نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
سال دوازدهم / شماره چهارم / زمستان ۱۴۰۱/مقاله علمی-پژوهشی: صفحات ۱۴۷ تا ۱۶۷

ارزیابی مراحل فنولوژیک، تغییرات درجه- روز- رشد و عملکرد دانه در ارقام گندم در واکنش به تغییر تاریخ کاشت و کاربرد پاکلوبوترازول

ندا بختیاری نژاد[۱]، مهران ممبینی[۲*]، عبدالله بحرانی[۲] و مهرو مجتبایی زمانی[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۱۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۲۰)

چکیده

به‌منظور ارزیابی مراحل فنولوژیک و عملکرد ارقام گندم در واکنش به تغییر تاریخ کاشت و کاربرد پاکلوبوترازول پژوهشی در دو سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ و ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در مزرعه‌ای در شهرستان ایذه واقع در شمال شرق خوزستان اجرا شد. این پژوهش به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی شامل تاریخ کاشت (۲۵ آبان ،۲۰ آذر و ۱۵ دی) و عامل فرعی به‌صورت فاکتوریل شامل رقم (کریم، مهرگان و چمران۲) و محلول‌پاشی پاکلوبوترازول (صفر، ۶۰، ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر) بود. نتایج نشان داد در هر دو سال بیشترین تعداد دانه در مترمربع در تاریخ کاشت ۲۵ آبان در رقم چمران۲ در سطوح تیماری ۶۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول (۱۸۸۴۷) مشاهده شد. در تاریخ کاشت تاخیری ۱۵ دی، مصرف ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم درلیتر پاکلوبوترازول منجر به افزایش عملکرد دانه نسبت به شاهد شد. با کاربرد ۶۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول، عملکرد دانه رقم چمران۲ در دو تاریخ کاشت ۲۵ آبان (۶۹۴۱ کیلوگرم در هکتار) و ۲۰ آذر (۶۷۷۹ کیلوگرم در هکتار) نسبت به سایر سطوح تیماری بالاتر بود. رقم چمران۲ و کریم به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین تعداد روز و درجه روز رشد دریافتی در مراحل مختلف رشد و نموی بودند. بااین‌حال این ارقام از نظر عملکرد زیستی و عملکرد دانه با سایر ارقام تفاوت معنی‌دار نداشتند. در تاریخ کاشت ۱۵ دی ماه، طول دوره رشد گیاه از زمان کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک در مقایسه با تاریخ کاشت ۲۵ آبان ماه، ۳۴ روز کاهش یافت که این امر کاهش در دوره رشد مراحل فنولوژیکی و کاهش ۱۶ درصدی عملکرد دانه را در پی داشته است. به‌طورکلی اثر مصرف پاکلوبوترازول بر عملکرد دانه مثبت بود و مصرف ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول اثرات منفی ناشی از تاخیر در کاشت را تعدیل کرد.

واژه‌های کلیدی: تنظیم کننده رشد، نیاز دمایی، کاشت تأخیری

۱ و ۲. به‌ترتیب دانشجوی دکتری آگرو تکنولوژی و استادیار گروه کشاورزی، واحد رامهرمز، دانشگاه آزاد اسلامی، رامهرمز، ایران
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: Mombeini.m.iau@gmail.com

مقدمه

عملکرد گیاهان زراعی از جمله گندم تحت تاثیر سه مولفه پتانسیل ژنتیکی، شرایط اقلیمی و مدیریت زراعی است (۲۷). یکی از عوامل مهم مدیریتی که عملکرد گیاهان زراعی را تحت تاثیر قرار می‌دهد، رعایت تاریخ کاشت است. انتخاب تاریخ کاشت مناسب در حقیقت دستیابی به مجموعه‌ای از شرایط بهینه محیطی در یک مرحله زمانی خاص در جهت دست یافتن به استقرار و بقای مطلوب گیاهچه و سبز شدن آن است (۱۵ و ۳۳). تأخیر در کاشت سبب کوتاهتر شدن هر دو مرحله رشد رویشی و زایشی در گیاه می‌شود. کوتاه شدن دوره رشد رویشی، کاهش اندام‌های هوایی و زیرزمینی گیاه را به‌دنبال خواهد داشت و در مرحله زایشی نیز به‌دلیل افزایش دمای هوا، طول دوره رشد زایشی و به‌ویژه پرشدن دانه کاهش می‌یابد که این فرصت ناکافی جهت تجمع مواد در دانه، همراه با عدم توانایی گیاه در جذب تشعشع کافی، به‌دلیل گسترش ناکافی سطح سبز، کاهش عملکرد را در پی خواهد داشت (۴ و ۸). تغییر در الگوی کشت زمانی، در یک منطقه از جمله راهکارهایی است که به گیاه برای فرار از مواجهه با شرایط نامطلوب محیطی کمک می‌کند (۲۴ و ۴۸).

دستیابی به ارقامی که قادر باشند شرایط سخت گرمایی و خشکی محیط را تحمل کنند و یا به نوعی از آن فرار نمایند از مدیریت‌های استراتژیک افزایش تولید گندم محسوب می‌شود(۲ و ۳۷). موفقیت برای دست یابی به ارقام و ژنوتیپ‌های سازگار به شرایط محیطی تنش‌دار مستلزم مقایسه ویژگی های فیزیولوژیکی و معرفی ارقام و ژنوتیپ‌های برتر است (۳). یکی از عوامل کارامد در جهت تغییر تاریخ کاشت جهت تعیین دقیق مراحل مختلف فنولوژی، استفاده از شاخص درجه روز رشد است، زیرا این شاخص بیان کننده تجمع حرارتی موردنیاز برای رسیدن به هر یک از مراحل فنولوژیکی گیاه می باشد (۴۷).

شاخص درجه روز رشد (Growing degree days=GDD) جهت تعیین دقیق مراحل مختلف فنولوژی گیاه ضروری است زیرا این شاخص توصیف کننده تجمع حرارتی موردنیاز برای رسیدن به یک مرحله خاص از فنولوژی گیاه است که در مدل‌های پیش بینی مراحل رشد، تاریخ کاشت و زمان برداشت به‌کار گرفته می‌شود (۳۹). با توجه به دامنه نسبتاً وسیع تغییرات دما در مراحل مختلف فنولوژیکی، تنظیم تاریخ کاشت و مطالعه اثر دما بر ژنوتیپ‌های گندم باید بر اساس زمان و دمای کافی برای تکمیل مراحل فنولوژیکی که اجزاء عملکرد دانه در آنها تشکیل می شود، استوار شود (۲۷، ۳۸ و ۴۴).

طول مراحل فنولوژیکی گیاه تحت تاثیر تاریخ کاشت بوده و با تاخیر در کاشت از طریق تاثیر منفی تنش گرمای انتهای فصل بر خصوصیات فنولوژیکی، مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه سبب کاهش عملکرد می‌شود (۲۹ و ۳۱). موسوی و همکاران (۲۶) گزارش نمودند که مراحل فنولوژیک در شرایط تنش و بدون تنش گرما انتهای فصل همبستگی معنی‌داری با عملکرد دارد. در صورت وجود تنش گرمای انتهای فصل، ژنوتیپ‌های با مراحل فنولوژیک کوتاه‌تر، تحمل بیشتری به گرما نشان می‌دهند. مشتطی و همکاران (۲۵) بیان کردند که با تاخیر در کاشت و افزایش میانگین دمای دوره رشد، تعداد روز از کاشت تا گرده افشانی، تعداد روز از گرده افشانی تا رسیدگی و تعداد روز از کاشت تا رسیدگی کاهش یافته و درنتیجه عملکرد کاهش می‌یابد. استفاده از تنظیم کننده‌های رشد گیاهی یکی دیگر از راهکارهای زراعی مورد توجه پژوهشگران به‌منظور جبران و یا تعدیل اثر منفی تنش‌های محیطی است. یکی از مهمترین آثار فیزیولوژیکی این عوامل، افزایش تحمل گیاهان به تنش‌های محیطی است (۱۳ و ۳۸). پاکلوبوترازول یک تنظیم کننده رشد گیاهی است که به گروه تریآزول‌ها تعلق دارد و از فعالیت آنزیم انت- کائورین اکسیداز که در مسیر بیوسنتز جیبرلین، کاتالیز کننده اکسیداسیون انت- کائورین به انت- کائورینیک اسید است، ممانعت می‌کند (۱۳ و ۳۴). این ترکیب با تغییر سطح هورمونی در گیاه و تغییر سرعت فتوسنتز تاثیر قابل‌توجهی بر رشد و نمو گیاه داشته و تحمل گیاه به تنش‌های زنده و غیر زنده را افزایش می‌دهد (۴۵).

افزایش غلظت کلروفیل، کارتنوئید و تجمع قندهای محلول در برگ‌های تیمار شده با پاکلوبوتراوزل، از جمله اثرات این تنظیم کننده رشد شناخته می‌شود (۳۳). کاهش ارتفاع ساقه و افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه، تعداد سنبله در واحد سطح، عملکرد دانه و شاخص برداشت از نتایج گزارش شده از کاربرد پاکلوبوترازول در گیاه گندم است (۴۰). اثرات مثبت پاکلوبوترازول بر افزایش اجزای عملکرد مانند پنجه‌های بارور، سنبله بارور و در برخی موارد وزن دانه در مطالعات مختلف ارزیابی پتانسیل تولید غلات بیان شده است و مطالعات متعددی نیز افزایش پنجه‌های بارور و تغییر فنولوژی گیاه را از عوامل مهم افزایش عملکرد دانه در پاسخ به کاربرد پاکلوبوترازول عنوان کردند (۴۶). نوریانی (۲۹) نیز بیان کرد در هر دو شرایط مطلوب و تنش گرمای پایان فصل، مصرف تنظیم‌کننده رشد پاکلوبوترازول باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه شد.

با توجه به تغییرات اقلیمی سال‌های اخیر که باعث نوسانات شدیدی در شرایط محیطی رشد و نمو گیاهان زراعی از جمله گندم شده است (۷)، لزوم بازنگری در مدیریت‌های به‌زراعی اجتناب ناپذیر می‌باشد. از سوی دیگر با توجه به راهبردی بودن محصول گندم و سهم موثر استان خوزستان در تولید آن، بررسی راهکارهای عملی برای دستیابی به محصولی پایدار و با ثبات در شرایط محیطی خوزستان ضروری است. بنابراین این آزمایش با هدف بررسی اثر سطوح مختلف پاکلوبوترازول بر جنبه‌های فنولوژیکی، زراعی و شکل‌گیری عملکرد سه رقم گندم در سه تاریخ کاشت مختلف با طول مراحل فنولوژیک متفاوت اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در دو سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ و ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در مزرعه‌ای واقع در روستای نوترگی از توابع ایذه استان خوزستان (با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۵۲ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۴۹ درجه و۴۵ دقیقه شرقی، ارتفاع ۸۳۵ متر از سطح دریا) به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی شامل سه تاریخ کاشت با فواصل زمانی بیست و پنج روزه (۲۵ آبان، ۲۰ آذر و ۱۵ دی) و عامل فرعی به‌صورت فاکتوریل شامل رقم گندم نان در سه سطح (کریم، مهرگان و چمران۲) و کاربرد پاکلوبوترازول در سه سطح (صفر، ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر) بود. در ابتدای مرحله ساقه رفتن (کد زادوکسی ۳۱)، سطوح تیماری کاربرد پاکلوبوترازول روی اندام‌های هوایی گیاه محلول‌پاشی شد و در سطح تیماری عدم کاربرد پاکلوبوترازول با آب مقطر محلول‌پاشی صورت گرفت.

رقم چمران۲ حاصل از برنامه به‌نژادی ملی غلات کشور (موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج) بوده و دورگ‌گیری این لاین در سال زراعی ۱۳۷۷ تا ۱۳۷۸، مورد ارزیابی و گزینش قرار گرفت. رقم چمران۲ دارای پایداری عملکرد دانه در شش ایستگاه اقلیم گرم و خشک جنوب کشور بوده است. پتانسیل عملکرد بالا، تحمل نسبتاً خوب به گرمای آخر فصل، زودرسی نسبی، مقاوم به زنگ زرد، زنگ قهوه ای و ریزش دانه و خوابیدگی از ویژگی های بارز این رقم محسوب می‌شود. رقم مهرگان از خزانه بین المللی مربوط به مرکز تحقیقات بین المللی گندم انتخاب و در سال زراعی ۱۳۷۸ مورد ارزیابی مقدماتی و تکثیر بذر قرار گرفت. رقم مهرگان زودرس، مقاوم به زنگ زرد، زنگ قهوه ای و زنگ سیاه نژاد UG99، مقاوم به ریزش، تحمل نسبتاً خوب به گرمای آخر فصل از ویژگی های بارز این رقم محسوب می شود. از ویژگی های بارز رقم کریم می‌توان مقاومت نسبت به بیماری زنگ زرد وقهوه‌ای، سیاهک پنهان، سفیدک سطحی، تنش خشکی و گرما را نام برد.

کود شیمیایی استفاده شده در هر کرت بر اساس نتایج حاصل از آزمون خاک (جدول ۱)، مقدار ۲۷۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل (معادل ۱۲۴/۲ کیلوگرم در هکتار P_2O_5) و ۲۳۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم (معادل ۱۱۵ کیلوگرم در هکتار K_2O) به‌صورت پایه بود و کود اوره به میزان ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار (معادل ۱۶۵/۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن) به‌صورت سرک در سه مرحله (پس از سبز شدن

جدول ۱. مشخصات خاک محل اجرای آزمایش

سال	عمق	هدایت الکتریکی	پی‌اچ	کربن آلی	نیتروژن	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	بافت
	(سانتی متر)	(دسی‌زیمنس بر متر)		(درصد)		(میلی‌گرم در کیلوگرم)		
سال اول	۰-۳۰	۲/۰۴	۷/۱۸	۰/۹۶	۰/۰۹۷	۶/۴	۱۱۳	لومی شنی
سال دوم	۰-۳۰	۲/۰۶	۷/۱۸	۰/۹۵	۰/۰۹۵	۶/۲	۱۱۰	لومی شنی

گیاهچه، اواسط پنجه‌زنی و شروع آبستنی) مصرف شد. هر کرت شامل ۱۰ ردیف کاشت به طول ۴ متر با فواصل ۲۰ سانتی‌متری بود که با تراکم ۴۰۰ بوته در مترمربع کشت شد.

اولین آبیاری کرت‌های آزمایشی پس از کاشت به روش کرتی انجام شد و آبیاری‌های بعدی بر اساس نیاز آبی گیاه انجام شد. در زمان رسیدگی نیز، با حذف نیم متر طولی از ابتدا و انتهای ردیف‌های چهارم و پنجم، سطحی معادل ۱/۲ مترمربع برای سنجش عملکرد دانه و عملکرد زیستی مورد برداشت قرار گرفت. از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد زیستی شاخص برداشت محاسبه شد. برای تعیین وزن هزار دانه، دو نمونه ۵۰۰ تایی از بذور بوجاری شده هر کرت آزمایشی شمارش و پس از ۴۸ ساعت قرار گرفتن در آون ۷۵ سانتی گراد، توزین شدند. با محاسبه انحراف معیار از ۴ درصد، از مجموع دو نمونه وزن هزار دانه محاسبه شد. در هر کرت یک متر طولی از یکی از ردیف‌های دوم، سوم، هشتم و نهم را پرچم زده و با دیده‌بانی مداوم یک روز در میان این یک متر طولی پرچم زده شده از مقیاس زیدوکس (Zadoks Scale = ZS) بر مبنای ۵۰ درصد از بوته های هر واحد آزمایشی برای تعیین مراحل مختلف فنولوژیک از جمله زمان تورم غلاف برگ پرچم یا آبستنی (ZS, 45)، زمان اواسط ظهور سنبله یا خارج شدن نصف سنبله (ZS, 55) ، زمان پایان گرده افشانی (ZS, 69)، زمان رسیدگی فیزیولوژیک بر اساس زرد شدن پدانکل و سخت شدن دانه (ZS, 90)، فاصله زمانی بین گرده افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک به‌عنوان طول دوره پر شدن دانه (ZS, 65-90) ثبت شد (۴۹). دمای تجمعی مورد نیاز برای طی مراحل فنولوژیک یا همان درجه روز رشد براساس رابطه زیر محاسبه شد:

$$GDD = \Sigma\left[(T_{min}+T_{max})/2\text{-}Tbase\right] \quad (1)$$

که در آن Tbase دمای پایه گندم (معادل صفر درجه سانتی گراد) $T_{min}+T_{max}/۲$ میانگین تصحیح شده دما می باشد. دمای حداکثر و حداقل، به‌ترتیب بر اساس دمای ۳۵ و صفر درجه سانتی گراد تصحیح شدند، به این صورت که اگر دمای حداقل یا حداکثر، کمتر از دمای پایه بودند، برابر با دمای پایه و اگر بیشتر از دمای آستانه بودند، برابر دمای آستانه قرار داده شدند (۳۶ و ۴۱). متوسط حداکثر و حداقل دما و مجموع بارش ماهانه در دوره رشد گندم در سال‌های زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ و ۱۴۰۰-۰۱ در ایذه در شکل ۱ نشان داده شدند. پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها (از طریق آزمون شاپیرو– ویلک) و بررسی یکنواختی واریانس خطاهای آزمایش در دو سال (ازطریق آزمون بارتلت)، تجزیه واریانس مرکب با فرض تصادفی بودن سالها با استفاده از نرم افزار SAS (نسخه ۹/۱) انجام گرفت. مقایسه میانگین صفات تحت اثرات اصلی بر اساس آزمون LSD و به‌منظور مقایسه میانگین صفات تحت برهم‌کنش از دستور L.S. Means استفاده شد.

نتایج و بحث

صفات فنولوژیک

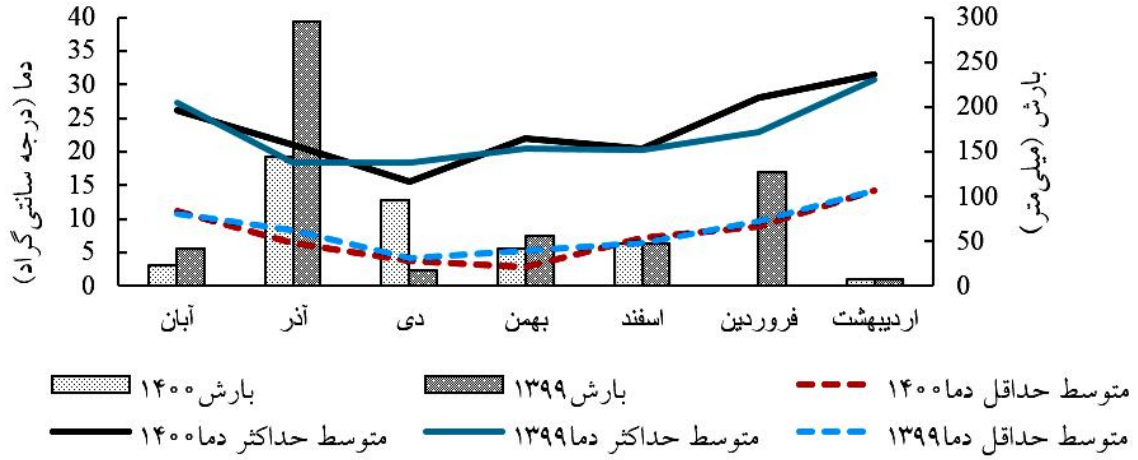
تعداد روز از کاشت و درجه روز رشد تا تورم غلاف برگ پرچم

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد اثرات اصلی تاریخ کاشت و رقم بر تعداد روز از کاشت و درجه روز رشد تا تورم غلاف برگ پرچم معنی‌دار بود ($P\leq$۰/۱) (جدول ۲). نتایج نشان

جدول ۲. تجزیه واریانس مرکب اثر سال، تاریخ کاشت، رقم و کاربرد پاکلوبوترازول بر صفات فنولوژیک و درجه روز رشد

	درجه آزادی	روز تا تورم غلاف برگ پرچم	روز تا اواسط ظهور سنبله	روز تا گرده افشانی کامل	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	روز از گرده افشانی تا رسیدگی	درجه روز رشد تا تورم غلاف برگ پرچم	درجه روز رشد تا اواسط ظهور سنبله	درجه روز رشد تا گرده افشانی کامل	درجه روز رشد تا رسیدگی فیزیولوژیک	درجه روز رشد از گرده افشانی تا رسیدگی
سال	۱	۲/۰۰^{ns}	۱۱۴/۱۷^{ns}	۳۴۳/۸۰^{ns}	۱۰۴۷/۸۰^{ns}	۱۹۱/۲۱*	۴۶۸۸۷۷/۷۶^{ns}	۲۴۴۴۰۹/۲۵*	۲۱۹۳۶۴/۸۰^{ns}	۱۴۰۱۰۸/۶۵^{ns}	۸۸۵۰/۴۱^{ns}
تکرار(سال)	۴	۷/۲۰	۷/۶۷	۶/۱۴	۴/۱۲	۶/۸۸	۱۴۶۵/۵۳	۲۱۱۸/۴۴	۱۵۹۰/۷۹	۱۹۷۰/۳۶	۱۷۴۰/۰۷
تاریخ کاشت	۲	۸۲۹۱/۱۹**	۱۱۸۰۹/۵۲**	۱۲۷۹۴/۹۳**	۱۶۵۲۷/۵۷**	۲۳۸/۶۲**	۱۳۷۷۵۵۶/۳۳**	۱۷۳۲۷۰۱/۱۶**	۱۴۵۹۰۶۲/۹۱**	۱۷۱۸۲۱۶/۳۱**	۱۳۱۹۱/۵۴^{ns}
سال×تاریخ کاشت	۲	۶/۱۷^{ns}	۱۴/۸۹^{ns}	۱/۷۸^{ns}	۳/۷۱^{ns}	۲/۷۶^{ns}	۳۰۹/۵۴^{ns}	۱۷۲/۴۳^{ns}	۵۰۷۳/۵۵^{ns}	۳۷۰۰/۲۶^{ns}	۲۲۶۸/۱۳^{ns}
خطای اصلی	۸	۴/۹۰	۵/۰۲	۵/۱۶	۷/۸۶	۲/۹۹	۱۰۱۲/۹۶	۱۳۷۵/۴۵	۱۴۴۹/۵۰	۳۸۷۲/۲۰	۱۵۳۴/۹۸
رقم	۲	۱۳۰۰/۴۷**	۱۹۶۹/۶۵**	۱۵۰۹/۰۱**	۵۹۹۸/۳۹**	۱۴۹۰/۴۹**	۲۴۲۸۲۶/۵۰**	۴۷۰۲۶۳/۳۸**	۴۷۵۰۲۳/۸۲**	۳۰۴۰۸۱۲/۷۵**	۱۱۱۲۰۵۴/۱۷**
سال×رقم	۲	۰/۳۰^{ns}	۱۳/۱۴^{ns}	۰/۴۱^{ns}	۱۴/۸۲^{ns}	۱۲/۰۸^{ns}	۱۴/۶۹^{ns}	۵۰۳۴/۵۹^{ns}	۲۳۲۳/۳۵^{ns}	۷۰۴۷/۹۳^{ns}	۴۲۹۰/۴۰^{ns}
رقم×تاریخ کاشت	۴	۱۶/۲۹^{ns}	۲۲/۶۱^{ns}	۴۲/۸۹^{ns}	۱۰۹/۴۱*	۳۳/۳۵**	۵۳۶۵/۰۳^{ns}	۳۷۹۱/۰۵^{ns}	۱۲۷۷۹/۰۳^{ns}	۵۰۰۹۱/۶۰**	۲۸۰۱۲/۰۴**
سال×تاریخ کاشت× رقم	۴	۴/۴۹**	۷/۱۶^{ns}	۷/۴۸*	۸/۷۸*	۲/۰۵^{ns}	۲۲۵۹/۳۳**	۱۰۰۷/۰۶^{ns}	۴۷۴۲/۵۸**	۳۰۷۹/۵۵^{ns}	۱۲۳۳/۶۳^{ns}
پاکلوبوترازول	۲	۶/۳۴^{ns}	۵/۷۸^{ns}	۰/۶۰^{ns}	۱۸۵/۰۲**	۱۸۲/۰۲**	۱۱۹۳/۵۸^{ns}	۱۲۱۷/۰۴^{ns}	۱۸۱/۵۸^{ns}	۹۲۵۸۶/۷۳**	۹۷۶۱۴/۳۴**
سال×پاکلوبوترازول	۲	۳/۷۲^{ns}	۰/۵۶^{ns}	۱/۴۹^{ns}	۱/۴۱^{ns}	۰/۱۷^{ns}	۵۵۷/۷۶^{ns}	۱۷۳/۸۹^{ns}	۸۵۲/۷۰^{ns}	۱۰۲۸/۵۰^{ns}	۱۹۶/۳۴^{ns}
تاریخ کاشت×پاکلوبوترازول	۴	۱/۵۲^{ns}	۳/۷۹^{ns}	۲/۰۶^{ns}	۱/۱۲^{ns}	۰/۸۰^{ns}	۲۶۰/۷۰^{ns}	۹۶۷/۴۹^{ns}	۶۴۴/۶۷^{ns}	۳۱۹/۰۸^{ns}	۳۴۱/۹۳^{ns}
سال×تاریخ کاشت ×پاکلوبوترازول	۴	۲/۰۶^{ns}	۰/۹۸^{ns}	۱/۴۷^{ns}	۰/۳۵^{ns}	۰/۶۲^{ns}	۴۵۵/۶۹^{ns}	۱۹۴/۰۴^{ns}	۵۰۵/۹۹^{ns}	۲۱۳/۳۹^{ns}	۲۰۸/۲۱^{ns}
رقم×پاکلوبوترازول	۴	۱/۶۶^{ns}	۳/۵۱^{ns}	۵/۸۶^{ns}	۴/۵۲^{ns}	۱/۵۶^{ns}	۳۳۲/۹۴^{ns}	۷۴۰/۷۳^{ns}	۱۴۰۷/۷۹^{ns}	۱۷۹۴/۵۹^{ns}	۶۸۱/۱۰^{ns}
سال×رقم×پاکلوبوترازول	۴	۱/۴۳^{ns}	۱/۹۱^{ns}	۱/۰۴^{ns}	۰/۹۹^{ns}	۱/۸۸^{ns}	۳۷۹/۰۸^{ns}	۴۸۷/۶۴^{ns}	۴۴۷/۶۹^{ns}	۴۹۳/۱۹^{ns}	۱۱۷۱/۰۲^{ns}
تاریخ کاشت×رقم×پاکلوبوترازول	۸	۰/۴۳^{ns}	۱/۸۲^{ns}	۱/۱۳^{ns}	۲/۵۸^{ns}	۰/۸۸^{ns}	۹۹/۸۳^{ns}	۳۶۸/۳۶^{ns}	۳۰۰/۱۴^{ns}	۱۱۸۴/۲۷^{ns}	۴۵۸/۴۷^{ns}
سال×تاریخ کاشت×رقم×پاکلوبوترازول	۸	۰/۸۸^{ns}	۲/۲۲^{ns}	۱/۹۴^{ns}	۲/۱۹^{ns}	۰/۶۱^{ns}	۲۶۳/۵۹^{ns}	۴۸۲/۶۱^{ns}	۶۸۷/۸۷^{ns}	۱۴۷۶/۱۸^{ns}	۴۰۲/۱۶^{ns}
خطای فرعی	۹۶	۱/۵۳	۲/۲۰	۳/۳۸	۳/۷۱	۱/۱۷	۲۹۴/۲۶	۵۳۶/۸۴	۹۹۳/۱۰	۱۸۴۴/۰۸	۶۰۲/۹۵
ضریب تغییرات (٪)	–	۱/۵	۱/۵	۱/۷	۱/۴	۴/۱	۱/۷۴	۲/۰	۲/۳	۲/۲	۴/۵

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و ns فاقد اختلاف معنی‌دار



شکل ۱. متوسط حداکثر و حداقل دما و مجموع بارش ماهانه در دوره رشد گندم در سال‌های زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ و ۰۱-۱۴۰۰ در ایذه

داد تفاوت معنی‌داری بین ارقام و تاریخ‌های کشت در ارتباط با این صفت مشاهده شد (جدول ۲). همچنین نتایج مقایسه میانگین نشان داد در تاریخ کاشت ۲۵ آبان به‌ترتیب به میزان ۹۷/۳ روز و ۱۱۶۷ درجه روز رشد بیشترین تعداد روز از کاشت و درجه روز رشد تا تورم غلاف برگ پرچم مشاهده شد. و کمترین میزان نیز در تاریخ کاشت ۱۵ دی (۷۳ روز و ۸۷۹ درجه روز رشد) و پس از آن در تاریخ کاشت ۲۰ آذر (۸۰ روز و ۹۰۳ درجه روز رشد) به‌دست آمد (جدول ۳). تعیین تاریخ کاشت مناسب به‌منظور به حداقل رساندن اثر تنش دمای بالا و دستیابی به عملکرد بالا امری ضروری است. رینولدز و همکاران (۳۵) نیز بیان کردند که کنترل مراحل فنولوژیکی گیاه توسط تاریخ کاشت مناسب برای فراهمی شرایط بهینه در دوره رشد و تسهیم تولیدات فتوسنتزی موضوع بسیار مهمی است. نتایج آزمایش حاضر نشان داد که با افزایش دما، طول دوره رشد گیاه کاهش یافت و این کاهش عمدتاً ناشی از کاهش طول دوره رشد از کاشت تا گلدهی بوده است. مشتطی و همکاران (۲۵) نیز گزارش کردند که تاخیر در تاریخ کاشت با کاهش طول دوره رویشی و زایشی از طریق تسریع آنها و کوتاهتر نمودن طول مراحل رشد و نموی منجر به کاهش عملکرد می‌شود. در ارقام مورد بررسی بیشترین میزان مربوط به رقم چمران۲ به میزان ۸۸ روز از کاشت و ۱۰۵۱ درجه روز رشد تا تورم غلاف برگ پرچم مشاهده شد و کمترین میزان نیز برای این صفت در رقم کریم به میزان ۷۸ روز از کاشت و ۹۱۷ درجه روز رشد به‌دست آمد (جدول۳). بین رقم چمران۲ و رقم کریم از مرحله کاشت تا تورم غلاف برگ پرچم ده روز اختلاف وجود داشت.

تعداد روز از کاشت و درجه روز رشد تا اواسط ظهور سنبله

تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد اثرات اصلی تاریخ کاشت و رقم بر تعداد روز از کاشت تا اواسط ظهور سنبله معنی‌دار بود ($P\leq 0/1$) (جدول ۲). نتایج نشان داد تفاوت معنی داری بین ارقام و تاریخ های کشت در ارتباط با این صفت مشاهده شد (جدول ۲). تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نیز نشان داد که اثر سال بر درجه روز رشد تا اواسط ظهور سنبله (خارج شدن نصف سنبله) در دو سال آزمایش دارای اختلاف آماری معنی‌دار بود، ولی سایر اثرات تیمارها بر درجه روز رشد تفاوت معنی‌دار نداشتند (جدول ۲). نتایج نشان داد که در تاریخ کاشت ۲۵ آبان ۱۱۴ روز از کاشت تا اواسط ظهور سنبله نیاز به گرمای دریافتی ۱۳۹۱ درجه روز رشد داشته است که بیشترین میزان در بین تاریخ کاشت های مورد بررسی به‌دست آمد و کمترین میزان نیز در تاریخ کاشت ۱۵ دی ماه به میزان ۸۵ روز از کاشت و گرمای دریافتی ۱۰۸۵ درجه روز رشد مشاهده شد (جدول ۳). گیاه برای رخداد هریک از مراحل رشد و نموی خود، مقدار مشخصی گرما دریافت می‌کند و میزان گرمای دریافتی در تاریخ کاشت‌ها و ارقام مختلف، متفاوت است. تفاوت درجه روز رشد دریافتی بین تاریخ کاشت اول

جدول ۳. مقایسه میانگین اثرات اصلی تاریخ کاشت، رقم و کاربرد پاکلوبوترازول بر صفات فنولوژیک

		روز تا تورم غلاف برگ پرچم	روز تا اواسط ظهور سنبله	روز تا گرده افشانی کامل	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	روز از گرده‌افشانی تا رسیدگی	درجه‌روز رشد تا تورم غلاف برگ پرچم	درجه روز رشد تا اواسط ظهور سنبله	درجه روز رشد تا گرده افشانی کامل	درجه روز رشد تا رسیدگی فیزیولوژیک	درجه روز رشد تا گرده افشانی تا رسیدگی
تاریخ کاشت	۲۵آبان	۹۷^{a}	۱۱۴^{a}	۱۲۶^{a}	۱۵۴^{a}	۲۸^{a}	۱۱۶۷^{a}	۱۳۹۱^{a}	۱۵۶۷^{a}	۲۱۲۹^{a}	۵۶۲^{a}
	۲۰ آذر	۸۰^{b}	۹۳^{b}	۱۰۶^{b}	۱۳۲^{b}	۲۶^{b}	۹۰۳^{b}	۱۰۷۶^{b}	۱۲۷۷^{b}	۱۸۰۸^{b}	۵۳۰^{a}
	۱۵ دی	۷۳^{c}	۸۵^{c}	۹۵^{c}	۱۲۰^{c}	۲۴^{c}	۸۷۹^{c}	۱۰۸۵^{b}	۱۲۸۷^{b}	۱۸۳۳^{b}	۵۴۶^{a}
	LSD	۲/۰	۳/۲	۱/۱	۱/۵	۱/۳	۱۴/۵	۱۰/۸	۵۸/۹	۵۰/۳	۳۹/۴
رقم	کریم	۷۸^{c}	۹۱^{c}	۱۰۴^{c}	۱۲۵^{c}	۲۱^{c}	۹۱۷^{c}	۱۰۸۹^{c}	۱۲۸۷^{c}	۱۶۹۵^{c}	۴۰۸^{c}
	مهرگان	۸۳^{b}	۹۷^{b}	۱۰۹^{b}	۱۳۵^{b}	۲۶^{b}	۹۸۰^{b}	۱۱۸۶^{b}	۱۳۷۰^{b}	۱۹۰۶^{b}	۵۳۵^{b}
	چمران ۲	۸۸^{a}	۱۰۳^{a}	۱۱۴^{a}	۱۴۶^{a}	۳۱^{a}	۱۰۵۱^{a}	۱۲۷۶^{a}	۱۴۷۴^{a}	۲۱۶۹^{a}	۶۹۴^{a}
	LSD	۰/۴	۳/۰	۰/۵	۳/۱	۲/۸	۳/۱	۵۸/۷	۳۹/۹	۶۹/۵	۵۴/۲
کاربرد پاکلوبوترازول	عدم مصرف	۸۳	۹۷	۱۰۹	۱۳۳^{b}	۲۴^{c}	۹۷۷	۱۱۷۸	۱۳۷۸	۱۸۷۶^{b}	۴۹۷^{b}
	۶۰ میلی‌گرم بر لیتر	۸۳	۹۷	۱۰۹	۱۳۶^{a}	۲۷^{b}	۹۸۵	۱۱۸۶	۱۳۷۸	۱۹۴۳^{a}	۵۶۴^{a}
	۱۲۰ میلی‌گرم بر لیتر	۸۳	۹۷	۱۰۹	۱۳۷^{a}	۲۷^{a}	۹۸۶	۱۱۸۷	۱۳۷۵	۱۹۵۱^{a}	۵۷۶^{a}
	LSD	۱/۶	۰/۶	۱/۰	۰/۹	۰/۳	۱۹/۵	۱۰/۹	۲۴/۱	۲۶/۵	۱۱/۶

در هر ستون و برای هر عامل، میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

این نشانه‌ای برای حساسیت ارقام دیررس‌تر به تنش گرما می‌باشد (۲۶). نتایج این محققان نشان داد که ارقام رصد و پارسی به‌ترتیب با ۷۰ و۴۷ روز بیشترین و کمترین تعداد روز تا ظهور سنبله را داشتند. به‌این‌ترتیب در شرایط تکمیل نیاز بهاره سازی اختلاف بین کمترین و بیشترین تعداد روز تا ظهور سنبله ارقام مختلف ۲۳ روز می‌باشد که این میزان اختلاف ذاتی روز تا ظهور سنبله با عدم تامین نیاز بهاره‌سازی می‌تواند تا ۲۷ روز در ارقام دارای نیاز سرمایی سبب تأخیر در نمو گیاه شود (۳۴ و ۱۶). محققان گزارش کردند هنگامی که ارقام زمستانه دماهای پائین موردنیاز را جهت بهاره شدن کسب نکرده بودند با تعداد ۱۹ برگ وارد مرحله زایشی شدند ولی با دریافت دماهای پایین موردنیاز بهاره شدن، در ۸ برگی وارد مرحله زایشی شدند. نتایج این محققان نشان داد بهاره شدن در طول روز ۸ ساعت بسیار سریعتر از طول روز ۱۶ ساعت در دمای ۸ درجه سانتیگراد رخ داد (۱۲).

تعداد روز از کاشت و درجه روز رشد تا گرده افشانی کامل

نتایج نشان داد اثرات اصلی تاریخ کاشت و رقم بر تعداد روز از کاشت و درجه روز رشد تا گرده افشانی کامل معنی‌دار بود ($P\leq$۰/۱) (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد در رقم چمران۲ بیشترین میزان تعداد روز (۱۱۴ روز از کاشت) و گرمای دریافتی ۱۴۷۴ درجه روز رشد از کاشت تا گرده افشانی کامل داشته است و کمترین میزان در رقم کریم به میزان ۱۰۴ روز از کاشت نیاز به گرمای دریافتی ۱۲۸۷ درجه روز رشد تا گرده افشانی کامل داشته است (جدول ۳). نتایج نشان داد تفاوت معنی داری بین ارقام و تاریخ های کشت در ارتباط با این صفت مشاهده شد (جدول۲). نتایج نشان داد که در تاریخ کاشت ۲۵ آبان ۱۲۶ روز از کاشت تا گرده افشانی کامل نیاز به گرمای دریافتی ۱۵۶۷ درجه روز رشد داشته است که بیشترین میزان در بین تاریخ کاشت‌های مورد بررسی به‌دست آمد و کمترین میزان نیز در تاریخ کاشت ۱۵ دی ماه به میزان ۹۵ روز از کاشت و گرمای دریافتی ۱۲۸۷ درجه روز رشد مشاهده شد (جدول ۳). با کاهش در طول دوره کاشت تا گرده افشانی کامل (۳۱ روز) در تاریخ کاشت ۱۵ دی در مقایسه با تاریخ کاشت ۲۵ آبان، طول دوره گرده افشانی کاهش یافت (جدول ۳). تاریخ کاشت مناسب برای به حداقل رساندن عوارض تنش گرمای انتهای فصل ضروری است (۵). دمای بالا درنتیجه تاخیر در تاریخ کاشت سبب تسریع در مراحلی نموی گیاه و درنتیجه کاهش طول دوره رشد می‌شود (۹ و ۲۳). ساسانی و همکاران (۳۹) نیز عنوان کردند که در کاشت هراکشت، تعداد روز تا ظهور اولین برگ، پنجه زنی، برجستگی ساده، دوگانه، سنبلچه انتهایی و ساقه‌دهی کاهش یافت. به‌نظر می‌رسد با کاهش در طول دوره رشد رویشی و درنتیجه کاهش در تولید سلول‌های آندوسپرمی و نیز آسمیلات‌های فتوسنتزی جهت تجمع در دانه‌ها، تعداد دانه‌ها کاهش می‌یابد و کاهش عملکرد زیستی و عملکرد دانه به دنبال آن امری بدیهی است.

مقایسه میانگین نشان داد در رقم چمران ۲ بیشترین میزان تعداد روز (۱۱۴ روز از کاشت) و گرمای دریافتی ۱۴۷۴ درجه روز رشد از کاشت تا گرده افشانی کامل را داشته است و کمترین میزان در رقم کریم به میزان ۱۰۴ روز از کاشت نیاز به گرمای دریافتی ۱۲۸۷ درجه روز رشد تا گرده افشانی کامل داشته است (جدول ۵). زودرس‌تر بودن رقم کریم نسبت به رقم مهرگان و رقم چمران ۲ سبب شد که طول دوره رشد کوتاهتر بوده و عملکرد کمتری در این رقم مشاهده شود. بر اساس نتایج به‌دست آمده، ارقام مورد بررسی در این آزمایش برای تکمیل مراحل رشد و نموی مختلف، نیازمند تعداد روز و درجه روز رشد متفاوت و معنی‌داری بودند. بلوم (۱۱) نیز بیان کرد که ارقامی که با زودرسی یا تنظیم مراحل فنولوژیکی خود، دوره پر شدن دانه را زودتر آغاز کنند و از برخورد با شرایط نامساعد محیطی دوری جویند، عملکرد بیشتری در شرایط تنش خواهند داشت.

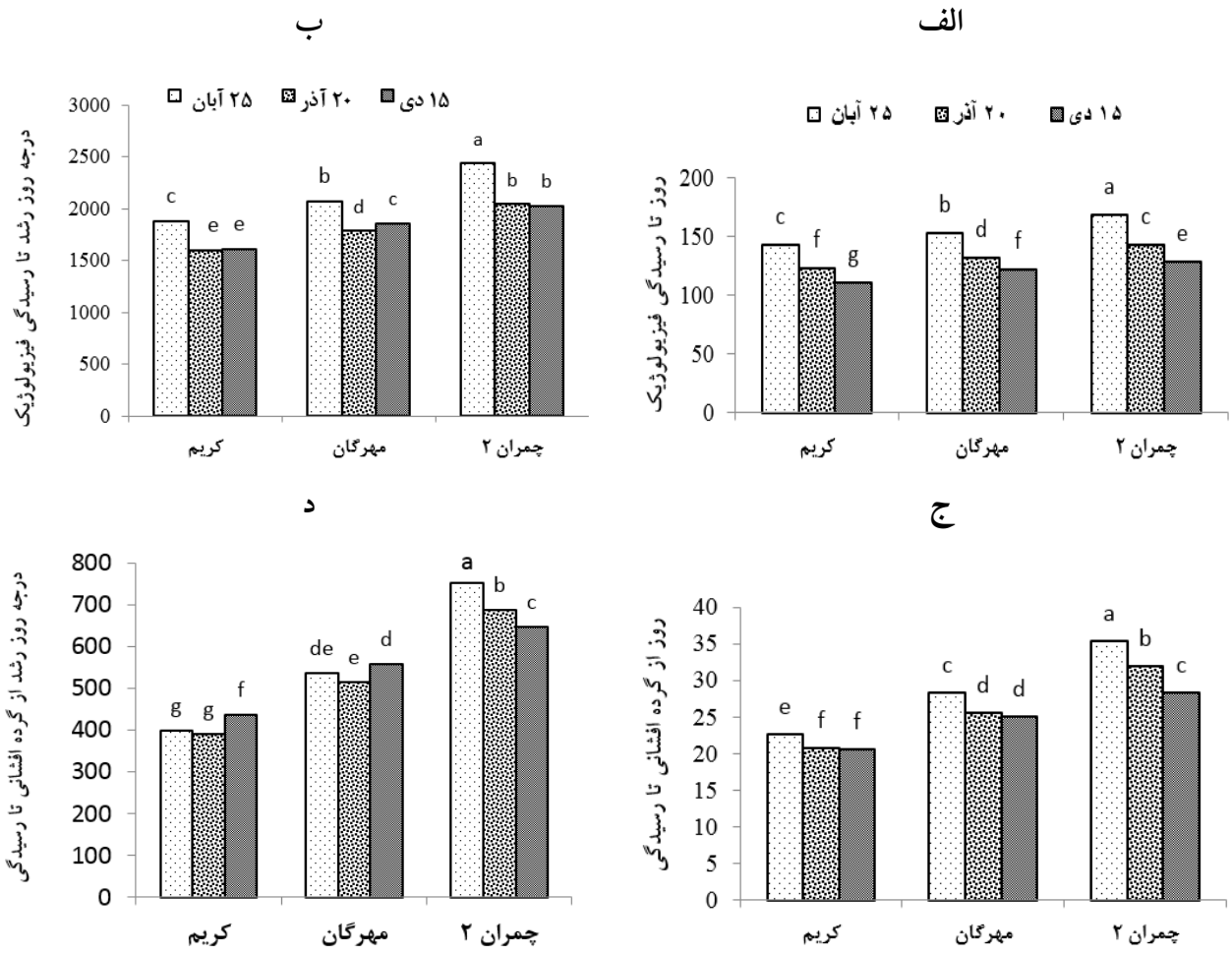
تعداد روز از کاشت و درجه روز رشد تا رسیدگی فیزیولوژیک

نتایج نشان داد اثرات اصلی تاریخ کاشت و رقم و اثر برهم‌کنش تاریخ کاشت × رقم بر تعداد روز از کاشت و درجه روز رشد تا رسیدگی فیزیولوژیک معنی‌دار بود ($P\leq$۰/۱) (جدول ۲). نتایج

مقایسه میانگین اثر تاریخ کاشت بر تعداد روز از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک نشان داد که در تاریخ کاشت ۲۵ آبان بیشترین و کمترین در تاریخ کاشت ۱۵ دی به‌دست آمد. نتایج مقایسه میانگین اثر رقم بر تعداد روز از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک نشان داد که در رقم چمران ۲ بیشترین و کمترین در رقم کریم به‌دست آمد. نتایج مقایسه میانگین اثر پاکلوبوترازول بر تعداد روز از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک نشان داد که در کاربرد پاکلوبوترازول در سطح ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر بیشترین و کمترین در سطح عدم کاربرد پاکلوبوترازول به‌دست آمد. نتایج مقایسه میانگین اثر تاریخ کاشت بر درجه روز از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک نشان داد که در تاریخ کاشت ۲۵ آبان بیشترین و کمترین در تاریخ کاشت ۱۵ دی به‌دست آمد. نتایج مقایسه میانگین اثر رقم بر درجه روز از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک نشان داد که در رقم چمران ۲ بیشترین و کمترین در رقم کریم به‌دست آمد (جدول ۳). نتایج نشان داد در تاریخ کاشت ۲۵ آبان و رقم چمران ۲ به میزان ۱۶۸ روز از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک نیاز به گرمای دریافتی ۲۴۳۷ درجه روز رشد داشته است (شکل ۲) و کمترین میزان نیز در تاریخ کاشت ۱۵ دی ماه و رقم کریم به میزان ۱۱۰ روز از کاشت و گرمای دریافتی ۱۶۱۲ درجه روز رشد مشاهده شد (شکل ۲). با تاخیر در تاریخ کاشت تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و درجه روز رشد مرتبط با آن‌ها کاهش داشت. تاریخ کاشت‌های ۲۵ آبان و ۲۰ آذر از اختلاف کمتری باهم برخوردار بودند. تغییر طول روز و تغییرات درجه روز رشد دریافتی در مراحل مختلف فنولوژیکی گیاه در اثر تأخیر در کاشت سبب کوتاهتر شدن مرحله رشد رویشی و زایشی در گیاه می‌شود. کوتاه شدن دوره رشد رویشی، کاهش اندام‌های هوایی و زیرزمینی گیاه را به‌دنبال خواهد داشت. با افزایش ناگهانی دما و درنتیجه افزایش درجه روز رشد دریافتی گیاه در مرحله زایشی نیز طول دوره ساقه‌دهی تا گرده‌افشانی و گرده‌افشانی تا رسیدگی کاهش می‌یابد که این مدت زمان ناکافی جهت دانه‌بندی و تجمع مواد فتوسنتزی در دانه به‌همراه ناتوانی گیاه در جذب تشعشع کافی به‌دلیل گسترش ناکافی سطح سبز، کاهش وزن دانه، تعداد دانه و درنهایت عملکرد دانه را در پی خواهد داشت (۱۰). ناظری (۲۸) بیان کرد که تعداد روز تا ظهور بساک، رسیدگی فیزیولوژیک، دوره پر شدن دانه، برجستگی دوگانه و سنبلچه انتهایی در شرایط تاخیر در کاشت، به طور معنی‌داری کاهش یافت.

تعداد روز و درجه روز رشد از گرده افشانی تا رسیدگی

نتایج نشان داد اثرات اصلی تاریخ کاشت و رقم و اثر متقابل تاریخ کاشت × رقم بر تعداد روز و درجه روز رشد از گرده افشانی تا رسیدگی معنی‌دار بود ($P\leq ۰/۱$) (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر تاریخ کاشت بر تعداد روز رشد از گرده-افشانی تا رسیدگی نشان داد که در تاریخ کاشت ۲۵ آبان بیشترین و کمترین در تاریخ کاشت ۱۵ دی به‌دست آمد. نتایج مقایسه میانگین اثر رقم تعداد روز رشد از گرده‌افشانی تا رسیدگی نشان داد که در رقم چمران ۲ بیشترین و کمترین در رقم کریم به‌دست آمد. نتایج مقایسه میانگین اثر رقم بر درجه روز رشد از گرده‌افشانی تا رسیدگی نشان داد که در رقم چمران ۲ بیشترین و کمترین در رقم کریم به‌دست آمد. نتایج مقایسه میانگین اثر پاکلوبوترازول بر درجه روز رشد از گرده‌افشانی تا رسیدگی نشان داد که با کاربرد پاکلوبوترازول در سطح ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر بیشترین و کمترین در سطح عدم کاربرد پاکلوبوترازول به‌دست آمد (جدول ۳). نتایج نشان داد در تاریخ کاشت ۲۵ آبان و رقم چمران ۲ به میزان ۳۵ روز از از گرده-افشانی تا رسیدگی نیاز به گرمای دریافتی ۷۵۱ درجه روز رشد داشته است (شکل ۲) و کمترین میزان نیز در تاریخ کاشت ۱۵ دی ماه و رقم کریم به میزان ۲۰ روز از گرده‌افشانی تا رسیدگی و گرمای دریافتی ۴۳۶ درجه روز رشد مشاهده شد (شکل ۲). با افزایش دمای محیط، مراحل فنولوژیکی گیاه دچار اختلال شده و تسریع یافته و عملکرد گیاه کاهش می‌یابد (۲۶)، از این-رو تعیین ارقامی که از لحاظ مراحل فنولوژیکی سازگار با محیط هستند به‌منظور دستیابی به حداکثر عملکرد حائز اهمیت است. در شهرستان ایذه (استان خوزستان) دوره پر شدن دانه در فروردین ماه تا اواسط اردیبهشت ماه رخ می‌دهد و بررسی



شکل ۲. تأثیر برهم‌کنش تاریخ کاشت و رقم بر روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (الف)، برهم‌کنش تاریخ کاشت و رقم بر درجه روز رشد تا رسیدگی فیزیولوژیک (ب) برهم‌کنش تاریخ کاشت و رقم بر روز از گرده افشانی تا رسیدگی (ج)، برهم‌کنش تاریخ کاشت و رقم بر درجه روز رشد از گرده‌افشانی تا رسیدگی (د)، میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

داده‌های هواشناسی (شکل ۱) نشان می‌دهد که در فروردین و اردیبهشت ماه درجه حرارت محیط افزایش قابل‌توجهی داشته است. اگرچه در میان مراحل فنولوژیکی، بیشترین میزان طول روز و گرمای دریافتی (درجه روز رشد) به رقم چمران ۲ اختصاص یافت بااین‌حال پژوهشگران پیشین نیز تاثیر دما بر زمان رخداد مراحل فنولوژیکی و فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیولوژیکی در گیاه را تایید کرده‌اند (۴۱ و ۴۹). در کشت دیرهنگام (۱۵ دی) به‌دلیل کوتاه‌تر شدن مرحله رشد رویشی، کاهش مواد فتوسنتزی ذخیره شده در ساقه و کاهش ارتفاع بوته، کاهش عملکرد دانه در مرحله پر شدن دانه رخ می‌دهد. نتایج به‌دست آمده در این مطالعه با یافته‌های فاتح و همکاران (۱۴) مطابقت داشت.

وزن هزار دانه

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد اثر سال × تاریخ کاشت × رقم × پاکلوبوترازول بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج نشان داد در هر دو سال بیشترین میزان وزن هزار دانه در تاریخ کاشت ۲۵ آبان در رقم کریم در سطح تیماری ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول (۴۶ و ۴۶ گرم) مشاهده شد (جدول ۵). کمترین میزان وزن هزار دانه در سال اول نیز در

جدول ۴. تجزیه واریانس مرکب اثر سال، تاریخ کاشت، رقم و کاربرد پاکلوبوترازول بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد زیستی	وزن هزار دانه	تعداد دانه در مترمربع
سال	۱	۵۷۱۴۹۱۱^{ns}	۴۱۱۵۳۰۴۱^{ns}	۰/۳۶^{ns}	۳۴۷۲/۲۲^{ns}
تکرار(سال)	۴	۴۱۲۶۵۰	۲۰۵۷۵۶۲	۰/۳۶	۱۶۸۶/۴۲
تاریخ کاشت	۲	۱۴۸۸۵۰۶۲**	۵۱۱۷۲۰۵۳^{ns}	۳۱۱/۱۷**	۲۳۸۹۳/۲۱**
سال×تاریخ کاشت	۲	۱۳۳۷۳۱^{ns}	۴۰۹۸۸۵۷^{ns}	۳/۷۲^{ns}	۱۱۲/۹۶^{ns}
خطای اصلی	۸	۲۷۴۲۴۳	۲۱۵۲۳۸۱	۳/۷۲	۵۷۳/۴۶
رقم	۲	۴۴۲۵۱۸۳^{ns}	۵۱۸۵۷۸۲۵^{ns}	۲۷۸/۵۰*	۳۸۱۹۵/۰۶*
سال×رقم	۲	۱۰۰۱۶۵۶^{ns}	۷۴۰۵۹۸۶^{ns}	۵/۸۱^{ns}	۶۰۰/۰۰^{ns}
رقم×تاریخ کاشت	۴	۸۱۴۶۳۶^{ns}	۲۶۶۵۱۶۴^{ns}	۵/۸۱^{ns}	۳۱۵۸/۹۵^{ns}
سال×تاریخ کاشت× رقم	۴	۲۲۳۶۷۴^{ns}	۱۳۸۷۰۰۲**	۷/۵۶*	۵۴۳/۵۳^{ns}
پاکلوبوترازول	۲	۲۷۲۸۸۷۲۸**	۱۹۰۱۹۰۴۷^{ns}	۵۴/۰۹*	۸۳۳۷۴/۶۹^{ns}
سال×پاکلوبوترازول	۲	۷۲۴۳۰^{ns}	۴۸۳۲۷۸۶^{ns}	۱/۰۰^{ns}	۵۴۰۵/۵۶^{ns}
تاریخ کاشت× پاکلوبوترازول	۴	۱۳۴۸۶۸۷**	۷۵۹۵۷۷۵^{ns}	۰/۹۶^{ns}	۲۴۶۳/۵۸*
سال×تاریخ کاشت×پاکلوبوترازول	۴	۸۴۶۱۸^{ns}	۱۴۱۶۶۹۴**	۱/۵۴^{ns}	۲۳۵/۱۸^{ns}
رقم×پاکلوبوترازول	۴	۱۶۵۲۶۱۵**	۴۷۲۱۰۷۸^{ns}	۲/۴۶^{ns}	۱۲۲۹۳/۲۱^{ns}
سال×رقم×پاکلوبوترازول	۴	۳۰۳۰۳^{ns}	۱۸۴۷۱۳۴**	۲/۱۲^{ns}	۵۰۰۵/۵۶*
تاریخ کاشت×رقم×پاکلوبوترازول	۸	۵۷۶۹۹۸*	۲۳۴۳۵۴۴**	۱/۸۰^{ns}	۸۶۲/۶۵^{ns}
سال×تاریخ کاشت×رقم×پاکلوبوترازول	۸	۱۰۹۴۹۹^{ns}	۲۳۷۰۰۵^{ns}	۱/۸۹**	۱۰۶۲/۹۶**
خطای فرعی	۹۶	۱۱۲۹۶۷	۷۲۵۲۷۶	۰/۶۹	۳۱۷/۳۶
ضریب تغییرات (درصد)		۶/۳	۵/۳	۲/۱	۴/۳

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و ns فاقد اختلاف معنی‌دار

جدول ۵. تأثیر برهم‌کنش تاریخ کاشت، رقم و کاربرد پاکلوبوترازول بر اجزای عملکرد

			وزن هزار دانه (گرم)		تعداد دانه در متر مربع	
			سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم
۲۵ آبان	چمران ۲	۰	۴۴/۴ b	۴۴/۵ b	۱۰۲۱۳ rst	۱۰۲۹۱ rst
		۶۰	۴۵/۵ ab	۴۵/۴ ab	۱۰۷۵۳ qr	۱۱۶۰۳ opq
		۱۲۰	۴۶/۳ a	۴۶/۲ a	۱۳۴۱۶ klm	۱۳۹۵۶ hijk
	مهرگان	۰	۳۸/۷ klmn	۴۰/۱ ghij	۱۳۹۹۶ hijk	۱۳۵۶۶ jkl
		۶۰	۴۰/۸ efg	۴۱/۲ efg	۱۶۳۳۳ fg	۱۸۳۷۸ ab
		۱۲۰	۴۱/۳ defg	۴۲/۷ c	۱۶۴۰۱ fg	۱۶۹۷۳ defg
	چمران ۲	۰	۴۰/۸ efgh	۴۰/۶ fghi	۱۲۲۸۳ nop	۱۴۷۳۰ hi
		۶۰	۴۱/۱ efg	۴۱/۲efg	۱۸۸۴۷a	۱۷۵۲۹bcde
		۱۲۰	۴۱/۳ defg	۴۰/۵fghi	۱۶۷۳۵defg	۱۸۰۴۵abc
۲۰ آذر	چمران ۲	۰	۴۲/۶cd	۴۰/۸ efgh	۹۱۲۶ u	۱۰۳۵۰rst
		۶۰	۴۳/۰ c	۴۲/۰ cde	۱۲۴۶۱ mnop	۱۳۱۱۹ klmn
		۱۲۰	۴۴/۶ b	۴۲/۹ c	۱۳۰۸۰ klmn	۱۴۹۴۵ h
	مهرگان	۰	۳۹/۱ lmnop	۳۷/۴ nopq	۱۳۱۷۷ klmn	۱۲۹۳۷ lmn
		۶۰	۳۹/۲ jklm	۳۸/۳ klmno	۱۶۱۷۸ g	۱۶۴۹۵ fg
		۱۲۰	۳۹/۷ hijk	۳۹/۳ ijkl	۱۴۴۴۱ hij	۱۶۹۲۹ defg
	چمران ۲	۰	۳۵/۹ rst	۳۶/۹ pqr	۱۱۴۶۰ pq	۱۲۵۰۶ mno
		۶۰	۳۸/۱ lmnop	۳۷/۹ mnopq	۱۶۵۵۸ efg	۱۷۲۱۸ cdef
		۱۲۰	۳۹/۱۱ jklm	۳۸/۵ klmn	۱۴۵۵۰ hij	۱۷۶۳۵ bcd
۱۵ دی	چمران ۲	۰	۳۶/۷ qrs	۳۸/۲klmnop	۷۹۷۸v	۹۴۶۶tu
		۶۰	۴۰/۳ ghij	۳۹/۱ jklm	۱۰۶۹۲ qrs	۱۱۵۳۸ opq
		۱۲۰	۴۱/۸ cdef	۴۰/۸ efg	۱۰۶۳۷ qrs	۱۱۵۹۴ opq
	مهرگان	۰	۳۶/۶ qrs	۳۳/۸u	۱۰۹۱۰qr	۹۹۹۹rstu
		۶۰	۳۷/۷ nioq	۳۵/۰ tu	۱۳۷۱۸ jkl	۱۳۷۰۱ jkl
		۱۲۰	۳۷/۱ opqr	۳۸/۳ lmno	۱۲۴۰۹ mnop	۱۴۰۶۰ hijk
	چمران ۲	۰	۳۶/۰۴ rst	۳۷/۰۸ opqr	۹۷۳۱ stu	۱۰۱۳۵ rstu
		۶۰	۳۵/۷۳ st	۳۷/۹۲ mnopq	۱۳۸۴۷ ijkl	۱۳۳۳۵ klm
		۱۲۰	۳۵/۷۳ st	۳۹/۱۳ jklm	۱۱۵۴۴ opq	۱۳۲۶۷ klmn

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون L.S. Means در سطح احتمال پنج درصد

رقم چمران ۲ (۳۵ گرم) در شرایط مصرف ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول در تاریخ کاشت ۱۵ دی مشاهده شد (جدول ۵). در تاریخ کاشت تاخیری، در سطح مصرف ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول بین دو رقم چمران ۲ و مهرگان تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۵). نتایج نشان داد در سال اول با تاخیر در کاشت در رقم چمران ۲ و مهرگان با مصرف سطوح مختلفی از پاکلوبوترازول وزن هزار دانه اگرچه اختلاف معنی‌داری داشت ولی نسبت به تاریخ کاشت ۲۵ آبان ماه وزن هزار دانه بسیار کمتری داشت. اما در سال دوم وزن هزار دانه در تاریخ کاشت تاخیری و مصرف ۶۰ میلی گرم در لیتر پاکلوبوترازول در رقم مهرگان کمترین وزن هزار دانه به میزان ۳۵ گرم به‌دست آمد (جدول ۵). همبستگی معنی‌دار ضعیفی بین وزن هزار دانه با عملکرد دانه (r=۰/۲۹۷**) در تاریخ کاشت دی ماه معنی‌دار مشاهده شد ولی در تاریخ کاشت آبان و آذرماه همبستگی معنی‌دار مشاهده نشد (جدول ۶). با افزایش دما در مراحل پایانی رشد گیاه، چرخه رشد گیاه مختل

جدول ۶. همبستگی وزن هزار دانه، تعداد دانه در مترمربع و درجه روز رشد از گرده افشانی تا رسیدگی با عملکرد دانه

	عملکرد دانه		
	۲۵ آبان	۲۰ آذر	۱۵ دی
وزن هزار دانه	ns۰/۲۳۷	ns۰/۰۰۰	۰/۲۹۷**
تعداد دانه در متر مربع	۰/۷۴۱**	۰/۸۱۹**	۰/۴۴۱**
درجه روز رشد از گرده افشانی تا رسیدگی	۰/۵۱۲**	۰/۵۰۱**	۰/۳۱۳**

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و ns: فاقد اختلاف معنی‌دار

پاکلوبوترازول از طریق افزایش طول عمر برگ ها و متعاقب آن دوام سطح فتوسنتز کننده در مرحله پس از گرده‌افشانی و همچنین افزایش طول دوره پر شدن دانه، ساخت مواد لازم جهت عملکرد اقتصادی را افزایش داده و از این طریق وزن دانه‌ها نیز افزایش یافت (۹ و ۳۰).

تعداد دانه در متر مربع

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد اثر سال × تاریخ کاشت × رقم × پاکلوبوترازول بر تعداد دانه در مترمربع دارای اختلاف آماری معنی‌دار بودند (جدول ۴). در هر دو سال بیشترین میزان تعداد دانه در مترمربع در تاریخ کاشت ۲۵ آبان در رقم چمران۲ در سطوح تیماری ۶۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول (۱۸۸۴۷) مشاهده شد (جدول ۵). کمترین میزان تعداد دانه در مترمربع در سال اول در رقم کریم (۷۹۷۸) و عدم مصرف پاکلوبوترازول در تاریخ کاشت ۱۵ دی مشاهده شد و در سال دوم نیز در تاریخ کاشت ۲۰ آذر و عدم مصرف پاکلوبوترازول و رقم کریم به میزان ۹۴۶۶ مشاهده شد (جدول ۵). بیشترین همبستگی بین تعداد دانه در مترمربع با عملکرد دانه معنی‌دار (r=۰/۸۱۹**) مشاهده شد (جدول ۶). مخزن قوی‌تر از طریق افزایش تعداد دانه در سنبله را عامل اصلی بیشتر در ارقام پرمحصول دانستند، که با تاخیر در کاشت، ژنوتیپ‌هایی که بیشترین درصد کاهش تعداد دانه در سنبله را داشتند از بیشترین کاهش عملکرد دانه برخوردار بودند (۲۴). در تاریخ کاشت تاخیری، در سطح مصرف ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول بین دو رقم چمران ۲ و مهرگان تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۵). تغییر طول روز و تغییرات درجه روز رشد دریافتی در مراحل مختلف گیاه در اثر تأخیر در کاشت سبب کوتاهتر شدن مرحله رشد رویشی و زایشی در گیاه می‌شود. مجتبایی زمانی و همکاران (۲۳) و نوریانی (۲۹) نیز در تحقیقات خود به نتایج مشابهی دست یافتند. ساسانی و همکاران (۳۹) نیز عنوان کردند که در کاشت هراکش، تعداد روز تا ظهور اولی برگ، پنجه‌زنی، برجستگی ساده، دوگانه، سنبلچه انتهایی و ساقه‌دهی کاهش یافتند. به‌نظر می‌رسد با کاهش در طول دوره رشد رویشی و درنتیجه کاهش در تولید سلول‌های آندوسپرمی و نیز آسمیلات‌های فتوسنتزی جهت تجمع در دانه‌ها، تعداد دانه‌ها کاهش می‌یابند و کاهش عملکرد زیستی و عملکرد دانه به‌دنبال آن امری بدیهی است. نتایج رحیمی و همکاران (۳۲) با نتایج این پژوهش مطابقت داشت. محققان دریافتند که پاکلوبوترازول با بالا بردن غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی و پروتئین‌های محلول در واحد سطح برگ و هدایت تولیدات فتوسنتزی به سمت مخزن و از سوی دیگر، با افزایش شاخص سطح برگ و دوام سطح برگ، منجر به افزایش دریافت نور و تقویت سیستم فتوسنتزی شده و در نهایت سبب افزایش تعداد دانه در بوته می‌شود (۶ و ۱۹).

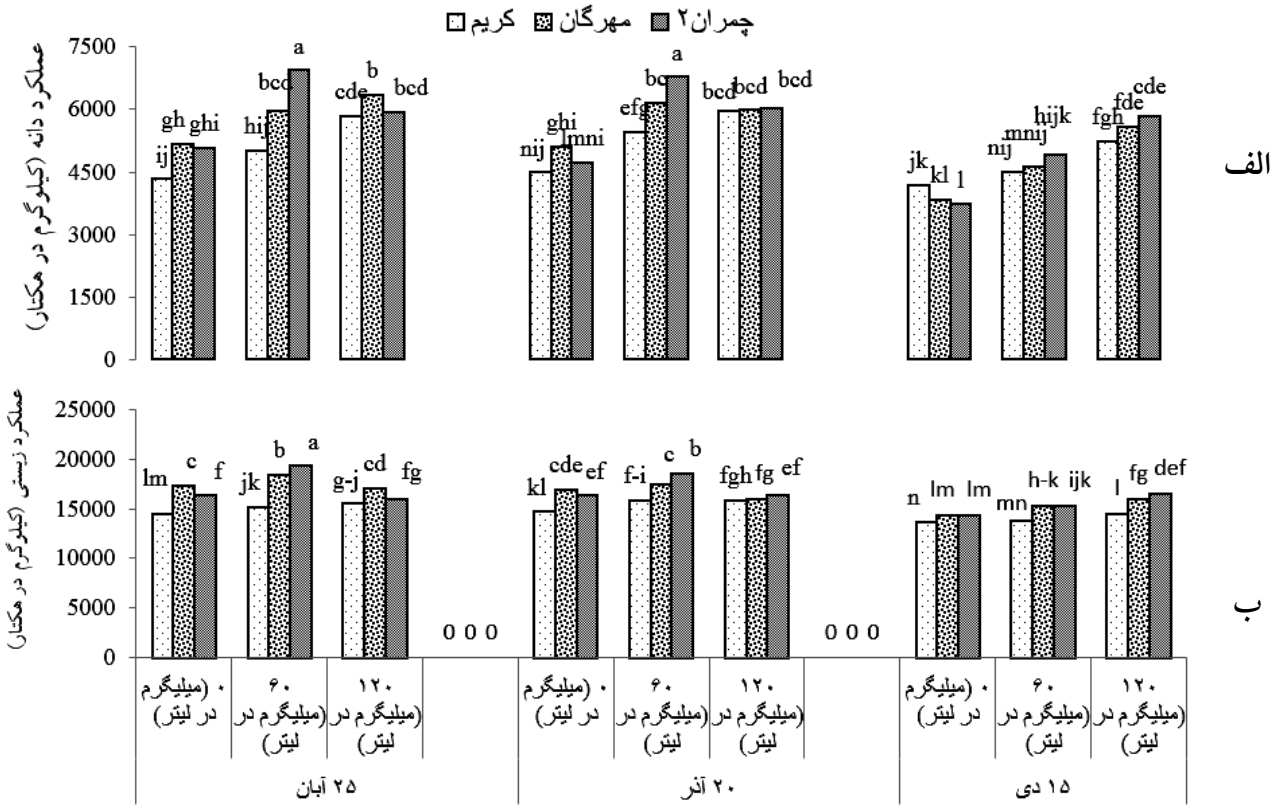
عملکرد زیستی

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد از نظر عملکرد زیستی اثر سال × تاریخ کاشت × رقم، سال × تاریخ کاشت ×

پاکلوبوترازول، سال × رقم × پاکلوبوترازول و تاریخ کاشت × رقم × پاکلوبوترازول بر عملکرد زیستی دارای اختلاف آماری معنی‌دار بودند($P\leq$۰/۱) (جدول ۲). بیشترین میزان عملکرد زیستی در دو تاریخ کاشت ۲۵ آبان در رقم چمران ۲ در سطح تیماری ۶۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول (۱۹۲۹۸ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد (شکل ۳). کمترین میزان عملکرد زیستی نیز به رقم کریم (۱۳۶۵۶ کیلوگرم در هکتار) در شرایط عدم مصرف پاکلوبوترازول در تاریخ کاشت ۱۵ دی تعلق داشت (شکل ۳). در هر سه تاریخ کاشت مورد بررسی، رقم کریم در مقایسه با دو رقم دیگر در شرایط کاربرد پاکلوبوترازول دارای عملکرد زیستی کمتری بود (شکل ۳). در تاریخ کاشت تاخیری، در سطح مصرف ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول بین دو رقم چمران۲ و مهرگان تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده شد (شکل ۳). در تاریخ کاشت ۱۵ دی، عملکرد زیستی رقم چمران ۲ با مصرف ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول نسبت به عدم مصرف آن، در حدود ۲۰ درصد، نسبت به رقم مهرگان ۱۴/۵ درصد و نسبت به رقم کریم در حدود ۱۵ درصد افزایش یافت (شکل ۳).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سال تاریخ کاشت در پاکلوبوترازول، سال اول در تاریخ کاشت ۲۰ آذر با کاربرد پاکلوبوترازول ۶۰ میلی‌گرم در لیتر از بیشترین عملکرد زیستی (۱۷۵۲۲ کیلوگرم در هکتار) و در سال دوم در تاریخ کاشت ۲۵ آبان با کاربرد پاکلوبوترازول ۶۰ میلی‌گرم در لیتر از بیشترین عملکرد زیستی ۱۸۰۱۹ کیلوگرم در هکتار) برخوردار بود و کمترین عملکرد زیستی در هر دو سال در رقم کریم به شرایط عدم کاربرد پاکلوبوترازول تعلق داشت (شکل ۴) بین ارقام مورد بررسی واکنش مثبت رقم چمران۲ به کاربرد پاکلوبوترازول بیشتر از سایر ارقام بود. بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سال در رقم در پاکلوبوترازول، در سال اول و دوم رقم چمران۲ با کاربرد پاکلوبوترازول ۶۰ میلی‌گرم در لیتر از بیشترین عملکرد زیستی (به‌ترتیب ۱۷۳۴۳ و ۱۸۰۴۰ کیلوگرم در هکتار) برخوردار بود و کمترین عملکرد زیستی در هر دو سال در تاریخ کاشت ۱۵ دی در شرایط عدم کاربرد پاکلوبوترازول تعلق داشت (شکل ۳). برازش رابطه متقابل تاریخ کاشت در رقم در کاربرد پاکلوبوترازول نشان داد، روند تغییرات عملکرد بیولوژیکی در هر سه تاریخ کاشت در رقم کریم یک روند صعودی بود و در دو تاریخ کاشت ۲۵ آبان و ۲۰ آذر با ضریب رگرسیونی (به‌ترتیب ۹/۰۱ و ۹/۷۷) از شیب تغییرات بیشتری نسبت به رقم مهرگان و چمران۲ در شرایط کاربرد پاکلوبوترازول (۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر) برخوردار بود. در دو تاریخ کاشت ۲۵ آبان و ۲۰ آذر واکنش دو رقم مهرگان و چمران ۲ تا کاربرد پاکلوبوترازول در سطح ۶۰ میلی‌گرم در لیتر مثبت بوده و با افزایش کاربرد پاکلوبوترازول (۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر) هر دو رقم مهرگان و چمران ۲ واکنش منفی به افزایش غلظت پاکلوبوترازول نشان دادند. در این دو رقم افزایش کاربرد پاکلوبوترازول تا غلظت ۶۰ میلی‌گرم در لیتر سبب افزایش عملکرد زیستی شد و افزایش بیشتر کاربرد پاکلوبوترازول (۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر) سبب کاهش این صفت شد (شکل ۳)

با کاشت به موقع، گیاه پیش از برخورد با افزایش ناگهانی دما به‌خوبی رشد کرده و رشد زایشی خود را آغاز نموده، درنتیجه احتمال برخورد گرما با مرحله گلدهی کاهش می‌یابد. تأخیر از تاریخ مناسب کاشت موجب کاهش طول دوره رشد رویشی، تعداد برگ، تولید مواد فتوسنتزی برای رشد رویشی، وزن خشک کل و عملکرد بهینه می‌شود. نتایج به‌دست آمده با یافته‌های تحقیقات ساین و همکاران (۴۲) که گزارش کردند که تولید ماده خشک تحت کشت تاخیری کاهش می‌یابد، مشابهت داشت. تسریع در رشد در کشت دیرهنگام نیز از طریق کاهش در اندام‌های هوایی گندم سبب کاهش عملکرد زیستی می‌شود. نتایج این پژوهش با یافته‌های پرادهان و همکاران (۳۱) مطابقت نشان داد. کاشت زودهنگام سبب رشد رویشی زیاد، هدررفت رطوبت خاک و حساسیت گیاه به سرمای زمستان خواهد شد. از سوی دیگر در کشت دیر هنگام، دمای پایین خاک و احتمال رخداد سرمازدگی مریستم انتهایی نمویافته، موجب حذف پنجه‌های بارور و درنتیجه کاهش عملکرد زیستی می‌شود (۲۸). دستا و آمر(۱۳) نیز افزایش عملکرد زیستی گندم در اثر کاربرد

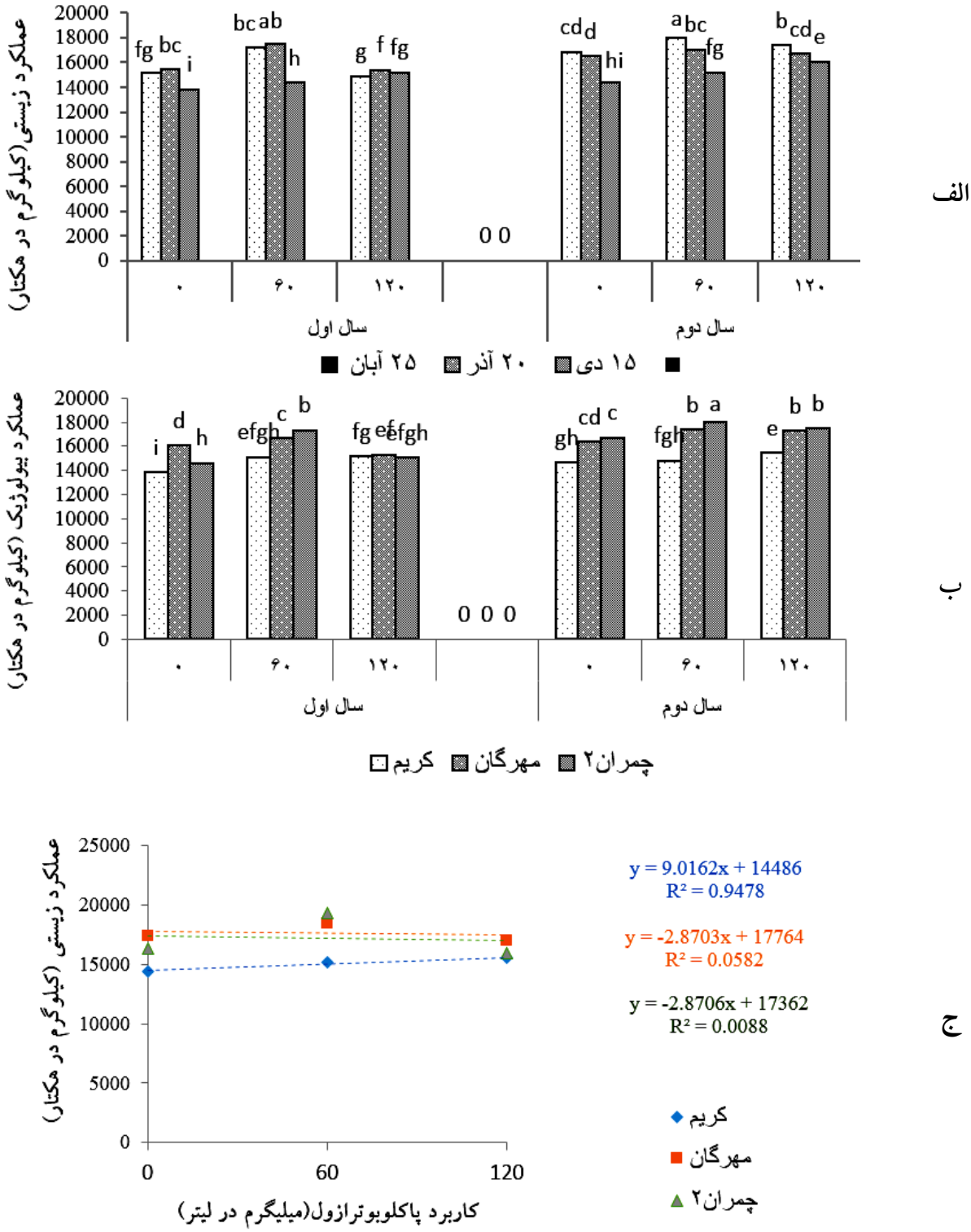


شکل ۳. تأثیر برهم‌کنش تاریخ کاشت، رقم و کاربرد پاکلوبوترازول بر عملکرد دانه(الف) و عملکرد زیستی(ب)
میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

پاکلوبوترازول و اثر تعدیل‌کنندگی این تنظیم کننده رشد در شرایط وقوع تنش‌های محیطی را بیان کردند. شکاری و همکاران (۴۰) و نوریانی (۳۰) دریافت که تنظیم کننده رشد پاکلوبوترازول با بالا بردن غلظت کلروفیل، محتوای کارتنوئید و پروتئین‌های محلول در واحد سطح برگ و هدایت تولیدات فتوسنتزی به سمت مخزن و از سوی دیگر با افزایش شاخص سطح برگ و دوام سطح برگ که منجر به افزایش دریافت نور و تقویت دستگاه فتوسنتزی گیاه می‌شود، باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود.

عملکرد دانه

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد برهم‌کنش سه گانه تاریخ کاشت× رقم× پاکلوبوترازول بر عملکرد دانه دارای اختلاف آماری معنی‌دار بود (جدول ۴). بیشترین عملکرد دانه در دو تاریخ کاشت ۲۵ آبان و ۲۰ آذر در رقم چمران ۲ در سطح تیماری ۶۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول (به‌ترتیب ۶۹۴۰ و ۶۷۷۹ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد (شکل ۳). در تاریخ کاشت آبان و آذر با تنش بخصوص گرمایی مواجه نبود کاربرد ۱۲۰ میلی‌گرم پاکلوبوترازول اثر منفی داشته و کاربرد ۶۰ میلی-گرم پاکلوبوترازول اثر مثبت داشته، ولی در تاریخ کاشت دی (تاخیری)، با تنش گرما مواجه بوده کاربرد ۱۲۰ میلی‌گرم پاکلوبوترازول دارای اثر مثبت بوده است که نشان‌دهنده‌ی تاثیر مثبت پاکلوبوترازول در شرایط تنش می باشد (شکل ۳). کمترین میزان عملکرد دانه نیز به رقم چمران۲ (۳۷۲۸ کیلوگرم در هکتار) و پس از آن به رقم مهرگان (۳۸۲۹ کیلوگرم در هکتار) در شرایط عدم مصرف پاکلوبوترازول در تاریخ کاشت



شکل ۴. تاثیر برهم‌کنش سال، تاریخ کاشت، پاکلوبوترازول (الف). سال، رقم، پاکلوبوترازول (ب). رقم در پاکلوبوترازول (ج) بر عملکرد زیستی میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

۱۵ دی تعلق داشت (شکل ۳). در هر سه تاریخ کاشت مورد بررسی، رقم کریم در مقایسه با دو رقم دیگر در شرایط کاربرد پاکلوبوترازول دارای عملکرد دانه کمتری بود (شکل ۳). در تاریخ کاشت تاخیری، در سطح مصرف ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول بین دو رقم چمران۲ و مهرگان تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده شد، ولی عملکرد دانه چمران۲ بالاتر از رقم مهرگان بود (شکل ۳). در تاریخ کاشت ۱۵ دی، عملکرد دانه رقم چمران۲ با مصرف ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول نسبت به عدم مصرف آن، در حدود ۳۶ درصد، رقم مهرگان ۳۲ درصد و رقم کریم ۲۰ درصد افزایش یافت (شکل ۳). بیشتر بودن میزان عملکرد دانه در تاریخ کاشت ۲۵ آبان و ۲۰ آذر ماه نشانگر این موضوع است که رشد مطلوب گیاه قبل از شروع گرما صورت گرفته است. درحالی‌که در تاریخ کاشت ۱۵ دی ماه به‌دلیل کوتاه بودن دوره رشد گیاه پیش از شروع گرما، رشد گیاهان مناسب نبوده است و به‌دلیل اختلال در عمل فتوسنتز و تولید فرآورده‌های فتوسنتزی، گیاه با کاهش عملکرد مواجه می-شود (۷ و ۲۱). در تاریخ کاشت سوم، افزایش طول روز به-همراه افزایش درجه حرارت، موجب تسریع نمو و کاهش طول مراحل نموی می‌شود (۲۰ و ۳۶)، به همین دلیل کاهش جذب تشعشعات در طول فصل رشد گیاه را در پی دارد که منجر به کاهش تولیدات فتوسنتزی می‌شود (۵ و ۱۷). از سوی دیگر، در این تاریخ کاشت به‌دلیل کاهش درجه حرارت، در زمان جوانه زنی و سبز شدن بوته ها و افزایش طول روز در ادامه فصل رشد، طول دوره رشد رویشی از سبز شدن تا شروع فاز زایشی بیشتر کاهش می یابد. نتایج این پژوهش حاکی از کاهش تعداد روز از کاشت تا غلاف رفتن در تاریخ کاشت تاخیری است. افزایش عملکرد دانه با کاربرد پاکلوبوترازول توسط سایر محققین نیز به اثبات رسیده است (۱۹ و ۴۴). دلیل افزایش عملکرد دانه در شرایط مصرف پاکلوبوترازول را می‌توان به تغییر در پوشش کانوپی و درنتیجه توان جذب بیشتر تشعشعات خورشید برای فتوسنتز بهتر ساقه و برگ‌ها دانست. علاوه بر این، پاکلوبوترازول موجب تولید برگ‌های نزدیک‌تر به هم با رنگ سبز تیره و دارای دوام بیشتر می‌شود (۱۸ و ۴۳). خنداکر و همکاران (۱۹) بیان کردند در شرایط مصرف پاکلوبوترازول با پایداری رنگریزه‌های فتوسنتزی و کند شدن روند پیری برگ ها، که از طریق افزایش دوره پرشدن دانه و رسیدگی رخ می‌دهد، امکان استفاده بیشتر از دخایر ساقه میسر می شود و به دنبال آن عملکرد افزایش یافته و زمان برداشت (روز تا رسیدگی فیزیولوژیک) به تاخیر می افتد.

نتیجه‌گیری کلی

تاخیر در تاریخ کاشت و درنتیجه افزایش دمای محیط سبب کاهش تعداد روز لازم برای طی شدن مراحل مختلف کشت شد. کشت در تاریخ کاشت دیرهنگام اگرچه طول مراحل زایشی را کاهش می‌دهد و گیاه زودرس‌تر می‌شود ولی به‌علت کوتاه‌تر شدن فاصله بین گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک موجب کوتاه شدن دوره پر شدن دانه و درنتیجه کاهش عملکرد دانه می‌شود. به‌طورکلی بین رقم چمران ۲ و رقم کریم در تمام مراحل فنولوژیکی مورد بررسی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. این نتایج نشان می دهد که رقم چمران ۲ سیکل طبیعی خود را برای رشد در مراحل مختلف فنولوژیکی طی می کند این در حالی است که رقم کریم به‌دلیل تغییرات درجه حرارت این سیکل در حال زودرس‌تر شدن هست. به عبارت دیگر رقم چمران ۲ مناسب منطقه می باشد که با شرایط آب و هوایی ایذه سازگار می باشد و رقم کریم به‌دلیل تیپ رشدی متفاوت در منطقه مورد مطالعه پاسخ قابل قبولی از دیدگاه فنولوژیکی و عملکردی نداشته است. با توجه به نتایج عملکرد دانه، رقم چمران ۲ در تاریخ کاشت ۲۵ آبان و ۲۰ آذر در شرایط کاربرد ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر پاکلوبوترازول دارای بیشترین میزان عملکرد دانه بودند. با تاخیر در کاشت رقم چمران ۲ با مصرف ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول، بیشترین میزان عملکرد دانه را نشان داد. این موضوع نشان می‌دهد که مصرف ۱۲۰ میلی‌گرم بر لیتر پاکلوبوترازول می‌تواند اثر منفی تاخیر در تاریخ کاشت بر عملکرد را تعدیل نماید. در هر سه تاریخ کاشت، طول دوره

رشد و درجه روز رشد دریافتی با عملکرد دانه ارتباط مثبتی داشتند و افزایش در طول دوره رشد و گرمای دریافتی سبب افزایش عملکرد دانه می‌شود. از لحاظ درجه روز رشد دریافتی، تاریخ کاشت ۲۵ آبان دارای بالاترین میزان بود که اختلاف آماری معنی‌داری با سایر تاریخ کاشت‌ها داشت.

منابع مورد استفاده

1. Al-Otayk, S. M. 2010. Performance of yield and stability of wheat genotypes under high stress environments of the central region of Saudi Arabia. *Meterological, Environmental and Arid Land Agricaltural Science* 21: 81-92.
2. Amiri, A., A. Bahrani, A. Khorsand and M. Hagh Joo. 2016. Evaluating AquaCrop model performance to predict grain yield and wheat biomass, under water stress. *Water and Soil Science* 25: 217-229. (In Farsi).
3. Amiri, E., A. Bahrani, S. Irmak and N. Mohammadiyan Roshan. 2022. Evaluation of irrigation scheduling and yield response for wheat cultivars using AquaCrop model in an arid climate. *Water Supply* 22: 602-614.
4. 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.
5. Ashena, M., M. Kafi, A. Jafarnezhad and H. R. Sharifi, 2016. Evaluation of planting date and nitrogen effects on the development stages of wheat cultivars and their relationship with yield and yield components in Nishabur. *Journal of Crop Production* 8: 143-162. (In Farsi).
6. Bahrani, A. and M. Haghjo. 2016. Effect of planting date on grain yield and yield components of three winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) cultivars in Fars province. *Journal of Plant Ecophysiology* 8: 182-192. (In Farsi).
7. Barnabas, B., K. Jager and A. Feher. 2008. The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. *Plant, Cell and Environment* 31: 11-38.
8. Baygi, Z., S. Seifzadeh, A. H. Shirani Rad, S. A. Valadabadi and A. Jafarinejad. 2018. Seed yield and yield components of some spring wheat varieties affected by different dates in Neishabour. *Journal of Crop Ecophysiology* 11: 905-920. (In Farsi).
9. Berova, M., Z. Zlatev and N. Stoeva. 2002. Effect of paclobutrazol on wheat seedlings under low temperature stress. *Bulgarian Journal of Plant Physiology* 28: 75-84.
10. Bijand, A., M. Kafi and H. R. Sharifi. 2017. Management of developmental stages of six wheat varieties by changing planting dates and nitrogen fertilizer levels in the Rokh Cold Plain of Khorasan Razavi. *Cereal Research* 6: 477-488. (In Farsi)
11. Blum, A. 2005. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential: Are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? *Australian Journal of Agricultural Research* 56: 1159-1168
12. Brooking, I. R. and P. D. Jamieson. 2002. Temperature and photoperiod response of vernalization in near-isogenic lines of wheat. *Field Crops Research* 79: 21-38.
13. Desta, B. and G. Amare. 2021. Paclobutrazol as a plant growth regulator. *Chemical and Biological Technologies in Aagriculture* 8: 1-15.
14. Fateh, Sh., A. Rasouli, B. Sari Saraf and Gh. A. Kamali. 2016. Study on GDD for wheat growing season period in Iran. *Journal of Climate Research* 27: 1-9. (In Farsi).
15. Ghanbari, A., H. Roshani and A. Tavassoli. 2012. Effect of sowing date on some agronomic characteristics and seed yield of winter wheat cultivars. *Journal of Crops Ecophysiology* 6: 127-144. (In Farsi)
16. Jafarnezhad, A. H. M. A. D. 2009. Determination of optimum sowing date for bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars with different flowering habits in Neishabour. *Seed and plant production Journal* 25: 117-135.
17. Jagadish, K. S., K. Kishor, B. Polavarapu, R. N. Bahuguna, N. Wirén and N. Sreenivasulu. 2015. Staying alive or going to die during terminal senescence—an enigma surrounding yield stability. *Frontiers in Plant Science* 6: 1070.
18. Kamran, M., S. Wennan, I. Ahmad, M. Xiangping, C. Wenwen, Z. Xudong and L. Tiening. 2018. Application of paclobutrazol affect maize grain yield by regulating root morphological and physiological characteristics under a semi-arid region. *Scientific Reports* 18: 1-15.
19. Khandaker, M. M., M. Syafiq, M. D. Abdulrahman, K. S. Mohd, N. Yusoff, M. H. Sajili and N. A. Badaluddin. 2020. Research article influence of paclobutrazol on growth, yield and quality of eggplant (*Solanum melongena*). *Asian Journal of Plant Sciences* 19: 361-371.
20. McAinsh, M. R. and J. E. Taylor. 2017. Stomata. *Encyclopedia of Applied Plant Sciences,* 1: 128-134.
21. Modarresi, M., V. Mohammadi, A. Zali and M. Mardi. 2010. Response of wheat yield and yield related traits to high

temperature. *Cereal Research Communications* 38: 23-31.
22. Modhej, A., B. Farhoudi and A. Afrous. 2015. Effect of post-anthesis heat stress on grain yield of barley, durum and bread wheat genotypes. *Journal of Scientific Research and Development* 2: 127-131.
23. Mojtabaie Zamani, M., M. Nabipour and M. Meskarbashee. 2015. Responses of bread wheat genotypes to heat stress during grain filling period under Ahvaz conditions. *Plant Productions* 37: 119-130.
24. Mombeini, M., S. A. Siadat, Sh. Lak and A. A. Gilani. 2014. Physiological responses to heat stress in rice (*Oryza Sativa*. L): I. Nitrogen status, chlorophyll content and cell membrance thermal stability (CMTS) of flag leaf. *Advances in Environmental Biology* 8: 1420-1430.
25. Moshatati, A., S. A. Siadat, A. Bakhshandeh and M. R. Jalal-Kamali. 2018. The effect of growth and development periods on grain yield of spring bread wheat under terminal heat stress in Ahwaz. *Environmental Stresses in Crop Sciences* 11: 197-209. (In Farsi).
26. Musavi, S. F., M. R. Siahpoosh and K. Sorkheh. 2021. Influence of sowing date and terminal heat stress on phenological features and yield components of bread wheat genotypes. *Journal of Plant Production* 44: 157-170. (In Farsi).
27. Naderi, A. 2013. Efficiency of heat unit and accumulative growing degree-day phonological stages and their relation with grain yield of wheat genotypes. *Crop Physiology Journal* 5: 115-128
28. Nazeri, M. 2017. Changes in developmental stages and canopy temperature depression of bread wheat under different environmental conditions due to differential sowing dates. *Applied Research in Field Crops* 30: 46-72. (In Farsi).
29. Nouriyani, H. 2015. Effect of paclobutrazole on the amount of redistribution of assimilates to the grain of three cultivars of wheat (*Triticum aestivum* L.) under heat tension. *Crop Physiology Journal* 7: 89-104 .(In Farsi).
30. Nouriyani, H. 2017. Effect of paclobutrazol levels on grain growth process and yield of three cultivars of wheat (*Triticum aestivum* L.) under post-anthesis heat stress conditions. *Environmental Stresses in Crop Sciences* 9: 407-415. (In Farsi).
31. Pradhan, G. P., P. V. V. Prasad, A. K. Fritz, M. B. Kirkham and B. S. Gill. 2010. High temperature tolerance in *Aegilops species* and its potential transfer to wheat. *Crop Science* 292-304.
32. Rahimi, R., F. Paknejad, M. Sadeghi Shoae, M. N. Ilkaee and M. Rezaee. 2023. Changes in chlorophyll content and fluorescence indices and some physiological traits of wheat under the influence of paclobutrazol and growth-promoting bacteria at different levels of irrigation. *Journal of Plant Process and Function* 11:1-19.
33. Razavizadeh, R., M. Kazemzadeh and S. Enteshari. 2013. The effect of paclobutrazole on some physiological parameters of rapeseed seedlings under saline stress. *Crop Physiology journal* 5: 35-48. (In Farsi).
34. Reza, S. and H. Ghazvini. 2016. Field-based evaluation of growth habits in wheat genotypes. *Applied Field Crops Research* 29: 43-59.
35. Reynolds, M. P., J. Foulkes, R. Furbank, S. Griffiths, J. King, E. Murchie, M. Parry and G. Slafer. 2012. Achieving yield gains in wheat. *Plant, Cell & Environment* 35: 1799-1823.
36. Saleh Ravan, M., S. Galeshi, E. Zeinali, R. Mohammadi, A. Rahemi Karizaki and Z. Izadi. 2018. Quantification of growth and development of wheat cultivars under different photoperiod conditions in Gonbad-e-Kavous area. *Journal of Applied Research of Plant Ecophysiology* 4: 101-122. (In Farsi).
37. Samsami, S., F. Bazrafshan, M. Zare, B. Amiri and A. Bahrani. 2019. Effect of different rates of urea fertilization on yield and some biochemical and physiological properties of four wheat cultivars under two irrigation regimes. *Acta Agrobotanica* 72: 1-11.
38. Sara, R. T., G. M. Deborah and M. C. Bert. 2015. Effects of paclobutrazol and fertilizer on the physiology, growth and biomass allocation of three *Fraxinus* species. *Urban Forestry and Urban Greening* 14: 590-598.
39. Sasani, Sh., R. Amiri, H. R. Sharifi and A. Lotfi. 2019. Study on bread wheat (*Triticum aestivum* L.) growth stages using growing degree day index under early and late planting date in Kermanshah. *University of Guilan Faculty of Agricultural Sciences*, *Cereal Research* 9: 143-156. (In Farsi).
40. Shekari, F., S. Karami and J. Saba. 2016. Variations in yield and yield components by seed priming with three anti-gibberellin regulators on wheat cv. Azar-2. *Cereal Research* 6: 339-351. (In Farsi)
41. Shim, D., K. J. Lee and B. W. Lee. 2017. Response of phenology-and yield-related traits of maize to elevated temperature in a temperate region. *The Crop Journal* 5: 305-316.
42. Singh, K. H., S. N. Sharma and Y. Sharma. 2011. Effect of high temperature on yield attributing traits in bread wheat. *Bangladesh Journal of Agricultural Research* 36: 415-426.
43. Souqi, H., M. Khoudarahmi, S. Bagheri kia 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 and Plant* 36: 1-31. (in Farsi).
44. Sumit, K., S. Ghatty, J. Satyanarayana, A. Guha, B. S. K. Chaitanya and A. R. Reddy. 2012. Paclobutrazol treatment as a potential strategy for higher seed and oil yield in field-grown *Camelina sativa* L. C*rantz. BMC Research Notes*

5: 1-13.
45. Tesfahun, W. 2018. A review on: Response of crops to paclobutrazol application. *Cogent Food & Agriculture* 4: 1525169.
46. Tesfahun, W. and A. Menzir. 2018. Effect of rates and time of paclobutrazol application on growth, lodging, yield and yield components of Tef [*Eragrostis Tef* (Zucc.) Trotter] in Ada district, East Shewa, Ethiopia. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare* 8: 104-117.
47. Wypych, A., A. Sulikowska, Z. Ustrnul and D. Czekierda. 2017. Variability of growing degree days in Poland in response to ongoing climate changes in Europe. *International Journal of Biometeorology* 61: 49-59.
48. Yousefi Moghaddam, R., S. Khoramdel, M. Bannayan Aval and M. Nassiri Mahallati. 2018. Comparison of old and new dryland wheat cultivars in response to different planting dates. *Applied Research in Field Crops* 31: 46-72. (In Farsi).
49. Zafarian, E., A. Ebrahimi, A. Abbasi and E. Asadi. 2019. Required growing degree-days (GDDs) for each phenological stage of *Fritillaria imperialis*. *Journal of Rangeland Science* 9: 62-73.

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 12, No. 4, Winter 2023, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Evaluation of Phenological Stages, Changes in GDD, and Grain Yield in Wheat Cultivars in Response to Changes in Planting Date and Application of Paclobutrazol

N. Bakhtiyarinejad[1], M. Mombeini[2*], A. Bahrani[2] and M. Mojtabaie Zamani[2]

(Received: December 10-2022; Accepted: January 10-2023)

Abstract

To evaluate the phenological stages and yield of wheat cultivars in response to the change of planting date and application of paclobutrazol, a field experiment was conducted in two years, 2020-2021 and 2021-2022, in Izeh city located in the northeast of Khuzestan, Southwest Iran. The experiment had three replications in a split factorial randomized complete block design. The main factor included planting date (November 16, December 11, and January 5) and the sub factors in the factorial form included cultivars (Karim, Mehrgan, and Chamran2) and the application of paclobutrazol (0, 60, 120 mg/L). In both years, the highest seeds/m^2 (18847) belonged to Chmaran2 genotype when sown on 16 November and received 60 mg/L paclobutrazol. When the genotypes were sown in the delayed planting date of January 5, application of 60 and 120 mg/L paclobutrazol led to an increase in seed yield compared to the 0 paclobutrazol. With the application of 60 mg/L paclobutrazol, the seed yield of Chamran2 genotype was higher on the planting dates of November 16 (6941 kg/ha) and December 11 (6779 kg/ha), compared to other paclobutrazol levels. Chamran2 and Karim genotypes indicated the greatest and smallest number of days and growing degree days, respectively, in different stages of growth and development. However, these genotypes did not show significant difference in terms of biological yield, grain yield, and harvest index. When plants were sown on January 5, the length of the plant growth period from the planting to physiological maturity was reduced by 34 days compared to when sown on November 16. Overall, the effect of paclobutrazol on seed yield was positive, and the consumption of 120 mg/L paclobutrazol moderated the negative effects of the delayed planting of the examined wheat genotypes.

Keywords: Growth regulator, Temperature requirement, Late planting date, wheat

1, 2. PhD Student of Agrotechnology and Assistant Professor, Respectively, Department of Agriculture, Ramhormoz Branch, Islamic Azad University, Ramhormoz, Iran.
*: Corresponding Author, Email: Mombeini.m.iau@gmail.com