نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
سال سیزدهم / شماره دوم / تابستان ۱۴۰۲/مقاله علمی-پژوهشی: صفحات ۱ تا ۱۶

ارزیابی کمی و کیفی ارقام گندم نان (*Triticum aestivum* L.) بهاره در تاریخ کاشت‌های مختلف

سعید باقری کیا[۱*]، فرامرز سیدی[۲]، حبیب اله سوقی[۳]، منوچهر خدارحمی[۵]، فریبا نقی پور[۶] و مهدی نظری[۴]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۰۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۰۹)

چکیده

به‌منظور ارزیابی عملکرد کمی و کیفی ارقام گندم نان بهاره تحت تاریخ کاشت‌های مختلف، آزمایشی در طی دو سال زراعی (۱۴۰۱-۱۳۹۹) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد، استان گلستان، به‌صورت کرت‌های خرد شده بر پایه 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 ماه) در کرت‌های اصلی و چهار ژنوتیپ گندم نان (آراز، آرمان، تکتاز و لاین N-93-9) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تأخیر در کاشت منجر به کاهش معنی‌دار طول مراحل فنولوژیکی و دوره پر شدن دانه شد. بیشترین عملکرد دانه در تاریخ کاشت ۲۰ آبان (۵۸۱۳ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد که با عملکرد دانه در تاریخ کاشت‌های ۳۰ آبان (۵۷۸۸ کیلوگرم در هکتار) و ۱۰ آذر (۵۶۴۱ کیلوگرم در هکتار) تفاوت معنی‌داری نداشت. در اکثر صفات زراعی، تاریخ کاشت‌های انتهایی (۳۰ آذر و ۱۰ دی) به طور معنی‌داری مقادیر کمتری نسبت به تاریخ کاشت‌های ۲۰ آبان، ۳۰ آبان و ۱۰ آذر داشتند. مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت×رقم نشان داد که رقم آرمان در تاریخ‌های کاشت ۲۰ و ۳۰ آبان، رقم آراز در تاریخ کاشت‌های ۲۰ آبان، ۳۰ آبان و ۱۰ آذر و رقم تکتاز در تاریخ کاشت ۳۰ آبان بیشترین عملکرد دانه را داشتند. در سه تاریخ کاشت پایانی (۲۰ آذر، ۳۰ آذر و ۱۰ دی)، عملکرد دانه ارقام تکتاز و آراز بیشتر از سایر لاین‌ها بود. نتایج بررسی صفات مرتبط با کیفیت نانوایی نشان داد که دو تاریخ کاشت انتهایی (۳۰ آذر و ۱۰ دی) از نظر محتوای پروتئین و گلوتن مرطوب مقادیر بالاتری نسبت به دو تاریخ کاشت ابتدایی (۱۰ آبان و ۲۰ آبان) داشتند. رقم تکتاز با داشتن بیشترین محتوای پروتئین و گلوتن مرطوب، بالاترین کیفیت نانوایی را داشت.

واژه‌های کلیدی: دوره پر شدن دانه، عملکرد دانه، کیفیت نانوایی، مراحل فنولوژیک

۱، ۲، ۳ و ۴. به ترتیب استادیار، مربی، دانشیار و کارشناس، بخش تحقیقات علوم زراعی- باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

۵ و ۶. به‌ترتیب دانشیار و استادیار ، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: s.bagherikia@areeo.ac.ir

مقدمه

در جهان، گندم نان (*Triticum aestivum* L.) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی شناخته می‌شود که با حدود ۲۱۹ میلیون هکتار بیشترین سطح زیر کشت را در سراسر جهان دارد (۱۳). گندم مهم‌ترین گیاه زراعی ایران نیز هست و نقش تعیین‌کننده آن در تأمین امنیت غذایی کشور ایران بر کسی پوشیده نیست. با وجود اینکه در کشور بیشترین سطح برداشت و تولید دانه در غلات متعلق به گندم است، اما باز هم ایران نیازمند به تولید بیشتر این محصول اساسی است (۱۷). استان گلستان یکی از قطب‌های تولیدکننده گندم در کشور است به‌طوری که بر اساس آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی در سال زراعی ۹۹-۹۸ سطح برداشت و تولید گندم در استان گلستان به‌ترتیب حدود ۳۵۶ هزار هکتار و ۱/۲۹ میلیون تن بوده است. با این میزان تولید، استان گلستان پس از استان‌های خوزستان و فارس، سومین تولیده کننده گندم در کشور است (۱). در استان گلستان بیشترین سطح زیر کشت و تولید گندم متعلق به شهرستان گنبدکاووس است. بر اساس آمار معاونت بهبود تولیدات گیاهی سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان، بین سال‌های زراعی ۹۱-۹۷ در شهرستان گنبد به طور متوسط ۲۴۶/۵ هزار تن گندم برداشت شده است (۳۲).

در بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان، وقوع تنش‌های گرما و خشکی انتهای فصل علت اصلی کاهش عملکرد در گندم نان بوده است (۱۴). مراحل گلدهی و طول دوره پر شدن دانه، حساس‌ترین مراحل رشد گندم به تنش‌های محیطی انتهای فصل هستند زیرا رخداد تنش در مراحل مذکور باعث اختلال در باروری و کوتاه‌شدن دوره پرشدن دانه می‌شود. به همین علت است توانایی گیاه در تطبیق مراحل حساس نموی با شرایط طبیعی (غیر تنش) در طی فصل رشد می‌تواند عامل فرار گیاه از تنش‌های محیطی باشد (۱۵)؛ بنابراین با تعیین تاریخ کاشت بهینه به‌منظور استفاده از شرایط مناسب محیطی می‌توان عوارض ناشی از تنش‌های گرما و خشکی انتهایی را مدیریت کرد (۳). با توجه به اینکه نمو فرایندی پیوسته است برای درک بهتر آن طول دوره رشد به چندین مرحله فنولوژی تقسیم شده است. در واقع می‌توان گفت فنولوژی شامل تغییرات از مرحله سبز شدن تا رسیدگی فیزیولوژیک گیاه است و نحوه این تغییرات تابع شرایط محیطی و اقلیمی منطقه است (۳۶). طول دوره رشد گیاه و هر یک از مراحل فنولوژیک عامل تعیین‌کننده‌ای در عملکرد دانه گندم هستند (۴۱). انتظار می‌رود هرگونه تغییر در طول هر یک از مراحل فنولوژی باعث تغییر یک یا چند جزء از اجزای عملکرد شود، بنابراین دستکاری این مراحل راهکاری برای افزایش عملکرد دانه گندم است (۲۲).

نتایج بررسی‌های انجام شده توسط کلاته عربی و همکاران (۲۵) روی چهار تاریخ کاشت در دو رقم گندم در شرایط اقلیمی گرگان نشان داد که کلیه صفات مورد بررسی از جمله عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد سنبله در متر مربع، وزن هزار دانه و طول دوره پر شدن دانه تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار گرفتند و بیشترین عملکرد دانه در تاریخ کاشت ۱۰ آذرماه از رقم مغان ۳ به‌دست آمد. سوقی و همکاران (۴۲) با مطالعه ارقام، احسان، تیرگان، معراج و کلاته تحت پنج تاریخ کاشت مختلف (۱۰ آبان، ۲۵ آبان، ۱۰ آذر، ۲۵ آذر و ۱۰ دی‌ماه) در شرایط اقلیمی گنبد نشان دادند که عملکرد دانه در تاریخ کاشت‌های ۲۵ آبان و ۱۰ آذر به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تاریخ‌های کاشت بود. همچنین عملکرد دانه رقم کلاته به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر ارقام بود. نتایج مطالعه فتحی و همکاران (۱۶) در شرایط اقلیمی یاسوج نشان داد که تأخیر در کاشت (از ۱۵ مهر به ۱۵ آبان)، باعث کاهش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت و تعداد سنبله در مترمربع شد. در مطالعات مختلفی کاهش عملکرد دانه گندم در تاریخ‌های کاشت دیرهنگام، به مصادف شدن دوره زایشی گیاه با دماهای بالا، کوتاه‌شدن مراحل رویشی گیاه و دوره پرشدن دانه نسبت داده شده است (۱۲ و ۴۳).

با توجه به معطوف شدن توجه به‌نژادگران به افزایش عملکرد در واحد سطح، موضوع بهبود کیفیت نانوایی نباید نادیده گرفته شود. کیفیت مطلوب نانوایی ارقام علاوه بر تأثیر بر

خصوصیات رئولوژیکی (Rheological properties) خمیر، باعث ماندگاری بالاتر، کاهش ضایعات و افزایش کارایی تولید می‌شود. در مطالعه‌ای روی ارقام تجاری گزارش شده است که آردهای بسیار قوی تولید شده در ارقام جدید گندم مانع از ایجاد بافت نرم و متخلخل در خمیر شده و کیفیت نان تولید شده را متأثر ساخته است (۳۷). از میان خصوصیات کیفی، میزان پروتئین و گلوتن مرطوب دانه از اهمیت بالاتری برخوردارند (۳۷). جاسمی و همکاران (۲۳) با مطالعه ارقام تجاری و لاین‌های در دست معرفی گندم نان ایران که از مزارع کشاورزان استان‌های مختلف جمع‌آوری شده بود، گزارش دادند که گندم‌های مزارع استان گلستان از نظر گلوتن مرطوب دانه بالاترین رتبه را در کشور داشته‌اند. در مطالعه دیگری با بررسی پارامترهای مختلف کیفی بر نقش مهمتر میزان پروتئین دانه، میزان گلوتن مرطوب و سختی دانه در ایجاد کیفیت مناسب خمیر و خواص نانوایی گندم تاکید شده است (۳۵). از میان شاخص‌های تعیین‌کننده کیفیت نانوایی، آزمون رسوب SDS (سدیم دودسیل سولفات) ساده‌ترین و بهترین روش در تعیین خواص کیفی نانوایی ژنوتیپ‌های مختلف است. زیرا در این آزمون، ماده SDS به‌طور کاملاً اختصاصی باعث رسوب پروتئین‌های گلوتنین می‌شود (۷). به‌طور کلی شرایط اقلیمی، مواد غذایی خاک و مدیریت زراعی تأثیر مستقیمی بر پارامترهای مرتبط با کیفیت نانوایی ارقام مختلف گندم دارند (۹). گزارش شده است تنش گرما و خشکی در طی دوره پرشدن دانه عملکرد دانه و محتوای پروتئین و ترکیبات آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تاثیرپذیری خصوصیات رئولوژیکی خمیر و ارزش نانوایی آرد تحت دماهای بالا در گندم نان به اثبات رسیده است (۲، ۱۸ و ۳۹).

تعیین تاریخ کاشت بهینه و انتخاب رقم مناسب از جمله مهمترین عوامل زراعی جهت انطباق مراحل رشد و نمو گندم به‌منظور استفاده هر چه بیشتر از عوامل اقلیمی و دستیابی به سطح مطلوبی از عملکرد اقتصادی است. هدف از انجام این مطالعه، بررسی واکنش عملکرد دانه ارقام جدید گندم نان بهاره تحت هفت تاریخ کاشت مختلف در شرایط اقلیمی گنبد بود. همچنین برخی پارامترهای کیفی مرتبط با ارزش نانوایی مانند درصد پروتئین، محتوای گلوتن و ارتفاع رسوب SDS در ارقام مختلف، تحت تاریخ کاشت‌های مختلف مورد پایش قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال‌های زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ و ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد که واقع در ۵ کیلومتری شرق شهرستان گنبد (با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۱۳ دقیقه شرقی) اجرا شد. آمار هواشناسی ایستگاه تحقیقاتی محل اجرای آزمایش شامل بارش، میانگین رطوبت نسبی و میانگین و حداکثر دما در طی دو سال آزمایش به تفکیک ماه‌های آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در این پژوهش، حاصل از لاین‌های برتر گزینش شده از آزمایش‌های سازگاری (15thERWYT-92 و 16thERWYT-93) اجرا شده در ایستگاه‌های تحقیقاتی اقلیم گرم و مرطوب شمال (گرگان، گنبد، ساری و مغان) بود. این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. هفت تاریخ کاشت ۱۰ آبان، ۲۰ آبان، ۳۰ آبان، ۱۰ آذر، ۲۰ آذر، ۳۰ آذر و ۱۰ دی‌ماه در کرت‌های اصلی و چهار ژنوتیپ گندم نان شامل لاین N-93-9 و ارقام آراز، تکتاز و آرمان در کرت‌های فرعی قرار گرفتند و با استفاده از ماشین کاشت آزمایشات وینتراشتایگر (اتریش) کشت شدند. در جدول ۲ اطلاعات ارقام و لاین مورد مطالعه ارائه شده است. میزان بذر مصرفی در کلیه کرت‌ها بر اساس تراکم ۳۵۰ دانه در مترمربع بر مبنای وزن هزار دانه ارقام محاسبه شد و فاصله

جدول ۱. آمار هواشناسی ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد در دو سال آزمایش (۱۳۹۹-۱۴۰۱)

ماه	مجموع طول روز (ساعت)	بارش (میلی‌متر)		مجموع ساعات آفتابی (ساعت)		میانگین رطوبت نسبی (درصد)		میانگین دما (درجه سانتی‌گراد)		حداکثر دما (درجه سانتی‌گراد)	
	۰۱-۰۰,۰۰-۹۹	۰۰-۹۹	۰۱-۰۰	۰۰-۹۹	۰۱-۰۰	۰۰-۹۹	۰۱-۰۰	۰۰-۹۹	۰۱-۰۰	۰۰-۹۹	۰۱-۰۰
آبان	۳۱۲	۱۶/۵	۲۳/۵	۱۹۲	۱۷۲	۶۶	۶۸	۱۶/۵	۱۳/۴	۲۳	۱۹/۶
آذر	۲۹۱	۳۱/۹	۱۲/۸	۱۰۷	۱۷۶	۷۸	۶۴	۹/۸	۱۳/۵	۱۳/۶	۲۰/۶
دی	۲۹۱	۳۱/۸	۳۶/۹	۱۷۳	۱۶۸	۷۲	۶۸	۸/۳	۱۰/۱	۱۴/۷	۱۶/۱
بهمن	۳۱۴	۲۴/۵	۶۱/۱	۱۸۷	۲۰۱	۷۱	۶۵	۱۰/۲	۹/۵	۱۷/۶	۱۶/۲
اسفند	۳۳۵	۶۲/۲	۷۰/۹	۱۶۳	۱۲۶	۷۳	۷۶	۹/۱	۱۲/۱	۱۵/۵	۱۷/۴
فروردین	۳۹۶	۱۶/۶	۱۱/۹	۲۰۲	۱۷۳	۶۷	۶۹	۱۶/۶	۱۵/۵	۲۳/۶	۲۲/۱
اردیبهشت	۴۳۱	۲۰	۸۷/۶	۲۴۰	۱۴۷	۶۲	۷۴	۲۲/۳	۱۹/۹	۲۹/۶	۲۵/۷
خرداد	۴۵۵	۱۲/۲	۲/۲	۲۷۹	۳۳۴	۵۰	۵۳	۲۸/۲	۲۶/۳	۳۶/۳	۳۴/۸

۹۹، ۰۰ و ۰۱ به‌ترتیب سال‌های ۱۳۹۹، ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱

جدول ۲. مشخصات چهار ژنوتیپ گندم نان مورد استفاده در این پژوهش

رقم	سال معرفی	شجره
آراز	۱۳۹۹	
آرمان	۱۳۹۹	
تکتاز	۱۴۰۰	
N-93-9	-	CHAPIO/3/BORL95/2*EXCALIBUR//EXCALIBUR

بذور ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از بخش زراعی و باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گرگان تهیه شد.

بین دو ردیف ۱۸ سانتی‌متر بود. میزان کودهای شیمیایی مصرفی بر اساس خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه (جدول ۳) تعیین شد. بر این اساس کود سولفات پتاسیم ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، کود سوپر فسفات تریپل ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار، کود اوره ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار (به‌صورت یکبار پایه و سه بار سرک در مراحل پنجه‌زنی، به ساقه رفتن و آبستنی) و سولفات روی ۳۰ کیلوگرم در هکتار به خاک اضافه شد. کنترل شیمیایی علف‌های هرز باریک برگ و پهن برگ با استفاده از علف‌کش تیفیس به نسبت ۳۵ گرم در هکتار انجام شد که در مرحله پنجه‌دهی گیاهان به‌وسیله سمپاش پشتی موتوری صورت پذیرفت.

در صورت عدم بارندگی یا وجود رطوبت کافی خاک، پس از کاشت جهت سبز شدن بذور سریعاً آبیاری انجام می‌شد. در طول فصل رشد، تعداد آبیاری‌ها با توجه به تفاوت در میزان نزولات آسمانی در دو سال آزمایش (جدول ۱) متفاوت بود، به‌طوری که در سال اول آزمایش سه بار آبیاری در بهمن، فروردین و اردیبهشت ماه انجام شد درحالی که در سال دوم آزمایش فقط یک‌بار آبیاری در فروردین ماه انجام شد.

در طول دوره آزمایش از کاشت تا برداشت، برخی مراحل فنولوژی مانند، ظهور سنبله، گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک برای هر لاین یادداشت شد. در پایان هر سال زراعی و پس از رسیدن محصول، برداشت با استفاده از کمباین آزمایشی وینتراشتایگر (اتریش) انجام شد. مساحت برداشت هر کرت ۷/۲ متر (۱/۲ متر عرض و ۶ متر طول) مربع بود. صفات زراعی ارتفاع بوته، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و اجزای عملکرد شامل تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، طول سنبله و وزن سنبله اندازه‌گیری شدند.

ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی نمونه‌های گندم در

جدول ۳. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد

ویژگی	مقدار
عمق (سانتی‌متر)	۰-۳۰
هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	۱/۷
درصد اشباع	۴۳/۶
کربن آلی (درصد)	۱/۶
اسیدیته	۷/۵
آهک (درصد)	۲۶
نیتروژن کل (درصد)	۰/۱۶
پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۴۸۲
فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۹/۶
رس (درصد)	۳۰
لای (درصد)	۵۶
ماسه (درصد)	۱۵
بافت خاک	لوم رسی شنی

آزمایشگاه شیمی و تکنولوژی غلات مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در کرج با سه تکرار انجام شد. در آزمایش نمونه‌های دانه لاین‌های گندم با استفاده از دستگاه (a/s Rationel Kornservice, Denmark) به‌صورت جداگانه بوجاری شدند. با استفاده از آسیاب چکشی (Laboratory Mill 3100, Germany) آرد کامل تهیه شد که برای اندازه‌گیری میزان پروتئین و گلوتن مرطوب مورد استفاده قرار گرفت. همچنین با استفاده از آسیاب غلتکی (Brabender, Germany) آرد سفید فاقد سبوس جهت اندازه‌گیری ارتفاع رسوب SDS به‌دست آمد. به‌منظور سنجش محتوای پروتئین هر یک از نمونه‌های گندم از دستگاه (NIR Perten، ساخت کشور سوئد) مطابق با استاندارد ICCشماره ۱۵۹ استفاده شد. اندازه‌گیری گلوتن مرطوب با استفاده از استاندارد AACC شماره ۱۱-۳۸ و دستگاه گلوتن شوی (Perten، ساخت کشور سوئد) انجام شد و میزان گلوتن مرطوب بر حسب درصد گزارش شد. اندازه‌گیری ارتفاع رسوب SDS مطابق با روش کارتر و همکاران (۱۱) انجام شد و مقدار ۰/۶ گرم آرد با محلول سدیمانتاسیون (شامل نسبت حجمی ۱ به ۴۸ از SDS ۱/۵ درصد و اسید لاکتیک ۸۵ درصد در آب (۱: ۸)) مخلوط و پس از سپری شدن زمان‌های مشخص، ارتفاع رسوب SDS قرائت شد (۱۱). ماده SDS باعث رسوب پروتئین‌های گلوتنین می‌شود و سنجش ارتفاع رسوب آن معیاری برای میزان پروتئین‌های گلوتنین دانه است (۷).

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها پس از آزمون همگنی واریانس‌ها، با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.4 و با رویه GLM انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر سال بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، طول سنبله، وزن سنبله و ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد سنبله بارور در مترمربع، طول سنبله، وزن سنبله و ارتفاع بوته در سال دوم به‌طور معنی‌داری بیشتر از سال اول بود (جدول ۵). این نتایج نشان‌دهنده این است که در سال اول آزمایش به‌دلیل بارندگی کمتر، وقوع دماهای بالاتر و رطوبت نسبی پایین‌تر در فروردین و اردیبهشت ۱۴۰۰ (مصادف با ظهور سنبله، گلدهی و دوره پرشدن دانه) عملکرد دانه و اجزای آن کاهش‌یافته است (جدول ۱).

جدول ۴. تجزیه واریانس مرکب (میانگین مربعات) صفات زراعی ارقام گندم نان تحت تاریخ کاشت‌های مختلف در دو فصل زراعی (۱۳۹۹-۱۴۰۱)

منبع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	تعداد سنبله در متر مربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزاردانه	طول سنبله	وزن سنبله	ارتفاع گیاه
سال	۱	۱۱۳۸۶۳۴۲**	۱۴۳۰۲۵۷۹۵**	۳۹۱۳۱۲**	۲۷/۹^{ns}	۱۳/۶۶^{ns}	۴۲/۴۴**	۴/۷۰**	۱۰۷۴۲/۱**
خطای ۱	۶	۲۴۵۶۵۴	۷۵۷۶۲۸۶	۱۰۱۳۳	۴۶/۶	۲۶/۴۰	۱/۲۶	۰/۲۷	۱۲۵/۶
تاریخ کاشت	۶	۳۰۵۵۵۶۰۲**	۷۵۵۱۹۷۳۷**	۱۰۹۷۹*	۴۱/۵*	۲۱/۷۸^{ns}	۱/۹۱**	۰/۲۱*	۸۳/۰*
سال×تاریخ کاشت	۶	۱۳۶۸۹۵۷^{ns}	۱۰۵۳۴۳۹۵^{ns}	۶۴۲۹^{ns}	۵۲/۹^{ns}	۱۹/۷۷^{ns}	۱/۳۶*	۰/۰۷^{ns}	۴۴۵/۸**
خطای ۲	۳۶	۵۸۷۹۵۷	۴۰۰۴۰۷۳	۴۳۰۰	۲۷/۵	۱۱/۰۳	۰/۴۸	۰/۱۳	۵۴/۰
رقم	۳	۷۰۶۷۴۶*	۹۵۲۱۶۴۵*	۳۳۵۵۷**	۴۷۹/۵**	۵۱۲/۲۹**	۷/۸۰**	۰/۳۷**	۶۷۰/۷**
تاریخ کاشت×رقم	۱۸	۳۸۹۰۸۳*	۵۳۱۵۷۲۵*	۳۳۹۹^{ns}	۳۱/۸*	۱۱/۵۳^{ns}	۰/۵۰^{ns}	۰/۱۰^{ns}	۳۷/۸*
سال×رقم	۳	۷۸۲۲۱۹**	۲۳۱۴۷۷۰^{ns}	۱۸۹۸۰**	۸۱/۲**	۴۱/۶۲**	۰/۱۷^{ns}	۰/۲۲*	۳۰/۹^{ns}
سال×تاریخ کاشت×رقم	۱۸	۲۵۵۶۷۱^{ns}	۳۵۰۸۹۳۶^{ns}	۵۵۶۰^{ns}	۴۱/۴**	۸/۰۳^{ns}	۰/۳۲^{ns}	۰/۱۴*	۳۵/۸^{ns}
خطای ۳	۱۲۶	۱۹۲۷۷۶	۲۸۵۵۶۷۵	۳۶۶۴	۱۶/۴	۷/۳۷	۰/۳۳	۰/۰۸	۱۹/۹
ضریب تغییرات (٪)		۸/۰۹	۱۲/۰۹	۱۴/۲۳	۹/۹۲	۷/۰۰	۵/۵۵	۱۲/۸۷	۴/۵۵

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج، یک درصد و عدم معنی‌داری است.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر سال، تاریخ کاشت و رقم در عملکرد و اجزای عملکرد چهار رقم گندم نان

	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	تعداد سنبله در مترمربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (گرم)	طول سنبله (سانتی‌متر)	وزن سنبله (گرم)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)
سال زراعی								
۱۳۹۹–۱۴۰۰	۵۱۷۸^{b}	۱۳۱۷۹^{b}	۳۲۱^{b}	۴۰/۷^{a}	۳۹/۰^{a}	۹/۸^{b}	۲/۰۴^{b}	۹۳/۸^{b}
۱۴۰۰–۱۴۰۱	۵۶۶۳^{a}	۱۴۷۷۸^{a}	۳۴۵^{a}	۴۱/۲^{a}	۳۸/۵^{a}	۱۰/۷^{a}	۲/۳۳^{a}	۱۰۲^{a}
تاریخ کاشت								
۱۰ آبان	۵۲۲۳^{b}	۱۵۶۰۲/^{a}	۲۹۳^{c}	۴۱/۴^{ab}	۳۹/۸^{a}	۱۰/۷^{a}	۲/۳۸^{a}	۱۰۱^{a}
۲۰ آبان	۵۸۱۳^{a}	۱۵۵۱۸^{a}	۳۶۵^{a}	۴۳/۶^{a}	۳۹/۹^{a}	۱۰/۶^{a}	۲/۲۶^{a}	۱۰۰^{a}
۳۰ آبان	۵۷۸۸^{a}	۱۵۰۷۴^{a}	۳۵۶^{a}	۴۲/۰^{a}	۳۸/۶^{a}	۱۰/۴^{ab}	۲/۲۵^{ab}	۹۹/۵^{a}
۱۰ آذر	۵۶۴۱^{a}	۱۴۱۶۹^{ab}	۳۴۱^{ab}	۴۰/۳^{ab}	۳۸/۶^{a}	۱۰/۳^{b}	۲/۱۶^{ab}	۹۷/۷^{ab}
۲۰ آذر	۵۳۰۳^{b}	۱۳۴۰۴^{bc}	۳۳۲^{b}	۴۰/۶^{ab}	۳۸/۵^{a}	۱۰/۲^{b}	۲/۱۳^{ab}	۹۶/۹^{ab}
۳۰ آذر	۵۱۸۷^{b}	۱۲۲۴۹^{cd}	۳۲۷^{b}	۴۰/۲^{b}	۳۸/۴^{a}	۹/۹^{c}	۲/۱۰^{b}	۹۶/۲^{b}
۱۰ دی	۴۹۹۰^{b}	۱۱۸۳۴^{d}	۳۱۵^{bc}	۳۸/۶^{b}	۳۷/۴^{a}	۹/۹^{c}	۲/۰۳^{b}	۹۵/۸^{b}
آراز	۵۵۸۲^{a}	۱۴۴۴۱^{a}	۳۲۶^{b}	۳۷/۳۰^{b}	۴۱/۶^{a}	۱۰/۲^{b}	۲/۱۵^{b}	۱۰۲^{a}
آرمان	۵۳۸۵^{ab}	۱۴۰۳۸^{ab}	۳۳۴^{ab}	۴۲/۳^{a}	۳۷/۶^{b}	۱۰/۸^{a}	۲/۲۱^{ab}	۱۰۱^{a}
N-93-9	۵۲۷۸^{b}	۱۳۹۹۷^{ab}	۳۴۸^{a}	۴۳/۲۷^{a}	۳۵/۰^{c}	۱۰/۲^{b}	۲/۰۹^{b}	۹۵/۶^{b}
تکتاز	۵۴۳۸^{a}	۱۳۴۳۹^{b}	۳۲۳^{b}	۴۱/۱۲^{a}	۴۰/۸^{a}	۱۰/۱^{b}	۲/۲۹^{a}	۹۴/۸^{b}

برای هر عامل، میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک باشند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ با هم تفاوت معنی‌دار ندارند.

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد کـه اثر تاریخ کاشت بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، اجزای عملکرد (به‌جز وزن هزار دانه) و ارتفاع گیاه معنـی‌دار بـود (جدول ۴).

بیشترین عملکرد دانه در تاریخ کاشت ۲۰ آبان (۵۸۱۳ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد که البته با عملکرد دانه در تاریخ کاشت‌های ۳۰ آبان (۵۷۸۸ کیلوگرم در هکتار) و ۱۰ آذر (۵۶۴۱ کیلوگرم در هکتار) تفاوت معنی‌داری نداشت ولی به‌طور معنی‌داری بیشتر از تاریخ کاشت‌های ۱۰ آبان، ۲۰ آذر، ۳۰ آذر و ۱۰ دی بود. عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در سنبله و وزن سنبله و همچنین ارتفاع بوته در چهار تاریخ کاشت اول (۱۰ آبان، ۲۰ آبان، ۳۰ آبان و ۱۰ آذر) با هم تفاوت معنی‌دار آماری نداشتند (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در اکثر صفات، تاریخ کاشت‌های انتهایی (۳۰ آذر و ۱۰ دی) به‌طور معنی‌داری مقادیر کمتری نسبت به تاریخ کاشت‌های ۲۰ آبان، ۳۰ آبان و ۱۰ آذر داشتند (جدول ۵). کاهش ارتفاع بوته و برخی از اجزای عملکرد در تاریخ کاشت‌ها تأخیری توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (۲۵ و ۴۲).

عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و برخی اجزای عملکرد تحت تاثیر دماهای بالا در انتهای فصل رشد کاهش می‌یابند (۱۵). درجه حرارت، مهمترین عامل تأثیرگذار در توسعه و رشد گیاهان در طول فصل رشد است. گیاهانی که طول دوره رشد طولانی‌تری دارند میزان درجه روز رشد (GDD) بیشتری دریافت می‌کنند به همین دلیل است که عملکـرد بیولوژیـک همبستگی مثبت و معنی‌داری با طول دوره رشد دارد (۲۸). از همین رو نتایج این پژوهش نشان داد که میزان عملکـرد بیولوژیـک به‌ترتیب تاریخ کاشت‌ها کاهش یافت (جدول ۵). کـاهش تعداد سنبله بارور و وزن هزار دانه در تاریخ

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر سال، تاریخ کاشت و رقم بر طول روز مراحل فنولوژی چهار رقم گندم نان

	ظهور سنبله	گلدهی	رسیدگی فیزیولوژیکی	پرشدن دانه
سال زراعی				
۱۳۹۹-۱۴۰۰	۱۲۸^{a}	۱۳۳^{a}	۱۶۶^{b}	۳۳/۱^{b}
۱۴۰۰-۱۴۰۱	۱۲۵^{b}	۱۳۱^{b}	۱۶۸^{a}	۳۷/۴^{a}
تاریخ کاشت				
۱۰ آبان	۱۴۴^{a}	۱۵۲^{a}	۱۹۰^{a}	۳۸/۷^{a}
۲۰ آبان	۱۳۹^{b}	۱۴۷^{b}	۱۸۴^{b}	۳۷/۱^{a}
۳۰ آبان	۱۳۴^{c}	۱۳۹^{c}	۱۷۵^{c}	۳۵/۴^{b}
۱۰ آذر	۱۲۸^{d}	۱۳۳^{d}	۱۶۹^{d}	۳۵/۳^{bc}
۲۰ آذر	۱۲۰^{e}	۱۲۴^{e}	۱۵۸^{e}	۳۴/۴^{c}
۳۰ آذر	۱۱۴^{f}	۱۱۹^{f}	۱۵۲^{f}	۳۳/۰^{d}
۱۰ دی	۱۰۵^{g}	۱۱۰^{f}	۱۴۲^{g}	۳۲/۶^{d}
رقم				
آراز	۱۲۷^{b}	۱۳۲^{b}	۱۶۷^{b}	۳۴/۹^{b}
آرمان	۱۳۰^{a}	۱۳۵^{a}	۱۷۰^{a}	۳۴/۷^{b}
N-93-9	۱۲۷^{b}	۱۳۳^{b}	۱۶۷^{b}	۳۴/۸^{b}
تکتاز	۱۲۱^{c}	۱۲۸^{c}	۱۶۴^{c}	۳۶/۴^{a}

برای هر عامل، میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک باشند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ با هم تفاوت معنی‌دار ندارند.

کاشت‌های دیرهنگام می‌تواند به‌علت گرم بودن و خشکی هوا و کوتاه شدن طول دوره پرشدن دانه باشد (۳ و ۲۵). نتایج مقایسه میانگین مراحل فنولوژی نشان داد که با تأخیر در کاشت، طول دوره پرشدن دانه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت به‌طوری که دو تاریخ کاشت ۱۰ آبان و ۲۰ آبان، تفاوت معنی‌داری از نظر طول دوره پرشدن دانه نداشتند، اما به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تاریخ کاشت‌ها بودند (جدول ۶). دو ماه اختلاف در کاشت بین تاریخ کاشت‌های ۱۰ آبان و ۱۰ دی موجب کاهش طول دوره پرشدن دانه به مدت ۶/۱۶ روز شد (جدول ۶). کاهش طول دوره پرشدن دانه گندم در نتیجه افزایش حداقل، حداکثر و میانگین دما با توجه به ترتیب تاریخ کاشت‌ها در مطالعات سایر محققان گزارش شده است (۴۰ و ۴۲).

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که ارقام گندم از نظر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد سنبله بارور در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، طول و وزن سنبله و ارتفاع بوته تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها برای عملکرد دانه نشان داد که ارقام آراز (۵۵۸۲ کیلوگرم در هکتار)، تکتاز (۵۴۳۸ کیلوگرم در هکتار)، آرمان (۵۳۸۵ کیلوگرم در هکتار) و لاین N-93-9 (۵۲۷۸ کیلوگرم در هکتار) به‌ترتیب دارای بیشترین عملکرد دانه بودند. عملکرد دانه ارقام آراز و تکتاز از نظر آماری معنی‌دار نبود درحالی که به‌طور معنی‌داری بیشتر از لاین N-93-9 بود (جدول ۵). همچنین نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که وزن هزار دانه و وزن سنبله در لاین N-93-9 کمتر از سایر ارقام بود (جدول ۶). کاهش عملکرد در تاریخ کاشت ۱۰ آبان ناشی از خوابیدگی در این تاریخ کاشت و وقوع دمای زیر صفر در گرگان و گنبد در دو روز متوالی در اواخر اسفندماه ۱۳۹۹ (۲۴ و ۲۵ اسفندماه- سال اول آزمایش) بود که مصادف با اوایل مرحله ظهور سنبله در تاریخ کاشت ۱۰ آبان بود.

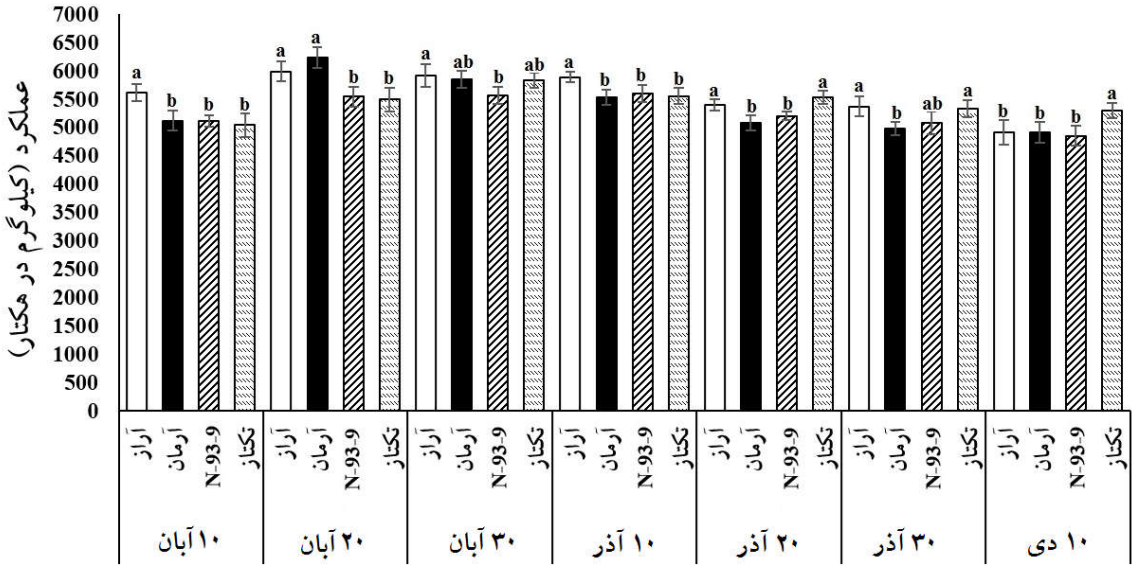
گرم‌تر شدن کره زمین متأثر از تغییر اقلیم جهانی باعث تغییر یا تسریع در مراحل فنولوژی گیاهان و درنتیجه کاهش عملکرد گیاهان زراعی شده است (۶). کنترل طول دوره مراحل

فنولوژیک با انتخاب تاریخ کاشت مناسب، به‌منظور سازگاری گیاه با شرایط محیطی و تعیین راهبردهای به‌نژادی در این شرایط محیطی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۲۹). در استان گلستان دوره پرشدن دانه گندم در دو ماه فروردین و اردیبهشت اتفاق می‌افتد. تأخیر در کاشت علاوه بر کاهش طول دوره پرشدن دانه‌ها (جدول ۶)، باعث می‌شود که پرشدن دانه‌ها در هوای گرم‌تری انجام شود. بر اساس گزارشات افزایش یک درجه سانتیگراد دما در جهان موجب کاهش ۴/۶-۴/۱ درصد عملکرد دانه گندم شده است (۲۸).

نتایج مقایسه میانگین‌های مراحل فنولوژی نشان داد که بیشترین و کمترین طول دوره فنولوژی به‌ترتیب مربوط به تاریخ کاشت‌های ۱۰ آبان و ۱۰ دی بود (جدول ۶). دو ماه تفاوت در کاشت بین تاریخ کاشت انتهایی (۱۰ دی) و ابتدایی (۱۰ آبان) منجر به کاهش دوره‌های فنولوژیکی گیاه در مراحل مختلف شد به‌طوری که در تاریخ کاشت ۱۰ دی، رسیدن به مراحل ظهور سنبله ۳۹/۱ روز، گلدهی ۴۲/۱ روز و رسیدگی فیزیولوژیک ۴۸/۳ روز نسبت به تاریخ کاشت ۱۰ آبان کاهش یافت (جدول ۶). ممتازی و همکاران (۳۱) با بررسی یک رقم گندم نان در تاریخ کاشت‌های مختلف در شرایط اقلیمی شیراز گزارش کردند که دو ماه تفاوت در تاریخ کاشت باعث کاهش طول مراحل ظهور سنبله (۳۷ روز)، گلدهی (۴۲ روز) و رسیدگی فیزیولوژیک (۵۰ روز) شد. کاهش طول دوره رشد گندم به‌علت رابطه مستقیم با دماهای بالاتر در کشت‌های تأخیری در سایر مطالعات نیز گزارش شده است (۴ و ۶). کاهش در طول مراحل نمو، انتقال مجدد و سرعت فتوسنتزی برگ‌ها، علل کاهش عملکرد دانه در تاریخ کاشت‌های تأخیری گندم عنوان شده است (۵ و ۳۰). تنظیم تاریخ کاشت برای به حداقل رساندن اثرات تنش خشکی و گرمای انتهایی، عملی بسیار موثر در حفظ عملکرد است به‌طوری که با کنترل مراحل فنولوژی از طریق تاریخ کاشت می‌توان شرایط بهینه‌ای را برای تولید و انتقال آسیملات‌ها در دوره پر شدن دانه گندم فراهم کرد (۳۳ و ۳۴). نتایج مقایسه میانگین‌های مراحل فنولوژی نشان داد که دو تاریخ کاشت ابتدایی (۱۰ آبان و ۲۰ آبان) از نظر طول دوره پرشدن دانه با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند؛ درحالی که در تاریخ کاشت‌های پایانی به‌دلیل افزایش دما و کاهش رطوبت طول دوره پرشدن دانه به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۶). نتایج مطالعه کوچکی و همکاران (۲۶) نشان داد که تغییر اقلیم از طریق افزایش درجه دما باعث ۲۶ روز کاهش در طول دوره رشد گندم در شرایط مشهد شده است و کاهش طول دوره رشد گندم عمدتاً ناشی از کاهش طول دوره کاشت تا گلدهی بوده و مرحله پرشدن دانه کمتر تحت تأثیر تغییر اقلیم و شرایط آب و هوایی قرار می‌گیرد.

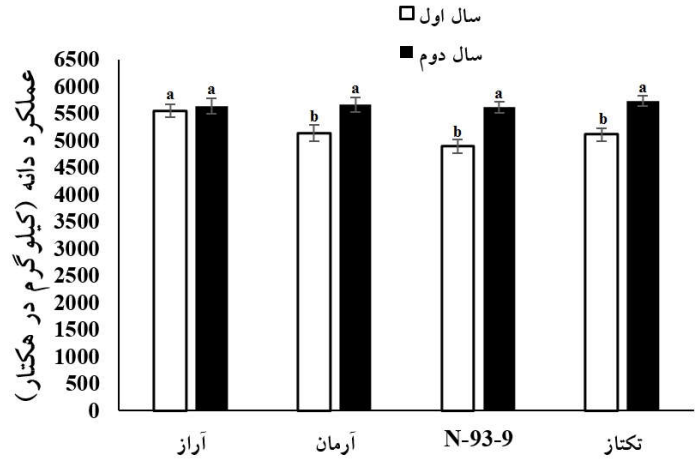
در صفت عملکرد دانه نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر متقابل تاریخ کاشت×رقم در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت×رقم برای عملکرد دانه نشان داد که رقم آرمان در تاریخ‌های کاشت ۲۰ آبان و ۳۰ آبان (به‌ترتیب ۶۲۳۲ و ۵۸۴۷ کیلوگرم در هکتار)، رقم آراز در تاریخ‌های کاشت ۲۰ آبان، ۳۰ آبان و ۱۰ آذر (به‌ترتیب ۵۹۸۸، ۵۹۱۲ و ۵۸۸۸ کیلوگرم در هکتار) و رقم تکتاز در تاریخ کاشت ۳۰ آبان (۵۸۲۹ کیلوگرم در هکتار) بالاترین مقادیر عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند (شکل ۱). به‌طورکلی، تاریخ کاشت‌های مطلوب در منطقه گنبد برای رقم آراز و لاین N-93-9 تاریخ کاشت‌های ۲۰ آبان تا ۱۰ آذر، برای رقم آرمان تاریخ کاشت‌های ۲۰ آبان تا ۳۰ آبان و برای رقم تکتاز تاریخ کاشت‌های ۳۰ آبان تا ۱۰ آذر است (شکل ۱). نتایج عملکرد ارقام در سه تاریخ کاشت انتهایی (۲۰ آذر، ۳۰ آذر و ۱۰ دی)، نشان داد که عملکرد دانه ارقام تکتاز و آراز در کشت‌های تأخیری بیشتر از سایر ژنوتیپ‌ها بود (شکل ۱).

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌های آزمایش نشان داد که در صفت عملکرد دانه اثر سال×رقم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که عملکرد دانه ارقام آراز و تکتاز و لاین N-93-9 در سال دوم بیشتر از سال اول بوده است درحالی که عملکرد رقم آراز طی دو سال آزمایش با هم تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۲).



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت×رقم برای عملکرد دانه

در هر تاریخ کاشت، ژنوتیپ‌هایی که دارای حرف (حروف) مشترک باشند با هم تفاوت معنی‌دار ندارند (LSD 0. 05).



شکل ۲. مقایسه میانگین عملکرد دانه چهار ژنوتیپ گندم نان در دو سال زراعی

مقایسه میانگین بین دو سال برای هر ژنوتیپ به طور جداگانه انجام شده است (LSD 0.05).

علت افزایش عملکرد ژنوتیپ‌ها در سال دوم افزایش بارندگی و کاهش درجه حرارت محیط نسبت به سال اول بود (جدول ۱). این عوامل باعث شده گلدهی و پرشدن دانه‌ها در هوای ملایم‌تری انجام شود از طرفی این امر باعث افزایش طول دوره پرشدن دانه در سال دوم نسبت به سال اول شده است (جدول ۶). از عوامل دیگری که کاهش عملکرد دانه در سال اول آزمایش نقش داشت، وقوع دمای زیر صفر در دو روز متوالی در اواخر اسفندماه ۱۳۹۹ (۲۴ و ۲۵ اسفندماه- سال اول آزمایش) بود که مصادف با مراحل آبستنی و اوایل مرحله ظهور سنبله در تاریخ کاشت اول و دوم بود که باعث کاهش عملکرد ژنوتیپ‌ها در سال اول شد.

نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات کیفی نشان داد که در صفات محتوای پروتئین، ارتفاع رسوب SDS و گلوتن مرطوب اثرات ساده سال، تاریخ کاشت و رقم، اختلاف آماری معنی‌دار داشتند. درحالی که هیچ‌یک از اثرات متقابل دارای اختلاف معنی‌دار آماری نبودند (جدول ۷). نتایج مقایسه میانگین

جدول ۷. تجزیه واریانس مرکب (میانگین مربعات) صفات کیفی در ارقام گندم نان تحت تاریخ کاشت‌های مختلف در دو فصل زراعی (۱۳۹۹-۱۴۰۱)

منبع تغییر	درجه آزادی	پروتئین (٪)	ارتفاع رسوب SDS (mm)	گلوتن مرطوب (٪)
سال	۱	۴/۳۴*	۲۳۱*	۲۶۰**
خطای ۱	۴	۰/۳۰	۱۱/۸	۸/۵۵
تاریخ کاشت	۶	۱/۹۱*	۴۰/۷*	۴۷۳**
سال×تاریخ کاشت	۶	۰/۹۷ns	۱۳/۸ns	۸۵/۷ns
خطای ۲	۲۴	۰/۷۰	۱۵/۹	۸۴/۱
رقم	۳	۷/۹۰**	۲۹۲**	۴۶۳**
تاریخ کاشت×رقم	۱۸	۰/۱۱ns	۵/۱۸ns	۶۷/۹ns
سال×رقم	۳	۰/۰۲ns	۷/۷۵ns	۹۱/۲ns
سال×تاریخ کاشت×رقم	۱۸	۰/۱۷ns	۲/۰۲ns	۶۸/۱ns
خطای ۳	۸۴	۰/۱۱	۳/۲۹	۳۹/۷
ضریب تغییرات (٪)		۲/۶۱	۵/۶۳	۸/۰۱

*،** و ns: به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج، یک درصد و عدم معنی‌داری است.

صفات مرتبط با کیفیت نانوایی گندم نان برای عوامل مختلف مورد مطالعه در جدول ۸ ارائه شده است. نتایج نشان دادند که محتوای پروتئین دانه و میزان گلوتن مرطوب در سال اول آزمایش به‌طور معنی‌داری بیشتر از سال دوم آزمایش بود. از طرف مقابل در سال دوم آزمایش، ارتفاع رسوب SDS بیشتر از سال اول آزمایش بود (جدول ۸). مقایسه میانگین تاریخ کاشت‌های مختلف نشان داد که دو تاریخ کاشت انتهایی (۳۰ آذر و ۱۰ دی) از نظر محتوای پروتئین و میزان گلوتن مرطوب مقادیر بالاتری نسبت به دو تاریخ کاشت ابتدایی (۱۰ آبان و ۲۰ آبان) داشتند. درحالی که میزان ارتفاع رسوب SDS در دو تاریخ کاشت ابتدایی (۱۰ آبان و ۲۰ آبان) بیشتر از دو تاریخ کاشت انتهایی (۳۰ آذر و ۱۰ دی) بود (جدول ۸).

رابطه عکس بین میزان عملکرد دانه و میزان پروتئین دانه توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (۸ و ۳۸). پروتئین دانه گندم شامل ساختار مونومری (آلبومین‌ها، گلوبولین‌ها و گلیادین‌ها) و پلیمری (گلوتنین‌ها) است (۲۰). خواص رئولوژیک خمیر به‌دست آمده از آرد گندم بستگی به ماده چسبنده و قابل کشش گلوتن دارد. خاصیت ارتجاعی گلوتن وابسته به حضور دو نوع پروتئین ذخیره‌ای دانه گندم بنام‌های گلوتنین و گلیادین است که این پروتئین‌ها باعث تنوع پروتئینی از طریق کمیت، کیفیت و ترکیبات مختلف خود در ارقام مختلف گندم شده‌اند (۱۰). گلیادین‌ها چسبندگی خمیر را تعیین می‌کند درحالی که گلوتنین‌ها به‌طور کلی تعیین‌کننده کشش پذیری خمیر هستند. به‌طورکلی نسبت بین این پروتئین‌ها خصوصیات رئولوژیکی خمیر را تعیین می‌کنند (۲۷).

گلدهی و دوره پرشدن دانه مهم‌ترین مراحل رشد گندم هستند که شرایط محیطی می‌تواند در کیفیت نانوایی دانه تأثیر بگذارند (۲۴). تأثیر اصلی تاریخ کاشت بر خصوصیات کیفی دانه از طریق شرایط دمایی است که طی پرشدن دانه ایجاد می‌شود. تاریخ کاشت‌های دیرهنگام باعث مواجه‌شدن گلدهی و دوره پرشدن دانه با دماهای بالاتر و تنش گرما و خشکی می‌شود. افزایش دما در تاریخ کاشت‌های انتهایی باعث کوتاه‌شدن دوره پرشدن دانه شده و مدت زمان سنتز گلوتنین کاهش یافته و درنتیجه قدرت و استحکام خمیر نیز کاهش می‌یابد (۲۷). از طرفی در تاریخ کاشت‌های انتهایی با کوتاه شدن دوره پرشدن دانه‌ها، اندازه دانه کاهش‌یافته و درنتیجه

جدول ۸. مقایسه میانگین اثر فصل زراعی، تاریخ کاشت و رقم در عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم نان

	ارتفاع رسوب SDS (میلی‌متر)	پروتئین (درصد)	گلوتن مرطوب (درصد)
فصل زراعی			
۱۴۰۰-۱۳۹۹	۷۷/۳۸^{b}	۱۲/۹^{a}	۳۳/۴^{a}
۱۴۰۱-۱۴۰۰	۷۹/۸۶^{a}	۱۲/۵^{b}	۳۱/۱^{b}
تاریخ کاشت			
۱۰ آبان	۸۴/۵^{a}	۱۲/۳^{b}	۳۰/۵^{b}
۲۰ آبان	۸۳/۵^{a}	۱۲/۵^{b}	۳۱/۵^{b}
۳۰ آبان	۸۰/۷^{ab}	۱۲/۷^{ab}	۳۱/۷^{ab}
۱۰ آذر	۷۷/۳^{bc}	۱۲/۷^{ab}	۳۲/۰^{ab}
۲۰ آذر	۷۶/۶^{bc}	۱۲/۸^{ab}	۳۳/۱^{ab}
۳۰ آذر	۷۴/۸^{c}	۱۳/۰^{a}	۳۳/۴^{a}
۱۰ دی	۷۲/۷^{c}	۱۳/۱^{a}	۳۳/۴^{a}
رقم			
آراز	۸۰/۸^{a}	۱۲/۲^{c}	۳۳/۱^{b}
آرمان	۷۴/۳^{b}	۱۲/۸^{b}	۳۲/۳^{c}
N-۹۳-۹	۸۰/۱^{a}	۱۲/۷^{b}	۲۸/۶^{d}
تکتاز	۷۹/۳^{a}	۱۳/۲^{a}	۳۴/۹^{a}

برای هر عامل، میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک باشند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ با هم تفاوت معنی‌دار ندارند.

تجمع پروتئین نسبت به نشاسته افزایش‌یافته و همین امر موجب افزایش درصد پروتئین در تاریخ کاشت‌های انتهایی بوده است. افزایش محتوای پروتئین و گلوتن دانه گندم تحت دماهای بالاتر طی دوره پرشدن دانه‌ها توسط سایر محققان گزارش شده است (۲، ۱۸، ۱۹ و ۳۹) که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد.

گلوتن مرطوب مجموع پروتئین‌های غیرمحلول در آب هستند و قابل استخراج از دانه گندم است که از دو قسمت گلوتنین و گلیادین تشکیل شده است (۱۰ و ۲۳). نتایج ما نشان داد که میزان گلوتن مرطوب در تاریخ کاشت‌های انتهایی با توجه به طی شدن دوره پرشدن دانه‌ها در دماهای بالاتر افزایش یافت (جدول ۸). مشخص شده است که دماهای بالا در طی پرشدن دانه اثر متفاوتی بر سنتز گلوتنین و گلیادین دارد به‌طوری که باعث تولید بیشتر گلیادین نسبت به گلوتنین می‌شود، به همین خاطر قدرت و استحکام خمیر کاهش می‌یابد (۲). ماده SDS باعث رسوب پروتئین‌های گلوتنین می‌شود و سنجش ارتفاع رسوب آن معیاری برای میزان پروتئین‌های گلوتنین دانه است (۷). نتایج آزمون رسوب SDS نشان داد که تأخیر در کاشت باعث کاهش ارتفاع رسوب SDS می‌شود، درحالی که محتوای پروتئین دانه تحت تاریخ کاشت‌های انتهایی افزایش‌یافته است (جدول ۸)؛ بنابراین می‌توان گفت افزایش معنی‌دار محتوای پروتئین در تاریخ کاشت‌های انتهایی (۳۰ آذر و ۱۰ دی) نسبت به تاریخ کاشت‌های ابتدایی (۱۰ آبان و ۲۰ آبان) نشان از افزایش پروتئین‌های غیر از گلوتنین بوده است. میزان بالاتر بودن محتوای پروتئین دانه و میزان گلوتن مرطوب در سال زراعی اول نسبت به سال زراعی دوم با توجه به طی شدن دوره پرشدن دانه‌ها در فروردین و اردیبهشت گرمتر (جدول ۱) و در نتیجه کوتاه‌شدن طول دوره پرشدن دانه‌ها (جدول ۶) قابل تفسیر است. مقایسه میانگین ارقام مختلف از نظر صفات کیفی نشان داد که بیشترین محتوای پروتئین به‌ترتیب مربوط به ارقام تکتاز (۱۳/۲۶ درصد)، آرمان (۱۲/۸۴ درصد)، آراز (۱۲/۲۱

درصد) و لاین N-93-9 (۱۲/۷۱ درصد) بود. مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۴، گندم‌هایی با حداقل ۱۲ درصد پروتئین، درجه یک محسوب می‌شوند (۲۱). با توجه به پارامترهای کیفی، رقم تکتاز با داشتن بیشترین محتوای پروتئین و گلوتن مرطوب، بالاترین کیفیت نانوایی را داشت. البته که سایر ژنوتیپ‌ها نیز در محدوده ژنوتیپ‌هایی با کیفیت نانوایی مطلوب قرار داشتند.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که بین تاریخ کاشت‌های مختلف از نظر صفات عملکرد دانه اختلاف معنی‌دار آماری وجود داشت. ژنوتیپ‌های مختلف نیز اختلاف معنی‌داری از نظر تمامی صفات مورد مطالعه داشتند. عملکرد دانه در تاریخ کاشت‌های ۲۰ آبان، ۳۰ آبان و ۱۰ آذر باهم تفاوت معنی‌دار آماری نداشت و به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تاریخ کاشت‌ها بود. در اکثر صفات زراعی، تاریخ کاشت‌های انتهایی (۳۰ آذر و ۱۰ دی) به‌طور معنی‌داری مقادیر کمتری نسبت به تاریخ کاشت‌های ۲۰ آبان، ۳۰ آبان و ۱۰ آذر داشتند. نتایج نشان داد که دو ماه تأخیر در کاشت منجر به کاهش معنی‌دار طول مراحل فنولوژیکی و دوره پرشدن دانه شد. مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت×رقم مشخص شد که رقم آرمان در تاریخ کاشت ۲۰ آبان و ۳۰ آبان، رقم آراز در تاریخ کاشت‌های ۲۰ آبان، ۳۰ آبان و ۱۰ آذر و رقم تکتاز در تاریخ کاشت ۳۰ آبان بالاترین مقادیر عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند. نتایج پارامترهای مرتبط با کیفیت نانوایی گندم نان نشان داد که تاریخ کاشت‌های انتهایی از نظر محتوای پروتئین و میزان گلوتن مرطوب مقادیر بالاتری نسبت به تاریخ کاشت‌های ابتدایی داشتند. درحالی که میزان ارتفاع رسوب SDS در تاریخ کاشت‌های ابتدایی بیشتر از تاریخ کاشت‌های انتهایی بود. رقم تکتاز با داشتن بیشترین محتوای پروتئین و گلوتن مرطوب، بالاترین کیفیت نانوایی را نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشت.

سپاسگزاری

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

منابع مورد استفاده

1. Ahmadi, K., H. Abadzadeh, F. Hatami, S. Mohammadnia Afrozi, E. Esfandiyaripour and R. Abbastaghani. 2021. Agricultural Statistics in Crop Season 2019-2020. Publications Ministry of Jihad-e-Agriculture. Tehran. (In Farsi).
2. Ahmed, M. 2015. Response of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) quality traits and yield to sowing date. *PloS one* 10: 0126097.
3. Andarzian, B., G. Hoogenboom, M. Bannayan, M. Shirali and B. Andarzian. 2015. Determining optimum sowing date of wheat using CSM-CERES-Wheat model. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* 14: 189-199.
4. Aslam, M. A., M. Ahmed, C. O. Stöckle, S. S. Higgins and R. Hayat. 2017. Can growing degree days and photoperiod predict spring wheat phenology? *Frontiers in Environmental Science* 5: 1-10.
5. Aslani, A. and M. Mojtabaie Zamani. 2022. The Effect of delayed sowing and application of phosphate solubilizing bacteria on dry matter accumulation and remobilization in bread wheat cultivars. *Journal of Crop Production and Processing* 12: 79-96
6. Asseng, S., F. Ewert, P. Martre, R. P. Rötter, D. B. Lobell, D. Cammarano, B. Kimball, M. J. Ottman, G. Wall and J. W. White. 2015. Rising temperatures reduce global wheat production. *Nature Climate Change* 5: 143-147.
7. Axford, D. W. E., E. E. McDermott and D. G. Redman. 1979. Note on the sodium dodecyl sulfate test of bread making quality: comparison with Pelshenke and Zeleny test. *Cereal Chemestry* 56: 582-584.
8. Blanco, A., G. Mangini, A. Giancaspro, S. Giove, P. Colasuonno, R. Simeone, A. Signorile, P. De Vita, A. M. Mastrangelo, L. Cattivelli and A. Gadaleta. 2012. Relationships between grain protein content and grain yield

components through quantitative trait locus analyses in a recombinant inbred line population derived from two elite durum wheat cultivars. *Molecular Breeding* 30: 79-92.
9. Blumenthal, C. S., E. W. R. Barlow and C. W. Wrigley. 1993. Growth environment and wheat quality: the effect of heat stress on dough properties and gluten proteins. *Journal of Cereal Science* 18: 3-21.
10. Carrillo, J. M., M. Rousset, C. O. Qualset and D. D. Kasarda. 1990. Use of recombinant inbred lines of wheat for study of associations of high-molecular-weight glutenin subunit alleles to quantitative traits. *Theoretical and Applied Genetics* 79: 321-330.
11. Carter, B. P., C. F. Morris and J. A. Anderson. 1999. Optimizing the SDS sedimentation test for end-use quality selection in a soft white and club wheat breeding program. *Cereal Chemistry* 76: 907-911.
12. El-Gizavi, N. 2009. Effect of planting date and fertilizer application on yield of wheat under no-till system. *World Journal of Agricultural Research* 5: 777-783.
13. FAO (Food and Agriculture Organization). 2022. Available online at: http://www.fao.org/faostat/en/#home. Accessed 12 October 2022.
14. Farooq, M., H. Bramley, J. A. Palta and K. H. Siddique. 2011. Heat stress in wheat during reproductive and grain-filling phases. *Critical Reviews in Plant Sciences* 30: 491-507.
15. Farooq, M., M. Hussain and K. H. Siddique. 2014. Drought stress in wheat during flowering and grain-filling periods. *Critical Reviews in Plant Sciences* 33: 331-349.
16. Fathi, G., S. A. Siadat, N. Rossbe, A. R. Abdali-Mashhadi and F. Ebrahimpoor. 2001. Effect of planting date and seed density on yield components and grain yield of wheat cv. Dena in Yassoj conditions. *Journal of Agriculture Science and Natural Resources* 8: 23-31.
17. Ghaffari, A. and M. R. Jalal Kamali. 2013. Wheat productivity in islamic republic of Iran: Constraints and opportunities. pp. 98-11, In: R. Paroda (ed.), Proceedings of the Regional Consultation on Improving Wheat Productivity in Asia. Bangkok, Thailand.
18. Gil, D. H., D. J. Bonfil and T. Svoray. 2011. Multi scale analysis of the factors influencing wheat quality as determined by Gluten Index. *Field Crops Research* 123: 1-9.
19. Hesam Arefi, I., M. Saffari and R. Moradi. 2018. Effect of different planting dates on growth attributes, grain yield and protein content of three wheat cultivars in Kerman. *Applied Field Crops Research* 31: 72-89. (In Farsi).
20. Hurkman, W. J., W. H. Vensel, C. K. Tanaka, L. Whitehand and S. B. Altenbach. 2009. Effect of high temperature on albumin and globulin accumulation in the endosperm proteome of the developing wheat grain. *Journal of Cereal Science* 49: 12-23.
21. INSO (Iran National Standards Organization). 2012. Standard No. 104. Cereal and cereal products: Wheat-Specification and Test methods. Available online at: http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?Id=36452.
22. Jalal Kamali, M. R. and H. R. Sharifi. 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: 1-23. (In Farsi).
23. Jasemi, S. S., S. Sanjani, F. Naghipour and G. Najafian. 2021. Evaluation of grain quality properties of commercial cultivars and promising lines of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) produced in farmers' fields in Iran. *Iranian Journal of Crop Sciences* 23: 173-183. (In Farsi)
24. Jiang, D., H. Yue, B. Wollenweber, W. Tan, H. Mu, Y. Bo, T. Dai, Q. Jing and W. Cao. 2009. Effects of post-anthesis drought and waterlogging on accumulation of high-molecular-weight glutenin subunits and glutenin macropolymers content in wheat grain. *Journal of Agronomy and Crop Science* 195: 89-97.
25. Kalateh-Arabi, M., F. Sheikh, H. Soqi and J. Hivehchie. 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: 285-296. (In Farsi).
26. Koocheki, A., M. Nassiri Mahallati, H. R. Sharifi, E. Zand, and G. Kamali. 2001. A simulation study for growth, phenology and yield of wheat cultivars under the doubled CO2 concentration in Mashhad conditions. *Desert* 6: 117-127. (In Farsi)
27. Labuschagne, M. T., O. Elago and E, Koen. 2009. Influence of extreme temperatures during grain filling on protein fractions, and its relationship to some quality characteristics in bread, biscuit, and durum wheat. *Cereal Chemistry* 86: 61-66.
28. Liu, B., L. Liu, S. Asseng, X. Zou, J. Li, W. Cao and Y. Zhu. 2016. Modelling the effects of heat stress on post-heading durations in wheat: A comparison of temperature response routines. *Agricultural and Forest Meteorology* 222: 45-58.
29. Mkhabela, M., G. Ash, M. Grenier, and P. Bullock. 2016. Testing the suitability of thermal time models for forecasting spring wheat phenological development in western Canada. *Canadian Journal of Plant Science* 96: 765-775.

30. MojtabaieZamani, M., M. Nabipour and M. Meskarbashee. 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: 1-17. (In Farsi).
31. Momtazi, F., Y. Emam and N. A. Karimian. 2005. Physiological characteristics and grain yield of winter wheat in response to planting density and sowing date. *Journal of Crop Production and Processing* 9: 143-160
32. Plant Improvement Section in Golestan Agricultural Jihad Organization. 2020. Wheat statistics in Golestan province. Dedicated access. (In Farsi).
33. Rafiee, K., S. Siadat, K. Alemi-Saied, A. Ebdali, K. Yousefi and M. Naghi-Zadeh. 2014. Evaluation the grain-filling duration and yield of triticale cultivars on different sowing dates in Ahvaz region. *Journal of Crop Production and Processing* 4: 161-171
34. Reynolds, M., J. Foulkes, R. Furbank, S. Griffiths, J. King, E. Murchie, M. Parry and G. Slafer. 2012. Achieving yield gains in wheat. *Plant, Cell and Environment* 35: 1799-1823.
35. Sadeghi, F. and H. Dehghani. 2016. Study of correlation coefficients and factors analysis of bread-making quality attributes in beard wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Crop Breeding* 8: 1-8. (In Farsi).
36. Salazar-Gutierrez, M., J. Johnson, B. Chaves-Cordoba and G. Hoogenboom. 2013. Relationship of base temperature to development of winter wheat. *International Journal of Plant Production* 7: 741-762.
37. Sanchez-Garcia, M., F. Álvaro, A. Peremarti, J. A. Martín-Sánchez and C. Royo. 2015. Changes in bread-making quality attributes of bread wheat varieties cultivated in Spain during the 20th century. *European Journal of Agronomy* 63: 79-88.
38. Silva, R. R., G. Benin, J. L. D. Almeida, I. C. Fonseca and C. Zucareli. 2014. Grain yield and baking quality of wheat under different sowing dates. *Acta Scientiarum- Agronomy* 36: 201-210.
39. Singh, S., A. K. Gupta, S. K. Gupta and N. Kaur. 2010. Effect of sowing time on protein quality and starch pasting characteristics in wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes grown under irrigated and rain-fed conditions. *Food Chemistry* 122: 559-565.
40. Slafer, G., L. Abeledo, D. Miralles, F. Gonzalez and E. Whitechurch. 2001. Photoperiod sensitivity during stem elongation as an avenue to raise potential yield in wheat. pp. 487-496. In: Z. Bedo. and L. Lang (eds.) Wheat in a Global Environment. Springer, Dordrecht.
41. Soughi, H., M. Khodarahmi, J. Jafarby and M. Nazari. 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: 185-211. (In Farsi).
42. Soughi, H., M. Khodarahmi, S. Bagherikia and M. Nazari. 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 Plant Journal* 36: 1-31. (In Farsi).
43. Subedi, K. D., B. L. Ma and A. G. Xue. 2007. Planting date and nitrogen effects on grain yield and protein content of spring wheat. *Crop Science* 47: 36-44.

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 13, No. 2, Summer 2023, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Quantitative and Qualitative Evaluation of Spring Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Cultivars under Different Planting Dates

S. Bagherikia[1*], F. Sayyedi[3], H. Soughi[2], M. Khodarahmi[5], F. Naghipour[6] and A. Mehdi Nazri[4]

(Received: January 24-2023; Accepted: April 29-2023)

Abstract

In order to evaluate the quantitative and qualitative performance of spring bread wheat cultivars under different planting dates, an experiment was conducted in Gonbad Agricultural Research Station, Gonbad, Golestan province, Iran, during two cropping seasons (2020-2022) as split plot based on randomized complete block design (RCBD) with four replications. Seven planting dates (1 November, 11 November, 21 November, 1 December, 11 December, 21 December and 31 December) were placed in main plots and four bread wheat genotypes (Araz, Arman, Taktaz and N-93-9) were placed in subplots. The delayed planting led to a significant decrease in the length of the phenological stages and the grain filling period. The highest grain yield was obtained from the planting at 11 November (5813 kg ha^{-1}), which was not significantly different from grain yield in 21 November (5788 kg ha^{-1}) and 31 November (5641 kg ha^{-1}) planting dates. In most of the agronomic traits, the delayed planting dates (21 December and 31 December) had significantly lower values than planting in 11 November, 21 November and 1 December. Mean comparison for interaction effect of planting date×cultivar showed that planting Arman cultivar in 11 November, Araz cultivar in 11 November, 21 November and 1 December, Arman cultivar in the 21 November and Taktaz cultivar in the 21 November led to the highest grain yield. In the three delayed planting dates (11 December, 21 December and 31 December), the grain yield of Taktaz and Araz cultivars was higher than other genotypes. Mean comparisons on the traits related to bread-making quality showed that the two delayed planting dates (21 December and 31 December) had higher values in terms of protein and wet gluten content, compared to the two early planting dates (1 November and 11 November). Taktaz cultivar had the highest bread-making quality, particularly because it indicated the highest protein and wet gluten content.

Keywords: Grain filling period, Grain yield, Bread-making quality, Phenological stages

1, 2, 3 and 4. Assistant Professor, Instructor, Associate Professor and Researcher, Respectively, Horticulture Crops Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran
5, 6. Associate Professor and Assistant Professor, Respectively, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
*: Corresponding Author, Email: s.bagherikia@areeo.ac.ir