Plant Production Technology/ Volume 26/ Issue 1/ Pages 63-74/ Spring and Summer 2026
https://doi.org/10.22084/ppt.2026.31978.2179

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Effect of Earliness and Plant Height on Yield and Yield Components of Bread Wheat (*Triticum Aestivum* L.) in Delayed Planting Conditions of Orzooeieh

Abdolshahi[1], R., Hajamini[2], M., Ahangari[2], F., Mangali[2], Golestan[3], M., Zamani[3], M., Pourrahimi[3], M., Pourabdollah[2], Y., Roudbari[4], F., Khaliltash[4], R., Bahrayni[2], A., Qhaderi[5], M. Q. and Kazemipour[6], A.

1. Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
2. Department of Agronomy Management, Jihad-e-Keshavarzi Organization of Kerman Province, Kerman, Iran
3. Sevomeshaban Company, Orzooeieh, Iran
4. Department of Agronomy Management, Jihad-e-Keshavarzi Organization of Orzooeieh County, Orzooeieh, Iran
5. Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran
6 Assistant Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

*: Corresponding Author Email: abdoshahi@uk.ac.ir

Received: 2025/12/02 Accepted: 2026/05/06

Introduction
Delayed planting of wheat is common in Orzooeieh, a warm region in southern Kerman Province, where farmers often sow wheat after grain-corn harvest in late January. Although this practice fits the local cropping system, it exposes wheat to severe terminal heat stress during spring, leading to substantial yield reductions compared with timely sowing in December. Identifying cultivars capable of maintaining acceptable yields under such conditions is therefore essential for stabilizing wheat production. Two adaptive traits, earliness and plant height, are particularly important for performance under heat and drought stress. However, their independent contributions to yield in late-planted wheat have not been well quantified. This study aimed (1) to evaluate sixteen bread-wheat cultivars and breeding lines under delayed planting in Orzooeieh and identify superior genotypes, and (2) to determine the specific effects of earliness and plant height on yield using near-isogenic lines (NILs).

Materials and Methods
The experiment was conducted in Orzooeieh using a randomized complete block design with four replications in 2023-2024 cropping season. Three locally grown cultivars, Sirvan, Khalil, and the newly adopted Setareh, served as checks. Thirteen additional genotypes were included: six registered cultivars (Mahdavi, Roshan, Excalibur, Baharan, Talaei, and Rakhshan) and seven breeding lines developed at Shahid Bahonar University of Kerman (Semi-tall Line, Awned-Roshan, Early-heading-Mahdavi, Three-parent Line, Early-heading-Kalheidari, Semi-dwarf-Roshan, and Semi-tall-Excalibur). To isolate the effects of height and earliness, NILs were generated by repeated backcrossing and selfing so that comparisons reflected differences in a single trait. Wheat was sown in late January using 25 rows per plot (10 cm row spacing; seeding rate 200 kg ha^{-1}). Standard farmer practices for irrigation, fertilization, and pest management were applied. After removing border rows and row ends, a 30 m^2 area per plot was harvested to determine grain yield. Kernel number per spike and thousand-kernel weight were measured from 200 randomly sampled spikes per plot. Analysis of variance and mean comparisons were performed in R (v4.5.0). Relationships among traits were evaluated through correlation analysis.

Results and Discussion
Analysis of variance indicated significant genotypic differences for all traits except grain-filling duration. This variation provided a strong basis for identifying heat-tolerant genotypes suitable for late planting. The highest grain yields were obtained from the Semi-tall Line, Awned-Roshan, Early-heading-Mahdavi, and Mahdavi. These genotypes significantly outperformed both check cultivars Sirvan and Khalil. Although the Three-parent Line also produced relatively high yields, its performance did not differ significantly from the checks. In contrast, Semi-tall-Excalibur exhibited very poor yield due to severe grain shattering (>60%), highlighting the importance of assessing shattering resistance under the dry, windy conditions of Orzooeieh. A key finding of this study was the strong positive correlation between plant height and grain yield (r = 0.70**), with plant height explaining 49% of the variation in yield. This pattern was confirmed by NIL comparisons: the tall Roshan NIL yielded 3.81 t ha^{-1}, significantly higher than the semi-dwarf Roshan NIL with 2.56 t ha^{-1}. Under the intense heat conditions of late sowing, dwarf and semi-dwarf cultivars — although often superior under optimal, high-input environments — suffered from reduced biomass, fewer kernels per spike, and diminished canopy

development because their height fell well below the optimal range of 70–100 cm. Conversely, semi-tall and tall genotypes approached this optimal height even under stress, enabling better spike fertility and maintenance of photosynthetic area. Yield-component analysis supported these observations. The highest kernel numbers per spike (30–36) were recorded in high-yielding genotypes such as Semi-tall Line, Awned-Roshan, Mahdavi, Early-heading-Mahdavi, Excalibur, Baharan, Khalil, Rakhshan, Setareh, and Semi-tall-Excalibur. Thousand-kernel weight was also favorable in many high-yielding lines, including Early-heading-Mahdavi (48 g), Awned-Roshan (47 g), Three-parent Line (47 g), Roshan (50 g), and Semi-tall-Excalibur (52 g). NIL comparisons revealed that reduced height directly decreased kernel number per spike, confirming that plant height is a key determinant of spike fertility under high temperature. Unlike height, earliness did not show a significant correlation with grain yield. The NIL pair Mahdavi and Early-heading-Mahdavi produced statistically similar grain yields (4.31 vs. 4.36 t ha^{-1}). Nevertheless, Early-heading-Mahdavi reached the reproductive phase 6–9 days earlier than other high-yielding lines and required one fewer irrigation. Given the water scarcity and high pumping costs in Orzooeieh, this reduction in irrigation input is agronomically and economically valuable. Earlier studies likewise indicate that earliness provides substantial benefits under drought, even when not directly associated with yield increases under well-watered conditions. Integrating yield performance, yield components, phenology, and water-use considerations, Early-heading-Mahdavi was identified as the most promising genotype for late-sown environments in Orzooeieh. However, like its recurrent parent Mahdavi, it remains susceptible to yellow rust. A marker-assisted backcrossing program is currently underway to introgress resistance genes *Yr5* and *Yr15* into this background.

Conclusions

This study demonstrates that under the severe terminal heat stress associated with late planting in Orzooeieh, semi-tall cultivars consistently outperform dwarf and semi-dwarf cultivars. Current farmer reliance on semi-dwarf varieties for late sowing should therefore be reconsidered. Achieving an optimal plant height of approximately 70–100 cm is more important than dwarfing alleles under heat-stress conditions, as height directly enhances kernel number and biomass production. Although earliness did not significantly increase yield, its contribution to reduced irrigation frequency and lower production costs makes it a valuable trait for farmers in water-limited environments. Considering all evaluated traits, Early-heading-Mahdavi was the most suitable genotype for delayed planting. Accordingly, release of this line as a new cultivar for late-sown systems in heat-prone regions could be valuable.

Keywords: Plant height, Heat stress, Isogenic lines, Cultivar comparison

Citations: Abdolshahi, R., Hajamini, M., Ahangari, F., Mangali, Golestan, M., Zamani, M., Pourrahimi, M., Pourabdollah, Y., Roudbari, F., Khaliltash, R., Bahrayni, A., Qhaderi, M. Q. and Kazemipour, A. (2026). Effect of Earliness and Plant Height on Yield and Yield Components of Bread Wheat (*Triticum Aestivum* L.) in Delayed Planting Conditions of Orzooeieh. *Plant Production Technology*, 26(1), 63-74.
https://doi.org/ 10.22084/ppt.2026.31978.2179

© 2022 The Author(s). Bu- Ali Sina University Publication. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Online ISSN: 2476-5651 **Print ISSN:** 2476-6321

فنآوری تولیدات گیاهی/ جلد بیست و ششم/ شمارهٔ اول/ صفحات ۱-۱۳/ بهار و تابستان ۱۴۰۵
https://doi.org/10.22084/ppt.2026.31978.2179

بررسی تاثیر زودرسی و ارتفاع بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم نان (*Triticum Aestivum* L.) در شرایط کشت کرپه ارزوئیه

Effect of Earliness and Plant Height on Yield and Yield Components of Bread Wheat in Delayed Planting Conditions in Orzooeieh

روح اله عبدالشاهی[1*]، محسن حاج‌امینی[2]، فریدون آهنگری[2]، فاطمه منگلی[2]، مقداد گلستان[3]، محسن زمانی[3]، مسعود پوررحیمی[3]، یوسف پورعبداله[2]، فرشید رودباری[4]، رضا خلیل تاش[4]، ابوذر بحرینی[2]، محمدقادر قادری[5] و علی کاظمی پور[6]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۲/۱۶
(مقاله پژوهشی)

چکیده

کشت معمول گندم در ارزوئیه در آذرماه انجام می‌شود، اما بسیاری از کشاورزان پس از برداشت ذرت دانه‌ای، اقدام به کشت تاخیری در اواخر دی‌ماه می‌کنند، شرایطی که موجب مواجهه گندم با تنش شدید گرمایی در بهار و کاهش عملکرد نسبت به کشت به‌موقع می‌شود. این پژوهش با هدف ارزیابی شانزده رقم و لاین گندم در این شرایط و معرفی بهترین ژنوتیپ برای کشت تاخیری ارزوئیه انجام شد. سه رقم رایج منطقه شامل سیروان، خلیل و ستاره همراه با ۱۳ رقم/لاین دیگر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در اواخر دی‌ماه کشت شدند و صفات زراعی مهم مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد لاین نیمه‌پابلند، روشن ریشک‌دار، مهدوی زودرس و مهدوی بالاترین عملکرد را داشته و به‌طور معنی‌داری از ارقام شاهد برتر بودند. مهدوی زودرس حدود یک هفته زودتر وارد فاز زایشی شد و به یک نوبت آبیاری کمتر نیاز داشت و با توجه به کمبود آب در ارزوئیه گزینه‌ای مناسب برای کشت تاخیری است. ارتباط مثبت و معنی‌دار بین عملکرد و ارتفاع بوته (r=0.70**) نشان داد که ارتفاع به‌تنهایی حدود ۴۹ درصد تغییرات عملکرد را تبیین می‌کند. مقایسه لاین‌های ایزوژن روشن و روشن پاکوتاه نیز این رابطه را تأیید کرد و روشن پابلند با عملکرد ۳/۸۱ تن در هکتار به‌طور معنی‌داری بر روشن پاکوتاه (۲/۵۶ تن در هکتار) برتری داشت. به‌طور کلی، اگرچه ارقام نیمه‌پابلند در شرایط مطلوب به دلیل خطر ورس مناسب نیستند، در کشت تاخیری ارزوئیه که گندم با تنش گرمایی شدید مواجه می‌شود عملکرد بهتری نسبت به ارقام نیمه‌پاکوتاه دارند.

کلمات کلیدی: پابلندی، تنش گرما، لاین‌های ایزوژن، مقایسه ارقام

ارجاع به مقاله: عبدالشاهی، ر.، حاج‌امینی، م.، آهنگری، ف.، منگلی، ف.، گلستان، م.، زمانی، م.، پوررحیمی، م.، پورعبداله، ی.، رودباری، ف.، خلیل تاش، ر.، بحرینی، ا.، قادری، م. ق. و کاظمی پور، ع. (۱۴۰۵). بررسی تأثیر زودرسی و ارتفاع بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم نان (*Triticum Aestivum* L.) در شرایط کشت کرپه ارزوئیه، *مجله فنآوری تولیدات گیاهی*، ۲۶(۱)، ۱-۱۳.

https://doi.org/ 10.22084/ppt.2026.31978.2179/

حق نشر متعلق به نویسنده (گان) است و نویسنده تحت مجوز Commons Creative License Attribution (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) به مجله اجازه می‌دهد مقاله‌ی چاپ شده را در سامانه به اشتراک بگذارد، منوط بر اینکه حقوق مؤلف اثر حفظ و به انتشار اولیه مقاله در این مجله اشاره شود.

شاپا الکترونیکی: ۲۴۷۶-۵۶۵۱ **شاپا چاپی:** ۲۴۷۶-۶۳۲۱

۱. دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان کرمان، ایران
۲. بخش مدیریت زراعت، سازمان جهاد کشاورزی استان کرمان، کرمان، ایران
۳. شرکت سوم شعبان، ارزوئیه، ایران
۴. بخش مدیریت زراعت، سازمان جهاد کشاورزی شهرستان ارزوئیه، ارزوئیه، ایران
۵. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
۶. استادیار گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان کرمان، ایران
*: نویسنده مسئول Email: abdoshahi@uk.ac.ir

۱. مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.)، به‌عنوان یک منبع مهم کالری و پروتئین، تأثیر قابل‌توجهی بر اقتصاد جهانی و امنیت غذایی دارد. افزایش مداوم خشکسالی و گرمایش جهانی بر عملکرد گندم تأثیر زیادی می‌گذارد. بنابراین، برای تضمین امنیت غذایی و دستیابی به توسعه پایدار استفاده از ارقام پر بازده گندم بسیار حیاتی است .گرمایش جهانی برای سال‌ها به‌عنوان یک چالش آب‌وهوایی مطرح بوده و در حال حاضر شدت یافته است (Redhu, 2025). براساس گزارش‌ها، میانگین دمای جهانی بین سال‌های ۱۸۸۰ تا ۲۰۱۹ حدود ۱/۰٤ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است و پیش‌بینی می‌شود که تا پایان این قرن، ۲ تا ٤ درجه سانتی‌گراد دیگر نیز افزایش یابد (Chappell *et al.*, 2019). این تغییرات دمایی تأثیرات قابل توجهی بر تولید محصولات کشاورزی دارد؛ به‌گونه‌ای‌که مثلاً در مورد گندم به ازای هر ۱ درجه سانتی‌گراد افزایش دمای جهانی، عملکرد دانه به طور متوسط ٦٪ کاهش می‌یابد (Zheng *et al.*, 2025). تاکنون در رابطه با تحمل به گرما صفات متعددی بررسی شده است و در این میان دو صفت ارتفاع بوته و زودرسی اهمیت ویژه داشته‌اند.

پس از انقلاب سبز دو ژن پاکوتاهی *Rht1* و *Rht2* به طور گسترده در برنامه های اصلاح گندم نان به کار گرفته شده‌اند. این ژن‌ها با کاهش اندازه سلول باعث کاهش ارتفاع بوته گندم (Botwright *et al.*, 2005; Niu *et al.*, 2021) و افزایش تعداد دانه در سنبله می‌شوند (Zhang *et al.*, 2021). مشخص شده است پاکوتاهی در شرایط گرمای شدید و تنش خشکی ممکن است هیچ حسنی نداشته باشد (Butler *et al.*, 2005). به‌عنوان مثال گزارش شده که ژن پاکوتاهی *Rht1* و *Rht2* که باعث بهبود کودپذیری گیاه، مقاومت به ورس و بهبود عملکرد دانه در شرایط مطلوب کشت می‌گردند در شرایط استفاده کم از کودهای شیمیائی (Kowalskia *et al.*, 2016)، کم آبی (Chapman *et al.*, 2007; Kowalskia *et al.*, 2016) و گرمای شدید (Butler *et al.*, 2005) عملکرد گندم را کاهش می‌دهند. بنابراین، چنین استنباط می‌شود که عملکرد دانه به‌جای وابستگی به آلل‌های پاکوتاهی به ارتفاع بهینه (۷۰ تا ۱۰۰ سانتی متر) در محیط هدف وابسته است (Richards, 1992; Kowalskia *et al.*, 2016). در محیط هدف، رقم مورد کشت بایستی دارای ارتفاع ۷۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر باشد. در شرایط مطلوب کشت که کود و آب به مقدار کافی مهیا است و خاک مزرعه کیفیت مناسبی دارد رقم پاکوتاه به ارتفاع بهینه می‌رسد و رقم پابلند ورس می‌نماید، در مقابل در شرایط تنش محیطی ارتفاع ارقام پابلند به حد بهینه می‌رسد و ارقام پاکوتاه ارتفاعی کمتر از حد بهینه خواهند داشت (Salari *et al.*, 2024). در واقع، افزایش ارتفاع بوته در شرایط تنش‌های محیطی باعث افزایش تعداد دانه در سنبله و ماده خشک تولیدی می‌شود و از این طریق میزان عملکرد در واحد سطح را افزایش می‌دهد (Zhang *et al.*, 2021). مطالعات زیادی وجود دارد که نشان می‌دهند در شرایط تنش آبی بر خلاف شرایط فاریاب، عملکرد دانه گندم‌های پابلند نسبت به ارقام نیمه پاکوتاه بالاتر است که از آن جمله می‌توان به (Reynolds *et al.*, 1994; Butler *et al.*, 2005; Chapman *et al.*, 2007; Kowalskia *et al.*, 2016) اشاره نمود.

تنش خشکی انتهای فصل که به‌طور معمول با تنش گرما نیز همراه می شود به شدت بر عملکرد دانه گندم در شرایط مدیترانه ای تأثیر می‌گذارد. بنابراین، توسعه ارقام زودرس گندم نان در این شرایط یک استراتژی مهم اصلاحی است (Doraninejad *et al.*, 2022). مطالعات بسیاری به بررسی زمان گلدهی در غلات، به‌ویژه گندم پرداخته و گزارش نموده‌اند که این صفت برای اصلاح‌کنندگان گندم بسیار ارزشمند است (Mondal *et al.*, 2016; Zheng *et al.*, 2016; Nitcher *et al.*, 2014; Bogard *et al.*, 2014; Hill and Li, 2016). زمان گلدهی در گندم نان توسط سه گروه ژن شامل فتوپریود (*Ppd*)، ورنالیزاسیون (*Vrn*) و زودرسی ذاتی (*Eps*) کنترل می‌شود (Kamran *et al.*, 2014). کاهش تعداد روز تا گلدهی و روزهای از گلدهی تا رسیدگی کامل به‌عنوان دو مؤلفه زودرسی، به محصول کمک می‌کند تا از تنش خشکی انتهایی اجتناب کند (Blum, 2010). در واقع، زودرسی یک صفت ارزشمند برای سازگاری گندم با محیط‌های مختلف است که در نهایت منجر به بهبود عملکرد دانه می‌شود (Rousset *et al.*, 2011). مطالعات متعددی نشان دادند که اصلاح برای زودرسی، که یک صفت با وراثت‌پذیری بالا است، روشی مناسب برای افزایش عملکرد دانه تحت شرایط تنش خشکی و گرما محسوب می‌شود (Shavrukov *et al.*, 2017; Hyles *et*

al., 2020; Doraninejad et al., 2022). به‌عنوان مثال، در مطالعه دری‌نژاد و همکاران (Doraninjad et al., 2022)، زودرسی، عملکرد دانه را در شرایط دیم به میزان ۳۶٪ افزایش داد. درحالی‌که تحت شرایط آبیاری مطلوب، عملکرد دانه به طور معنی‌داری تحت تأثیر زودرسی قرار نگرفت..

ارزوئیه در جنوب استان کرمان قرار گرفته است و دارای آب و هوای گرم است. کشت معمول گندم در این منطقه از اول تا ۲۰ آذر است ولی کشاورزان ذرت کار پس از برداشت ذرت دانه‌ای در اواخر دی‌ماه کشت تأخیری گندم را انجام می‌دهند. این کشت تاخیری با گرمای شدید اوایل بهار برخورد می‌کند و به همین دلیل نسبت به کشت به هنگام از عملکرد کمتری برخوردار است. هدف این مطالعه تعیین بهترین رقم برای کشت تأخیری در شرایط ارزوئیه بود. علاوه‌براین، تأثیر صفات ارتفاع بوته و زودرسی بر عملکرد دانه نیز در این شرایط مورد بررسی قرار گرفت. برای بهبود دقت آزمایش، لاین‌های ایزوژن ارتفاع در زمینه ژنتیکی روشن و لاین‌های ایزوژن زودرسی در زمینه ژنتیکی مهدوی ایجاد گردید تا تاثیر دقیق این صفات بر عملکرد در این شرایط تعیین شود.

۲. مواد و روش‌ها

ارقام سیروان و خلیل به‌طور گسترده در ارزوئیه (جنوب کرمان) کشت می‌شوند و اخیرا رقم ستاره در این منطقه مورد کشت قرار می‌گیرد. در این پژوهش ارقام سیروان، خلیل و ستاره به عنوان شاهد در نظر گرفته شدند، و علاوه‌براین سه رقم، شش رقم دیگر گندم نان (مهدوی، روشن، اکسکلیبر، بهاران، طلائی و رخشان) همراه با هفت لاین حاصل از برنامه به‌نژادی دانشگاه شهید باهنر کرمان (لاین نیمه پابلند، روشن ریشک‌دار، مهدوی زودرس، لاین ۳ والدی (لاین وندا)، کل حیدری زودرس، روشن پاکوتاه و اکسکلیبر نیمه پابلند) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ٤ تکرار در ارزوئیه کشت شدند. لاین نیمه‌پابلند از تلاقی روشن و مهدوی ایجاد شده است و پس از تلاقی برگشتی نتاج (F_1) با روشن چندین نسل خودگشنی انجام شد و لاین گزینش شده نسل هشتم از تلاقی برگشتی اول (BC_1F_8) در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت (Salari et al., 2024). لاین روشن ریشک‌دار نیز از تلاقی روشن و مهدوی ایجاد شده است و نتاج تلاقی (F_1) با رقم روشن پنج بار تلاقی برگشتی داده شد. برای گزینش فنوتیپی ریشک، نتاج حاصل از تلاقی برگشتی نخست (BC_1F_1) و سوم (BC_3F_1) خودگشن شدند. پس از تلاقی برگشتی پنجم (BC_5F_1) چهار نسل خودگشنی (BC_5F_4) انجام شد و در تمام این نسل‌ها برای ریشک‌داری گزینش صورت گرفت تا در نهایت لاین ایزوژن برای روشن ریشک‌دار ایجاد شود (Mohamadi et al., 2023). با همین روش ارقام روشن و کل‌حیدری در دو پروژه جداگانه با اکسکلیبر تلاقی داده شدند و پس از پنج تلاقی برگشتی و پس از آن چهار نسل خودگشنی لاین‌های ایزوژن روشن زودرس و کل حیدری زودرس ایجاد شدند (Dorrani-Nejad et al., 2022). لاین سه والدی از تلاقی نتاج حاصل از کل‌حیدری زودرس و روشن زودرس ایجاد شد، از آنجایی‌که هر دو لاین زودرسی را از اکسکلیبر به ارث برده‌اند این لاین سه والدی نامگذاری شد. از تلاقی روشن و مهدوی در نسل F_3 یک بوته پاکوتاه مشاهده شد و این صفت پاکوتاهی با تلاقی برگشتی به روشن منتقل شد تا لاین روشن پاکوتاه ایجاد گردد. هیمن‌طور، با استفاده از تلاقی برگشتی پابلندی از رقم روشن به رقم اکسکلیبر منتقل گردید (Salari et al., 2024).

در این پژوهش ۱٦ رقم/لاین گندم در کشت تاخیری مورد ارزیابی قرار گرفت تا مناسب‌ترین رقم برای کشت در این شرایط تعیین شود. براساس لاین‌های ایزوژنی که تهیه شده بود تاثیر ارتفاع بوته و زودرسی بر عملکرد در شرایط کشت تأخیری ارزوئیه نیز ارزیابی شد. ارزوئیه دارای مختصات جغرافیائی 28.4582° N و 56.3628° E و ارتفاع از سطح دریای ۱۰۵۱ است. کشت در مزارع سوم شعبان که یک شرکت خصوصی کشاورزی در منطقه قادرآباد ارزوئیه است در تاریخ ۲۰ دی ۱٤۰۱ انجام شد. در این پژوهش فاصله خطوط از همدیگر ۱۰ سانتی‌متر و میزان بذر مصرفی در هر کرت معادل ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. هر کرت شامل ۲۵ ردیف به طول ۱۵ متر بود. برداشت پس از حذف ردیف‌های اول و آخر و یک متر ابتدایی و انتهایی هر کرت، از سطح باقیمانده که مساوی ۳۰ مترمربع بود انجام گرفت و با استفاده از تناسب، عملکرد هر کرت به تن در هکتار تبدیل شد. تمام عملیات کاشت، آبیاری، کوددهی و سم‌پاشی مطابق شرایط مرسوم کشاورزان منطقه انجام شد. برداشت توسط کارگر و با داس

انجام شد و محصول هر کرت به‌طور جداگانه با استفاده از خرمنکوب پشت تراکتوری خرمنکوبی شد. برای بررسی صفات تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه، ۲۰۰ سنبله از هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب شد. پس از جدا کردن دانه این سنبله‌ها، با استفاده از بذرشمار تعداد بذر آنها شمارش و با تقسیم تعداد بذرها به ۲۰۰، تعداد دانه در سنبله مشخص گردید. وزن دانه ها نیز با استفاده از ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری گردید. در اندازه‌گیری ارتفاع بوته، اندازه ریشک لحاظ نگردید. تجزیه واریانس داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار R (R 4.5.0) انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) صورت گرفت. شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم گردید.

۳. نتایج

نتایج تجزیه واریانس نشان داد به جز طول دوره پر شدن، ژنوتیپ‌ها از لحاظ تمام صفات تنوع معنی‌داری نشان دادند (جدول ۱). وجود این تنوع ژنتیکی مناسب، امکان گزینش ژنوتیپ‌های برتر برای کشت تاخیری در منطقه ارزوئیه را فراهم می‌نماید.

Table 1: Analysis of variance for grain yield, yield components, plant height and phenological traits

Source of variation	DF	Grain yield	grains per spike	1000-grain weight	Spikes m^{-2}	Plant height	Days to heading	Days to maturity	Grain filling duration
Block	3	0.58 ^{ns}	18.12 ^{ns}	9.95 ^{ns}	3403.00 ^{ns}	15.10 ^{ns}	6.33 ^{ns}	6.04 ^{ns}	21.53 ^{ns}
Genotype	15	2.84 **	77.96 **	79.34 **	22069.00 **	1194.50 **	108.66 **	132.96 **	4.99 ^{ns}
Error	45	0.29	11.01	22.68	5398.00	25.90	2.86	16.27	13.35
CV (%)	–	16.01	11.24	10.64	27.69	5.37	2.02	3.48	11.32

مقایسه میانگین عملکرد ارقام/لاین‌ها نشان داد لاین نیمه‌پابلند، روشن ریشک‌دار، مهدوی زودرس، مهدوی و لاین سه والدی بالاترین عملکرد را بین ارقام/لاین‌های موردبررسی داشتند. اختلاف عملکرد لاین سه والدی با ارقام شاهد (سیروان و خلیل) معنی دار نبود ولی اختلاف عملکرد لاین نیمه‌پابلند، روشن ریشک‌دار، مهدوی زودرس و مهدوی با هر دو رقم شاهد معنی دار بود. این نتایج نشان می‌دهد این ارقام/لاین‌ها می‌توانند جانشین خوبی برای ارقام مورد کشت در منطقه (سیروان و خلیل) باشند. عملکرد اکسکلیبر نیمه‌پابلند به طور معنی‌داری کمتر از ارقام شاهد بود و عملکرد دانه سایر ارقام/لاین‌ها (روشن، اکسکلیبر، بهاران، طلائی، رخشان، کل-حیدری زودرس، روشن پاکوتاه و ستاره) با ارقام شاهد منطقه اختلاف معنی‌داری نداشتند (شکل ۱).

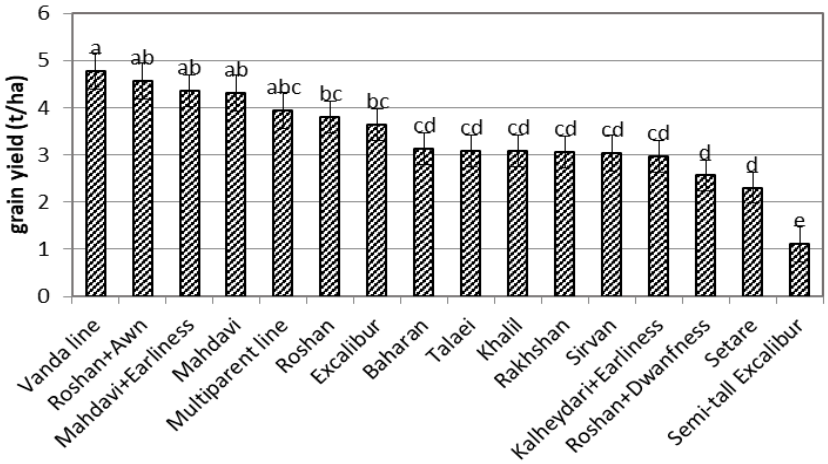


Fig. 1: Mean comparison of grain yield of 16 bread wheat cultivars/lines under delayed planting conditions of Orzooeieh.

نکته قابل توجه در این مطالعه، عملکرد بسیار کم اکسکلیبر نیمه‌پابلند در شرایط کشت تاخیری ارزوئیه بود. دلیل اصلی این موضوع ریزش شدید (بیش از ٦٠ درصد) این لاین در شرایط ارزوئیه است. به‌دلیل آب و هوای خشک و وزش باد نسبتاً شدید، ارقام گندم در ارزوئیه از ریزش زیادی برخوردار هستند و لاین حساس به ریزش اکسکلیبر نیمه‌پابلند اصلاً در این شرایط موفق نبود. لازم به ذکر است که این لاین در کرمان و مرودشت کشت شده بود و در این نواحی ریزش دانه مشاهده نشد. با توجه به محیط مساعد ارزوئیه توصیه می‌شود مقاومت به ریزش ارقام گندم در این ناحیه آزمون شوند.

بررسی ارتباط بین عملکرد دانه و ارتفاع بوته (شکل ٢) نشان می‌دهد که در شرایط کشت تأخیری ارزوئیه عملکرد و ارتفاع بوته ارتباط مثبت و معنی‌داری با هم دارند و ارتفاع بوته به تنهائی ٤٩٪ تغییرات عملکرد را توجیه می‌نماید. مقایسه عملکرد دو لاین ایزوژن روشن و روشن پاکوتاه نیز این موضوع را تایید می‌نماید. رقم پابلند روشن با میانگین عملکرد ٣/٨١ تن در هکتار به‌طور معنی‌داری عملکرد بهتری نسبت به روشن پاکوتاه (٢/٥٦ تن در هکتار) داشت (شکل ١).

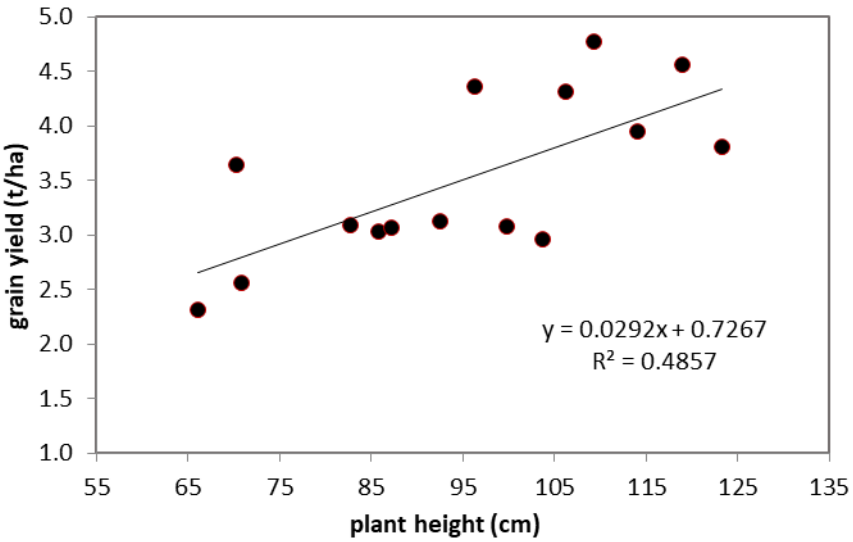


Fig. 2: Relationship between grain yield and plant height under delayed planting conditions in Orzooeieh

به‌طور معمول براساس نتایج انقلاب سبز انتظار می‌رفت ارقام پاکوتاه در شرایط نرمال رطوبتی عملکرد بهتری داشته باشند ولی این نتایج نشان داد ارقام پابلندتر در شرایط کشت تأخیری ارزوئیه موفق‌تر هستند. برای بررسی دقیق‌تر موضوع بایستی به ارتفاع بوته در این شرایط توجه نمود. لاین نیمه-پابلند، روشن ریشک‌دار، مهدوی زودرس و مهدوی که ارقام/لاین‌های موفق در این شرایط بودند به‌ترتیب ارتفاع ١٠٩، ١١٩، ٩٦ و ١٠٦ داشتند و ارقام پاکوتاه مثل ستاره و روشن پاکوتاه دارای ارتفاع ٦٦ و ٧١ سانتی‌متر بودند (جدول ٢). ارتفاع ٩٦ تا ١١٩ سانتی‌متر ارتفاع استاندارد برای گندم محسوب می‌شود ولی ارتفاع ٦٦ تا ٧١ سانتیمتر کمتر از ارتفاع استاندارد است.

Table 2: Mean comparison (LSD, 5%) for plant height, spikes m^{-2} and phenological traits

Genotype	Plant height (cm)	Spikes m^{-2}	Days to heading	Days to maturity	Grain filling duration
Vanda line	109.33^{cd}	327.53^{abc}	89.67^{ab}	122.00^{abc}	32.33^{a}
Roshan+Awn	119.00^{ab}	299.58^{abcd}	91.00^{a}	125.25^{a}	34.25^{a}
Mahdavi+Earliness	96.25^{fg}	290.50^{abcd}	82.50^{d}	115.00^{def}	32.50^{a}
Mahdavi	106.25^{cde}	352.25^{ab}	88.33^{b}	121.00^{abcd}	32.67^{a}
Multiparent line	114.00^{bc}	305.06^{abc}	75.50^{f}	107.50^{gh}	32.00^{a}
Roshan	123.25^{a}	288.97^{abcd}	91.25^{a}	124.25^{ab}	33.00^{a}
Excalibur	70.25^{i}	301.51^{abcd}	78.50^{e}	111.25^{fgh}	32.75^{a}
Baharan	85.75^{hi}	254.37^{abcd}	85.75^{c}	118.25^{bcde}	32.50^{a}

Genotype	Plant height (cm)	Spikes m^{-2}	Days to heading	Days to maturity	Grain filling duration
Talaei	92.50^{gh}	264.12^{abcd}	82.50^{d}	114.50^{def}	32.00^{a}
Khalil	82.75^{i}	202.87^{cd}	82.75^{d}	113.75^{efg}	31.00^{a}
Rakhshan	99.75^{efg}	164.12^{de}	82.75^{d}	115.75^{cdef}	33.00^{a}
Sirvan	87.25^{hi}	228.66^{bcd}	82.50^{d}	112.25^{efg}	29.75^{a}
Kalheydari+Earliness	103.75^{def}	373.47^{a}	75.00^{f}	105.75^{h}	30.75^{a}
Roshan+Dwanfness	70.75^{j}	361.01^{ab}	91.50^{a}	123.50^{ab}	32.00^{a}
Setare	66.00^{j}	165.77^{de}	81.25^{d}	115.00d^{ef}	33.75^{a}
Semi-tall Excalibur	92.33^{gh}	67.43^{e}	80.00^{de}	112.33^{efg}	32.33^{a}

بررسی ارتباط بین عملکرد دانه و تعداد روز تا گلدهی (شکل ۳) نشان داد در شرایط کشت تأخیری ارزوئیه عملکرد و تعداد روز تا گلدهی ارتباط معنی‌داری با هم ندارند. مقایسه عملکرد دو لاین ایزوژن مهدوی و مهدوی زودرس نیز این موضوع را تأیید می‌نماید. این دو لاین ایزوژن اختلاف عملکرد معنی‌داری (عملکرد مهدوی و مهدوی زودرس به‌ترتیب ٤/٣١ و ٤/٣٦ تن در هکتار) با هم ندارند (شکل ۱).

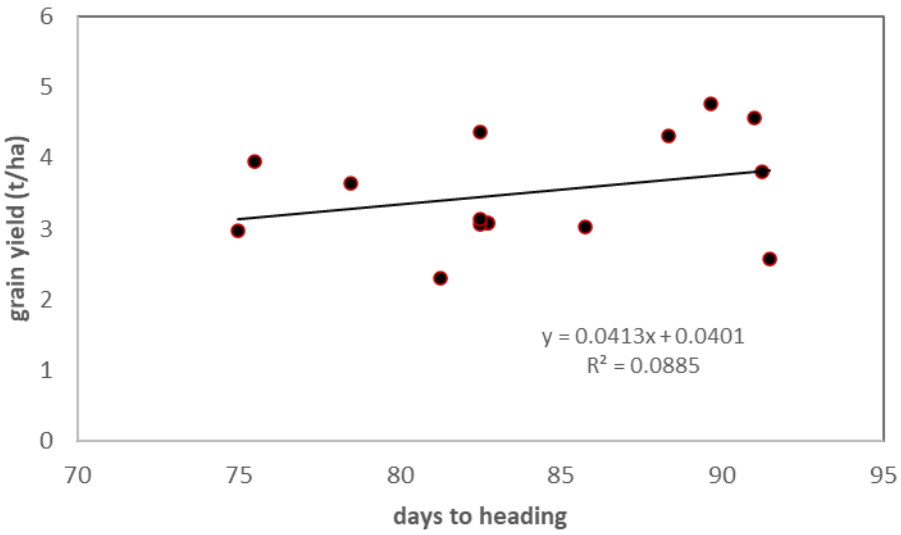


Fig. 3: Relationship between grain yield and days to heading under delayed planting conditions in Orzooeieh

همان‌طور که ذکر شد لاین نیمه‌پابلند، روشن ریشک‌دار، مهدوی زودرس و مهدوی بالاترین عملکرد را بین ١٦ رقم/لاین مورد بررسی داشتند. تعداد روز تا رسیدگی این ژنوتیپ‌ها به‌ترتیب ۹۰، ۹۱، ۸۲ و ۸۸ روز است. با توجه به این نتایج مهدوی زودرس نسبت به بقیه ٦ تا ۹ روز زودتر وارد فاز زایشی می‌شود و بنابراین یک نوبت آب کمتری نیاز دارد.

لاین مهدوی زودرس با داشتن ۳۱ دانه در سنبله به همراه لاین نیمه پابلند (٣٦ دانه در سنبله)، روشن ریشک‌دار (٣٣ دانه در سنبله)، مهدوی (٣٤ دانه در سنبله)، اکسکلیبر (۳۰ دانه در سنبله)، بهاران (۳۰ دانه در سنبله)، خلیل (٣٤ دانه در سنبله)، رخشان (٣٤ دانه در سنبله)، ستاره (۳۰ دانه در سنبله) و اکسکلیبر نیمه پابلند(۳۲ دانه در سنبله) بهترین ژنوتیپ‌ها از لحاظ تعداد دانه در سنبله بودند (شکل ٤).

لاین مهدوی زودرس با داشتن وزن هزار دانه ٤٨ گرم به همراه روشن ریشک‌دار (٤٧ گرم)، لاین سه والدی (٤٧ گرم)، روشن (۵۰ گرم)، بهاران (٤٦ گرم)، خلیل (٤٤ گرم)، رخشان (٤٨ گرم)، سیروان (٤٦ گرم)، کل‌حیدری زورس (٤٨ گرم) و اکسکلیبر نیمه‌پابلند (۵۲ گرم) بهترین ژنوتیپ‌ها از لحاظ وزن دانه بودند (شکل ۵). مقایسه تعداد دانه در بوته دو لاین ایزوژن روشن و روشن پاکوتاه نشان داد در شرایط تنش گرما کاهش ارتفاع بوته باعث کاهش معنی‌دار تعداد دانه در سنبله شد.

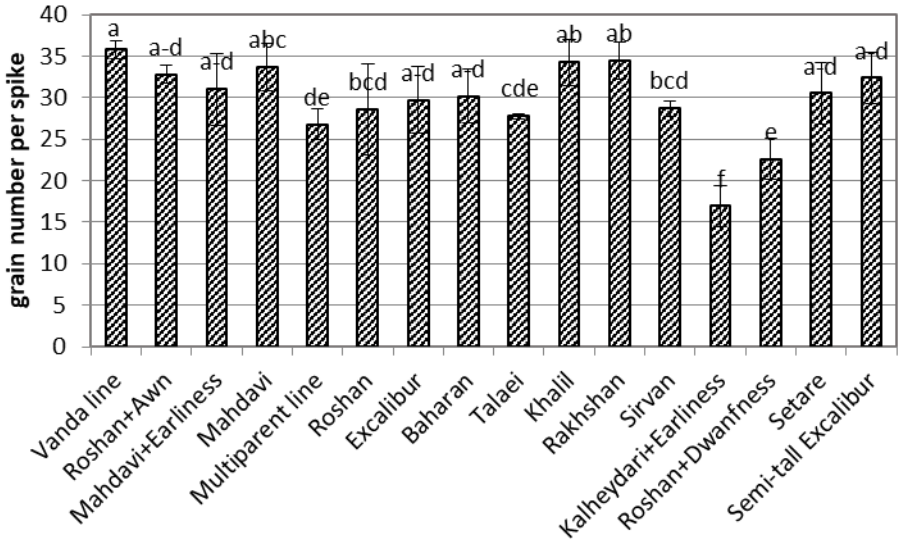


Fig. 4: Mean comparison of grain number per spike of 16 bread wheat cultivars/lines under delayed planting conditions of Orzooeieh

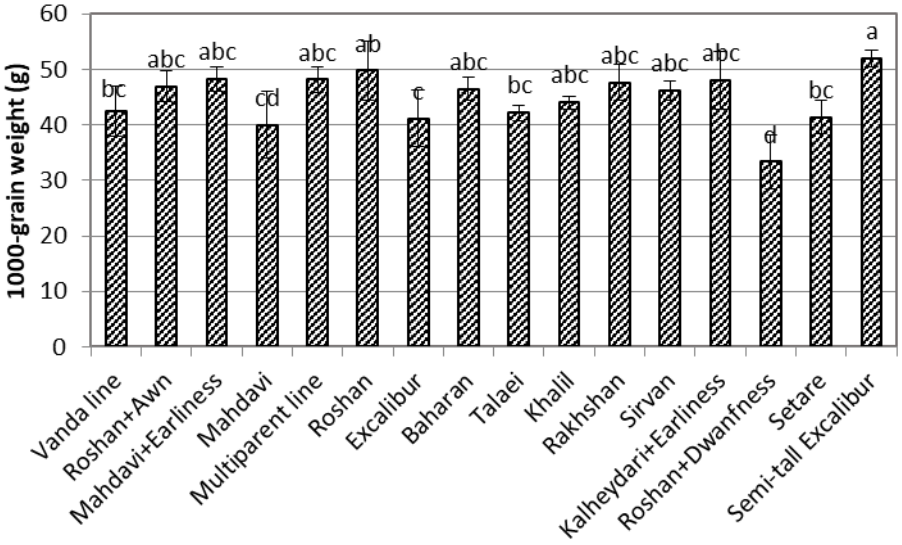


Fig. 5: Mean comparison of 1000-grain weight of 16 bread wheat cultivars/lines under delayed planting conditions of Orzooeieh

٤. بحث

نتایج این پژوهش نشان داد لاین نیمه‌پابلند، روشن ریشک‌دار، مهدوی زودرس و مهدوی برترین ژنوتیپ‌ها در شرایط کشت تأخیری ارزوئیه بودند که همه از لحاظ ارتفاع نیمه‌پابلند تا پابلند محسوب می‌شوند. در شرایط کشت تأخیری ارزوئیه عملکرد و ارتفاع بوته ارتباط مثبت و معنی‌داری با هم دارند ($r=0.70^{**}$). مطالعات زیادی نشان می‌دهند در شرایط تنش آبی برخلاف شرایط فاریاب، عملکرد دانه گندم‌های پابلند نسبت به ارقام نیمه‌پاکوتاه بالاتر است (Reynolds *et al.*, 1994; Chapman *et al.*, 2007; Kowalskia *et al.*, 2016). لاین نیمه‌پابلند، روشن ریشک‌دار، مهدوی زودرس و مهدوی که ارقام/لاین‌های موفق در این شرایط بودند با میانگین ارتفاع ۱۰۷/۵ سانتی‌متر نسبت با ژنوتیپ‌های پاکوتاه مثل ستاره و روشن پاکوتاه با میانگین ارتفاع ٦٨/٥ سانتی‌متر، ۵۷٪ ارتفاع بلندتری داشتند. با توجه به دامنه استاندارد ارتفاع گندم (Richards, 1992; Kowalskia *et al.*, 2016)، ارتفاع ۱۰۷/۵ سانتی‌متر ارتفاع استاندارد محسوب می‌شود. به عبارت دیگر، ارتفاع ارقام پابلند و پاکوتاه هر دو در شرایط تنش گرمایی ارزوئیه کاهش می یابد و این کاهش ارتفاع باعث می‌شود ارقام نیمه پابلند در شرایط کشت تأخیری ارزوئیه به ارتفاع مقبولی

برسند و در این شـــرایط ورس نداشته باشـــند و عملکرد قابل‌قبولی ارائه دهند. از طرف دیگر، کاهش ارتفاع ارقام پاکوتاه باعث می‌شود ارقام پاکوتاه ارتفاع کمتر از استانداردی داشته باشد و با داشتن سطح سبز کم، فتوسنتز و در نهایت عملکرد کمتری داشته باشند. از این رو در چنین شرایطی ارقام پاکوتاه بر خلاف شرایط نرمال موفق نیستند. سالاری و همکاران (Salari *et al.*, 2024) نیز با بررسی نقش ارتفاع بوته بر عملکرد گندم نان در شرایط دیم سپیدان دریافتند پابلندی نقش مثبت و معنی‌داری در عملکرد گندم دیم دارد. به‌نژادی برای ایجاد ارقام پاکوتاه، بازدهی ژنتیکی را در گندم به طور معنی‌داری افزایش داده است و به‌طور قابل‌توجهی باعث بهبود تولید جهانی گندم نان شده است (Würschum *et al.*, 2015; Zhang *et al.*, 2016; Wang et al., 2025). تا کنون ۲۴ ژن پاکوتاهی شناسایی شده است ولی تعداد کمی از آنها به طور گسترده در برنامه‌های به‌نژادی استفاده شده است (Tshikunde *et al.*, 2019). ژن‌های پاکوتاهی *Rht1* و *Rht2* که منجر به انقلاب سبز شدند و با بهبود شرایط زراعی توانستند عملکرد را به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش دهند به‌طور گسترده در سراسر جهان مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Chairi *et al.*, 2018; Zhou et al., 2025). مزیت عملکردی ژن‌های پاکوتاهی *Rht1* و *Rht2* عمدتاً در بستر مدیریت به‌زراعی بهینه شامل تغذیه نیتروژنی بالاتر، تراکم بوته بیشتر و کنترل ورس بروز می‌یابد (Tshikunde *et al.*, 2019). ژن‌های پاکوتاهی *Rht1* و *Rht2* باعث کاهش وزن ۱۰۰۰ دانه می‌شوند. با این وجود ترکیب ژن‌های پاکوتاهی *Rht8* و *Rht12* باعث تولید عملکرد ۱۱ تن در هکتار شده است (Wang *et al.*, 2025). چنین استنباط می‌شود که عملکرد دانه به‌جای وابستگی به آلل‌های پاکوتاهی به ارتفاع بهینه (۷۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر) در محیط هدف وابسته است (Richards, 1992; Kowalskia *et al.*, 2016) در مطالعه حاضر مشخص شد افزایش ارتفاع بوته از طریق افزایش تعداد دانه در بوته باعث بهبود عملکرد می‌شود. این نتایج منطبق با پژوهش پیشین است که نشان داد در شرایط تنش‌های محیطی افزایش ارتفاع بوته باعث افزایش تعداد دانه در سنبله و عملکرد در واحد سطح می‌شود (Zhang *et al.*, 2021).

در این پژوهش ارتباط عملکرد و زودرسی غیرمعنی‌دار بود و لاین‌های ایزوژن مهدوی و مهدوی زودرس نیز اختلاف عملکرد معنی‌داری نداشتند. با این‌وجود این صفت بسیار مهم و تأثیرگذار است و با انتخاب ارقام زودرس در مصرف آب، هزینه کارگری آبیاری و هزینه پمپاژ آب صرفه‌جویی خواهد شد. از این‌رو، اگرچه ارتباط معنی‌داری بین عملکرد و زودرسی وجود ندارد ولی اهمیت اقتصادی این صفت بسیار زیاد است. در پژوهش پیشین که با استفاده از لاین‌های ایزوژن انجام شد مشخص گردید زودرسی در شرایط نرمال رطوبتی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد ندارد ولی در شرایط تنش خشکی صفت زودرسی به‌تنهایی عملکرد دانه را به میزان ۳۶٪ افزایش داد (Doraninejad *et al.*, 2022). در پژوهش دیگری نیز در شرایط دیم کازرون، اهمیت بسیار زیاد زودرسی بر عملکرد گندم مور تایید قرار گرفت (Mehrabi *et al.*, 2025). اگرچه لاین نیمه‌پابلند، روشن ریشک‌دار، مهدوی زودرس و مهدوی برترین ژنوتیپ‌ها در شرایط کشت تاخیری ارزوئیه بودند ولی با در نظر گرفتن میزان عملکرد، ارزش آب و هزینه تولید، لاین مهدوی زودرس می‌تواند بهترین انتخاب برای کشت تأخیری ارزوئیه باشد. این آزمایش بایستی در سال‌های آینده هم تکرار شود و در صورت تایید این نتایج این لاین به‌عنوان رقم جدید در منطقه کشت شود. لازم به ذکر است که لاین مهدوی زودرس همانند والد تکراری خود (مهدوی) حساس به زنگ زرد گندم است و در یک پروژه جداگانه انتقال دو ژن مقاومت به زنگ زرد *Yr5* و *Yr15* با استفاده از روش تلاقی برگشتی به کمک نشانگر به این رقم در حال انجام است (Mirahmadi *et al.*, 2024).

۵. نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در شرایطی که گندم تحت تأثیر تنش گرمای شدید قرار گیرد ارقام نیمه‌پابلند نسبت به ارقام نیمه پاکوتاه برتری دارند. از آن‌جایی‌که کشاورزان در این شرایط از ارقام نیمه پاکوتاه استفاده می‌نمایند، این یافته می‌تواند دارای اهمیت زیادی باشد. بایستی این نتایج در سطح گسترده مورد ارزیابی قرار گیرد و در صورت تأیید این نتایج، ارقام نیمه‌پابلند برای این شرایط در نظر گرفته و به کشاورزان معرفی گردد. به‌طورکلی به نظر می‌رسد در شرایط تنش‌های شدید گرما، شوری و خشکی ارقام نیمه‌پابلند نسبت به ارقام نیمه‌پاکوتاه برتری داشته باشند. از طرف دیگر نتایج

این پژوهش نشان داد زودرسی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد در شرایط کشت تأخیری ارزوئیه ندارد ولی به‌دلیل صرفه‌جویی در مصرف آب و کاهش هزینه تولید بسیار ارزشمند است. با در نظر گرفتن این موارد لاین مهدوی زودرس بهترین ژنوتیپ مورد ارزیابی در این آزمایش بود. با ارزیابی گسترده تر این لاین در سطح وسیع، و در صورت پایداری این نتایج، این لاین می‌تواند به‌عنوان رقم جدید معرفی شود.

٦. تشکر و قدردانی

نگارندگان مقاله از شرکت سوم شعبان به‌خاطر در اختیار گذاشتن مزرعه، ماشین آلات کشاورزی، آب، کود، سموم و نیروی کارگری برای اجرای این طرح صمیمانه سپاسگزاری می‌نمایند. همچنین از جهاد کشاورزی کرمان، جهاد کشاورزی ارزوئیه و دانشگاه شهید باهنر کرمان بابت همکاری در این طرح سپاسگزاریم.

منابع

Blum, A. (2010). Plant Breeding for Water Limited Environments. New York: *Springer*.

Bogard, M., Ravel, C., Paux, E., Bordes, J., Balfourier, F., Chapman, S. C., Le Gouis, J. and Allard, V. (2014). Predictions of heading date in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) using QTL-based parameters of an ecophysiological model. *J. Exp. Bot.* 65, 5849–5865. https://doi.org/10.1093/jxb/eru328

Botwright, T. L., Rebetzke, G.J., Condon, A. G. and Richards, R. A. (2005). Influence of the gibberellinsensitive Rht8 dwarfing gene on leaf epidermal cell dimensions and early vigour in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Ann. Bot.* 95, 631–639. https://doi.org/10.1093/aob/mci069

Butler, J. D., Byrne, P. F., Mohammadi, V., Chapman, P. L. and Haley, S.D. (2005). Agronomic performance of alleles in a spring wheat population across a range of moisture levels. *Crop Sci.* 45, 939–947. https://doi.org/10.2135/cropsci2004.0323

Chairi, F., Vergara-Diaz, O., Vatter, T., Aparicio, N., Nieto-Taladriz, M. T., Kefauver, S. C. and Araus, J. L. (2018). Post-green revolution genetic advance in durum wheat: the case of Spain. *Field Crops Research*, *228*, 158-169. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.09.003

Chapman, S., Mathews, K., Trethowan, R. and Singh, R. (2007). Relationships between height and yield in near-isogenic spring wheats that contrast for major reduced height genes. *Euphytica* 157, 391–397. https://doi.org/10.1007/s10681-006-9304-3

Chappell, A., Webb, N. P., Leys, J. F., Waters, C.M., Orgill, S. and Eyres, M.J. (2019). Minimising soil organic carbon erosion by wind is critical for land degradation neutrality. *Environmental science and policy*, 93, pp.43-52. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.12.020

Dorrani-Nejad, M., Kazemipour, A., Maghsoudi-Moud, A. A. and Abdolshahi, R. (2022). Wheat breeding for early heading: does it improve grain yield under drought stress and well-watered conditions?. *Environmental and Experimental Botany*, 200, p.104902. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2022.104902

Hill, C.B. and Li, C. (2016). Genetic architecture of flowering phenology in cereals and opportunities for crop improvement. Front. *Plant Sci.* 7, 1906. https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01906

Hyles, Jessica, Maxwell T. Bloomfield, James R. Hunt, Richard M. Trethowan, and Ben Trevaskis. "Phenology and related traits for wheat adaptation." *Heredity* 125, no. 6 (2020): 417-430. https://doi.org/10.1038/s41437-020-0320-1

Kamran, A., Iqbal, M., and Spaner, D. (2014). Flowering time in wheat (*Triticum aestivum* L.): a key factor for global adaptability. *Euphytica* 197, 1–26. https://doi.org/10.1007/s10681-014-1075-7

Kowalski, A. M., Gooding, M., Ferrante, A., Slafer, G. A., Orford, S., Gasperini, D. and Griffiths, S. (2016). Agronomic assessment of the wheat semi-dwarfing gene Rht8 in contrasting nitrogen treatments and water regimes. *Field crops research,* 191, pp.150-160. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.02.026

Mehrabi, F., Kazemipour, A., Ghaderi, M., Mohayeji, M. and Abdoshahi, R. (2025). Effect of breeding for earliness and plant height on yield of bread wheat under Rain-fed conditions of Kazeroon. *Plant Productions*. *In press.* In Persian. https://doi.org/10.22055/ppd.2025.50133.2281

Mirahmadi, H., Bagherzadeh, F., Pourtabrizi, S., Kazemipour, A., Dorrani-nejad, M. and Abdolshahi, R. (2024). Using marker-assisted backcrossing to transfer stripe rust resistance genes to Iranian wheat cultivars. *Plant Production and Genetics*, *5*(2), 201-210. In Persian. https://doi.org/10.22034/plant.2024.141546.1111

Mohammadi, K., Kazemipour, A., Mohayeji, M. and Abdolshahi, R. (2023). Does transfer of awn controlling genes to the Roshan bread wheat cultivar affect yield and yield components of this cultivar under well-watered conditions?. *Agricultural Biotechnology Journal*, 15(3), 41-56. In Persian. https://doi.org/10.22103/jab.2023.20968.1454

Mondal, S., Singh, R. P., Crossa, J., Huerta-Espino, J., Sharma, I., Chatrath, R., Singh, G. P., Sohu, V. S., Mavi, G. S., Sukuru, V. S. and Kalappanavar, I.K. (2013). Earliness in wheat: a key to adaptation under terminal and continual high temperature stress in South Asia. *Field Crop. Res.* 151, 19–26. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.06.015

Mondal, S., Singh, R. P., Mason, E. R., Huerta-Espino, J., Autrique, E. and Joshi, A. K. (2016). Grain yield, adaptation and progress in breeding for earlymaturing and heat-tolerant wheat lines in South Asia. *Field Crop. Res.* 192, 78–85. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.04.017

Nitcher, R., Pearce, S., Tranquilli, G., Zhang, X. and Dubcovsky, J. (2014). Effect of the Hope *FT-B1* allele on wheat heading time and yield components. *J. Hered.* 105, 666–675. https://doi.org/10.1093/jhered/esu042

Niu, Y., Chen, T., Zhao, C. and Zhou, M. (2021). Improving Crop Lodging Resistance by Adjusting Plant Height and Stem Strength. *Agronomy*, 11(12), p.2421. https://doi.org/10.3390/agronomy11122421

Redhu, M., Singh, V., Kumari, A., Munjal, R., Nimbal, S., Niwas, R., Yashveer, S., Verma, S., Langaya, S., Devi, S. and Rahimi, M. (2025). Evaluation of physio-biochemical traits in bread wheat RILs for terminal heat stress. *Cereal Research Communications*, 1-12. https://doi.org/10.1007/s42976-024-00623-2

Reynolds, M. P., Acevedo, E., Sayre, K. D. and Fischer, R. A. (1994). Yield potential in modern wheat varieties: its association with a less competitive ideotype. *Field Crops Research*, 37(3), pp.149-160. https://doi.org/10.1016/0378-4290(94)90094-9

Richards, R. A. (1992). The effect of dwarfing genes in spring wheat in dry environments. I. Agronomic characteristics. *Australian Journal of Agricultural Research*, 43(3), pp.517-527. https://doi.org/10.1071/AR9920517

Rousset, M., Bonnin, I., Remoue, C., Falque, M., Rhoné, B., Veyrieras, J.B., Madur, D., Murigneux, A., Balfourier, F., Le Gouis, J. and Santoni, S. (2011). Deciphering the genetics of flowering time by an association study on candidate genes in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theor. Appl. Genet.* 123, 907-926. https://doi.org/10.1007/s00122-011-1636-2

Salari, M., Kazemipour, A., Kashigarzadeh, M., Pourtabrizi, S., Ghaderi, M. and Abdolshahi, R. (2024). Effect of breeding for plant height on yield and yield component of bread wheat under rain-fed conditions. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 17(2), 243-253. In Persian. https://doi.org/10.22077/escs.2023.5698.2168

Shavrukov, Y., Kurishbayev, A., Jatayev, S., Shvidchenko, V., Zotova, L., Koekemoer, F. and Langridge, P. (2017). Early flowering as a drought escape mechanism in plants: how can it aid wheat production?. *Frontiers in plant science*, *8*, 1950. https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01950

Tshikunde, N. M., Mashilo, J., Shimelis, H. and Odindo, A. (2019). Agronomic and physiological traits, and associated quantitative trait loci (QTL) affecting yield response in wheat (*Triticum aestivum* L.): a review. Frontiers in plant science, 10, 1428. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01428

Wang, Y. R., Shi, J., He, Y. Y., Tao, Y. L., Ren, L. T., Shao, Q. Q. and Zheng, J. C. (2025). Molecular characteristics and regulatory effects of dwarfing Rht genes in Triticum aestivum L. *BMC Plant Biology*, *25*(1), 1529. https://doi.org/10.1186/s12870-025-07556-w

Würschum, T., Leiser, W. L., Langer, S. M., Tucker, M. R. and Longin, C. F. H. (2018). Phenotypic and genetic analysis of spike and kernel characteristics in wheat reveals long-term genetic trends of grain yield components. *Theoretical and applied genetics*, *131*(10), 2071-2084. https://doi.org/10.1007/s00122-018-3133-3

Zhang, H., Berger, J. D. and Milroy, S. P. (2013). Genotype _ environment interaction studies highlight the role of phenology in specific adaptation of canola (*Brassica napus*) to contrasting Mediterranean climates. *Field Crop. Res.* 144, 77–88. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.01.006

Zhang, Y., Liu, H. and Yan, G. (2021). Characterization of near-isogenic lines confirmed QTL and revealed candidate genes for plant height and yield-related traits in common wheat. *Molecular Breeding*, 41(1), pp.1-17. https://doi.org/10.1007/s11032-020-01196-8

Zheng, B., Chenu, K. and Chapman, S.C. (2016). Velocity of temperature and flowering time in wheat – assisting breeders to keep pace with climate change. *Global Change Biol*. 22, 921–933. https://doi.org/10.1111/gcb.13118

Zheng, Y., Cai, Z., Wang, Z., Maruza, T. M. and Zhang, G. (2025). The genetics and breeding of heat stress tolerance in wheat: advances and prospects. *Plants*, 14(2), p.148. https://doi.org/10.3390/plants14020148

Zhou, X., Wang, Q., Guo, H., Xie, Y., Zhao, L., Gu, J., and Liu, L. (2025). Identification of Rht1 for plant height reduction in two wheat mutants and the effects on yield components. *Journal of Plant Physiology*, 305, 154420.