد بهاره همزمان در سال اول، گرده‌افشانی گندم رقم کریم ۱۰ روز نسبت به جو رقم ماهور تاخیر داشت و این مقدار در سال دوم به‌طور میانگین ۱۳ روز بود. از نظر سرعت رشد زیست‌توده جو رقم ماهور نسبت به گندم رقم کریم به‌طور میانگین ۳۰/۲ درصد برتری داشته و از نظر سرعت رشد دانه نیز بیشترین سرعت رشد جو رقم ماهور نسبت به گندم رقم کریم ۶۰/۸ درصد برتر بوده است و بهترین شاخص برداشت جو رقم ماهور نیز نسبت به گندم رقم کریم ۲۴/۲ درصد برتری داشته است (Khodashenas, 2021a; Khodashenas, 2021b). برآیند این برتری‌ها در صفات موثر، منجر به افزایش ۷۶/۶ درصدی عملکرد دانه جو رقم ماهور نسبت به گندم رقم کریم شده است. با توجه به شرایط محیطی یکسان، به‌نظر می رسد از طریق بهبود این صفات در ژنوتیپ‌های گندم، این فاصله می‌تولند کاهش یابد که خروجی آن افزایش عملکرد دانه در رقم‌های گندم و کارایی بالاتر در استفاده از بارندگی است.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که کارایی هیچ یک از ژنوتیپ‌های گندم و جو مشابه مقدار مورد اشاره به‌عنوان شاخص تولید دانه و کارایی نیست، اما برخی رقم‌های جو کارایی حدود ۸۸/۵ درصدی نسبت به‌مقدار تئوریک نشان دادند که از بعد عملی بسیار قابل‌توجه است. از این نظر ژنوتیپ‌های گندم شرایط نامطلوب تری دارند. در مجموع چهار عامل قابل مدیریت آغاز سریع‌تر رشد بهاره، سرعت رشد (زیست‌توده و دانه)، گلدهی در زمان مطلوب و شاخص برداشت را می‌توان به‌عنوان علت‌های موثر بر کارایی دانست. در یک رقم جو، تغییر مثبت ویژگی‌های ذکر شده منجر به بهبود کارایی تا نزدیک‌ترین مقدار به اندازه مطلوب شد، بنابراین بهبود این صفات در رقم‌های گندم و سایر رقم‌های جو نیز می‌تواند نتیجه‌ای مشابه در پی داشته باشد؛ این مقایسه برای امکان پرکردن خلاء کارایی رقم‌های گندم و جو امیدبخش است. بنابراین به‌نظر می‌رسد امکان بهبود کارایی استفاده از بارندگی رقم‌های گندم و جو از طریق بهبود صفات موثر وجود دارد. این وضعیت تنها برای گندم به‌معنای افزایش پتانسیل عملکرد دانه به‌میزان حدود ۶۱/۵ درصد نسبت به وضعیت کنونی برترین رقم گندم در شرایط دیم خواهد بود. توجه به برخی صفات از جمله عدم تغییر در سرعت رشد دانه رقم کریم با تغییر دما نیز می‌تواند در اصلاح رقم‌ها برای شرایط تغییر اقلیم مد نظر قرار گیرد.

References

Abdulahi, A., 2016. Study on effect of seed density and planting date on yield and yield components of bread wheat in dry land conditions. *Iranian Journal of Dryland Agricultural Science, 4*(2), pp.99-114. [In Persian]. https://doi.org/10.22092/idaj.2016.106095

Acuña, T.B., Lisson, S., Johnson, P. and Dean, G., 2015. Yield and water-use efficiency of wheat in a high-rainfall environment. *Crop & Pasture Science, 66*(5), pp.419-429. https://doi.org/10.1071/cp14308

Anderson, W.K., 2010. Closing the gap between actual and potential yield of rainfed wheat. The impacts of environment, management and cultivar. *Field Crops Research, 116*(1-2), pp.14-22. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.11.016

Blake, N.K., Varella, A.C., Bicego, B., Martin, J.M., Cook, J.P., Heo, H.-Y., Acharya, R., Sherman, J.D., Nash, D. and Talbert, L.E., 2018. Maturity traits related to climate adaptation affect quality characteristics in hard red spring wheat. *Crop Science, 58*(5), pp.1954-1963. https://doi.org/10.2135/cropsci2018.04.0228

Bloomfield, M.T., Hunt, J.R., Trevaskis, B., Ramm, K. and Hyles, J., 2018. Ability of alleles of PPD1 and VRN1 genes to predict flowering time in diverse Australian wheat (*Triticum aestivum*) cultivars in controlled environments. *Crop & Pasture Science, 69*(11), pp.1061-1075. https://doi.org/10.1071/cp18102

Brdar, M.D., Kraljević-Balalić, M.M. and Kobiljski, B.D., 2008. The parameters of grain filling and yield components in common wheat (*Triticum aestivum* L.) and durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum). *Central European Journal of Biology, 3*(1), pp.75-82. https://doi.org/10.2478/s11535-007-0050-x

Cann, D.J., Schillinger, W.F., Hunt, J.R., Porker, K.D. and Harris, F.A.J., 2020. Agroecological advantages of early-sown winter wheat in semi-arid environments: A comparative case study from Southern Australia and Pacific Northwest United States. *Frontiers in Plant Science, 11*, 568. https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00568

Cossani, C.M., Slafer, G.A. and Savin, R., 2009. Yield and biomass in wheat and barley under a range of conditions in a Mediterranean site. *Field Crops Research, 112*(2-3), pp.205-213. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.03.003

Cossani, C.M., Slafer, G.A. and Savin, R., 2012. Nitrogen and water use efficiencies of wheat and barley under a Mediterranean environment in Catalonia. *Field Crops Research, 128*, pp.109-118. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.01.001

Eskandari, H. and Alizadeh-Amraie, A., 2017. Grain yield and energy efficiency of a barley dry land farming system as affected by supplemental irrigation at flowering stage. *Journal of Crops Improvement, 18*(4), pp.871-880. [In Persian]. https://doi.org/10.22059/jci.2017.56663

Eskandari, I. and Roustaei, M., 2007. Determination of appropriate seeding depth for bread wheat genotypes in cold drylands area of Maragheh. *Seed and Plant Journal, 23*(3), pp.357-371. [In Persian]. https://doi.org/10.22092/spij.2017.110735

Feiziasl, V. and Valizadeh, G.R., 2003. The effects of nitrogen rates and application times on wheat yield under dryland farming conditions. *Iranian Journal of Soil and Water Sciences, 17*(1), pp.29-38. [In Persian].

Gonzàlez, A., Martin, I. and Ayerbe, L., 2007. Response of barley genotypes to terminal soil moisture stress: Phenology, growth, and yield. *Australian Journal of Agricultural Research, 58*(1), pp.29-37. https://doi.org/10.1071/ar06026

Hajipoor, M., A. Rahemi Karizaki, H. Sabori and H.A. Fallahi., 2017. Investigation of barely grain yield improvement during the last half century across Golestan province. Iranian Journal of Field Crops Research 14: 765-774. [In Persian]. https://doi.org/10.22067/gsc.v14i4.48516

Harris, F.A.J., Eagles, H.A., Virgona, J.M., Martin, P.J., Condon, J.R. and Angus, J.F., 2017. Effect of VRN1 and PPD1 genes on anthesis date and wheat growth. *Crop & Pasture Science, 68*(3), pp.195-201. https://doi.org/10.1071/cp16420

Heidarpour, N., Ghasemi Mobtaker, H. and Toushih, V., 2016. Effects of different tillage methods on dryland wheat yield and soil physical properties in wheat–fallow rotation in Kurdistan. *Journal of Soil Management and Sustainable Production, 5*(4), pp.61-77. [In Persian]. https://doi.org/10.1001.1.23221267.1394.5.4.4.1

Hoseinpour, T., Roustai, M., Ahmadi, A., Bahari, M., Drikavand, R. and Bazvand, F., 2012. Relation between some agronomic characteristics and grain yield in the advanced wheat genotypes. *Iranian Journal of Dryland Agricultural Science, 1*(2), pp.26-39. [In Persian]. https://doi.org/10.22092/idaj.2013.100155

Hunt, J., Kirkegaard, J., Lilley, J., Sprague, S., Swan, T., Rheinheimer, B., McMillan, D., Frischke, A., Breust, P. and Pratt, T., 2014. Strategies and tactics to extend whole farm water use efficiency: sow on time or early!

(NSW data). Available at: https://grdc.com.au/resources-and-publications/grdc-update-papers/tab-content/grdc-update-papers/2014/02/strategies-and-tactics-to-extend-whole-farm-water-use-efficiency-nsw

Karimi, M.M. and Siddique, K.H.M., 1991. Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat cultivars. *Australian Journal of Agricultural Research, 42*(1), pp.13-20. https://doi.org/10.1071/ar9910013

Khodashenas, A., 2021a. Evaluation of response of wheat cultivars and lines to delay in planting date in Mashhad conditions. *Journal of Crops Improvement, 23*(4), pp.727-741. [In Persian]. https://doi.org/10.22059/jci.2021.306231.2419

Khodashenas, A., 2021b. Effect of planting time on grain yield and yield components of rainfed barley (Hordeum vulgare L.) genotypes under climatic conditions of Mashhad, Iran. *Iranian Journal of Crop Science, 23*(1), pp.49-66. [In Persian]. https://doi.org/10.1001.1.15625540.1400.23.1.4.8

Khodashenas, A., 2022. Comparison in yield and yield components of wheat, barley and triticale in dryland conditions of Mashhad. *Journal of Crop Breeding, 13*(40), pp.133-141. [In Persian]. https://doi.org/10.52547/jcb.13.40.133

Loss, S.P., Perry, M.W. and Anderson, W.K., 1990. Flowering times of wheats in South-Western Australia: a modelling approach. *Australian Journal of Agricultural Research, 41*(2), pp.213-223. https://doi.org/10.1071/ar9900213

Mohammadi Gonbad, R., Esfahani, M., Roustaei, M. and Sabouri, H., 2016. Effect of planting dates on grain filling of bread wheat genotypes under rain-fed condition of Gonbad-e-Qabus region. *Cereal Research, 6*(3), pp.307-321. [In Persian]. https://doi.org/10.1001.1.22520163.1395.6.3.4.6

Prado, S.A., Gallardo, J.M., Kruk, B.C. and Miralles, D.J., 2017. Strategies for yield determination of bread wheat and two-row barley growing under different environments: A comparative study. *Field Crops Research, 203*, pp.94-105. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.12.013

Regan, K.L., Siddique, K.H.M., Tennant, D. and Abrecht, D.G., 1997. Grain yield and water use efficiency of early maturing wheat in low rainfall Mediterranean environments. *Australian Journal of Agricultural Research, 48*(5), pp.595-603. https://doi.org/10.1071/a96080

Richards, R.A., 1991. Crop improvement for temperate Australia: Future opportunities. *Field Crops Research, 26*(2), pp.141-169. https://doi.org/10.1016/0378-4290(91)90033-r

Richards, R.A., Rebetzke, G.J., Condon, A.G. and van Herwaarden, A.F., 2002. Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. *Crop Science, 42*(1), pp.111-121. https://doi.org/10.2135/cropsci2002.0111

Rodriguez, D. and Sadras, V.O., 2007. The limit to wheat water-use efficiency in eastern Australia. I. Gradients in the radiation environment and atmospheric demand. *Australian Journal of Agricultural Research, 58*(4), pp.287-302. https://doi.org/10.1071/ar06135

Sharma, D.L., D'Antuono, M.F., Anderson, W.K., Shackley, B.J., Zaicou-Kunesch, C.M. and Amjad, M., 2008. Variability of optimum sowing time for wheat yield in Western Australia. *Australian Journal of Agricultural Research, 59*(11), pp.958-970. https://doi.org/10.1071/ar07406

Tavakoli, A., 2014. Effects of sowing date and single irrigation on yield and yield components of rainfed barley cultivars. *Iranian Journal of Dryland Agricultural Science*, *2*(2), pp.53-68. [In Persian]. https://doi.org/10.22092/idaj.2014.100254

Ullah, N. and Chenu, K., 2019. Impact of post-flowering heat stress on stay-green and grain development in wheat. *Proceedings of the 2019 Agronomy Australia Conference*, 25–29 August 2019, Wagga Wagga, Australia.