

DOR: 20.1001.1.23223243.2021.19.1.29.0

اثر تاریخ کاشت و شاخص‌های زراعی- اقلیمی بر عملکرد دانه ارقام جدید گندم نان
(*Triticum aestivum* L.) در منطقه گرگان

Effect of sowing date and agro-climatic indices on grain yield of new bread wheat
(*Triticum aestivum* L.) cultivars in Gorgan region, Iran

سعید باقری کیا^۱، حبیب‌اله سوقی^۲، فرامرز سیدی^۳، منوچهر خدارحمی^۴، فریبا نقی پور^۵ و
مهدی نظری^۶

چکیده

باقری کیا، س.، ح. سوقی، ف. سیدی، م. خدارحمی، ف. نقی پور و م. نظری. ۱۴۰۲. اثر تاریخ کاشت و شاخص‌های زراعی- اقلیمی بر عملکرد دانه ارقام جدید گندم نان (*Triticum aestivum* L.) در منطقه گرگان. نشریه علوم زراعی ایران. ۲۵ (۱): ۴۰-۲۰.

به منظور تعیین تاریخ کاشت بهینه ارقام جدید گندم نان و بررسی ارتباط عملکرد دانه با شاخص‌های زراعی- اقلیمی، آزمایشی در دو سال زراعی (۱۴۰۰-۱۴۰۱ و ۱۳۹۹-۱۴۰۰) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. هفت تاریخ کاشت (از ۱۰ آبان تا ۱۰ دی؛ با فواصل ۱۰ روز) در کرت‌های اصلی و چهار ژنوتیپ گندم نان بهاره (ارقام آراز، آرمان، تکتاز و لاین N-93-9) در کرت‌های فرعی قرار داده شدند. نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که بین تاریخ‌های کاشت از نظر عملکرد دانه، عملکرد زیستی و تعداد سنبله در متر مربع اختلاف معنی‌داری وجود داشت، ولی تفاوت بین ژنوتیپ‌های گندم از نظر این صفات معنی‌دار نبود. بیشترین عملکرد دانه در تاریخ‌های کاشت دوم (۲۰ آبان؛ ۶۲۳۵ کیلوگرم در هکتار) و سوم (۳۰ آبان؛ ۶۱۰۵ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد که تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند، ولی به طور معنی‌داری بیشتر از تاریخ‌های کاشت بعدی بودند. در سه تاریخ کاشت پایانی (۲۰ آذر، ۳۰ آذر و ۱۰ دی) عملکرد دانه رقم تکتاز بیشتر از سایر ژنوتیپ‌ها بود. سه تاریخ کاشت اول (۱۰، ۲۰ و ۳۰ آبان) از نظر طول دوره پر شدن دانه (به ترتیب ۴۲/۵، ۴۲ و ۴۰/۳ روز)، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند، در حالیکه در سه تاریخ کاشت پایانی، طول دوره پر شدن دانه (به ترتیب ۳۵/۶، ۳۴/۱ و ۳۳ روز) بطور معنی‌داری کمتر بود. تاریخ‌های کاشت ۲۰ آبان و ۳۰ آبان بیشترین مقدار تجمعی روز-درجه رشد (GDD) را در دوره پر شدن دانه داشتند (به ترتیب ۷۸۲ و ۷۷۳ روز-درجه رشد). نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین عملکرد دانه و حداکثر کارایی مصرف انرژی در شرایط اقلیمی محل اجرای آزمایش در تاریخ‌های کاشت ۲۰ آبان تا ۳۰ آبان بدست خواهد آمد.

واژه‌های کلیدی: اقلیم گرم و مرطوب، دوره پر شدن دانه، روز-درجه رشد، فنولوژی، کارایی مصرف انرژی و گندم نان

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۳۰ این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی شماره ۱۱۱-۹۹۱۰۷۲-۱۱۱-۵۷-۲۴ مصوب مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر می‌باشد

۱- استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: s.bagherkia@areeo.ac.ir)

۲- دانشیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

۳- مربی بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

۴- دانشیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۵- استادیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۶- کارشناس بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

مقدمه

گندم نان (*Triticum aestivum* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی جهان است که با بیش از ۲۱۹ میلیون هکتار، بیشترین سطح برداشت را در سراسر جهان داشته و میزان تولید دانه آن بیش از ۷۶۰ میلیون تن در سال است (FAO, 2022). گندم مهم‌ترین گیاه زراعی ایران است و نقش تعیین‌کننده‌ای در تامین امنیت غذایی کشور دارد. مصرف سرانه گندم در ایران ۱۶۵ کیلوگرم و مصرف سرانه جهانی آن حدود ۶۸ کیلوگرم در سال است (Anonymous, 2023). بر اساس آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ سطح برداشت و تولید گندم کشور به ترتیب ۶/۲۷ میلیون هکتار و ۱۱/۱۳ میلیون تن بوده است. در همین سال سطح برداشت گندم در استان گلستان بیش از ۳۴۶ هزار هکتار و میزان تولید آن ۸۵۶ هزار تن بوده است و از این نظر استان گلستان پس از استان‌های خوزستان و فارس در رتبه سوم تولید گندم در کشور قرار دارد (Anonymous, 2022).

تعیین تاریخ مناسب کاشت، با هدف استفاده از شرایط مناسب محیطی، باعث کاهش عوارض منفی تنش گرما و خشکی انتهای فصل می‌شود (Andarzian et al., 2015). گندمی در گندم تنها تابع یک عامل محیطی نبوده و بسته به تیپ رشد، یک یا چند سازوکار نقش اساسی در کنترل زمان گلدهی دارند. بر همین اساس ارقام گندم به سه گروه زمستانه، بهاره و بینابین تقسیم شده‌اند. گندم‌های بهاره گندم‌هایی هستند که نیاز به بهاره‌سازی در آن‌ها کم است و یا به کلی نیاز به بهاره‌سازی ندارند. این گروه از گندم‌ها در مناطقی با زمستان ملایم کشت می‌شوند (Acevedo et al., 2002). با توجه به اینکه نمو یک فرآیند پیوسته است، برای درک بهتر نمو، طول دوره رشد به چند مرحله فنولوژیک تقسیم شده است. در واقع فنولوژی شامل تغییرات پیاپی از سبز شدن گیاهچه تا رسیدگی گیاه بوده و تغییرات آن تابع شرایط محیطی و اقلیمی منطقه است (Salazar-Gutierrez et al., 2013). طول دوره رشد گیاه و مراحل فنولوژیک عامل تعیین‌کننده‌ای در عملکرد دانه گندم محسوب می‌شوند (Soughi et al., 2020). انتظار می‌رود هرگونه تغییر در طول هر یک از مراحل فنولوژیک باعث تغییر یک یا چند جزء از اجزای عملکرد گیاه شود، بنابراین امکان تغییر این مراحل، راهکاری برای افزایش عملکرد اقتصادی محسوب می‌شود (Jalal Kamali and Sharifi, 2010).

شاخص‌های زراعی-اقلیمی از جمله مجموع طول روز (Day Length; DL)، مجموع روز-درجه

تغییر اقلیم ایجاد شده در بسیاری از مناطق جهان یکی از مهم‌ترین چالش‌های تحقیقاتی پژوهشگران حوزه علوم گیاهی است. افزایش گازهای گلخانه‌ای و اثرات دی‌اکسید کربن با افزایش دما و تغییر در الگوی بارندگی، عامل کاهش عملکرد بسیاری از گیاهان زراعی از جمله گندم بوده است (Asseng et al., 2015). در بسیاری از مناطق خشک و نیمه خشک جهان، وقوع تنش‌های گرما و خشکی انتهای فصل علت اصلی کاهش عملکرد در گندم نان بوده است (Farooq et al., 2011). مرحله گلدهی و دوره پر شدن دانه، حساس‌ترین مراحل رشد گیاه گندم به تنش‌های محیطی انتهای فصل است، زیرا وقوع تنش در این مراحل باعث عدم باروری مناسب و کوتاه شدن دوره پر شدن دانه خواهد شد. توانایی گیاه در تطابق مراحل حساس نموی با شرایط طبیعی (غیر تنش) می‌تواند عامل فرار گیاه از تنش‌های محیطی باشد

معیارهای مرتبط، دقیق‌تر از تقویم زمانی تعیین می‌شوند. شاخص روز- درجه رشد بر اساس ارتباط مستقیم بین دما و طول دوره رشد گیاه پیشنهاد و توسعه داده شده‌اند (Ahmad, 2017). گزارشات انجام شده در گندم نان بیشتر بر اساس اثر دما بر طول مراحل فنولوژیک از طریق روز- درجه رشد تجمعی بوده است (Kalateh-Arabi *et al.*, 2012; Salazar-Gutierrez *et al.*, 2013; Aslam *et al.*, 2017; Sasani *et al.*, 2019).

هدف از این تحقیق تعیین تاریخ کاشت مناسب ژنوتیپ‌های جدید گندم نان مربوط به اقلیم گرم و مرطوب شمال ایران با استفاده از شاخص‌های زراعی- اقلیمی در منطقه گرگان بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال‌های زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ و ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان (عراقی محله) اجرا شد. این ایستگاه در پنج کیلومتری شمال گرگان با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی واقع شده است. اطلاعات هواشناسی محل اجرای آزمایش طی دو سال آزمایش به تفکیک ماه در جدول ۱ ارائه شده است. ژنوتیپ‌های گندم مورد ارزیابی جدیدترین ارقام گندم معرفی شده اقلیم گرم و مرطوب شمال کشور شامل ارقام آراز، آرمان، تکتاز و لاین امیدبخش N-93-9 بودند (جدول ۲).

آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. هفت تاریخ کاشت ۱۰ آبان، ۲۰ آبان، ۳۰ آبان، ۱۰ آذر، ۲۰ آذر، ۳۰ آذر و ۱۰ دی در کرت‌های اصلی و چهار ژنوتیپ گندم نان در کرت‌های فرعی قرار داده شدند. هر کرت به عرض ۱/۲ متر و طول ۶/۶ متر با استفاده از ماشین بذرکار آزمایشات کشت شد. میزان بذر در کلیه کرت‌ها بر اساس تراکم ۳۵۰ بذر در مترمربع بر مبنای وزن هزار دانه ژنوتیپ‌های گندم

رشد (Growth Degree-Day; GDD)، مجموع واحدهای دمایی- آفتابی (Helio-thermal Unit; HTU)، مجموع واحدهای دمایی- نوری (Photo-thermal Unit; PTU)، مجموع واحدهای دمایی- رطوبتی (Hydro-thermal Unit; HYTU)، کارایی مصرف دمایی- آفتابی (Helio-thermal Use Efficiency; HTUE)، کارایی مصرف دما (Heat Use Efficiency; HUE)، کارایی مصرف دمایی- رطوبتی (Hydro-thermal Use Efficiency; HYTUE)، کارایی مصرف دمایی- نوری (Photo-thermal Use Efficiency; PTUE) جهت بررسی فنولوژی گیاهان زراعی و همبستگی آن با عملکرد مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Singh and Singh, 2014; Ahmad, 2017; Soughi *et al.*, 2020). مناطقی که با پدیده تغییر اقلیم مواجه هستند، شاخص‌های اقلیمی کشاورزی نیز تغییر می‌کنند، از همین رو با پایش این شاخص‌های اقلیمی و تاثیر آن بر مراحل فنولوژیک، امکان بررسی واکنش گیاهان به تغییرات اقلیمی وجود دارد (Parmesan and Hanley, 2015). شاخص‌های کارایی مصرف انرژی (HTUE، HUE، HYTUE و PTUE) ارقام علاوه بر عوامل ژنتیکی تحت تاثیر تاریخ کاشت هم قرار می‌گیرند، زیرا تاریخ کاشت از طریق تغییر در فنولوژی گیاه و فراهم کردن شرایط بهینه باعث افزایش کارایی مصرف انرژی می‌شود (Singh *et al.*, 2016). سوقی و همکاران (Soughi *et al.*, 2020) با ارزیابی چهار رقم گندم بهاره در شرایط اقلیمی گرگان گزارش کردند که تاریخ کاشت مطلوب، شرایط بهینه‌ای از نظر دما، طول روز، رطوبت نسبی و کارایی مصرف انرژی در طول دوره پر شدن دانه برای ارقام گندم ایجاد کردند و در این تاریخ کاشت بیشترین مقادیر از نظر شاخص‌های زراعی- اقلیمی شامل روز- درجه رشد، طول روز، واحدهای دمایی- نوری، واحدهای دمایی- رطوبتی و کارایی مصرف انرژی فراهم شد. مراحل فنولوژیک گیاه با استفاده از شاخص روز- درجه رشد و سایر

جدول ۱- اطلاعات هواشناسی ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان (۱۳۹۹-۱۴۰۱)

Table 1. Meteorological information of Gorgan agricultural research station (2020-2022)

| Month | ماه | مجموع طول روز | | بارش | | مجموع ساعات آفتابی | | رطوبت نسبی | | میانگین دما | | حداکثر دما | | |
|-----------------|----------|-----------------------|-------|--------------------|-------|------------------------|-------|------------|-------|-----------------|-------|--------------------|-------|-------|
| | | Total day length (hr) | | Precipitation (mm) | | Total sunny hours (hr) | | RH (%) | | Mean temp. (°C) | | Maximum temp. (°C) | | |
| | | ۹۹-۰۰ | ۰۰-۰۱ | ۹۹-۰۰ | ۰۰-۰۱ | ۹۹-۰۰ | ۰۰-۰۱ | ۹۹-۰۰ | ۰۰-۰۱ | ۹۹-۰۰ | ۰۰-۰۱ | ۹۹-۰۰ | ۰۰-۰۱ | |
| | | 20-21;21-22 | 20-21 | 21-22 | 20-21 | 21-22 | 20-21 | 21-22 | 20-21 | 21-22 | 20-21 | 21-22 | 20-21 | 21-22 |
| Oct. 23-Nov. 21 | آبان | 314.4 | 24.4 | 41.7 | 174.5 | 176.8 | 71 | 71 | 15.9 | 12.5 | 22.4 | 18.2 | | |
| Nov. 22-Dec. 21 | آذر | 293.0 | 37.2 | 18.6 | 92.5 | 173.7 | 81 | 72 | 8.1 | 12.0 | 12.7 | 18.9 | | |
| Dec. 22-Jan. 20 | دی | 293.3 | 21.9 | 61.0 | 154.5 | 161.3 | 74 | 72 | 7.2 | 8.8 | 13.6 | 15.2 | | |
| Jan. 21-Feb. 19 | بهمن | 315.2 | 25.0 | 101.2 | 165.0 | 193.3 | 87 | 73 | 9.4 | 8.1 | 16.2 | 14.6 | | |
| Feb. 20-Mar. 20 | اسفند | 335.8 | 72.3 | 59.2 | 149.5 | 117.0 | 72 | 80 | 8.4 | 11.8 | 14.6 | 16.9 | | |
| Mar. 21-Apr. 20 | فروردین | 395.3 | 16.8 | 24.0 | 187.5 | 154.9 | 71 | 76 | 16.3 | 14.4 | 23.6 | 20.9 | | |
| Apr. 21-May 21 | اردیبهشت | 429.3 | 13.8 | 42.6 | 209.2 | 139.9 | 70 | 76 | 21.3 | 18.9 | 28.1 | 24.1 | | |
| May 22-Jun. 21 | خرداد | 451.2 | 9.4 | 1.2 | 247.4 | 323.3 | 66 | 61 | 27.1 | 25.7 | 34.3 | 33.8 | | |

جدول ۲- شجره ژنوتیپ‌های گندم مورد ارزیابی

Table 2. Pedigree of wheat genotypes used in the experiment

| Wheat genotypes | ژنوتیپ‌های گندم | Year of release | سال معرفی | Pedigree | شجره |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------|--|------|
| Araz | آراز | 2021 | ۱۳۹۹ | VOROB | |
| Arman | آرمان | 2021 | ۱۳۹۹ | PBW343/TONI//TROST/3/SOVA | |
| Taktaz | تکناز | 2021 | ۱۴۰۰ | SAUAL/3/MILAN/S87230//BAV92 | |
| N-93-9 | N-93-9 | - | - | CHAPIO/3/BORL95/2*EXCALIBUR//EXCALIBUR | |

متفاوت بود، به طوری در سال اول آزمایش سه بار آبیاری در بهمن، فروردین و اردیبهشت انجام شد و در سال دوم آزمایش فقط یک بار آبیاری در فروردین انجام شد.

زمان وقوع مراحل مهم فنولوژیک بوته‌ها شامل تعداد روز تا ظهور سنبله (کد ۵۵ زادوکس)، گلدهی (کد ۶۵ زادوکس) و رسیدگی فیزیولوژیک (کد ۹۰ زادوکس) برای کلیه تیمارها ثبت شدند. برداشت محصول در پایان هر سال زراعی با استفاده از کمباین مخصوص آزمایشات انجام شد. مساحت برداشت هر کرت ۷/۲ مترمربع (۱/۲ متر عرض و ۶ متر طول) بود. پس از برداشت، عملکرد دانه، عملکرد زیستی و اجزای عملکرد شامل تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه در کلیه کرت‌های آزمایشی اندازه‌گیری شدند.

محاسبه شد. میزان کودهای شیمیایی مصرفی بر اساس نتایج تجزیه خاک مزرعه (جدول ۳) تعیین شد. کود سولفات پتاسیم ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، کود سوپر فسفات تریپل ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار، کود اوره ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار (به صورت یکبار پایه و سه بار سرک) و سولفات روی ۳۰ کیلوگرم در هکتار به خاک اضافه شدند. کنترل شیمیایی علف‌های هرز باریک برگ و پهن برگ با استفاده از علف کش تیفیس به میزان ۳۵ گرم در هکتار در مرحله پنجه‌دهی بوته‌ها با استفاده از سمپاش پستی موتوری انجام شد. سایر عملیات فنی زراعی برای کلیه تیمارها به بطور یکسان در طول دوره رشد بوته‌ها انجام شد. پس از کاشت بذر در موارد لازم جهت سبز شدن گیاهچه‌ها آبیاری انجام می‌شد. آبیاری با توجه به تفاوت در میزان نزولات آسمانی در دو سال آزمایش

جدول ۳- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 4. Physical and chemical properties of soil at the experiment site

| Properties | ویژگی | مقدار Value |
|---|-----------------|-----------------------------|
| Depth (cm) | عمق | 0-30 |
| Ec (dS.m ⁻¹) | هدایت الکتریکی | 1.7 |
| Saturation percentage | درصد اشباع | 43.6 |
| Organic matter (%) | ماده آلی | 1.6 |
| pH | اسیدیته | 7.5 |
| T.N.V (%) | آهک | 26 |
| Total N (%) | نیترژن کل | 0.16 |
| Available Potassium (mg.kg ⁻¹) | پتاسیم قابل جذب | 482 |
| Available Phosphorus (mg.kg ⁻¹) | فسفر قابل جذب | 9.6 |
| Clay (%) | رس | 30 |
| Silt (%) | لای | 56 |
| Sand (%) | ماسه | 14 |
| Soil texture | بافت خاک | Silty Clay Loam لوم رسی شنی |

کارایی مصرف دمایی- آفتابی (Unit; HYTU)، کارایی مصرف دمایی- آفتابی (Helio-thermal Use Efficiency; HTUE)، کارایی مصرف دما (Heat Use Efficiency; HUE)، کارایی مصرف دمایی- رطوبتی (Hydro-thermal Use Efficiency; HYTUE) و کارایی مصرف دمایی- نوری (Photo-thermal Use Efficiency; PTUE) با استفاده از

شاخص‌های اقلیمی- زراعی تجمعی شامل مجموع طول روز (Day Length; DL)، مجموع روز- درجه رشد (Growth Degree-Day; GDD)، مجموع واحدهای دمایی- آفتابی (Helio-thermal Unit; HTU)، مجموع واحدهای دمایی- نوری (Photo-thermal Unit; PTU)، مجموع واحدهای دمایی- رطوبتی (Hydro-thermal

شاخص‌های مجموع واحدهای دمایی - نوری (PTU) و مجموع واحدهای دمایی - آفتابی (HTU) استفاده شد که PTU حاصلضرب GDD در طول روز و HTU حاصلضرب GDD در ساعات آفتابی واقعی است (Ahmad, 2017). منظور از ساعات آفتابی واقعی، طول ساعاتی در روز است که آفتاب مستقیماً در حال تابش بوده و هوا ابری و بارانی نباشد.

$$\text{PTU (degree-days hours)} = \sum (\text{ساعات طول روز} \times \text{روز} - \text{درجه رشد}) \quad (\text{رابطه ۲})$$

$$\text{HTU (degree-days hours)} = \sum (\text{ساعات آفتابی واقعی} \times \text{روز} - \text{درجه رشد}) \quad (\text{رابطه ۳})$$

GDD در میانگین رطوبت نسبی است (Ahmad, 2017). مجموع واحدهای دمایی - رطوبتی (HYTU)، حاصلضرب

$$\text{HYTU (degree-days percent)} = \sum (\text{میانگین رطوبت نسبی (درصد)} \times \text{روز} - \text{درجه رشد}) \quad (\text{رابطه ۴})$$

دمایی - نوری (PTUE)، کارایی مصرف دمایی - آفتابی (HTUE) و کارایی مصرف دمایی - رطوبتی (HYTUE) محاسبه شدند (Ahmad, 2017).

از تقسیم عملکرد دانه بر مجموع واحدهای فوق، شاخص‌های مربوط به کارایی مصرف انرژی شامل کارایی مصرف دما (HUE)، کارایی مصرف

$$\text{HUE (kg.ha}^{-1} \text{ degree-days}^{-1}) = \text{مجموع واحدهای روز} - \text{درجه رشد} / \text{عملکرد دانه} \quad (\text{رابطه ۵})$$

$$\text{PTUE (kg.ha}^{-1} \text{ degree-days}^{-1}) = \text{مجموع واحدهای دمایی - نوری} / \text{عملکرد دانه} \quad (\text{رابطه ۶})$$

$$\text{HTUE (kg.ha}^{-1} \text{ degree-days}^{-1}) = \text{مجموع واحدهای دمایی - آفتابی} / \text{عملکرد دانه} \quad (\text{رابطه ۷})$$

$$\text{HYTUE (kg.ha}^{-1} \text{ degree-days}^{-1}) = \text{مجموع واحدهای دمایی - رطوبتی} / \text{عملکرد دانه} \quad (\text{رابطه ۸})$$

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر تاریخ کاشت و برهمکنش سال در ژنوتیپ بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در تاریخ‌های کاشت دوم (۲۰ آبان با ۶۲۳۵ کیلوگرم در هکتار) و سوم (۳۰ آبان با ۶۱۰۵ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد که تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند، ولی به طور معنی‌داری بیشتر از تاریخ‌های کاشت چهارم تا هفتم بودند (جدول ۴). نتایج یک

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها پس از آزمون همگنی واریانس‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS 9.4 (Cary, NC. SAS Institute Inc.) انجام شد. در تجزیه واریانس مرکب داده‌ها سال به عنوان عامل تصادفی و تاریخ کاشت و ژنوتیپ به عنوان عوامل ثابت در نظر گرفته شدند و بر اساس امید ریاضی منابع، تجزیه واریانس مرکب انجام شد. میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند. تجزیه همبستگی پیرسون نیز با استفاده از نرم افزار R-4.2.2 پس از نصب بسته آماری corrplot انجام شد.

ارقام تکتاز (۵۵۳۵ کیلوگرم در هکتار)، آرمان (۵۵۲۱ کیلوگرم در هکتار)، آراز (۵۴۷۴ کیلوگرم در هکتار) و لاین N-93-9 (۵۲۸۹ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب بیشترین عملکرد را داشتند (داده‌ها نمایش داده نشده‌اند). بر اساس عملکرد دانه ارقام گندم در تاریخ‌های کاشت تاخیری (سه تاریخ کاشت انتهایی)، میانگین عملکرد دانه ارقام تکتاز و آرمان به طور معنی‌داری بیشتر از سایر ژنوتیپ‌ها بود (شکل ۲).

آزمایش در شرایط اقلیمی استان گلستان روی چهار رقم گندم بهاره نشان داد که حداکثر عملکرد دانه مربوط به تاریخ‌های کاشت ۲۵ آبان و ۱۰ آذر بوده است (Soughi et al., 2021).

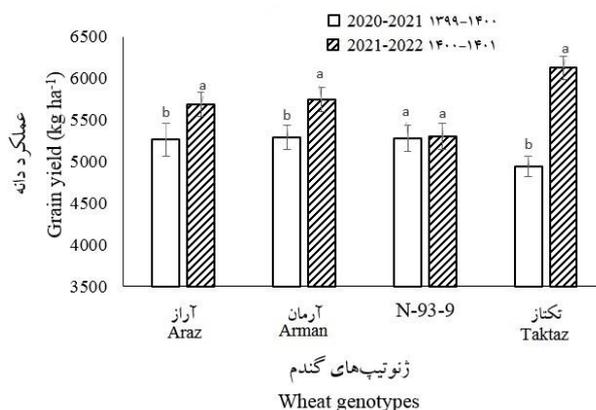
نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که عملکرد دانه ارقام آراز، آرمان و تکتاز در سال دوم بیشتر از سال اول بوده است، در حالی که عملکرد لاین N-93-9 در دو سال تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۱). اختلاف عملکرد دانه ارقام گندم معنی‌دار نبود، با این حال

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد دانه، عملکرد زیستی و تعداد سنبله در مترمربع ژنوتیپ‌های گندم در تیمارهای تاریخ کاشت

Table 4. Mean comparison of grain yield, biological yield and number of spike.m² of wheat genotypes in sowing

| Sowing date | | تاریخ کاشت | عملکرد دانه Grain yield (kg.ha ⁻¹) | عملکرد زیستی Biological yield (kg.ha ⁻¹) | تعداد سنبله در مترمربع No. of Spike.m ² |
|-------------|---------|------------|---|---|---|
| Nov. 1 | آبان ۱۰ | 5907b | 16931a | 319.5ab | |
| Nov. 11 | آبان ۲۰ | 6235a | 16521a | 343.9a | |
| Nov. 21 | آبان ۳۰ | 6105ab | 15983a | 346.9a | |
| Dec. 1 | آذر ۱۰ | 5644c | 14741b | 323.4ab | |
| Dec. 11 | آذر ۲۰ | 5085d | 13979b | 289.9bc | |
| Dec. 21 | آذر ۳۰ | 4776de | 13068bc | 273.7bc | |
| Dec. 31 | دی ۱۰ | 4433e | 11828d | 244.1c | |

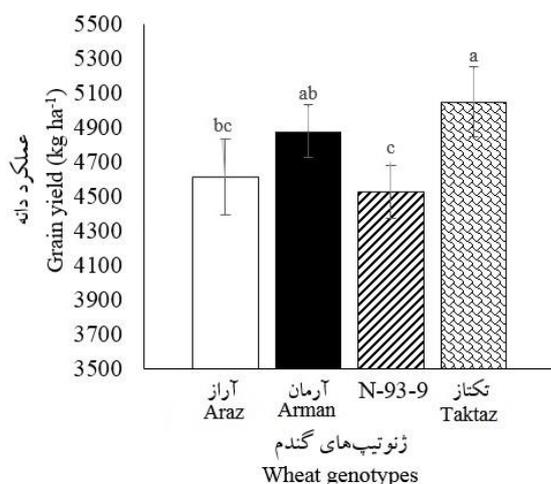
در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند. Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Tukey's test



شکل ۱- مقایسه میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در دو سال زراعی (۱۳۹۹-۱۴۰۰ و ۱۴۰۰-۱۴۰۱). مقایسه بین دو سال برای هر ژنوتیپ به طور جداگانه انجام شده است.

Fig. 1. Mean comparison of grain yield for wheat genotypes in two cropping seasons (2020-2022)

Comparison between two years for each genotype has been performed separately



شکل ۲- مقایسه میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در تاریخ‌های کاشت انتهایی (۲۰ آذر، ۳۰ آذر و ۱۰ دی) هر ستون میانگین عملکرد دو سال است.

Fig. 2. Mean comparison of grain yield of wheat genotypes in terminal sowing dates (Dec.11, Dec.21, Dec.31)

Each column corresponds the average grain yield of two years

به ترتیب تاریخ‌های کاشت کاهش یافت (جدول ۴). عملکرد زیستی سه تاریخ کاشت ابتدایی به طور معنی داری بیشتر از تاریخ‌های کاشت چهارم تا هفتم بود (جدول ۴). تاثیر پذیری منفی عملکرد زیستی، عملکرد دانه و برخی از اجزای عملکرد از دماهای بالای هوا در دوره پر شدن دانه گزارش شده است (Farooq *et al.*, 2021; Soughi *et al.*, 2014). عملکرد زیستی و عملکرد دانه همبستگی بالایی با طول دوره رشد دارند و دما مهم ترین عامل تاثیر گذار در طول دوره رشد و نمو گیاهان محسوب می شود (Liu *et al.*, 2016; Soughi *et al.*, 2021). نتایج تجزیه همبستگی نشان داد که همبستگی بالایی بین عملکرد زیستی و عملکرد دانه با طول دوره رشد و طول دوره پر شدن دانه وجود دارد (شکل ۳).

گرم تر شدن کره زمین در اثر تغییر اقلیم جهانی باعث تغییر یا تسریع در مراحل فنولوژیک و در نتیجه کاهش عملکرد گیاهان زراعی شده است (Asseng *et al.*, 2015). کنترل طول مراحل فنولوژیک با هدف سازگاری گیاه با شرایط محیطی و انتخاب راهبردهای

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر سال و اثر تاریخ کاشت بر عملکرد زیستی ژنوتیپ‌های گندم در سطح احتمال یک درصد معنی دار بودند. عملکرد زیستی در سال دوم بطور معنی داری بیشتر از سال اول بود. علت افزایش عملکرد دانه و عملکرد زیستی ژنوتیپ‌های گندم در سال دوم افزایش بارندگی و کمتر بودن دمای هوا نسبت به سال اول بود. در فروردین و اردیبهشت ۱۴۰۱ که مصادف با ظهور سنبله، گلدهی و پر شدن دانه ژنوتیپ‌های گندم است، مجموع بارندگی دو ماه در سال دوم ۶۶/۶ و در سال اول ۳۰/۶ میلی متر بوده است. میانگین دما و میانگین حداکثر دما در دو ماه فروردین و اردیبهشت ۱۴۰۱ (سال دوم آزمایش) به طور قابل توجهی کمتر از ماه‌های مشابه سال ۱۴۰۰ (سال اول آزمایش) بوده است (جدول ۱). این عوامل باعث شدند گلدهی و پر شدن دانه‌ها در هوای نسبتاً معتدل تری انجام شود. به علاوه این موضوع باعث افزایش معنی دار طول دوره پر شدن دانه در سال دوم نسبت به سال اول شد (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میزان عملکرد زیستی

"اثر تاریخ کاشت و شاخص‌های زراعی - اقلیمی... باقری کیا و همکاران، ۱۴۰۲، ۴۰-۲۰"

مناسب به‌نژادی در این شرایط از اهمیت ویژه‌ای

جدول ۵- مقایسه میانگین تعداد روز و مجموع طول روز مراحل فنولوژیک ژنوتیپ‌های گندم در تیمارهای تاریخ کاشت

Table 5. Mean comparison for effect of days and total day length of phenological stages of wheat genotypes in sowing date treatments

| Year | سال | Days روز | | | Total day length (hr) مجموع طول روز | | |
|-------------|------------|----------------|------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|------------------------------|-------------------------|
| | | گلدهی | رسیدگی فیزیولوژیک | پر شدن دانه | گلدهی | رسیدگی فیزیولوژیک | پر شدن دانه |
| | | Anthesis (Z65) | Physiological maturity (Z90) | Grain filling (Z65-Z90) | Anthesis (Z65) | Physiological maturity (Z90) | Grain filling (Z65-Z90) |
| 2020-2021 | ۱۳۹۹-۱۴۰۰ | 132.4b | 167.4b | 34.9b | 1452.7a | 1909.6b | 456.8a |
| 2021-2022 | ۱۴۰۰-۱۴۰۱ | 134.0a | 175.1a | 41.0a | 1432.6b | 2021.9a | 598.3a |
| Sowing date | تاریخ کاشت | | | | | | |
| Nov. 1 | ۱۰ آبان | 149.3a | 191.9a | 42.5a | 1564a | 2133a | 569a |
| Nov. 11 | ۲۰ آبان | 144.8b | 186.8b | 42.0a | 1529b | 2097b | 569a |
| Nov. 21 | ۳۰ آبان | 141.6c | 182.0c | 40.3ab | 1516c | 2071c | 555a |
| Dec. 1 | ۱۰ آذر | 136.5d | 174.9d | 38.3b | 1481d | 2014d | 533b |
| Dec. 11 | ۲۰ آذر | 130.9e | 166.6e | 35.6c | 1442e | 1941e | 499c |
| Dec. 21 | ۳۰ آذر | 120.0f | 154.2f | 34.1cd | 1336f | 1812f | 477d |
| Dec. 31 | ۱۰ دی | 109.5g | 142.5g | 33.0d | 1232g | 1693g | 461e |

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج تفاوت معنی داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Tukey's test

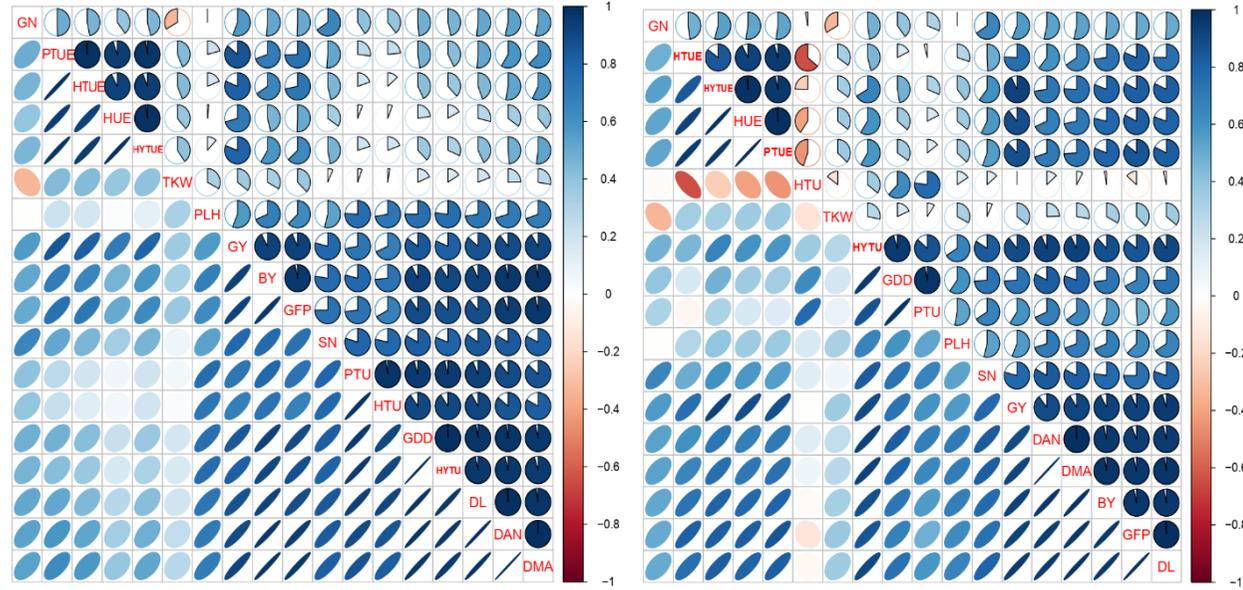
جدول ۶- میزان دما و رطوبت نسبی هوا در دوره پر شدن دانه ژنوتیپ‌های گندم در تیمارهای تاریخ کاشت در دو سال زراعی (۱۳۹۹-۱۴۰۱)

Table 6. Air temperature and relative humidity during grain filling period of wheat genotypes in sowing date treatments in two cropping seasons (2020-2022)

| Sowing date | تاریخ کاشت | میانگین حداقل دما | میانگین حداکثر دما | میانگین دما | میانگین حداقل رطوبت نسبی | میانگین حداکثر رطوبت نسبی | میانگین رطوبت نسبی |
|-------------|------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------|
| | | Mean Min. temperature (°C) | Mean Max. temperature (°C) | Mean temperature (°C) | Mean Min. RH (%) | Mean Max. RH (%) | Mean RH (%) |
| Nov. 1 | ۱۰ آبان | 11.7f | 23.9f | 17.8f | 51.4a | 94.8b | 73.1a |
| Nov. 11 | ۲۰ آبان | 12.6e | 24.5e | 18.6e | 51.2a | 95.0a | 73.1a |
| Nov. 21 | ۳۰ آبان | 13.7d | 25.4d | 19.6d | 50.4b | 95.0a | 72.7b |
| Dec. 1 | ۱۰ آذر | 14.2c | 25.8c | 20.0c | 49.9c | 94.8bc | 72.4c |
| Dec. 11 | ۲۰ آذر | 14.5b | 26.2b | 20.3b | 49.1de | 94.7bc | 71.9d |
| Dec. 21 | ۳۰ آذر | 14.5b | 26.1b | 20.3b | 49.4d | 94.7cd | 72.1de |
| Dec. 31 | ۱۰ دی | 14.7a | 26.5a | 20.6a | 48.8e | 94.6d | 71.7e |

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج تفاوت معنی داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Tukey's test



شکل ۳- همبستگی شاخص‌های زراعی- اقلیمی با صفات گیاهی ژنوتیپ‌های گندم در مرحله گلدهی (چپ) و دوره پر شدن دانه (راست)

Fig. 3. Correlation between the agro-climatic indices with plant traits of wheat genotypes at anthesis (left) and grain filling period (right)

YL: عملکرد دانه، BL: عملکرد زیستی، PLH: ارتفاع بوته، TKW: وزن هزار دانه، GN: تعداد دانه در سنبله، SN: تعداد سنبله در متر مربع، DMA: روز تا رسیدگی، GFP: طول پر شدن دانه، DL: طول روز، GDD: روز- درجه رشد، PTU: واحدهای دمایی- نوری، HTU: واحدهای دمایی- آفتابی، HYTU: مجموع واحدهای دمایی- رطوبتی، HUE: کارایی مصرف دما، HTUE: کارایی مصرف دمایی- آفتابی، PTUE: کارایی مصرف دمایی- رطوبتی، YL: Grain yield; BL: Biological yield; PLH: Plant height; TKW: 1000Kernel weight; GN: Grain number per spike; SN: Spike number per m²; DMA: Days to maturity; GFP: Grain filling period; DL: Day length; GDD: Growing degree days; PTU: Photo-thermal unit; HTU: Helio-thermal unit; HYTU: Hydro-thermal unit; HUE: Heat use efficiency; PTUE: Photo-thermal use efficiency; HTUE: Helio-thermal use efficiency; HYTUE: Hydro-thermal use efficiency

روز کاهش یافتند. تفاوت در مراحل فنولوژیک به دلیل تنوع در عوامل اقلیمی در تاریخ‌های کاشت متفاوت است (Aslam *et al.*, 2017). علت کاهش عملکرد دانه گندم در تاریخ‌های کاشت تاخیری، کاهش طول مراحل نمو و کاهش سرعت فتوسنتز و هدایت مزوفیلی برگ‌ها و در نتیجه کاهش تجمع ماده خشک گزارش شده است (Soughi *et al.*, 2021; Mojtabaie Zamani *et al.*, 2015). تنظیم تاریخ کاشت برای به حداقل رساندن اثرات منفی تنش خشکی و گرمای انتهای فصل، اقدام موثری در حفظ عملکرد است. از طریق کنترل فنولوژی گیاه نیز می‌توان شرایط بهینه‌ای را برای تولید و انتقال مواد پرورده در دوره پر شدن دانه فراهم کرد (Reynolds *et al.*, 2012).

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که تعداد سنبله در مترمربع به طور معنی‌داری تحت تاثیر تاریخ کاشت قرار گرفت. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تاریخ‌های کاشت دوم و سوم به ترتیب بیشترین تعداد سنبله در مترمربع را داشتند که به طور معنی‌داری بیشتر از سه تاریخ کاشت انتهایی بود (جدول ۴). تعداد سنبله در مترمربع نقش تعیین‌کننده‌ای در عملکرد دانه دارد و انتظار می‌رود با افزایش تعداد سنبله بارور در واحد سطح، عملکرد دانه نیز افزایش یابد. نقش تاریخ کاشت در تولید پنجه بارور از آن جهت اهمیت دارد که همبستگی بالایی بین تعداد سنبله در مترمربع و عملکرد دانه وجود دارد (Soughi *et al.*, 2020). کاهش تعداد سنبله بارور و وزن هزار دانه در تاریخ‌های کاشت دیر هنگام به علت افزایش دما و خشکی هوا و کوتاه شدن طول دوره پر شدن دانه است (Moshattati *et al.*, 2010; Kalateh-Arabi *et al.*, 2015; Andarzian *et al.*, 2012). در طول دوره پر شدن دانه حداقل، حداکثر و میانگین دما به ترتیب تاریخ کاشت افزایش یافت و در مقابل رطوبت نسبی به ترتیب تاریخ کاشت کاهش یافت (جدول ۶). اسلافر و همکاران (Slafer *et al.*, 2001) کاهش تعداد سنبله

برخوردار است (Mkhabela *et al.*, 2016). بر اساس نتایج آزمایش حاضر تاخیر در کاشت علاوه بر کاهش طول دوره پر شدن دانه‌ها (جدول ۵) باعث می‌شود که پر شدن دانه‌ها در هوای گرم‌تری انجام شود. مقایسه وضعیت دما و رطوبت نسبی در دوره پر شدن دانه نشان داد که با تاخیر در کاشت، دما و میزان رطوبت نسبی هوا در طول دوره پر شدن دانه به ترتیب افزایش و کاهش یافتند (جدول ۶). بر اساس گزارش لیو و همکاران (Liu *et al.*, 2016) افزایش یک درجه سلسیوس دما در جهان باعث کاهش ۶/۴-۴/۱ درصد عملکرد دانه گندم شده است.

نتایج مقایسه میانگین مراحل فنولوژیک نشان داد که در مراحل گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک، بیشترین و کمترین طول دوره فنولوژیک به ترتیب مربوط به تاریخ کاشت اول و تاریخ کاشت هفتم بود. دو ماه تفاوت بین تاریخ‌های کاشت اول و هفتم باعث کاهش طول مراحل فنولوژیک گیاه شد، به طوری که رسیدن به مراحل گلدهی ۳۹/۸ روز و رسیدگی فیزیولوژیک ۴۹/۳ روز کاهش یافتند (جدول ۵). با تاخیر در کاشت، طول دوره پر شدن دانه به طور معنی‌داری کاهش یافت، به طوری که سه تاریخ کاشت ابتدایی از نظر طول دوره پر شدن دانه تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۵)، در حالی که در سه تاریخ کاشت انتهایی به دلیل افزایش دما و کاهش رطوبت هوا، طول دوره پر شدن دانه بطور معنی‌داری کاهش یافت (جدول‌های ۵ و ۶). دو ماه تفاوت در کاشت بین تاریخ‌های کاشت اول و هفتم باعث کاهش طول دوره پر شدن دانه به مدت ۹/۵ روز شد (جدول ۵). سوقی و همکاران (Soughi *et al.*, 2020) با ارزیابی چهار رقم گندم بهاره در شرایط اقلیمی گرگان گزارش کردند که دو ماه تفاوت در کاشت ارقام باعث کاهش معنی‌دار طول مراحل فنولوژیک و دوره پر شدن دانه شد، به طوری که رسیدن به مراحل گلدهی ۲۵/۶ روز، رسیدگی فیزیولوژیک ۳۴/۶ و دوره پر شدن دانه ۸/۸

سنبله مربوط به لاین N-93-9، به ترتیب در سال اول و دوم آزمایش بود. کمترین تعداد دانه در سنبله نیز مربوط به ارقام آراز و آرمان در سال اول آزمایش بود (جدول ۷).

بارور در اثر کاهش طول مرحله طویل شدن ساقه در تاریخ‌های کاشت دیر هنگام را گزارش کرده‌اند. نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که برهمکنش سال و رقم بر تعداد دانه در سنبله معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد دانه در

جدول ۷- مقایسه میانگین تعداد دانه در سنبله و ارتفاع بوته ژنوتیپ‌های گندم در برهمکنش تیمارهای سال و رقم

Table 7. Mean comparison of number of grains per spike and plant height of wheat genotypes in interaction effect of year×cultivar

| Year | سال | Wheat genotypes | ژنوتیپ‌های گندم | تعداد دانه در | |
|-----------|-----------|-----------------|-----------------|------------------------------------|----------------------------------|
| | | | | سنبله Grain.spike ⁻¹ | ارتفاع بوته Plant height (cm) |
| 2020-2021 | ۱۳۹۹-۱۴۰۰ | Araz | آراز | 37.1d | 96.6b |
| | | Arman | آرمان | 38.1cd | 95.6bc |
| | | N-93-9 | N-93-9 | 43.5a | 91.2d |
| | | Taktaz | تکتاز | 41.4abc | 87.5d |
| 2021-2022 | ۱۴۰۰-۱۴۰۱ | Araz | آراز | 38.3cd | 101.2a |
| | | Arman | آرمان | 41.5abc | 101.1a |
| | | N-93-9 | N-93-9 | 42.0ab | 99.4a |
| | | Taktaz | تکتاز | 39.9bcd | 98.1ab |

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج تفاوت معنی‌داری ندارند
Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Tukey's test

کاشت دیر هنگام نسبت به زود هنگام کاهش می‌یابد (Garshasbi *et al.*, 2021). گزارش شده است که دمای محیط طی دو هفته پس از گلدهی نقش بسیار مهمی در وزن هزار دانه گندم دارد و دمای بیش از ۲۵ درجه سانتی‌گراد باعث افت شدید وزن هزار دانه می‌شود (Ortiz Monasterio *et al.*, 1994). کاهش وزن هزار دانه در تاریخ‌های کاشت تاخیری و کاهش عملکرد دانه گندم توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (Andarzian *et al.*, 2015; Garshasbi *et al.*, 2021; Soughi *et al.*, 2021).

جلال کمالی و شریفی (Jalal Kamali and Sharifi, 2010) با ارزیابی تیپ‌های زمستانه، بینابین و بهاره ارقام تجاری گندم نان ایران در شرایط آب و هوایی کرج گزارش کردند که طول دوره و سهم هر یک از مراحل فنولوژیک در تیپ‌ها و ارقام مختلف گندم ایرانی تفاوت داشت. در این تحقیق رابطه طول مراحل

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که ژنوتیپ‌های گندم از نظر وزن هزار دانه تفاوت معنی‌داری داشتند. برهمکنش سال و تاریخ کاشت و رقم نیز معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه مربوط به رقم آراز بود که به ترتیب در تاریخ‌های کاشت دوم، سوم و اول در سال دوم آزمایش بدست آمدند (به ترتیب ۵۰/۳۵، ۴۸/۴۱ و ۴۷/۶۰ گرم). کمترین وزن هزار دانه مربوط به رقم آرمان در تاریخ کاشت هفتم در سال اول آزمایش (۲۹/۵۵ گرم) بود. پس از آن لاین N-93-9 در تاریخ کاشت هفتم در سال اول (۳۰/۶۳ گرم) و سال دوم (۳۲/۳۵ گرم) آزمایش کمترین وزن هزار دانه را داشتند (جدول ۸). به دلیل کوتاه‌تر شدن طول دوره پر شدن دانه و مصادف شدن این دوره در تاریخ‌های کاشت دیر هنگام با دمای بالاتر هوا، سرعت پر شدن دانه افزایش یافته و دانه‌ها چروکیده شده و در نهایت وزن هزار دانه در تاریخ‌های

جدول ۸- مقایسه میانگین وزن هزار دانه ژنوتیپ‌های گندم در برهمکنش سال و تاریخ کاشت و رقم

Table 8. Mean comparison of 1000 Kernel weight of wheat genotypes in interaction effect of year×sowing date×cultivar

| سال Year | تاریخ کاشت Sowing date | ژنوتیپ‌های گندم Wheat genotypes | وزن هزار دانه 1000 Kernel weight (g) | سال Year | تاریخ کاشت Sowing date | ژنوتیپ‌های گندم Wheat genotypes | وزن هزار دانه 1000 Kernel weight (g) | | |
|------------------------|------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|------------------|------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|--------|----------|
| ۱۳۹۹-۱۴۰۰ 2020-2021 | آبان ۱۰ Nov.1 | Araz | آراز | 40.8a-m | ۱۴۰۰-۱۴۰۱ 2021-2022 | آبان ۱۰ Nov.1 | Araz | آراز | 48.01a-c |
| | | Arman | آرمان | 35.6g-p | | | Arman | آرمان | 44.2a-f |
| | | N-93-9 | N-93-9 | 36.1f-p | | | N-93-9 | N-93-9 | 38.9c-o |
| | آبان ۲۰ Nov.11 | Araz | آراز | 40.2b-n | | آبان ۲۰ Nov.11 | Araz | آراز | 50.3a |
| | | Arman | آرمان | 41.0a-m | | | Arman | آرمان | 40.0b-n |
| | | N-93-9 | N-93-9 | 36.8e-p | | | N-93-9 | N-93-9 | 41.7a-l |
| | آبان ۳۰ Nov.21 | Araz | آراز | 42.1a-k | | آبان ۳۰ Nov.21 | Araz | آراز | 48.4ab |
| | | Arman | آرمان | 38.0d-p | | | Arman | آرمان | 36.5e-p |
| | | N-93-9 | N-93-9 | 33.7k-p | | | N-93-9 | N-93-9 | 40.7a-n |
| | آذر ۱۰ Dec.1 | Araz | آراز | 34.9j-p | | آذر ۱۰ Dec.1 | Araz | آراز | 43.1a-z |
| | | Arman | آرمان | 33.8k-p | | | Arman | آرمان | 40.8a-m |
| | | N-93-9 | N-93-9 | 39.5c-n | | | N-93-9 | N-93-9 | 35.3h-p |
| آذر ۲۰ Dec.11 | Araz | آراز | 47.6a-d | آذر ۲۰ Dec.11 | Araz | آراز | 39.9c-n | | |
| | Arman | آرمان | 33.6k-p | | Arman | آرمان | 37.2e-p | | |
| | N-93-9 | N-93-9 | 36.6e-p | | N-93-9 | N-93-9 | 33.5l-p | | |
| آذر ۳۰ Dec.21 | Araz | آراز | 44.0a-h | آذر ۳۰ Dec.21 | Araz | آراز | 40.6a-n | | |
| | Arman | آرمان | 32.3m-p | | Arman | آرمان | 39.1c-o | | |
| | N-93-9 | N-93-9 | 35.7f-p | | N-93-9 | N-93-9 | 37.4e-p | | |
| دی ۱۰ Dec.31 | Araz | آراز | 40.4b-n | دی ۱۰ Dec.31 | Araz | آراز | 37.5e-p | | |
| | Arman | آرمان | 43.5a-i | | Arman | آرمان | 38.5c-o | | |
| | N-93-9 | N-93-9 | 29.5p | | N-93-9 | N-93-9 | 45.2a-e | | |
| | | Taktaz | تکتاز | 30.6op | | | Arman | آرمان | 38.5d-p |
| | | Taktaz | تکتاز | 35.1i-p | | | N-93-9 | N-93-9 | 32.3n-p |
| | | | | | | | Taktaz | تکتاز | 42.0a-l |

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Tukey's test

که در طول دوره پر شدن دانه، مجموع طول روز دریافتی در سه تاریخ کاشت ابتدایی تفاوت معنی‌داری نداشتند، ولی بطور معنی‌داری بیشتر از سایر تاریخ‌های کاشت بعدی بود (جدول ۵). همبستگی مثبت و معنی‌داری بین مجموع طول روز با عملکرد دانه در مرحله گلدهی و دوره پر شدن دانه‌ها وجود داشت (شکل ۳). با توجه به اینکه ورود و گذر از هر مرحله فنولوژیک به دلیل تاثیر دما و طول دوره نوری صورت می‌گیرد، لازم است که از مجموع واحدهای دمایی - نوری و مجموع واحدهای دمایی - آفتابی نیز برای پیش‌بینی مراحل دقیق بلوغ و گلدهی استفاده شود (Singh and Singh, 2014). بطور کلی واحدهای دمایی - نوری حاصل ضرب روز - درجه رشد (GDD) در ساعات آفتابی بالقوه (طول روز) و واحدهای دمایی - آفتابی (HTU) حاصل ضرب روز - درجه رشد (GDD) در ساعات آفتابی واقعی است (Ahmad, 2017).

بیشترین مقادیر مجموع واحدهای دمایی - نوری (PTU) در مرحله گلدهی در تاریخ کاشت اول مشاهده شد، در حالی که در مرحله رسیدگی فنولوژیک تاریخ کاشت دوم بیشترین مقادیر مجموع واحدهای دمایی - نوری را داشت (جدول ۹). بنابراین تاریخ کاشت دوم شرایط مناسبی از نظر دما و طول روز در طول دوره پر شدن دانه برای ژنوتیپ‌های گندم داشت. دریافت مجموع واحدهای دمایی - نوری بیشتر در تاریخ‌های کاشت زود هنگام در مقایسه با تاریخ‌های کاشت دیر هنگام و تاخیری گزارش شده است (Singh and Singh, 2014; Soughi et al., 2020). بین مجموع واحدهای دمایی - نوری و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم، همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت (شکل ۳).

نتایج نشان داد که در مرحله گلدهی، تاریخ کاشت اول مجموع واحدهای دمایی - آفتابی (HTU) بیشتری دریافت کرد. در مرحله رسیدگی و دوره پر شدن دانه

فنولوژیک با عملکرد دانه یکسان نبوده و همبستگی معنی‌داری (مثبت و منفی) بین طول مراحل فنولوژیک با عملکرد و اجزای عملکرد دانه وجود داشت. از نظر مجموع روز - درجه رشد مراحل گلدهی و رسیدگی فنولوژیک، تاریخ کاشت اول و دوم بالاترین مقادیر را داشتند، در حالی که در دوره پر شدن دانه، بیشترین مجموع روز - درجه رشد در تاریخ‌های کاشت دوم، سوم و پنجم مشاهده شد (جدول ۹). بین مجموع روز - درجه رشد با عملکرد دانه همبستگی مثبت و بالایی در مرحله گلدهی و دوره پر شدن دانه مشاهده شد (شکل ۳). با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان اظهار داشت که تاریخ کاشت دوم و سوم شرایط مناسبی برای مجموع روز - درجه رشد دریافتی و عملکرد ژنوتیپ‌های گندم فراهم بود. سوقی و همکاران (Soughi et al., 2020) با ارزیابی چهار رقم گندم احسان، تیرگان، معراج و کلاته در پنج تاریخ کاشت (۱۰ آبان، ۲۵ آبان، ۱۰ آذر، ۲۵ آذر و ۱۰ دی) در گنبد گزارش دادند که بیشترین مقدار روز - درجه رشد در مرحله رسیدگی فنولوژیک مربوط به تاریخ کاشت ۲۵ آبان بود. در آزمایش دیگری دو رقم گندم مغان ۳ و آرتا در چهار تاریخ کاشت (۱۰ آذر، ۳۰ آذر، ۲۰ دی و ۱۰ بهمن) در گرگان مورد بررسی قرار گرفتند. بر اساس نتایج آزمایش تاریخ کاشت ۱۰ آذر بیشترین مقدار روز - درجه رشد را در مرحله رسیدگی فنولوژیک دریافت کرد. با ارزیابی ارقام گندم اقلیم گرم و مرطوب شمال (زاگرس - دیم و تجن - آبی) در کنار سایر ارقام گندم تجاری نان ایران از اقلیم‌های اقلیم‌های سرد و معتدل سرد، معتدل و گرم و خشک جنوب، مشخص شده است که ارقام اقلیم گرم و مرطوب شمال نیاز حرارتی کمتری داشتند (Jalal Kamali, 2010 and Sharifi).

از نظر مجموع طول روز در مراحل گلدهی و رسیدگی فنولوژیک، تاریخ کاشت اول بالاترین مقدار را داشت (جدول ۵). نکته قابل توجه این است

جدول ۹- مقایسه میانگین شاخص‌های زراعی- اقلیمی در مراحل فنولوژیک رشد ژنوتیپ‌های گندم در تیمارهای تاریخ کاشت

Table 9. Mean comparison of agro-climatic indices at phenological stages of wheat genotypes in sowing date treatments

| | | GDD (degree-days) روز- درجه رشد | | | HUE (kg.ha ⁻¹ degree-days ⁻¹) کارایی مصرف دما | | |
|-------------|------------|--|--|---------------------------------------|--|--|---------------------------------------|
| Sowing date | تاریخ کاشت | گلدهی Anthesis (Z65) | رسیدگی فیزیولوژیکی Physiological maturity (Z90) | پر شدن دانه Grain filling (Z65-90) | گلدهی Anthesis (Z65) | رسیدگی فیزیولوژیکی Physiological maturity (Z90) | پر شدن دانه Grain filling (Z65-90) |
| Nov.1 | ۱۰ آبان | 1567a | 2324a | 757c | 3.8b | 2.5bc | 7.8a |
| Nov.11 | ۲۰ آبان | 1494b | 2276b | 782ab | 4.2a | 2.8a | 8.1a |
| Nov.21 | ۳۰ آبان | 1481c | 2255c | 773ab | 4.1a | 2.7a | 7.8a |
| Dec.1 | ۱۰ آذر | 1462d | 2229d | 767bc | 3.9b | 2.5bc | 7.4b |
| Dec.11 | ۲۰ آذر | 1348e | 2137e | 788a | 3.8b | 2.4c | 6.7c |
| Dec.21 | ۳۰ آذر | 1290f | 1974f | 685d | 3.7b | 2.4c | 7.0bc |
| Dec.31 | ۱۰ دی | 1196g | 1854g | 657e | 3.7b | 2.4c | 6.8c |
| | | PTU (degree-days hours) واحدهای دمایی- نوری | | | PTUE (kg.ha ⁻¹ degree-days ⁻¹) کارایی مصرف دمایی- نوری | | |
| Nov.1 | ۱۰ آبان | 16489a | 26643b | 10155d | 0.36c | 0.22b | 0.58a |
| Nov.11 | ۲۰ آبان | 15756c | 26247c | 10491c | 0.40a | 0.24a | 0.59a |
| Nov.21 | ۳۰ آبان | 16211b | 26996a | 10785b | 0.38b | 0.23ab | 0.57a |
| Dec.1 | ۱۰ آذر | 16175b | 26851ab | 10676bc | 0.35c | 0.21bc | 0.53b |
| Dec.11 | ۲۰ آذر | 15366d | 26407c | 11041a | 0.33d | 0.19d | 0.48c |
| Dec.21 | ۳۰ آذر | 14725e | 24299d | 9574e | 0.33d | 0.20cd | 0.50cd |
| Dec.31 | ۱۰ دی | 13786f | 22938e | 9152f | 0.32d | 0.19d | 0.49d |
| | | HTU (degree-days hours) واحدهای دمایی- آفتابی | | | HTUE (kg.ha ⁻¹ degree-days ⁻¹) کارایی مصرف دمایی- آفتابی | | |
| Nov.1 | ۱۰ آبان | 7773a | 11940d | 4167d | 0.76bc | 0.49b | 1.46a |
| Nov.11 | ۲۰ آبان | 7502b | 11738e | 4237cd | 0.85a | 0.53a | 1.53a |
| Nov.21 | ۳۰ آبان | 7718a | 12475c | 4757b | 0.80ab | 0.49b | 1.33a |
| Dec.1 | ۱۰ آذر | 7735a | 12649b | 4913b | 0.73cd | 0.45c | 1.17b |
| Dec.11 | ۲۰ آذر | 7513b | 13266a | 5753a | 0.68d | 0.39d | 0.93d |
| Dec.21 | ۳۰ آذر | 6957c | 11334f | 4377c | 0.69d | 0.42c | 1.11c |
| Dec.31 | ۱۰ دی | 6400d | 10476g | 4077d | 0.70d | 0.42c | 1.10c |
| | | HYTU (degree-days percent) واحدهای دمایی- رطوبتی | | | HYTUE (kg.ha ⁻¹ degree-days ⁻¹) کارایی مصرف دمایی- رطوبتی | | |
| Nov.1 | ۱۰ آبان | 110391a | 165429a | 55038b | 0.053bc | 0.036b | 0.108a |
| Nov.11 | ۲۰ آبان | 104120b | 160356b | 56236a | 0.060a | 0.039a | 0.111a |
| Nov.21 | ۳۰ آبان | 104600b | 160875b | 56275a | 0.058a | 0.038a | 0.109a |
| Dec.1 | ۱۰ آذر | 103080c | 157639c | 54558b | 0.055b | 0.036b | 0.104ab |
| Dec.11 | ۲۰ آذر | 96787d | 150831d | 54044b | 0.053bc | 0.034c | 0.097bc |
| Dec.21 | ۳۰ آذر | 93754e | 142679e | 48926c | 0.051c | 0.034c | 0.099bc |
| Dec.31 | ۱۰ دی | 87555f | 134722f | 47167d | 0.051c | 0.033c | 0.095c |

در هر ستون برای هر عامل میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column for each factor followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Tukey's test

تاریخ‌های کاشت پنجم و چهارم حداکثر مجموع واحدهای دمایی- آفتابی را داشتند، درحالی‌که تاریخ‌های کاشت اول و هفتم کمترین مقدار را داشتند (جدول ۹). بر این اساس می‌توان اظهار داشت که در تاریخ‌های کاشت ابتدایی و انتهایی، دوره پر شدن دانه با کاهش مجموع واحدهای دمایی- آفتابی مواجه شده و همین عامل باعث کاهش عملکرد در دو تاریخ کاشت اول و هفتم شده است (جدول ۹). افزایش مجموع واحدهای دمایی- آفتابی در تاریخ‌های کاشت پنجم و چهارم با وجود کاهش معنی‌دار طول دوره پر شدن دانه، به دلیل همپوشانی دماهای بالا و حداکثر ساعات آفتابی در طول دوره پر شدن دانه بوده است. به همین دلیل همبستگی بین مجموع واحدهای دمایی- آفتابی با عملکرد در دوره پر شدن دانه مشاهده نشد (شکل ۳). این یافته‌ها با نتایج سوقی و همکاران (Soughi *et al.*, 2020) و آمروات و همکاران (Amrawat *et al.*, 2013) مطابقت دارد. مجموع واحدهای دمایی- رطوبتی (HYTU) دریافتی در گیاهان در مراحل گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک در تاریخ‌های کاشت ابتدایی به طور معنی‌داری بیشتر از تاریخ‌های کاشت انتهایی بود (جدول ۹). در حالی‌که در دوره پر شدن دانه، تاریخ‌های کاشت دوم و سوم مجموع واحدهای دمایی- رطوبتی بیشتری دریافت کردند (جدول ۹). با توجه به اینکه در طول دوره پر شدن دانه، حداکثر و میانگین رطوبت نسبی به ترتیب تاریخ کاشت کاهش یافتند (جدول ۶)، حداکثر مجموع واحدهای دمایی- رطوبتی در تاریخ‌های کاشت دوم و سوم نشان دهنده مناسب بودن شرایط برای استفاده از رطوبت و دما در طول دوره پر شدن دانه بود. در همین راستا همبستگی مثبت و معنی‌داری بین مجموع واحدهای دمایی- رطوبتی با عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در دوره پر شدن دانه مشاهده شد (شکل ۳).

نتایج این پژوهش نشان داد که در مرحله گلدهی مجموع واحدهای شاخص‌های اقلیمی (PTU، GDD،

HTU و HYTU) با طول دوره رشد ارتباط مستقیمی داشتند، به طوری که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین آن‌ها و تعداد روز تا مرحله گلدهی و مجموع طول روز تا گلدهی مشاهده شد (شکل ۳). نتایج شاخص‌های مربوط به کارایی مصرف انرژی شامل کارایی مصرف دما (HUE)، کارایی مصرف دمایی- نوری (PTUE)، کارایی مصرف دمایی- آفتابی (HTUE) و کارایی مصرف دمایی- رطوبتی (HYTUE) نشان داد که کارایی مصرف انرژی در مراحل گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک در تاریخ‌های کاشت دوم و سوم بطور معنی‌داری بیشتر از سایر تاریخ‌های کاشت بود (جدول ۹). در دوره پر شدن دانه نیز بیشترین کارایی مصرف انرژی (HUE، PTUE، HTUE و HYTUE) در تاریخ کاشت دوم مشاهده شد که البته با مقادیر تاریخ‌های کاشت سوم و اول تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۹). کارایی مصرف انرژی ارقام علاوه بر عوامل ژنتیکی می‌تواند تحت تاثیر تاریخ کاشت هم باشد. تاریخ کاشت از طریق تنظیم فنولوژی گیاه و فراهم کردن شرایط بهینه محیطی، باعث افزایش کارایی مصرف انرژی می‌شود (Singh *et al.*, 2016). تاریخ کاشت زود هنگام باعث می‌شود که گیاه در دوره پر شدن دانه از حداکثر روز- درجه رشد استفاده کند، در حالی‌که در تاریخ‌های کاشت دیر هنگام به دلیل کوتاه‌تر شدن مراحل فنولوژیک، مجموع روز- درجه رشد دریافتی گیاه کمتر شده و در اثر کاهش عملکرد، کارایی مصرف انرژی نیز کاهش می‌یابد (Gupta *et al.*, 2017). نتایج تجزیه همبستگی نشان داد که در مرحله گلدهی و طول دوره پر شدن دانه، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین کارایی مصرف دما (HUE)، کارایی مصرف دمایی- نوری (PTUE)، کارایی مصرف دمایی- آفتابی (HTUE) و کارایی مصرف دمایی- رطوبتی (HYTUE) با عملکرد دانه وجود داشت (شکل ۳). نتایج این پژوهش نشان داد که انتخاب تاریخ مناسب کاشت گندم در

نمودند، به طوری که در این تاریخ‌های کاشت بیشترین مقادیر در شاخص‌های زراعی- اقلیمی شامل طول روز (DL)، روز- درجه رشد (GDD) و واحدهای دمایی- رطوبتی (HYTU)، کارایی مصرف دما (HUE)، کارایی مصرف دمایی- نوری (PTUE)، کارایی مصرف دمایی- آفتابی (HTUE) و کارایی مصرف دمایی- رطوبتی (HYTUE) بدست آمدند. نتایج تجزیه همبستگی نشان داد که همبستگی مثبت و بالایی بین عملکرد دانه با طول دوره رشد و طول دوره پرشدن دانه، مجموع روز- درجه رشد (GDD)، مجموع طول روز (DL)، مجموع واحدهای دمایی- نوری (PTUE)، مجموع واحدهای دمایی- رطوبتی (HYTU)، شاخص‌های مرتبط با کارایی مصرف انرژی (HUE، PTUE، HTUE و HYTUE) وجود داشت. نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین عملکرد دانه و حداکثر کارایی مصرف انرژی در شرایط اقلیمی محل اجرای آزمایش در تاریخ‌های ۲۰ آبان تا ۳۰ آبان بدست خواهد آمد.

سپاسگزاری

مقاله حاضر مستخرج از پروژه شماره ۱۱۱-۹۹۱۰۷۲-۰۳-۵۷-۲۴ مصوب مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر است که با حمایت مالی معاونت بهبود تولیدات گیاهی سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان اجرا شده است. بدینوسیله از همکاری صمیمانه آن معاونت تشکر و قدردانی می‌شود.

شرایط اقلیمی منطقه بسیار تعیین کننده بوده و باعث دستیابی به حداکثر کارایی مصرف انرژی و در نتیجه افزایش عملکرد دانه خواهد شد (Solanki *et al.*, 2017).

نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که بین تاریخ‌های کاشت از نظر عملکرد دانه، عملکرد زیستی و تعداد سنبله در مترمربع ژنوتیپ‌های گندم تفاوت معنی‌دار آماری وجود داشت، در حالی که بین ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری از نظر صفات یاد شده وجود نداشت. بیشترین عملکرد دانه و تعداد سنبله در مترمربع در تاریخ‌های کاشت دوم و سوم بدست آمد که تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند، ولی به طور معنی‌داری بیشتر از تاریخ‌های کاشت تاخیری بودند. در تاریخ‌های کاشت تاخیری (سه تاریخ کاشت انتهایی) میانگین عملکرد دانه رقم تکتاز بیشتر از سایر ژنوتیپ‌ها بود. سه تاریخ کاشت ابتدایی از نظر طول دوره پر شدن دانه تفاوت معنی‌داری نداشتند، اما با تاخیر در کاشت، طول دوره پر شدن دانه بطور معنی‌داری کاهش یافت. دو ماه تفاوت بین تاریخ کاشت اول و هفتم باعث کاهش معنی‌دار طول مراحل فنولوژیک و دوره پر شدن دانه ژنوتیپ‌های گندم شد، به طوری که رسیدن به مراحل گلدهی ۳۹/۸ روز، رسیدگی فیزیولوژیک ۴۹/۳ و دوره پر شدن دانه ۹/۵ روز کاهش یافتند. در طول دوره پر شدن دانه، تاریخ‌های کاشت دوم و سوم شرایطی مناسبی از نظر طول روز، دما، میانگین رطوبت نسبی و کارایی مصرف انرژی برای ژنوتیپ‌های گندم فراهم

References

- Acevedo, E., Silva, P. and Silva. H. 2002. Wheat growth and physiology. pp 39-70. In: Curtis, B.C. *et al.*, (Eds.) Bread Wheat. Improvement and Production. FAO. Rome. Italy.
- Ahmad, L., Kanth, R. H., Parvaze, S. and Mahdi, S. S. 2017. Growing degree days to forecast crop stages. pp 95-98. In: Ahmad, L. *et al.*, (Eds.) Experimental Agrometeorology: A Practical Manual. Springer.

منابع مورد استفاده

http://doi.org/10.1007/978-3-319-69185-5_14

- Amrawat, T., Solanki, N. Sharma, S. Jajoria, D. and Dotaniya, M. 2013.** Phenology growth and yield of wheat in relation to agrometeorological indices under different sowing dates. *African Journal of Agricultural Research*, 8, pp.6366-6374. <http://doi.org/10.5897/AJAR2013.8019>
- Andarzian, B., Hoogenboom, G., Bannayan, M., Shirali, M. and Andarzian, B. 2015.** Determining optimum sowing date of wheat using CSM-CERES-Wheat model. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 14, pp.189-199. <http://doi.org/10.1016/j.jssas.2014.04.004>
- Anonymous, 2022.** Agricultural Statistics in Crop Season 2020-2021. Ministry of Jihad-e-Agriculture. Tehran, Iran. 93pp. [In Persian].
- Anonymous, 2023.** Available at <https://www.statista.com/statistics/237890/global-wheat-per-capita-food-use-since-2000/>. Last accessed 2 April 2023.
- FAO, Food and Agriculture Organizatio. 2022.** Available <http://www.fao.org/faostat/en/#home>. Retrieved 12 October 2022.
- Aslam, M.A., Ahmed, M., Stöckle, C.O., Higgins, S.S. and Hayat, R. 2017.** Can growing degree days and photoperiod predict spring wheat phenology? *Frontiers in Environmental Science*, 5, pp.1-10. <http://doi.org/10.3389/fenvs.2017.00057>
- Asseng, S., Ewert, F., Martre, P., Rötter, R. P., Lobell, D. B., Cammarano, D., Kimball, B., Ottman, M. J., Wall, G. and White, J. W. 2015.** Rising temperatures reduce global wheat production. *Nature Climate Change*, 5, pp.143-147. <http://doi.org/10.1038/nclimate2470>
- Bauer, A., Fanning, C., Enz, J. W. and Eberlein, C. 1984.** Use of growing-degree days to determine spring wheat growth stages. Extension bulletin-North Dakota State University of Agriculture and Applied Science, Cooperative Extension Service. USA. 37, pp.1-12.
- Farooq, M., Bramley, H., Palta, J. A. and Siddique, K. H. 2011.** Heat stress in wheat during reproductive and grain filling phases. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 30, pp.491-507. <http://doi.org/10.1080/07352689.2011.615687>
- Farooq, M., Hussain, M. and Siddique, K. H. 2014.** Drought stress in wheat during flowering and grain-filling periods. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 33, pp.331-349. <http://doi.org/10.1080/07352689.2014.875291>
- Garshasbi, L., Paknejad, F., Jasemi, S. S., Ilkaee, M. N. and Sanjani, S. 2021.** Evaluation of quantitative traits of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in different planting dates. *Journal of Agroecology*, 12(4), pp.703-721. [In Persian]. <http://doi.org/10.22067/AGRY.2021.37597>
- Gupta, M., Sharma, C., Sharma, R., Gupta, V. and Khushu, M. 2017.** Effect of sowing time on productivity and thermal utilization of mustard (*Brassica juncea*) under sub-tropical irrigated conditions of Jammu. *Journal of Agrometeorology*, 19, pp.137-141. <http://doi.org/10.54386/jam.v19i2.688>
- Jagadish, K. S., Kishor, K., Polavarapu, B., Bahuguna, R. N., von Wirén, N. and Sreenivasulu, N. 2015.**

- Staying alive or going to die during terminal senescence—an enigma surrounding yield stability. *Frontiers in Plant Science*, 6, pp.1-14. <http://doi.org/10.3389/fpls.2015.01070>
- 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]. <http://doi.org/10.22092/SPPJ.2017.110391>
- Kalateh-Arabi, M., Sheikh, F., Soqi, H. and Hivchic, 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 Journal*, 27, pp.285-296. [In Persian]. <http://doi.org/10.22092/SPPJ.2017.110438>
- Liu, B., Liu, L., Asseng, S., Zou, X., Li, J., Cao, W. and Zhu, Y. 2016.** Modelling the effects of heat stress on post-heading durations in wheat: A comparison of temperature response routines. *Agricultural and Forest Meteorology*, 222, pp.45-58. <http://doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.03.006>
- 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. <http://doi.org/10.1139/cjps-2015-0351>
- Mojtabaie Zamani, M., Nabipour, M. and Meskarbashee, M. 2015.** Effect of heat stress during grain filling on photosynthesis and grain yield of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 17(1), pp.1-17. [In Persian]. <http://doi.org/20.1001.1.15625540.1394.17.1.1.3>
- Moshattati, A., Alami-Saied, Kh., Siadat, S. A., Bakhshandeh, A. M. and Jalal-Kamali, M. R. 2010.** Evaluation of terminal heat stress tolerance in spring bread wheat cultivars in Ahwaz conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 12(2), pp.85-99. [In Persian]. <http://doi.org/20.1001.1.15625540.1389.12.2.1.0>
- Ortiz Monasterio, J. I., Dhillon, S. S. and Fischer, R. A. 1994.** Date of sowing effects on grain yield and yield components of irrigated spring wheat cultivars and relationships with radiation and temperature in Ludhiana, India. *Field Crops Research*, 37, 169-184. [http://doi.org/10.1016/0378-4290\(94\)90096-5](http://doi.org/10.1016/0378-4290(94)90096-5)
- Parmesan, C. and Hanley, M. E. 2015.** Plants and climate change: complexities and surprises. *Annals of Botany*, 116, pp.849-864. <http://doi.org/10.1093/aob/mcv169>
- Reynolds, M., Foulkes, J., Furbank, R., Griffiths, S., King, J., Murchie, E., Parry, M. and Slafer, G. 2012.** Achieving yield gains in wheat. *Plant, Cell and Environment*, 35, pp.1799-1823. <http://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2012.02588.x>
- 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. <http://doi.org/10.22069/ijpp.2013.1267>
- Sasani, S., Amiri, R., Sharifi, H. R. and Lotfi, A. 2019.** Study on bread wheat (*Triticum aestivum* L.) growth stages using growing degree day index under early and late planting date in Kermanshah. *Cereal Research*, 9(2), pp.143-156. [In Persian]. <http://doi.org/10.22124/c.2019.13938.1510>

- Singh, M. P. and Singh, N. 2014.** Thermal requirement of indian mustard (*Brassica juncea*) at different phenological stages under late sown condition. *Indian Journal of Plant Physiology*, 19, pp.238-243. <http://doi.org/10.1007/s40502-014-0072-0>
- Singh, S., Kingra, P. and Singh, S.P. 2016.** Heat unit requirement and its utilisation efficiency in wheat under different hydrothermal environments. *Annals of Agricultural Research*, 37, pp.1-11. <http://doi.org/61891/25245/155888>
- Slafer, G., Abeledo, L., Miralles, D., Gonzalez, F. and Whitechurch, E. 2001.** Photoperiod sensitivity during stem elongation as an avenue to raise potential yield in wheat. p. 487-496. *In: Bedo, Z. and L. Lang (Eds.) Wheat in a global environment.* Springer. http://doi.org/10.1007/978-94-017-3674-9_64
- Solanki, N. S., Samota, S. D., Chouhan, B. S. and Nai, G. 2017.** Agrometeorological indices, heat use efficiency and productivity of wheat (*Triticum aestivum*) as influenced by dates of sowing and irrigation. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(3), pp.176-180.
- 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]. <http://doi.org/10.22092/sppi.2020.122874>
- Soughi, H., Khodarahmi, M., Jafarby, J. and Nazari, M. 2021.** Yield analysis of new bread wheat cultivars based on agro-climatic indices under different sowing dates in Gonbad. *Journal of Plant Production Research*, 28(1), pp.185-211. [In Persian]. <http://doi.org/10.22069/jopp.2021.17735.2642>

Effect of sowing date and agro-climatic indices on grain yield of new bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in Gorgan region, Iran

Bagherikia S.¹, H. Soughi², F. Sayyedi³, M. Khodarahmi⁴, F. Naghipour⁵ and M. Nazari⁶

ABSTRACT

Bagherikia S., H. Soughi, F. Sayyedi, M. Khodarahmi, F. Naghipour and M. Nazari. 2023. Effect of sowing date and agro-climatic indices on grain yield of new bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in Gorgan region, Iran. **Iranian Journal of Crop Sciences**. 25(1): 20-40. (In Persian).

To determine the optimal sowing date for new bread wheat cultivars as well as to investigate the relationship between grain yield and agro-climatic indices, a field experiment was carried out as split plots layout in randomized complete block design with four replications in two cropping seasons (2020-2021 and 2021-2022) in Gorgan agricultural research station, Gorgan, Iran. Seven sowing dates (from 01 November to 31 December, with 10-day intervals) were assigned to main plots and four spring bread wheat genotypes (cv. Araz, cv. Arman, cv. Taktaz and N-93-9 promising line) were randomized in subplots. Combined analysis of variance showed that the effect of sowing date was significant on grain yield, biological yield and spike no. m⁻². While there was no significant difference between cultivars for the aforementioned traits. The highest grain yield obtained from 11 November (6235 kg.ha⁻¹) and 21 November (6105 kg.ha⁻¹) sowing dates, respectively. In delayed sowing dates (11 December, 21 December and 31 December), grain yield of cv. Taktaz was greater than other genotypes. The three sowing dates, 01 November, 11 November and 21 November, were not significantly different for grain filling duration (42.5, 42 and 40.3 days, respectively). However, grain-filling duration significantly decreased in delayed sowing dates (33, 34.1 and 35.6 days, respectively). The highest cumulative growth degree-days (GDD) for grain filling period was calculated for sowing dates 11 November and 21 November (782 and 773 GDD, respectively). In conclusion, the results of this experiment showed that the highest grain yield and maximum energy use efficiency may obtain from the sowing date window of 11 November to 21 November for Gorgan region in Iran.

Key words: Bread wheat, Energy use efficiency, Grain filling duration, Growing degree-days, Northern warm and humid agro-climatic zone, and Phenology

Received: January, 2023 Accepted: June, 2023

1. Assistant Prof., Horticulture Crops Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran (Corresponding author) (Email: s.bagherkia@areeo.ac.ir)
2. Associate Prof., Crop and Horticultural Science Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran
3. Researcher, Horticulture Crops Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran
4. Associate Prof., Seed and Plant Improvement Institute, AREEO, Karaj, Iran
5. Assistant Prof., Seed and Plant Improvement Institute, AREEO, Karaj, Iran
6. Expert, Horticulture Crops Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran