



ارتباط عوامل محیطی با برخی خصوصیات فنولوژیکی و عملکرد دانه ارقام تجاری گندم نان در تاریخ‌های کاشت مختلف

The Relationship of Environmental Factors with Phenological Characteristics and Grain Yield of Some Commercial Bread Wheat Cultivars in Different Sowing Dates

شکوفه ساریخانی خرمی^{۱*} و سیروس طهماسبی^۲

۱- استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران.

۲- دانشیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۲۷

چکیده

ساریخانی خرمی، س. و طهماسبی، س. ۱۴۰۳. ارتباط عوامل محیطی با برخی خصوصیات فنولوژیکی و عملکرد دانه ارقام تجاری گندم نان در تاریخ‌های کاشت مختلف. نهال و بذر ۳۹: ۳۷۹-۳۵۵

به‌منظور بررسی اثر تاریخ کاشت و ارتباط عوامل آب و هوایی در مراحل مختلف رشد با مراحل فنولوژیکی و عملکرد دانه برخی تجاری ارقام گندم نان، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال‌های ۹۹-۱۳۹۷ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی داراب اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل پنج تاریخ کاشت (پنجم و بیستم آبان، پنجم و بیستم آذر و پنجم دی) و کرت‌های فرعی شامل پنج رقم گندم (مهرگان، برات، خلیل، سارنگ و ستاره) بودند. نتایج نشان داد که ارقام دیررس‌تر خلیل و برات در تاریخ کاشت‌های زود هنگام عملکرد دانه بالاتری داشتند. ارقام زودرس ستاره و مهرگان در تاریخ‌های کاشت دیر هنگام، کاهش عملکرد دانه کمتری داشتند. بیشترین و کمترین میانگین عملکرد دانه ارقام به‌ترتیب در تاریخ‌های کاشت‌های ۲۰ آبان (۶۹۳۴ کیلوگرم در هکتار) و پنجم دی (۵۷۷۵ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد. تعداد روز و درجه-روز رشد (GDD) برای مراحل مختلف رشدی، با تاخیر در کاشت، کاهش یافت. این کاهش برای مراحل طولی شدن ساقه، گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیکی از تاریخ کاشت اول به پنجم به‌ترتیب ۱۸۱، ۲۸۲ و ۵۲۸ درجه-روز رشد بود. بررسی همزمان ارتباط عوامل آب و هوایی و اثر تاریخ کاشت بر خصوصیات ارقام، دو مولفه اول در مجموع حدود ۴۰ درصد تغییرات را توجیه کردند. نتایج نشان داد که دما مهمترین عامل کنترل‌کننده در طول دوره‌های مختلف رشدی بود. با تغییر در تاریخ کاشت، درجه-روز رشد لازم برای مراحل مختلف مقدار ثابتی نبود که می‌تواند به‌دلیل اثر سایر عوامل محیطی باشد. نتایج این پژوهش می‌تواند به درک بهتر ارتباط عوامل آب و هوایی بر عملکرد دانه گندم نان و انتخاب ارقام سازگار برای منطقه داراب در شرایط تغییر اقلیم کمک کند.

واژه‌های کلیدی: گندم نان، درجه-روز رشد، طولی شدن ساقه، گرده افشانی، رسیدگی فیزیولوژیکی.

تلفن: ۰۷۱۳۲۶۲۲۴۳۳

*نگارنده مسئول: sh.sarikhani@areeo.ac.ir



2023© Seed and Plant. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

مقدمه

گندم دارای تنوع ژنتیکی وسیع و یکی از سازگارترین محصولات کشاورزی به شرایط محیطی است که در سطح وسیعی در محدوده عرض‌های جغرافیایی ۳ تا ۶۰ درجه و تا ارتفاع ۲۴۰۰ متر کشت می‌شود. این گیاه زراعی دمای ۳۵- درجه سانتی‌گراد در مرحله رشد رویشی (Haji and Hunt, 1999) تا بیش از ۴۰ درجه سانتی‌گراد در مرحله پرشدن دانه (Elahmadi, 1994) را می‌تواند تحمل کند. عملکرد گندم تحت تاثیر ترکیبی از عوامل ژنتیکی، اقلیمی، مدیریتی و در نهایت اثر متقابل مرتبط با این عوامل می‌باشد. اگرچه کشاورزان قادر نیستند شرایط اقلیمی را تغییر دهند، ولی مدیریت و تغییر در عناصری چون رقم و عوامل مدیریتی مانند تنظیم تاریخ کاشت می‌تواند در کاهش آثار سوء تغییر اقلیم بر رشد، نمو و عملکرد محصولات کشاورزی نقش بسزایی داشته باشد (Sarikhani Khorami et al., 2021).

تاریخ کاشت از طریق انطباق مراحل رشد و نمو گیاه با نوسانات حرارتی خاک و هوا، طول روز، تبخیر و تعرق، بارندگی، رطوبت هوا و سایر ویژگی‌های آب و هوایی در طول فصل رشد بر استقرار گیاه، رشد رویشی و زایشی آن و در نهایت عملکرد کمی و کیفیت محصول و برداشت آن تاثیر می‌گذارد (Khajehpour, 2014). نتایج پژوهش‌های مختلف که اثر تاریخ کاشت بر خصوصیات زراعی و عملکرد دانه گندم را بررسی کردند نشان داده است که تاریخ کاشت

اثر معنی‌داری بر خصوصیات مانند روز تا سنبله‌دهی، روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی، تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد زیستی، عملکرد دانه و شاخص برداشت دارد (Ghanbari et al., 2012; Zhou et al., 2020; Mousavi et al., 2021; Liu et al., 2023).

مراحل مختلف فنولوژیکی گیاه عمدتاً تابع شرایط محیطی هستند (Salazar-Gutierrez et al., 2013). عملکرد دانه تحت تاثیر طول فصل رشد و طول هر یک از مراحل فنولوژیکی قرار می‌گیرد. یکی از راهکارهای افزایش عملکرد دانه گندم، تغییر در یک یا چند جزء عملکرد با دست‌کاری در طول مراحل فنولوژیکی گیاه با توجه به شرایط محیطی و اقلیمی منطقه است (Jalal Kamali and Sharifi, 2010; Salazar-Gutierrez et al., 2013). تغییر اقلیم می‌تواند با پایش شرایط محیطی و تاثیر آن‌ها بر مراحل فنولوژیکی گیاه، واکنش گیاهان به تغییرات اقلیمی را مورد ارزیابی قرار داد (Parmesan and Hanley, 2015). تغییر طول مراحل فنولوژیکی با تنظیم تاریخ کاشت جهت فراهم کردن شرایط بهینه در دوره پرشدن دانه و تسهیم مناسب مواد پرورده، بسیار مهم است. هم‌چنین توانایی پیش‌بینی این مراحل موجب مدیریت مناسب آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز می‌شود (Mkhabela et al., 2016).

برای بررسی مراحل فنولوژیکی گیاه و رابطه

آن‌ها با عملکرد از شاخص‌های زراعی-اقلیمی مانند مجموع تعداد روز تا مرحله رشدی و مجموع درجه-روز رشد (Growing Degree Days = GDD) استفاده می‌شود. نتایج بررسی واکنش عملکرد دانه ارقام گندم به تاریخ کاشت براساس شاخص‌های زراعی-اقلیمی در گرگان نشان داد که تاریخ کاشت ۱۰ آذر بیشترین میزان شاخص‌های مورد بررسی برای ارقام احسان، تیرگان، معراج و کلاته را داشت (Soughi *et al.*, 2020). بنابراین تاریخ کاشت ۱۰ آذر شرایط بهینه‌ای را از نظر درجه حرارت، طول روز، رطوبت نسبی و کارایی مصرف انرژی در طول دوره پرشدن دانه فراهم کرد و خسارات ناشی از تنش‌های گرما و خشکی انتهای فصل را کاهش داد و در نتیجه بیشترین عملکرد دانه در این تاریخ کاشت را داشت (Soughi *et al.*, 2020). علاوه بر تغییر در طول مراحل فنولوژیکی با انتخاب تاریخ بهینه کاشت، معرفی ارقام پرمحصول و سازگار با شرایط اقلیمی منطقه نیز از عوامل تعیین کننده افزایش عملکرد دانه گندم است (Aula *et al.*, 2020). بنابراین آگاهی از اصول ژنتیک سازگاری و دلایل فنولوژیکی و محیطی آن در درک صحیح برهمکنش ژنوتیپ \times محیط و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر و سازگار به محیط‌ها و نوسانات آب و هوایی بسیار مهم است. تغییرات اقلیمی در سطح جهانی به دلیل برهمکنش عواملی مانند دی‌اکسید کربن جو، دما و بارندگی بر عملکرد محصول، چالشی بزرگ برای پایداری تولید محصول در آینده است

(Nuttall *et al.*, 2018). در این شرایط بررسی اثر عوامل محیطی با استفاده از اطلاعات هواشناسی بر خصوصیات فنولوژیکی گیاه و اثر متقابل این عوامل با ژنوتیپ در مراحل رویشی و زایشی گندم اهمیت بسزایی دارد. بسیاری از محققین با استفاده از تحلیل‌های همبستگی یا رگرسیون چندگانه، تاثیر عوامل محیطی بر عملکرد دانه گندم را بررسی کردند. در این روش‌ها همبستگی بالا بین متغیرها موجب بالا رفتن واریانس خطای برآورد می‌شود. بنابراین، برای تجزیه و تحلیل و مدل‌سازی مواردی که متغیرهای پیش‌بینی کننده بیشتر از مشاهدات باشند و بین متغیرهای پیش‌بینی کننده چند خطی (Multicollinearity) وجود داشته باشد (پارامترهای هواشناسی)، روش رگرسیون حداقل مربعات جزئی (Partial Least Square Regression = PLSR) معرفی شده است (Abdi, 2010; Liu *et al.*, 2013; Ceglar *et al.*, 2016). این روش ترکیبی از ویژگی‌های تحلیل مؤلفه‌های اصلی و رگرسیون خطی چندگانه را تعمیم می‌دهد (Abdi, 2010).

در روش تجزیه و تحلیل PLSR برهمکنش بین ژنوتیپ‌ها و متغیرهای محیطی به صورت گرافیکی در یک نمودار بای پلات توضیح داده می‌شود. این روش می‌تواند برای توضیح تغییرات کمی در فرایندهای بیولوژیکی از طریق تجزیه و تحلیل دما، بارش یا سایر متغیرهای محیطی مفید باشد. استفاده از این روش برای مطالعه تأثیرات آب و هوایی، به دلیل امکان بررسی اثر عوامل محیطی متعدد و امکان آزمایش ترکیب‌های ژنوتیپ-محیط-

شد. داده‌های هواشناسی ایستگاه داراب در دو سال آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل پنج تاریخ کاشت پنجم آبان، بیستم آبان، پنجم آذر، بیستم آذر و پنجم دی و کرت‌های فرعی شامل ارقام تجاری گندم نان شامل مهرگان، برات، خلیل، سارنگ و ستاره (جدول ۲) بودند. هر کرت فرعی شامل چهار پشته به طول پنج متر و به عرض ۶۰ سانتی‌متر بود که بر روی هر پشته سه ردیف گندم به فاصله ۱۵ سانتی‌متر بر اساس تراکم کاشت ۴۰۰ بذر در مترمربع در تاریخ‌های کاشت مورد نظر با بذرکار آزمایشی وینتراشتا یگر کشت شد.

عملیات زراعی تهیه زمین شامل شخم، دیسک، تسطیح و کودپاشی و ایجاد جویچه‌های آبیاری بود. براساس نتایج آزمون خاک، کودهای فسفات و پتاس قبل از کاشت هم‌زمان با آماده‌سازی زمین و نیتروژن مورد نیاز هر کرت نیز بر اساس آزمون خاک محاسبه و در سه نوبت (هم‌زمان با کاشت، مرحله پنجه‌زنی و گرده‌افشانی) استفاده شد. مدیریت و کنترل علف‌های هرز پهن‌برگ و باریک‌برگ به ترتیب با علف‌کش تو-فور-دی و اکسیال در مراحل رشدی توصیه شده انجام شد. آبیاری به صورت نواری (تیپ) بود. عملکرد دانه با برداشت کل سطح کرت و محاسبه آن بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد.

مدیریت (مانند تاریخ کاشت × رقم) بسیار موثر است (Hammer *et al.*, 2006). تجزیه و تحلیل داده‌های پارامترهای محیطی با استفاده از روش PLSR می‌تواند برای توضیح تغییرات عملکرد محصول یا برای توصیف آسیب‌پذیری نظام‌های کشاورزی نسبت به تغییرات آب و هوایی در طول مراحل خاص از رشد محصول به کار رود و یک رویکرد قدرتمند برای ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف باشد و حساس‌ترین مراحل رشد به متغیرهای محیطی و اقلیمی را شناسایی کند (Porker *et al.*, 2020).

هدف این پژوهش بررسی شاخص زراعی-اقلیمی درجه-روز رشد (GDD) و تاثیر عوامل آب و هوایی بر مراحل مختلف رشد و عملکرد دانه ارقام تجاری گندم نان اقلیم گرم جنوب در تاریخ‌های مختلف کاشت بود، تا با درک بهتر تاثیرپذیری عملکرد دانه از تغییرات محیطی و آب و هوایی، بتوان از این یافته‌ها در برنامه‌های به‌نژادی و تولید ارقام جدید با طیف وسیع سازگاری به محیط‌ها و تغییرات آب و هوایی استفاده کرد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال‌های زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی داراب واقع در جنوب شرقی استان فارس با طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۸ درجه و ۴۷ دقیقه شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۱۰۷۹ متر با میانگین بارندگی سی ساله ۲۴۸ میلی‌متر انجام

جدول ۱- اطلاعات هواشناسی ایستگاه داراب در دو سال زراعی ۱۳۹۷-۹۸ و ۱۳۹۸-۹۹

Table 1. Meteorological information of Darab field station in 2018-19 and 2019-20 cropping seasons

Month	ماه	سال زراعی ۱۳۹۷-۹۸ 2018-19 cropping season				سال زراعی ۱۳۹۸-۹۹ 2019-20 cropping season			
		میانگین کمینه دما (درجه سانتی گراد) Mean minimum temperature (°C)	میانگین بیشینه دما (درجه سانتی گراد) Mean maximum temperature (°C)	میانگین دما (درجه سانتی گراد) Mean temperature (°C)	بارندگی (میلی متر) Rainfall (mm)	میانگین کمینه دما (درجه سانتی گراد) Mean minimum temperature (°C)	میانگین بیشینه دما (درجه سانتی گراد) Mean maximum temperature (°C)	میانگین دما (درجه سانتی گراد) Mean temperature (°C)	بارندگی (میلی متر) Rainfall (mm)
Sep.-Oct.	مهر	17.8	32.8	25.3	7.4	18.4	35.4	26.9	0.2
Oct.-Nov.	آبان	11.9	24.8	18.4	40.8	10.8	26.2	18.5	26.1
Nov.-Dec.	آذر	5.6	20.9	13.2	22.5	6.3	19.8	13.1	117.3
Dec.-Jan.	دی	4.2	18.6	11.4	21.7	3.9	17.6	10.8	122.8
Jan.-Feb.	بهمن	5.5	17.9	11.7	94.2	3.8	18.3	11.1	24.6
Feb.-Mar.	اسفند	5.9	20.1	13.0	52.9	7.9	23.1	15.5	9.4
Mar.-Apr.	فروردین	12.2	24.6	18.4	103.4	10.8	23.6	17.2	158.7
Apr.-May.	اردیبهشت	15.1	32.0	23.5	8.4	15.8	31.9	23.9	24.5
May-Jun.	خرداد	21.9	40.2	31.0	3.1	21.3	40.5	30.9	2.6
Mean/total	میانگین/جمع	11.1	25.8	18.4	354.4	11	26.3	18.6	486.2

جدول ۲- نام، شجره، تاریخچه انتخاب و برخی خصوصیات ارقام گندم نان مورد مطالعه (Malhipour *et al.*, 2020)

Table 2. Name, pedigree, selection history and some characteristics of studied bread wheat cultivars (Malhipour *et al.*, 2020)

Cultivar	سال معرفی Year of release	شجره Pedigree	تاریخچه انتخاب Selection history	میانگین ارتفاع بوته (سانتی متر) Mean plant height (cm)	وضعیت رسیدگی Maturity status	میانگین وزن هزار دانه (گرم) Mean 1000 grain weight (g)	میانگین عملکرد دانه (کیلو گرم در هکتار) Mean grain yield (kg ha ⁻¹)	میانگین میزان پروتئین دانه (درصد) Mean grain protein content (%)
Mehregan	مهرگان 2014	OASIS/SKAUZ//4*BCN/3/2*PASTOR	CMSS-0Y01881T-050M-030Y-30M-030WGY-33M-0Y	89	زودرس Early maturity	40	5690	13.4
Barat	برات 2015	SLVS*2/PASTOR	CMSS98Y03489F-040M-0100M-40Y-020M-040SY-28M-0Y-0SY	97	نسبتاً زودرس Relatively early maturity	40	6430	12.1
Khalil	خلیل 2016	Bow"s"/Vee"s"//1-60-3/3/Cocoraque 75/4/Chamran	Not available	91	متوسطرس تا دیررس Medium to late maturity	35	5830	12.9
Sarang	سارنگ 2017	PRL/2*PASTOR/4/CHOIX/STAR/3/HE	CMSS02Y00596S-33Y-0M-1/3*CNO79//2*SERI82	93	متوسط رس Medium maturity	43	6320	12.7
Setareh	ستاره 2018	Dez/SW891882	Not available	74	زودرس Early maturity	42	4920	12.2

(GFD) برای همه ارقام محاسبه شدند. شاخص مجموع درجه-روز رشد از طریق فرمول زیر محاسبه گردید. در محاسبه درجه-روز رشد، دمای پایه صفر درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد و حداکثر دمای بر اساس آستانه تعریف شده برای گندم ۳۰ درجه سانتی‌گراد تصحیح گردید (Jalal Kamali *et al.*, 2008).

برای هر تاریخ کاشت، مجموع تعداد روز از سبزشدن تا مراحل فنولوژیکی و شاخص مجموع درجه-روز رشد (GDD) در چهار مرحله فنولوژیکی از سبزشدن (GS11) تا شروع تولید ساقه (GS31) (CSE)، سبزشدن تا گرده‌افشانی (GS61) (Anth)، سبزشدن تا رسیدگی فیزیولوژیک (GS91) (PMA)، و از گرده‌افشانی تا پرشدن دانه

$$GDD \text{ (Growing Degree-Days)} = \sum (T_{\min} + T_{\max}) / 2 - T_{\text{base}}$$

مؤلفه اصلی است که امکان استخراج الگوهای تغییرات اصلی و مطالعه ساختار بین متغیرهای مستقل (X) و متغیر وابسته (Y) را فراهم می‌کند. در این روش متغیرهای پنهانی استخراج می‌شوند که ماهیت موجود در متغیرهای X هستند که با ماتریس Y نیز مرتبط می‌باشند. به طوری که هر دو ماتریس به طور همزمان مدل می‌شوند (Pacheco *et al.*, 2015). نمایش دوخطی X و Y به شرح زیر است:

$$X = t_1p_1' + t_2p_2' + \dots + E = TP' + E$$

$$Y = t_1q_1' + t_2q_2' + \dots + F = TQ' + F$$

که در آن ماتریس T شامل امتیازهای X، ماتریس P حاوی بارهای X، ماتریس Q حاوی بارهای Y هستند. E و F به ترتیب باقی مانده ماتریس‌های X و Y را تشکیل می‌دهند. ایده اصلی این است که رابطه بین Y و X از طریق متغیرهای پنهان t منتقل می‌شود.

در آزمایش‌های چند محیطی (در اینجا چند

در این رابطه: T_{\max} ، T_{\min} و T_{base} به ترتیب بیشینه دما، کمینه دما و دمای پایه می‌باشند. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS ver. 9.1 انجام شد. در تجزیه واریانس داده‌ها، اثر سال تصادفی و سایر اثرات ثابت در نظر گرفته شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد انجام شد.

برای ارتباط همزمان متغیرهای آب و هوایی و اثر تاریخ کاشت بر ارقام تجاری گندم نان از روش رگرسیون حداقل مربعات جزئی (PLSR) بر اساس داده‌های دوساله در نرم‌افزار GEA-R (Pacheco *et al.*, 2015) v4.1 استفاده شد. در این روش هم‌خطی بین متغیرها حذف و در نتیجه متغیرهای خارجی با بیشترین اثر در برهمکنش ژنوتیپ × محیط × Interaction = GEI تعیین می‌شوند. روش PLSR یک روش توسعه یافته از تجزیه و تحلیل

تاریخ کاشت)، ماتریس Y متشکل از متغیر عملکرد دانه است که برای ارقام در محیط‌های مختلف (تاریخ کاشت‌های مختلف) اندازه‌گیری می‌شوند و ماتریس X شامل متغیرهای مشترکی است که در هر تاریخ کاشت در مراحل مختلف رشدی اندازه‌گیری شده‌اند. متغیرهای مشترک شامل میانگین دمای حداقل، میانگین دمای حداکثر، ساعات آفتابی و مجموع بارندگی هستند که در هر تاریخ کاشت برای دوره‌های رشدی تعداد روز تا شروع طول‌شدن ساقه، گرده‌افشانی، رسیدگی فیزیولوژیک و پرشدن دانه محاسبه شدند.

این متغیرهای کمکی اندازه‌گیری شده در X می‌توانند برخی از تغییرات موجود در Y را توضیح دهند. به عبارت دیگر، بررسی اثر متغیرهای محیطی می‌تواند به ما در توضیح آثار GEI کمک کنند. نتایج روش PLSR به صورت گرافیکی در قالب بای‌پلات نمایش داده می‌شوند که مختصات محیط‌ها، ژنوتیپ‌ها و متغیرهای مشترک محیطی مربوط به دو مولفه اول PLSR به‌طور هم‌زمان توسط بردارهایی با نقاط شروع از مختصات (۰، ۰) نشان داده می‌شوند (Gabriel, 1971).

نتایج و بحث

اثر تاریخ کاشت بر مراحل فنولوژیک و شاخص مجموع درجه-روز رشد

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر سال، تاریخ کاشت و رقم بر تعداد روز و مجموع درجه-روز رشد (GDD) برای مرحله شروع

طول‌شدن ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). برای مرحله مذکور اثر متقابل سال \times تاریخ کاشت، سال \times رقم نیز معنی‌دار بود در حالی که سایر آثار متقابل معنی‌دار نبودند. تعداد روز از سبزشدن تا گرده‌افشانی (Anth) و درجه-روز رشد تا مرحله گرده‌افشانی اثر تاریخ کاشت، رقم و سایر آثار متقابل (به‌جز اثر سال \times تاریخ کاشت برای درجه-روز رشد) معنی‌دار بود (جدول ۳). معنی‌دار بودن اثر متقابل تاریخ کاشت \times رقم بر روی این صفات نشان داد که مرحله گرده‌افشانی ارقام و درجه-روز رشد مورد نیاز برای آن‌ها در تاریخ‌های کاشت مختلف یکسان نبود.

برای تعداد روز از گرده‌افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک و درجه-روز رشد مورد نیاز برای این مرحله رشدی اثر تاریخ کاشت، اثر متقابل سال \times رقم و سال \times تاریخ کاشت \times رقم معنی‌دار بودند (جدول ۳). اثر رقم بر درجه-روز رشد مورد نیاز در این مرحله معنی‌دار بود، اما برای تعداد روز معنی‌دار نبود. اثر سال، تاریخ کاشت، رقم و اثر متقابل سال \times تاریخ کاشت و سال \times رقم برای تعداد روز و همچنین درجه-روز رشد تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک معنی‌دار بود. اما اثر متقابل تاریخ کاشت \times رقم و نیز اثر متقابل سال \times تاریخ کاشت \times رقم برای این دو صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). به‌طور کلی تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان دهنده روند نسبتاً یکسانی برای تعداد روز و مجموع درجه-روز رشد در همه مراحل رشدی به‌جز مرحله پرشدن دانه بود.

جدول ۳ - تجزیه واریانس مرکب برای خصوصیات فنولوژیکی و عملکرد دانه ارقام گندم نان تحت تاثیر تاریخهای کاشت مختلف

Table 3. Combined analysis of variance for phenological characteristics and grain yield of bread wheat cultivars as affected by different sowing dates

S.O.V.	منبع تغییر	df	Mean Squares								عملکرد دانه Grain yield
			Days number تعداد روز				GDD مجموع درجه-روز رشد				
			درجه آزادی	شروع ساقه	دوره گردآفشانی	رسیدگی پر شدن دانه	شروع ساقه	گردآفشانی	دوره پر شدن دانه	رسیدگی فیزیولوژیکی	
			CSE	Anth	GFD	PMA	CSE	Anth	GFD	PMA	
Year (Y)	سال	1	784.0**	661.0*	18.7	374.0**	195279.0**	71482.0*	99.0	79892.0*	1980531.0
Replication (R)/Y	تکرار/سال	4	1.8	32.3	63.3	14.5	197.0	9126.0	22768.0	7845.0	4307714.0
Sowing date (D)	تاریخ کاشت	4	974.0**	2174.0**	2766.0**	8802.0**	163915.0**	390156.0**	326243.0**	1357818.0**	6722180.0**
Y × D	سال × تاریخ کاشت	4	185.0**	56.2*	92.6	113.0*	25532.0**	10582.0	34527.0	65371.0*	14635314.0**
R (Y × D)	تکرار (سال × تاریخ کاشت)	16	5.3	14.9	35.8	30.2	634.0	3886.0	17211.0	16453.0	1024231.0
Cultivar (C)	رقم	4	35.9**	263**	16.1	278.0**	5202.0**	58100.0**	23603.0**	140802.0**	5521140.0**
Y × C	سال × رقم	4	12.8**	19.9**	12.4*	24.9*	2103.0**	5552.0**	6240.0	12699.0**	164653.0
C × D	تاریخ کاشت × رقم	16	2.1	15.5**	14.5	5.3	308.0	3296.0**	4310.0	2627.0	1102090.0**
Y × D × C	سال × تاریخ کاشت × رقم	16	1.7	9.4**	20.3**	10.5	335.0	2591.0**	7608.0**	5065.0	1587195.0**
Error	خطا	80	1.7	2.9	6.7	7.1	251.0	791.0	3295.0	3484.0	413004.0

* and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

CSE: شروع طولیل شدن ساقه، Anth: گرده افشانی، GFD: دوره پر شدن دانه، PMA: رسیدگی فیزیولوژیکی.

CSE: Commencement of stem elongation, Anth: Anthesis, GFD: Grain filling duration, PMA: Physiological Maturity.

(پنجم آبان) با میانگین ۱۸۳/۴ روز و کمترین آن مربوط به تاریخ کاشت پنجم دی با میانگین ۱۴۰/۳ روز بود (جدول ۴). درجه-روز رشد مورد نیاز برای رسیدن به مرحله گرده افشانی و رسیدگی فیزیولوژیکی ارقام گندم مورد بررسی در تاریخ کاشت اول بیشترین مقدار و در تاریخ کاشت پنجم کمترین مقدار بود.

کاهش درجه-روز رشد مورد نیاز برای رسیدن به مرحله گرده افشانی و رسیدگی فیزیولوژیکی از تاریخ کاشت اول به تاریخ کاشت پنجم به ترتیب ۲۸۲ و ۵۲۸ درجه-روز رشد بود (جدول ۴). رقم ستاره با میانگین ۱۱۳/۵ و ۱۵۷/۳ روز به ترتیب کمترین تعداد روز تا گرده افشانی و رسیدگی فیزیولوژیکی را در بین ارقام داشت. درحالی که بیشترین تعداد روز تا گرده افشانی و رسیدگی فیزیولوژیکی متعلق به ارقام خلیل و برات بود (جدول ۵). رقم خلیل با ۱۴۱۳ و ۲۳۱۹ مجموع درجه-روز رشد بیشترین و رقم ستاره با ۱۳۲۵ و ۲۱۳۸ کمترین مجموع درجه-روز رشد را به ترتیب برای رسیدن به مرحله گرده افشانی و رسیدگی فیزیولوژیکی داشتند.

سوقی و همکاران (Soughi et al., 2020) با مطالعه چهار رقم گندم احسان، کلاته، تیرگان و معراج در پنج تاریخ کاشت نشان دادند که تاریخ کاشت اول (۱۰ آبان) بیشترین درجه-روز رشد را در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی دریافت کرد. با مطالعه ارقام اقلیم گرم و مرطوب شمال (زاگرس-دیم و تجن-آبی) در

مقایسه میانگین ها برای اثر تاریخ کاشت نشان داد تفاوت ارقام مورد بررسی از لحاظ تعداد روز از سبز شدن تا شروع طویل شدن ساقه در پنج تاریخ کاشت تفاوت معنی دار نبود (جدول ۴). درجه-روز رشد مورد نیاز برای این مرحله رشدی ارقام گندم با تاخیر در کاشت از ۸۱۰ درجه-روز رشد در تاریخ کاشت پنجم آبان به ۶۲۹ درجه-روز رشد در تاریخ کاشت پنجم دی کاهش یافت (جدول ۵). نتایج بررسی اثر تاریخ کاشت های مختلف بر مراحل فنولوژیکی گندم نان توسط شریفی (Sharifi, 2016) نشان داد که تاخیر در کاشت سبب کاهش درجه-روز رشد مورد نیاز برای مراحل رشد رویشی شد و این کاهش در ارقام زمستانه به دلیل تسریع در تأمین نیاز بهاره سازی در کشت های دیرهنگام توجیه شد. درجه-روز رشد مورد نیاز برای مرحله رشدی طویل شدن ساقه در ارقام زودرس ستاره و مهرگان کمتر از سایر ارقام بود. تفاوت ارقام برات، خلیل و سارنگ از این نظر معنی دار نبود (جدول ۵).

مقایسه میانگین ها برای اثر تاریخ کاشت نشان داد که بیشترین تعداد روز تا گرده افشانی مربوط به تاریخ کاشت اول و دوم (پنجم و بیستم آبان) با میانگین ۱۲۴/۹ روز و کمترین آن مربوط به تاریخ کاشت پنجم دی با میانگین ۱۰۴/۵ روز بود (جدول ۴). همچنین، بیشترین تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی ارقام گندم متعلق به تاریخ کاشت اول

جدول ۴- مقایسه میانگین تعداد روز و درجه-روز رشد مورد نیاز برای مراحل مختلف فنولوژیکی ارقام گندم نان در پنج تاریخ کاشت

Table 4. Mean comparison of days and required growing degree-days (GDD) to phenological stages of bread wheat cultivars in five sowing dates

Sowing date	تاریخ کاشت	تعداد روز از سبز شدن Days from emergence				مجموع درجه-روز رشد از سبز شدن Total GDD from emergence			
		CSE	Anth	PMA	GFD	CSE	Anth	PMA	GFD
27 October	۵ آبان	70.3a	124.4a	183.4a	58.9a	810a	1525a	2534a	1009a
11 November	۲۰ آبان	68.0a	124.9a	172.4b	47.5b	792ab	1482a	2360b	878b
26 November	۵ آذر	73.5a	120.7b	163.6c	42.9bc	773b	1380b	2235c	855bc
11 December	۲۰ آذر	67.0a	114.4c	150.4d	36.0d	710c	1330c	2081d	763c
26 December	۵ دی	72.1a	104.5d	140.3e	35.8d	629d	1243d	2006d	751c

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند. Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Tukey's test.

CSE: شروع طولیل شدن ساقه، Anth: گرده‌افشانی، PMA: رسیدگی فیزیولوژیکی، GFD: دوره پرشدن دانه.

CSE: Commencement of stem elongation, Anth: Anthesis, PMA: Physiological Maturity, GFD: Grain filling duration.

جدول ۵- مقایسه میانگین تعداد روز و درجه-روز رشد برای مراحل مختلف فنولوژیکی ارقام گندم نان

Table 5. Mean comparison of days and growing degree-days to phenological stages of five bread wheat cultivars

Cultivar	رقم	تعداد روز از سبز شدن Days from emergence				مجموع درجه-روز رشد از سبز شدن GDD from emergence			
		CSE	Anth	PMA	GFD	CSE	Anth	PMA	GFD
Mehregan	مهرگان	68.9c	116.9c	161.0c	44.0a	727b	1379b	2218c	839bc
Barat	برات	71.1ab	120.1a	163.4b	43.3a	755a	1428a	2275b	847abc
Khalil	خلیل	71.2a	120.4a	165.3a	44.9a	756a	1434a	2319a	885a
Sarang	سارنگ	70.5b	118.0b	163.0b	45.1a	746a	1393b	2266b	872ab
Setareh	ستاره	69.2c	113.5d	157.3d	43.8a	730b	1325c	2138d	814c

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند. Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Tukey's test.

CSE: شروع طولیل شدن ساقه، Anth: گرده‌افشانی، PMA: رسیدگی فیزیولوژیکی، GFD: دوره پرشدن دانه.

CSE: Commencement of stem elongation, Anth: Anthesis, PMA: Physiological Maturity, GFD: Grain filling duration.

درجه-روز رشد کمتری نسبت به ارقام دیررس برای رسیدن به مراحل رشدی مختلف نیاز داشتند (جدول ۵). بین ارقام از نظر تعداد روز لازم برای دوره پرشدن دانه تفاوت معنی داری وجود نداشت، اما درجه-روز رشد مورد نیاز برای مرحله پرشدن دانه در ارقام زودرس کمتر بود. ارقام زودرس ستاره و مهرگان به دلیل اینکه در هوای خنک تر به مرحله گرده افشانی رسیدند، به تعداد روز بیشتری برای دریافت درجه-روز رشد لازم برای دوره پرشدن دانه نیاز داشتند. بنابراین، از لحاظ تعداد روز برای دوره پرشدن دانه تفاوت معنی داری با ارقام دیررس تر نداشتند (جدول ۵). در تاریخ کاشت زود هنگام، دوره رسیدگی طولانی تر به دلیل دریافت کمتر میانگین درجه حرارت مورد نیاز برای تکمیل مرحله رشد رویشی و ورود به مرحله رشد زایشی گیاه بود (Ghanbari et al., 2012). شریفی (Sharifi, 2016) نیز کاهش مجموع درجه-روز رشد مورد نیاز در تاریخ کاشت های دیر هنگام نسبت به تاریخ کاشت های زود هنگام گزارش کردند.

اثر تاریخ کاشت بر عملکرد دانه

تجزیه واریانس مرکب داده ها نشان داد که اثر تاریخ کاشت، رقم و اثر متقابل تاریخ کاشت × رقم بر عملکرد دانه معنی دار بود (جدول ۳). تاخیر در کاشت سبب کاهش معنی دار عملکرد شد. بیشترین میانگین عملکرد دانه (۶۹۳۵ کیلوگرم در هکتار) در تاریخ کاشت ۲۰ آبان و کمترین آن (۵۷۷۵ کیلوگرم در

کنار سایر ارقام گندم تجاری نان ایران از اقلیم های سرد و معتدل سرد، معتدل و گرم و خشک جنوب مشخص شد که ارقام اقلیم گرم و مرطوب شمال نیاز حرارتی کمتری داشتند (Jalal Kamali and Sharifi, 2010). با توجه به این که گندم گیاهی روز بلند است، روزهای بلندتر باعث می شود تا طول دوره مراحل فنولوژیکی آن کوتاه تر شود و قبل از این که اندام های رویشی برای ایجاد منبع فیزیولوژیک به طور کامل توسعه یابند، وارد مرحله زایشی شده و در طول دوره رشد ممکن است با کمبود مواد فتوسنتزی و کاهش عملکرد مواجه شوند (Kalateh Arabi et al., 2011).

تاخیر در کاشت گیاه گندم را با میانگین درجه حرارت روزانه بالاتری مواجه می کند و در نتیجه با کاهش طول دوره رشد سبب کاهش تعداد روزهای مورد نیاز برای رسیدن به مرحله ظهور سنبله و رسیدگی فیزیولوژیکی می شود (Kalateh Arabi et al., 2011). نتایج مقایسه میانگین اثر تاریخ کاشت نشان داد که مرحله پرشدن دانه از پنجم آبان (تاریخ کاشت اول) تا پنجم دی (تاریخ کاشت پنجم)، حدود ۲۳ روز کاهش یافت. همچنین درجه-روز رشد مورد نیاز در این مرحله از تاریخ کاشت اول (با ۱۰۰۹ مجموع درجه-روز رشد) تا کمترین آن در تاریخ کاشت پنجم (با مجموع ۷۵۱ درجه-روز رشد) حدود ۲۵۸ درجه-روز رشد کاهش یافت (جدول ۴).

در پژوهش حاضر ارقام زودرس تعداد روز و

هکتار) در تاریخ کاشت پنجم دی بدست آمد (جدول ۶). به نظر می‌رسد، در تاریخ‌های کاشت دوم و سوم (۲۰ آبان و پنجم آذر) ارقام گندم نان با استفاده از شرایط مناسب محیطی در پاییز، رشد اولیه و استقرار خوبی داشتند و با زمستان‌گذرانی با بوته‌های قوی، در بهار با وضعیت رشد مطلوبی به ساقه رفته و در نهایت با سپری کردن دوران گلدهی و پرشدن دانه در دمای مطلوب، عملکرد دانه مناسبی داشتند.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت × رقم بر عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) ارقام گندم نان
Table 6. Mean comparison of sowing date × cultivar interaction effect on grain yield (kg ha⁻¹) of bread wheat cultivars

Cultivars	رقم	Sowing date تاریخ کاشت					میانگین Mean
		پنجم آبان 27 th October	بیستم آبان 11 th November	پنجم آذر 26 th November	بیستم آذر 11 th December	پنجم دی 26 th December	
Mehregan	مهرگان	5650b	6746b	6493a	6295a	6018a	6242b
Barat	برات	6198ab	6953b	6945a	5950ab	5720a	6353ab
Khalil	خلیل	6682a	7982a	6698a	6652a	5181b	6639a
Sarang	سارنگ	6192ab	7021b	6896a	6586a	6099a	6559ab
Setareh	ستاره	4858c	5972 ^c	5701b	5392b	5860a	5557c
Mean	میانگین	5917c	6935a	6547ab	6175bc	5775c	

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند. برای تاریخ کاشت مقایسه میانگین‌ها روی ردیف انجام شده است.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Tukey's comparison test. Mean comparison for sowing dates has been performed in row.

دیررس خلیل کمترین عملکرد دانه را در تاریخ کاشت پنجم داشت. بنابراین، ارقام نسبتاً دیررس مانند خلیل و برات در تاریخ‌های کاشت زودتر از عملکرد دانه خوبی برخوردار بودند.

ارقام زودرس مهرگان و ستاره در تاریخ کاشت پنجم عملکرد دانه بالاتری در مقایسه با تاریخ کاشت اول داشتند (جدول ۶). این ارقام زودرس، تغییرات عملکرد دانه کمتری در تاریخ‌های کاشت دیر هنگام داشتند. رقم سارنگ عملکرد دانه نسبتاً بالا و پایداری در همه

بیشترین و کمترین میانگین عملکرد دانه به ترتیب متعلق به ارقام خلیل (۶۶۳۹ کیلوگرم در هکتار) و ستاره (۵۵۵۷ کیلوگرم در هکتار) بود، در حالی که بین ارقام خلیل، سارنگ و برات تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۶). رقم خلیل بیشترین عملکرد دانه را در تاریخ‌های کاشت اول، دوم و چهارم دارا بود (جدول ۶). در حالی که در تاریخ کاشت پنجم آذر بیشترین عملکرد دانه مربوط به رقم برات بود که با رقم خلیل تفاوت معنی‌داری نداشت. رقم نسبتاً

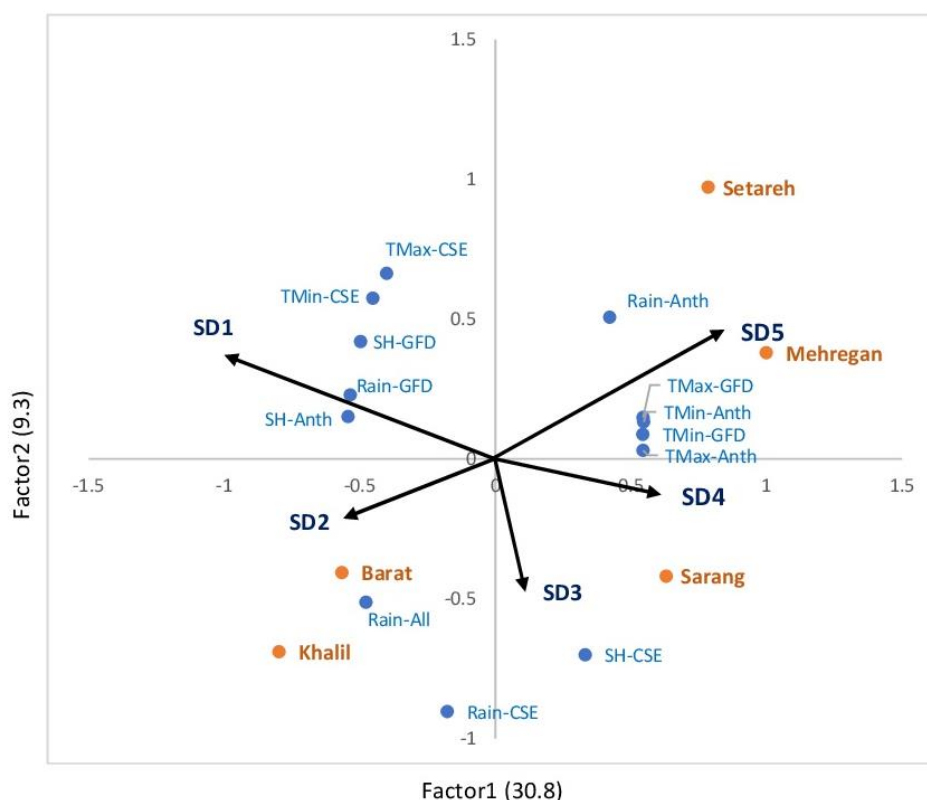
می‌شود. هر چه خطوط مستقیم فرضی دو مختصات با مبدا زاویه حاده‌تر بسازد، ارتباط آن دو متغیر بیشتر است. زوایای ۹۰ درجه یک رابطه صفر، زوایای بزرگتر از ۹۰ یک رابطه منفی و زوایای نزدیک به ۱۸۰ یک همبستگی منفی قوی را نشان می‌دهند.

در نمایش گرافیکی بای‌پلات حاصل از تجزیه PLSR براساس میانگین داده‌های دوساله، اولین و دومین مولفه در مجموع ۴۰ درصد از تغییرات اثر متقابل تاریخ کاشت × رقم را توجیه کردند (شکل ۱). در این بای‌پلات، تاریخ کاشت اول (SD1) و پنجم (SD5) بردارها دارای فاصله بیشتری از مبدا هستند، که نشان می‌دهد در این دو تاریخ کاشت اثر متقابل GEI اهمیت بیشتری داشت (شکل ۱). متغیرهای محیطی بارندگی در مراحل رشد رویشی (Rain-) (CSE) و گرده‌افشانی (Rain-Anth) که از مبدأ دورتر بودند، احتمالاً تأثیر بیشتری در تعیین GEI داشتند. در مطالعه محیط‌های مختلف گندم با استفاده از روش‌های چند متغیره AMMI، PLSR و FR، مشخص شد که روش PLSR تفاسیر بیشتر و بهتری از برهمکنش GEI نسبت به سایر روش‌ها ارائه کرد. عوامل اقلیمی میانگین دما، بیشینه دما و بارندگی عوامل اصلی تعیین‌کننده GEI در گندم بودند (Mohammadi et al., 2020).

تاریخ‌های کاشت داشت (جدول ۶). کمتر بودن تغییرات عملکرد دانه در تاریخ‌های مختلف کاشت در ارقام مهرگان و ستاره را می‌توان به زودرسی آنها، تکمیل سریع‌تر مراحل رشدی حتی در تاریخ‌های کاشت دیر هنگام و عدم مصادف شدن آن‌ها با تنش گرمای آخر فصل نسبت داد. نتایج این پژوهش در رابطه با تغییرات عملکرد دانه در تاریخ‌های مختلف کاشت و اثر متقابل آنها با نتایج پژوهشگران دیگر (Kalateh Arabi et al., 2011; Ghanbari et al., 2012; Shirinzadeh et al., 2017; Mousavi et al., 2021) مطابقت داشت.

اثر همزمان عوامل اقلیمی و تاریخ کاشت بر عملکرد ارقام گندم

در پژوهش حاضر تأثیر متغیرهای آب و هوایی در پنج تاریخ کاشت بر عملکرد ارقام گندم نان با استفاده از روش PLSR بررسی شد. نتایج تجزیه PLSR به صورت بای‌پلات نمایش داده شده است (شکل ۱). در نمودار بای‌پلات، متغیرهای محیطی و ژنوتیپی به صورت مختصات نقاط و تاریخ کاشت‌ها به صورت بردار نشان داده شده‌اند. موقعیت نسبی یک رقم نسبت به بردار یک تاریخ کاشت یا نقاط متغیرهای محیطی، نشان‌دهنده اثر متقابل رقم با آن‌ها است. معنی‌دار بودن اثر یک ژنوتیپ، تاریخ کاشت یا متغیر مشترک محیطی در اثر متقابل ژنوتیپ × محیط (GEI) به فاصله از مبدا آن مربوط



شکل ۱- نمودار بای پلات حاصل از تجزیه PLSR بر اساس دو عامل اول برای شناسایی برهمکنش بین ژنوتیپ‌ها و متغیرهای آب و هوایی برای تمایز مراحل فنولوژیکی حاصل از تاریخ کاشت‌های مختلف در پنج رقم گندم نان. SD1 تا SD5: به ترتیب بردارهای تاریخ کاشت اول تا پنجم، TMax: میانگین دمای بیشینه، TMin: میانگین دمای کمینه، SH: جمع ساعات آفتابی در طول روز، Rain: مقدار بارندگی، CSE: شروع طویل شدن ساقه، Anth: گرده افشانی، PMA: رسیدگی فیزیولوژیکی، GFD: دوره پر شدن دانه

Fig. 1. Biplot resulted from PLSR analysis based on the first two factors to identify genotypes \times meteorological variables interactions to differentiate phenological stages from different sowing dates in five bread wheat cultivars. SD1 to SD5: vectors of the first to fifth sowing date, TMax: mean maximum temperature, TMin: mean minimum temperature, SH: the sum of sunny hours during the day, Rain: rainfall, CSE: Commencement of stem elongation, Anth: Anthesis, PMA: Physiological maturity, GFD: Grain filling duration

بارندگی (Rain) در مراحل رشد رویشی از سبز شدن تا شروع طویل شدن ساقه (CSE)، گرده افشانی (Anth) و دوره پر شدن دانه

ارتباط متغیرهای محیطی میانگین دمای بیشینه (TMax)، میانگین دمای کمینه (TMin)، جمع ساعات آفتابی در طول روز (SH) و مقدار

رویشی داشت (شکل ۱). با توجه به عملکرد دانه در تاریخ‌های مختلف کاشت، به نظر می‌رسد که در تاریخ کاشت‌های زودهنگام در اقلیم گرم دماهای بالاتر در اوایل دوره رشد رویشی به دلیل کوتاه کردن طول این دوره اثر نامطلوبی بر عملکرد دانه ارقام گندم داشت. نتایج سایر پژوهشگران نشان داد که دمای خنک تر روزانه و تشعشع بیشتر آفتاب در مرحله رشد رویشی و قبل از تشکیل سنبله‌ها سبب افزایش تعداد دانه در سنبله و در نتیجه افزایش عملکرد می‌شود (Reynolds *et al.*, 2004).

از لحاظ مجموع ساعات آفتابی، بیشترین ساعات آفتابی در مرحله رشد رویشی، گرده‌افشانی و پرشدن دانه به ترتیب مربوط به تاریخ کاشت سوم، دوم و اول بود. پارکر و همکاران (Parker *et al.*, 2020) با استفاده از روش PLSR، تاثیر دما و تشعشع آفتاب بر خصوصیات فنولوژیکی ارقام جو را بررسی کردند و نشان دادند که از بین این دو عامل دما اثر بیشتری در تعیین زمان گرده‌افشانی ارقام داشت. بیشترین بارندگی در مرحله رشد رویشی به ترتیب مربوط به تاریخ‌های کاشت سوم و دوم بود. بیشترین بارندگی در مرحله پرشدن دانه مربوط به تاریخ کاشت اول و بیشترین مجموع بارندگی در همه مراحل رشدی مربوط به تاریخ کاشت دوم بود. بیشترین بارندگی در مرحله گرده‌افشانی مربوط به تاریخ کاشت پنجم (پنجم دی) بود. عملکرد دانه بالاتر در تاریخ کاشت دوم احتمالاً می‌تواند به دلیل اثر مجموع

(GFD) در ارقام گندم مورد بررسی در پنج تاریخ کاشت نیز در نمودار بای‌پلات آمده است (شکل ۱). این نمودار نشان داد که میانگین دمای کمینه و بیشینه در مرحله گرده‌افشانی (TMin-Anth و TMax-Anth) و پرشدن دانه (TMin-GFD و TMax-GFD) در تاریخ‌های کاشت چهارم و پنجم بالا تر بود. قرار گرفتن ارقام مهرگان و ستاره در این محدوده، نزدیک به میانگین دمای کمینه و بیشینه در مرحله گرده‌افشانی و نزدیک بودن به بردارهای تاریخ کاشت چهارم و پنجم نشان می‌دهد که احتمالاً این ارقام دمای بالاتری را در مرحله گرده‌افشانی نسبت به سایر ارقام تحمل می‌کنند (شکل ۱). رینولدز و همکاران (Reynolds *et al.*, 2004) در تشریح اثر متقابل ژنوتیپ و محیط با استفاده از تجزیه PLSR نشان دادند که اثر دمای بالا در مرحله پرشدن دانه برای تعدادی از ژنوتیپ‌های گندم نامناسب بود و برای تعدادی دیگر سبب کاهش عملکرد دانه شد (Reynolds *et al.*, 2004).

تاریخ‌های کاشت اول و دوم تحت تاثیر کمترین میانگین دمای کمینه و بیشینه در مرحله گرده‌افشانی و پرشدن دانه بودند. ارقام نسبتاً دیررس خلیل و برات در تاریخ کاشت دوم با کمترین میانگین دمای کمینه و بیشینه در زمان گرده‌افشانی و پرشدن دانه مواجه بودند و بیشترین عملکرد دانه در این تاریخ کاشت ثبت شد. تاریخ کاشت اول (پنجم آبان) بالاترین دمای کمینه و بیشینه را در طول دوره رشد

بارندگی در مراحل مختلف رشدی و دمای پایین تر در مراحل گرده افشانی و پرشدن دانه باشد. محمدی پور و همکاران (Mohammadi- Pour *et al.*, 2014) با استفاده از روش رگرسیون حداقل مربعات جزئی نشان دادند که در بین عوامل آب و هوایی مورد بررسی در مشهد، گرگان و شیراز دو متغیر بارندگی و ساعات آفتابی بیشترین نقش را در عملکرد گندم داشتند و اثر دیگر متغیرها ناچیز بود.

استفاده از نتایج این پژوهش همراه با مدلسازی داده‌های آب و هوایی بلندمدت می‌تواند برای پیش‌بینی عملکرد دانه نسبی گندم در تاریخ‌های مختلف کاشت و یا در واکنش به تغییرات آب و هوایی مورد استفاده قرار گیرد. تعیین اثر این عوامل در GEI می‌تواند در برنامه‌های به نژادی برای تولید ارقام جدید گندم نان برای انتخاب والدین دورگ گیری‌ها با هدف بهبود عملکرد دانه و پایداری آن در نتایج جدید و همچنین تعیین فشار انتخاب در سال‌ها/محیط‌های مختلف برای کاهش آسیب‌پذیری محصول نسبت به GE کمک نماید (Porker *et al.*, 2020). برای مثال، در این بررسی رقم مهرگان و ستاره به عنوان منابع بالقوه برای بهبود تحمل به گرما شناسایی شدند.

به طور کلی در پژوهش حاضر واکنش ارقام گندم نان مورد بررسی به تاریخ‌های کاشت مختلف با توجه به پتانسیل عملکرد دانه و خصوصیات زراعی آنها متفاوت بود. ارقام دیررس تر خلیل و برات در تاریخ کاشت‌های

زود هنگام عملکرد بالاتری نسبت به تاریخ کاشت‌های دیر هنگام داشتند. ارقام زودرس ستاره و مهرگان کاهش عملکرد دانه کمتری در تاریخ‌های کاشت دیر هنگام داشتند. تعداد روز و درجه-روز رشد مورد نیاز برای مراحل مختلف رشدی با تاخیر در کاشت کاهش یافت. ارقام زودرس تر کاهش درجه-روز رشد مورد نیاز برای مراحل رشد رویشی کمتری داشتند. تاخیر در کاشت سبب کاهش درجه-روز رشد مورد نیاز در ارقام مورد بررسی و کاهش تعداد روز برای رسیدن به مرحله گرده افشانی و رسیدگی فیزیولوژیکی شد.

در تاریخ کاشت زود هنگام، دوره رسیدگی طولانی‌تر به دلیل دریافت دیرتر درجه-روز-رشد مورد نیاز برای تکمیل مرحله رشد رویشی و ورود به مرحله رشد زایشی گیاه بود. از نقطه نظر تفاوت ارقام گندم در مراحل مختلف رشدی در این بررسی مشخص شد که ارقام زودرس در مراحل رشدی مختلف روز و درجه-روز رشد مورد نیاز کمتری نسبت به ارقام دیررس داشتند.

بررسی اثر همزمان عوامل محیطی بر خصوصیات گیاه با استفاده از روش PLSR نشان داد که میانگین دمای بیشینه و کمینه در مراحل گرده افشانی و پرشدن دانه در تاریخ کاشت‌های دیر هنگام بالاتر بود و ارقام زودرس احتمالاً دمای بالاتر را در مرحله گرده افشانی و پرشدن دانه بهتر تحمل کردند. بیشتر بودن عملکرد دانه در تاریخ کاشت دوم می‌تواند به دلیل بالاتر بودن مجموع بارندگی در مراحل مختلف رشدی و دمای

خنک‌تر در مراحل گرده افشانی و پرشدن دانه بوجود آورد.

باشد. در مجموع نتایج پژوهش حاضر نشان داد که دما مهمترین عامل در کنترل طول دوره‌های مختلف رشدی بود. نتایج نشان داد که با وجود اهمیت دما، با تغییر در تاریخ کاشت درجه-روز رشد مورد نیاز برای مراحل مختلف رشدی گندم یک مقدار ثابت نیست و می‌تواند در اثر سایر عوامل اقلیمی و محیطی تغییر کند.

سپاسگزاری

نگارندگان بدین وسیله از رئیس و معاون وقت بهبود تولیدات گیاهی سازمان جهاد کشاورزی فارس به خاطر پشتیبانی مالی برای اجرای این پژوهش و نیز از مساعدت‌های کارشناسان و کارکنان فنی مزرعه که در اجرای هرچه دقیق‌تر پژوهش ما را یاری کردند، سپاسگزاری می‌کنند.

به‌طور کلی نتایج پژوهش حاضر به همراه اطلاعات آب و هوایی بلندمدت می‌تواند بینش خوبی در مورد چگونگی واکنش ارقام گندم نان به شرایط محیطی متفاوت در تاریخ کاشت‌های مختلف برای استفاده در برنامه‌های به‌نژادی گندم نان و تولید ارقام جدید واجد مراحل فنولوژیکی مناسب با شرایط محیطی هدف

تعارض منافع

نگارندگان اعلام می‌کنند که هیچگونه تعارض منافی ندارند.

References

- Abdi, H. 2010.** Partial least squares regression and projection on latent structure regression (pls regression). *WIREs Computational Statistics*, pp.1–10. DOI: 10.1002/wics.051
- Aula, L., Omara, P., Eickhoff, E., Oyebiyi, F., Dhillon, J.S. and Raun, W.R. 2020.** Effect of winter wheat cultivar on grain yield trend under different nitrogen management. *Agrosystem, Geosciences and Environment*, 3(1), pp.1-7. DOI: 10.1002/agg2.20017
- Ceglar, A., Toreti, A., Lecerf, R., Van der Velde, M. and Dentener, F. 2016.** Impact of meteorological drivers on regional inter-annual crop yield variability in France. *Agricultural and Forest Meteorology*, 216, pp. 58-67. DOI: 10.1016/j.agrformet.2015.10.004
- Elahmadi, A.B. 1994.** Development of wheat germplasm tolerant to heat stress in Sudan. Pp. 48-84. In: Saunders, D.A., Hettel, G.P. (eds.) *Wheat in Heat-stressed Environments: Irrigated, Dry Areas and Rice–Wheat Farming Systems*. CIMMYT,

Mexico DF.


- Gabriel, K.R. 1971.** Biplot display of multivariate matrices with application to principal component analysis. *Biometrika* 58(3), pp. 435-467. DOI: 10.2307/2334381
- Ghanbari, A., Roshani. H. and Tavasso. A. 2012.** Effect of sowing date on some agronomic characteristics and seed yield of winter wheat cultivars. *Journal of Crop Ecophysiology*. 2(22), pp. 127-144. (in Persian).
- Haji, H.M. and Hunt, L.A. 1999.** Genotype-environment interactions and underlying environmental factors for winter wheat in Ontario. *Canadian Journal of Plant Science*, 79, pp. 497-505. DOI: 10.4141/P98-075
- Hammer, G., Cooper, M., Tardieu, F., Welch, S., Walsh, B., van Eeuwijk, F., Chapman, S. and Podlich, D. 2006.** Models for navigating biological complexity in breeding improved crop plants. *Trends Plant Science*, 11(12), pp. 587-593. DOI: 10.1016/j.tplants.2006.10.006
- Jalal Kamali, M.R., Sharifi, H.R., Khodarahmi, M., Jokar, R., Turkeman, H. and Qavidel, N. 2008.** Variation in developmental stages and its relationship with yield and yield components of bread wheat cultivars under field conditions I: Phenology. *Seed and Plant Journal*, 23(4), pp.445-472. (in Persian).
- Jalal Kamali, M.R. and Sharifi, H.R. 2010.** Variation in developmental stages and its relationship with yield and yield components of bread wheat cultivars under field conditions II: Yield and yield components. *Seed and Plant Production Journal*, 26(1), pp.1-23. (in Persian).
- Kalateh Arabi, M., Sheikh, F., Soqi, H. and Hivehchie, J. 2011.** Effects of sowing date on grain yield and its components of two bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in gorgan in Iran. *Seed and Plant Production*, 27(3), pp. 285-296. (in Persian). DOI: 10.22092/SPPJ.2017.110438
- Khajehpour, M.R. 2014.** Principles and foundatals of crop production. Jihad-e-Daneshgahi of Isfahan University of Technology. Isfahan, Iran. 658 pp. (in Persian).
- Liu, Y., Gao, M.S., Wu, W., Tanveer, S.K., Wen, X.X. and Liao, Y.C. 2013.** The effects of conservation tillage practices on the soil water-holding capacity of a non-irrigated apple orchard in the Loess Plateau, China. *Soil and Tillage Research*, 130, pp.7-12. DOI: 10.1016/j.still.2013.01.012
- Liu, J., He, Q., Zhou, G., Song, Y., Guan, Y. and Xiao, X. 2023.** Effects of sowing date variation on winter wheat yield: conclusions for suitable sowing dates for high and

- stable yield. *Agronomy*, 13, pp.991-1002. DOI: 10.3390/agronomy13040991
- Malihipour, A., Esmailzadeh Moghaddam, M., Najafian, G., Roustaei, M., Najafi Mirak, T., Amini, A., Khodarahmi, M. and Bakhtiar, F. 2020.** Iranian wheat cultivars (Released from 1931 to 2019). Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization. Karaj, Iran. 172 pp. (in Persian).
- Mkhabela, M., Ash, G., Grenier, M. and Bullock, P. 2016.** Testing the suitability of thermal time models for forecasting spring wheat phenological development in western Canada. *Canadian Journal of Plant Science*, 96, pp. 765-775. DOI: 10.1139/cjps-2015-0351
- Mohammadi, R., Sadeghzadeh, B., Ahmadi, M.M. and Amri, A. 2020.** Biological interpretation of genotype \times environment interaction in rainfed durum wheat. *Cereal Research Communications*, 48(4), pp.547-554. DOI: 10.1007/s42976-020-00056-7
- Mohammadi-Pour, M., Mousavi Baygi, M., Sarmad, M. and Ansari, H. 2015.** Investigating the effect of weather factors on the yield of rainfed and irrigated wheat in three important wheat production regions. Pp. 13398. In: Proceedings of International conference on sustainable development, strategies and challenges, with a focus on agriculture, natural resources, environment and tourism. 25 Feb. 2015, Tabriz, Iran (in Persian).
- Mousavi, F., Siahpoosh, M.R. and Sorkheh, K. 2021.** Influence of sowing date and terminal heat stress on phenological features and yield components of bread wheat genotypes. *Journal of Plant Production*, 44(2), pp.157-170. (in Persian). DOI: 10.22055/ppd.2019.28957.1744
- Nuttall, J.G., Barlow, K.M., Delahunty, A.J., Christy, B.P. and O’Leary, G.J. 2018.** Acute high temperature response in wheat. *Agronomy Journal*, 110(4), pp.1296-1308. DOI: 10.2134/agronj2017.07.0392
- Pacheco, A., Rodriguez, F., Alvarado, M., Lopez, M., Crossa, J. and Burgueno, J. 2015.** GEA-R (genotype \times environment analyses with R for Windows) version 4.1. CIMMYT Research Data and Software Repository Network, V16. <https://hdl.handle.net/11529/10203>
- Parmesan, C. and Hanley, M.E. 2015.** Plants and climate change: complexities and surprises. *Annals Botany*, 116, pp. 849-864. DOI: 10.1093/aob/mcv169
- Porker, K., Coventry, S., Fettell, N.A., Cozzolino, D. and Eglinton, J. 2020.** Using a

- novel PLS approach for envirotyping of barley phenology and adaptation. *Field Crops Research*, 246, pp.1-11. DOI: 10.1016/j.fcr.2019.107697
- Reynolds, M.P., Trethowan, R., Crossa, J., Vargas, M. and Sayre, K.D. 2004.** Erratum to “Physiological factors associated with genotype by environment interaction in wheat”. *Field Crops Research*, 8, pp.253-274. DOI: 10.1016/S0378-4290(03)00057-1
- Salazar-Gutierrez, M., Johnson, J., Chaves-Cordoba, B. and Hoogenboom, G. 2013.** Relationship of base temperature to development of winter wheat. *International Journal of Plant Production*, 7, pp.741-762. DOI: 10.22069/IJPP.2013.1267
- Sarikhani Khorami, Sh., Tahmasebi, S., Salehi, P., Yassaei, M., Zali, H., Amini, A.A., Ghaedsharaf, F., Minoo, M.J. and Ghahari, Gh.R. 2021.** Sowing date ranges for commercial varieties and elite bread wheat (*Triticum aestivum* L.) lines in three climates zones of Fars province. Final report. Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Seed and Plant Improvement Department. 102 pp. (in Persian).
- Sharifi, H.R. 2016.** Response of phenological development stages, grain yield and yield components of bread wheat cultivars with different growth habits to delayed planting. *Seed and Plant Production Journal*, 32, pp.21-44. (in Persian). DOI: 10.22092/SPPJ.2017.110577
- Shirinzadeh, A., Heidari, Sharif Abad, H., Nourmohammadi, G., Majidi Haravan, E. and Madani, H. 2017.** Effect of planting date on growth periods, yield, and yield components of some bread wheat cultivars in Parsabad Moghan. *International Journal of Farming and Allied Sciences*, 6(4), pp.109-119. Available online at www.ijfas.com.
- Soughi, H., Khodarahmi, M. Bagherikia S. and Nazari, M. 2020.** Response of grain yield of new bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars to sowing date based on agro-climatic indices under Gorgan environmental conditions. *Seed and Plant Journal*, 36(1), pp.1-31. (in Persian). DOI: 10.22092/sppi.2020.122874
- Zhou, B., Sun, X., Ge, J., Li, C., Ding, Z., Ma, Sh., Ma, W. and Zhao, M. 2020.** Wheat growth and grain yield responses to sowing date-associated variations in weather conditions. *Agronomy Journal*, 112(2), pp.985-997. DOI: 10.1002/agj2.20122

RESEARCH ARTICLE

The Relationship of Environmental Factors with Phenological Characteristics and Grain Yield of Some Commercial Bread Wheat Cultivars in Different Sowing Dates

Sh. Sarikhani Khorami^{1*}  and S. Tahmasebi²

1. Assistant Professor, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Shiraz, Iran.

2. Associate professor, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Shiraz, Iran.

ABSTRACT

Sarikhani Khorami¹, Sh. and Tahmasebi, S. 2023. The relationship of environmental factors with some phenological characteristics and grain yield of commercial bread wheat cultivars in different sowing dates. *Seed and Plant*, 39, pp.355-379 (in Persian).

This study aimed to investigate the effect of sowing date and environmental factors during different growth stages on some phenological characteristics and grain yield of commercial bread wheat cultivars. The experiment was carried out as split-plot arrangements in randomized complete block design with three replications at the Darab research field station in 2018-19 and 2019-20 cropping cycles. Five sowing dates: October 27, 11, and November 26, December 11, and 26, were assigned to the main plots. Five commercial wheat cultivars: Mehregan, Barat, Khalil, Sarang, and Setareh, were randomized in the subplots. Results showed that the late maturity cultivars, Khalil and Brat, had higher grain yield in earlier sowing dates. Early maturity cultivars, Setareh and Mehregan, had less yield reduction in later sowing dates. The highest and lowest mean grain yield obtained from November 11 (6934 Kg ha^{-1}) and December 26 (5775 kg ha^{-1}), respectively. Number of days and required growing degree-days (GDD) decreased with delaying sowing date. The decrease of required GDD to reach commencement of stem elongation, anthesis and maturity stages from the first to fifth sowing date was 181, 282 and 528 GDD, respectively. Simultaneous effect of weather variables and sowing date on some characteristics revealed that the first two components explained approximately 41% of total variation. Results showed that temperature was the most important factor controlling the phenological stages duration. Despite the importance of temperature, changes in sowing date can alter the required GDD for phenological stages due to other environmental factors. In general, the results of this study can provide an insight into bread wheat cultivars responses to different climatic conditions and development of new bread wheat cultivars adapted to target environments.

Keywords: Bread wheat, growing degree-days, stem elongation, anthesis, physiological maturity.

Introduction

Global warming due to climate change is significant challenge for the sustainability of wheat production due to the complex interactions between genotype and climate factors (Nuttall *et al.*, 2018). Under conditions of climate change, it is important to evaluate the response of plant phenological stages to climate change. Therefore, accurate understanding of genotype \times environment interactions (GEI) and selecting superior genotypes adapted to environments and climate fluctuations requires thorough knowledge of genetic adaptation principles and their physiological and environmental bases (Ashworth *et al.*, 2023). In this context, it is crucial to investigate the effect of environmental factors such as meteorological data on wheat phenological stages and grain yield as well as their interaction effects during vegetative and reproductive growth. Partial least squares regression (PLSR) analysis of environmental parameters can elucidate changes in crop yield resulting from genotypic responses in different environments and identify the most sensitive growth stages to environmental and climatic variables (Porker *et al.*, 2020). The main objective of this study was to investigate the impact of agroclimatic indices and meteorological factors on different phenological stages and grain yields of commercial bread wheat cultivars in different dates for bread wheat breeding programs for development of new cultivars with wide adaptability to changing climate in target environments.

Materials and methods

Five commercial bread wheat cultivars, Mehregan, Barat, Khalil, Sarang, and Setareh, as sub-plots were planted in five sowing dates, October 27, November 11, November 26, December 11, and December 26 as main plots using split-plot arrangement in randomized complete block design with three replications at the Darab resrach field station in 2018-2019 and 2019-2020 cropping cycles. For each sowing date, the number of days and required growing degree-days (GDD) from emergence to commencement of stem elongation (CSE), anthesis (Anth) and physiological maturity (PMA), and grain filling duration (GFD) from anthesis stage were calculated for all bread wheat cultivars. Analysis of variance was performed using SAS ver. 9.1 software, and Tukey's test was used for mean comparisons. To investigate the simultaneous effect of meteorological covariables and sowing date on bread wheat cultivars, the partial least squares regression (PLSR) method was used in GEA-R v4.1 software (Pacheco *et al.*, 2015). The Y matrix consists of grain yield variables measured on five cultivars in five sowing dates, and the X matrix contains meteorological covariables including mean minimum temperature, mean maximum temperature, number of sunny hours per day and total rainfall, which were calculated for the four phenological stages in each sowing date. Finally, the PLSR results were displayed graphically using biplot with the coordinates of environments, genotypes,

and meteorological covariables simultaneously based on the first two components.

Results and Discussion

Combine analysis of variance showed that the difference in the number of days to CSE stage among the studied bread wheat cultivars in the five different sowing dates was not significant. However, the required GDD for this stage decreased by 181 degree-days from the first sowing date (October 27) to the fifth sowing date (December 26). The longest number of days to Anth and PMA for the cultivars corresponded to the first sowing date. Additionally, the highest and lowest required GDD for the Anth and PMA stages belonged to the first and last sowing dates, respectively. Cv. Khalil had the most and Setareh had the least number of days and total required GDD to reach different phenological stages. Generally, the temperature requirement of early breadwheat cultivars was lower than late cultivars (Jalal Kamali and Sharifi, 2010). Delaying the sowing date exposed the cultivars to higher mean daily temperatures and reduces the length of the phenological periods, thereby decreasing the number of days needed for anthesis and physiological maturity (Ashena *et al.*, 2015). The number of days and required GDD for GFD both decreased from the first sowing date to the last. While the number of days required for the GFD stage did not differ significantly among bread wheat cultivars, the required GDD for this stage was lower in early-maturing bread wheat cultivars.

The highest average grain yield of 6935 kg ha⁻¹ obtained from the second sowing date (November 11), while the lowest grain yield of 5775 kg ha⁻¹ belonged to the last sowing date (December 26). The highest and lowest averages grain yield belonged to cv. Khalil (6639 kg ha⁻¹) and Setareh (5557 kg ha⁻¹), respectively. Relatively late cv. Khalil and cv. Barat performed well in early sowing dates. While, the early cv. Setareh and cv. Mehregan showed less variation in grain yield in latest sowing date when compared with the earliest.

Study of the simultaneous effects of meteorological covariates and sowing date on grain yield using PLSR showed that mean minimum and maximum temperatures during Anth and GFD stages had a substantial impact on grain yield for delayed sowing dates. Early cv. Setareh and cv. Mehregan were more tolerant to higher temperatures during Anth and GFD stages. The higher grain yield in the second sowing date could be due to greater total rainfall as well as lower temperatures during Anth and GFD. Overall, temperature strongly controlled the duration of different phenological stages. Despite the importance of temperature, changes in sowing date also altered the required GDD for the duration of phenological stages of bread wheat due to other climatic and environmental factors. In conclusion, the results of this study can provide an insight into bread wheat

cultivars responses to different climatic conditions and development of new bread wheat cultivars adapted to target environments.

Reference

- Ashena, M., Kafi, M., Jafarnejad, A. and Sharifi, H.R. 2015.** Evaluation of planting date and nitrogen effects on the development stages of wheat cultivars and their relationship with yield and yield components in Nishabur. *Crop Production*, 8(4), pp.143-162. (in Persian). DOI: 20.1001.1.2008739.1394.8.4.8.4
- Ashworth, A.J., Allen, F.L. and Saxton, A.M. 2023.** Using partial least squares and regression to interpret temperature and precipitation effects on maize and soybean genetic variance expression. *Agronomy*, 13(11), pp. 2752. DOI:10.3390/agronomy13112752
- Jalal Kamali, M.R. and Sharifi, H.R. 2010.** Variation in developmental stages and its relationship with yield and yield components of bread wheat cultivars under field conditions II: Yield and yield components. *Seed and Plant Production Journal*, 26(1), pp.1-23. (in Persian).
- Nuttall, J.G., Barlow, K.M., Delahunty, A.J., Christy, B.P. and O’Leary, G.J. 2018.** Acute high temperature response in wheat. *Agronomy Journal*, 110(4), pp.1296-1308. DOI: 10.2134/agronj2017.07.0392

Corresponding author: sh.sarikhani@areeo.ac.ir

Tel.: +9807132622470

Received: 31 July 2023

Accepted: 18 September 2023



2023© Seed and Plant. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.