



ارزیابی ژنتیکی ارقام تجاری گندم نان (*Triticum aestivum* L.) از نظر سرعت و طول دوره پرشدن دانه در دو شرایط بدون تنش و تنش گرما

سیدصادق موسوی^۱، محمدرضا سیاهپوش^{۲*}، افراسیاب راهنما^۲

^۱دانش آموخته کارشناسی ارشد در رشته ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

^۲دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۳۰

چکیده

سابقه و هدف: سرعت و دوره پر شدن دانه از جمله صفات موثر بر پاسخ گیاه به تنش گرما است اما شناخت کافی از وضعیت ارقام تجاری گندم نان کشور از نظر این صفات در شرایط تنش گرما در دسترس نیست. این پژوهش با هدف ارزیابی طول دوره پرشدن دانه و سرعت پر شدن دانه ارقام تجاری گندم نان ایران و بررسی تنوع ژنتیکی موجود در شرایط بدون تنش و تحت تنش گرمای انتهای فصل یکی از گرم‌ترین مناطق کره زمین یعنی شهرستان اهواز اجرا گردید.

مواد و روش‌ها: آزمایش در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در دو شرایط بدون تنش (تاریخ کشت بهینه) و تنش گرمای انتهای فصل (کشت تاخیری) بر روی ۳۳ رقم تجاری گندم نان انجام گرفت، این ارقام شامل: کاز (رقم بین‌المللی متحمل به گرما)، مانتنا (رقم بین‌المللی حساس به گرما)، دو رقم بین‌المللی ویبیل و باباکس و ۲۹ رقم تجاری کشور شامل: روشن، اروند، قدس، فلات، هیرمند، الوند، وریناک، زاگرس، کویر، چمران، مرودشت، شیراز، دز، پیشتاز، هامون، بم، سیستان، نیشابور، سپاهان، آرتا، بهار، ارگ، پارس، افلاک، چمران-۲، مهرگان، شوش، برات و خلیل بودند. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه آزمایشی دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا شد.

یافته‌ها: نتایج تجزیه مرکب داده‌ها تفاوت معنی‌داری ($P \leq 0.01$) بین ژنوتیپ‌ها، محیط (تنش گرما) و هم‌چنین اثر متقابل ژنوتیپ در محیط برای عملکرد دانه، طول دوره پرشدن دانه و سرعت پرشدن دانه نشان داد. در شرایط تنش، عملکرد دانه و دوره پرشدن دانه ارقام به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، اما سرعت پر شدن دانه در بیش‌تر ارقام کاهش و در ارقام متحمل تا حدی افزایش یافت. نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که ارقام هامون، کاز، چمران-۲، اروند، چمران، فلات، وریناک، الوند، مهرگان و شوش دارای عملکرد و پایداری عملکرد بالایی در شرایط تنش گرما می‌باشند. ضریب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی صفات بیان‌گر وجود تنوع ژنتیکی قابل توجهی برای صفات مورد مطالعه بود. به‌علاوه برای سرعت پرشدن دانه، وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی قابل توجهی برآورد گردید. این صفت همبستگی بالایی را با عملکرد دانه چه در شرایط تنش و چه بدون تنش نشان داد.

نتیجه‌گیری: از بین ارقام تجاری گندم نان ایرانی ارقام چمران-۲، شوش و اروند در مقایسه با رقم بین‌المللی متحمل به گرمای کاز، تحمل به گرمای قابل توجهی نشان دادند. عملکرد دانه با سرعت پرشدن دانه همبستگی بالاتری در شرایط تنش ($P \leq 0.01$)، نسبت به شرایط بدون تنش ($r = 0.38$)، $P \leq 0.01$)، $r = 0.20$) نشان داد که بیان‌گر نقش مؤثرتر سرعت پرشدن دانه در شرایط تنش جهت دستیابی به عملکرد بالا می‌باشد. در کل می‌توان گفت که سرعت پر شدن دانه یکی از صفات بسیار مهم است که با

*مسئول مکاتبه: siahpoosh@scu.ac.ir

عملکرد نهایی دانه، همبستگی مثبت معنی‌دار داشته و می‌تواند به‌عنوان یک معیار مناسب جهت ارتقای ژنوتیپ‌های متحمل به تنش گرما استفاده گردد. نتایج آزمایش بیان‌گر وجود تنوع ژنتیکی بالایی بین ارقام تجاری گندم نان ایران از نظر صفت سرعت پر شدن دانه بود. به‌علاوه صفت سرعت پر شدن دانه به علت بالا بودن مقدار وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی، شاخصی مناسب جهت انتخاب ارقام متحمل به گرما در برنامه‌های دورگ‌گیری معرفی گردید.

واژه‌های کلیدی: پارامترهای ژنتیکی، پیشرفت ژنتیکی، عملکرد دانه، گندم نان، همبستگی.

مقدمه

امنیت غذا به‌دلیل افزایش سریع جمعیت و تغییر شرایط آب و هوایی، خشک‌سالی و تنش گرما تبدیل به یکی از مهم‌ترین مسائل جهانی شده است (۱۳). گندم یکی از مهم‌ترین غلات خوراکی می‌باشد و در حدود ۲۱ درصد از غذای مردم دنیا از گیاه گندم تامین می‌شود (۲۱). گندم غله‌ای پرمصرف با ارزش غذایی بالا و سازگار به شرایط مختلف آب و هوایی در مقایسه با سایر گیاهان زراعی است. در حدود ۲۱۷ میلیون هکتار از اراضی جهان به کشت گندم اختصاص یافته و میزان تولید سالیانه آن در حدود ۶۷۵ میلیون تن است (۶). تنش گرما در مراحل زایشی گیاه، محدودیت اصلی در تولید گندم در بسیاری از نواحی کشت گندم در جهان است (۱، ۹). اقبال و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که تنش گرما به طور عمده بر دانه‌بندی، مدت و سرعت پر شدن دانه و در نهایت عملکرد دانه تاثیر می‌گذارد، با این وجود زمان، مدت و شدت تنش گرما، میزان اثر تنش گرما بر عملکرد دانه را تعیین می‌کند (۱۱). ناتال و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که اعمال دمای بالای ۳۲ درجه سلسیوس در ۵ روز قبل از گرده‌افشانی به ترتیب باعث کاهش ۱۶ و ۱۵ درصدی در تعداد دانه و عملکرد دانه به ازای هر درجه افزایش دما شد (۱۸). وزن نهایی دانه در شرایط بدون تنش و تنش گرما به وسیله سرعت و مدت پر شدن دانه کنترل می‌شود و هر دو مؤلفه تحت تأثیر گرمای زیاد تغییر می‌کنند. گرما در مرحله پر شدن دانه باعث

کوتاه شدن این مرحله و کاهش وزن دانه می‌شود (۲۲). از هر دو صفت دوره پر شدن دانه و سرعت پر شدن دانه به عنوان دو صفت مستقل می‌توان به عنوان معیارهای انتخاب برای بهبود تحمل به تنش گرما استفاده کرد (۷). وسواناتان و کانا-چوپرا (۲۰۰۱) نتیجه گرفتند که شرایط تنش گرمای شدید در مرحله پر شدن دانه از طریق کاهش هر دو مؤلفه سرعت و مدت پر شدن دانه، باعث کاهش وزن دانه در گندم می‌شود (۲۹). در حالی که شانگ و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که افزایش دما و مدت زمان تابش خورشید موجب افزایش سرعت پر شدن دانه می‌شود (۲۶). گراتوزا-پایان و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه خود بر روی چهار رقم گندم تحت تنش گرما برای هر دو صفت سرعت و دوره پر شدن دانه تنوع ژنتیکی بالایی مشاهده کردند، اما تغییر طول دوره پر شدن دانه در میان ارقام در دمای بالا کم بود (۷). همچنین، این محققان گزارش کردند که همبستگی معنی‌داری بین وزن دانه با سرعت، اما نه با طول دوره پر شدن دانه در دمای بالا وجود دارد که نشان‌دهنده نقش مهم سرعت پر شدن دانه تحت تنش گرما می‌باشد (۷). با توجه به موارد عنوان شده انجام مطالعاتی در خصوص شناخت هر چه بیش‌تر صفات مهم سرعت پر شدن دانه و طول دوره پر شدن دانه ارقام تجاری گندم نان ایران و بررسی تنوع ژنتیکی صفات در این ارقام بسیار ضروری است. به این منظور تحقیق حاضر در شرایط بدون تنش و تنش گرمای انتهای فصل شهرستان اهواز که یکی از مناطق

در هکتار بر اساس نتایج آزمایشات خاک از منابع کود اوره، سولفات پتاسیم و سوپر فسفات تریپل به صورت پایه و سرک به خاک داده شد. همچنین، مبارزه با علف‌های هرز در طول دوره رشد گیاه با وجین دستی صورت گرفت. آبیاری در طول فصل رشد بر اساس نیاز گیاه انجام شد و دقت گردید که در هر دو شرایط کشت به موقع و تأخیری (تنش گرما) گیاهان با هیچ تنش رطوبتی مواجه نشوند. در این تحقیق اندازه‌گیری ویژگی‌های مرتبط با دوره پر شدن دانه مانند سرعت پر شدن دانه و طول دوره پر شدن دانه به شرح زیر اندازه‌گیری شد. برای تعیین تعداد روز از گرده‌افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک (دوره پر شدن دانه) تاریخ‌های گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک هر رقم به طور جداگانه بر اساس سیستم کد دهی زادوکس و همکاران (۱۹۷۴) ثبت گردید (۳۰). در نهایت از تفریق تعداد روزهای این دو تاریخ، دوره پر شدن دانه ارقام برآورد گردید. جهت اندازه‌گیری سرعت پر شدن دانه یک هفته بعد از گرده‌افشانی نمونه‌برداری از سنبله گیاهان آغاز گردید و تا دو هفته این کار به صورت هفتگی و سپس با فواصل زمانی ۳ روز نمونه‌برداری‌ها انجام گرفت. در هر نمونه‌برداری ۵ سنبله اصلی از بوته‌های هر پشته به صورت تصادفی برداشت شد و از هر کدام ۴ عدد دانه ترجیحا از سنبله‌های وسط جدا گردید. در کل ۲۰ دانه جدا شده به مدت ۲۴ ساعت در حرارت ۶۰ درجه سلسیوس خشک گردید و وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. پس از ترسیم منحنی رشد دانه بر اساس روز پس از گرده‌افشانی و وزن خشک دانه، منحنی رگرسیون بر اساس مراحل نمونه‌برداری برازش گردید و معادله خط و ضریب تبیین^۱ برای هر منحنی محاسبه شد. شیب خط رگرسیون برازش شده

مناسب مطالعات گرما می‌باشد به منظور بررسی تنوع و روند تغییرات دوره پر شدن دانه و سرعت پر شدن دانه در شرایط بهینه و تنش گرما در ارقام تجاری گندم نان اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه آزمایشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز در جنوب غربی شهرستان اهواز، با موقعیت طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی با ارتفاع ۲۰ متر از سطح دریا در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در طی دو آزمایش مجزا در دو شرایط کشت به موقع و تاخیری انجام شد. ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی در این آزمایش شامل ۳۳ رقم گندم نان که عبارتند از: کاز (رقم بین‌المللی متحمل به گرما) و ماننا (رقم بین‌المللی حساس به گرما)، دو رقم بین‌المللی ویبیل و باباکس و ۲۹ رقم داخلی شامل: روشن، ارون، قدس، فلات، هیرمند، الوند، وریناک، زاگرس، کویر، چمران، مرودشت، شیراز، دز، پیشناز، هامون، بم، سیستان، نیشابور، سپاهان، آرتا، بهار، ارگ، پارس، افلاک، چمران-۲، مهرگان، شوش، برات و خلیل بود. کاشت ژنوتیپ‌ها در ۱۵ آبان (تاریخ کاشت به موقع) و ۱۵ دی (تاریخ کشت تاخیری) انجام شد. مزرعه تحقیقاتی دارای بافت خاک لوم شنی، با قلیابیت جزئی (pH=۷/۶۱) و هدایت الکتریکی ۴/۷ دسی زیمنس بر متر بود. کلیه عملیات کاشت، داشت و برداشت در شرایط تنش و بدون تنش، برای کلیه ارقام به‌طور یکسان انجام شد. بذرها در هر رقم در دو خط کشت سه متری روی یک پشته با در نظر گرفتن تراکم ۳۵۰ بوته در مترمربع کشت شدند. کوددهی بر اساس فرمول کودی N-P-K به ترتیب معادل ۵۰-۱۰۰-۲۵۰ کیلوگرم

1. Coefficient of determination

معنی دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

دوره پرشدن دانه: نتایج تجزیه مرکب تفاوت معنی داری ($P \leq 0.01$) بین ژنوتیپ‌ها، محیط (تنش گرما) و همچنین، اثر متقابل ژنوتیپ در محیط برای صفت دوره پرشدن دانه را نشان داد. میانگین این صفت در محیط تنش و بدون تنش به ترتیب ۳۰ و ۳۰/۶ روز به دست آمد. ارقام مختلف از نظر دوره پرشدن دانه با یکدیگر اختلاف معنی داری نشان دادند. دامنه تغییرات دوره پرشدن دانه ارقام بین ۲۲/۵ تا ۳۹ روز مشاهده گردید. به طوری که ارقام اروند، شیراز و شوش بیشترین میانگین روز پس از گرده افشانی تا رسیدن فیزیولوژیک و ارقام کویر و هامون کمترین میانگین روز پس از گرده افشانی و در نتیجه کمترین دوره پرشدن دانه را داشتند (جدول ۱). در شرایط بدون تنش ارقام مهرگان و اروند طولانی‌ترین دوره پرشدن دانه را به خود اختصاص دادند و کمترین دوره در این شرایط مربوط به ارقام وریناک، کاز و روشن بود. در شرایط تنش گرما ارقام اروند، مانتنا و الوند طولانی‌ترین و زاگرس، هامون، کویر، چمران-۲ کوتاه‌ترین دوره پرشدن دانه را به خود اختصاص دادند. در مقایسه رقم متحمل کاز با رقم حساس مانتنا، مشاهده شد که رقم مانتنا در هر دو شرایط بدون تنش و تنش، دوره پرشدن دانه طولانی‌تری نسبت به رقم متحمل کاز داشت و این امر را می‌توان به زودرس بودن رقم کاز نسبت به رقم مانتنا مربوط دانست (جدول ۲). تمام مقادیر به دست آمده در دو محیط تنش و بدون تنش گرما برای ارقام مختلف نشان‌دهنده کاهش دوره پرشدن دانه در شرایط تنش گرما بود. به نظر می‌رسد که با تاخیر در کاشت، مرحله پرشدن دانه با درجه حرارت بالای انتهای

به عنوان سرعت پرشدن دانه تعیین گردید این محاسبه بر اساس روش هاشمی دزفولی و مرعشی (۱۹۹۶) انجام شد (۱۰). عملکرد دانه ارقام در هر پلات بر اساس ۲ متر مربع از سطح کشت پس از حذف حاشیه خطوط کشت تعیین گردید. پارامترهای ژنتیکی وراثت پذیری (۱)، ضریب تغییرات ژنوتیپی (۲) و ضریب تغییرات فنوتیپی (۳) و پیشرفت ژنتیکی (۴) با استفاده از رابطه‌های ۱ تا ۴ محاسبه شدند:

$$h^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_{ph}^2} \quad \text{رابطه ۱:}$$

$$GCV = \sqrt{\frac{\sigma_g^2}{\bar{X}}} \quad \text{رابطه ۲:}$$

$$PCV = \sqrt{\frac{\sigma_{ph}^2}{\bar{X}}} \quad \text{رابطه ۳:}$$

$$\text{Genetic Advance} = \frac{h^2 k \sigma_{ph} \bar{X}}{100} \quad \text{رابطه ۴:}$$

که در این رابطه‌ها h^2 وراثت‌پذیری، σ_g^2 واریانس ژنوتیپی، σ_{ph}^2 واریانس فنوتیپی، GCV ضریب تغییرات ژنوتیپی، PCV ضریب تغییرات فنوتیپی و K شدت انتخاب (در این تحقیق با احتساب شدت انتخاب ۵ درصد معادل با ۲/۰۶) را نشان می‌دهد. در نهایت تجزیه مرکب داده‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در دو شرایط بدون تنش و تنش گرما با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 و همچنین، محاسبات رگرسیونی مربوط به سرعت پرشدن دانه توسط نرم‌افزار SPSS 16 انجام شد. قبل از انجام آنالیز واریانس، دو فرض اصلی تجزیه واریانس شامل نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگروف-سمیرنوف^۱ و یکنواخت بودن واریانس خطاهای آزمایشی با استفاده از آزمون لوین^۲ مورد بررسی قرار گرفت و در صورت نیاز، تبدیل داده جهت برقرار شدن این مفروضات انجام شد. برای انجام مقایسات میانگین داده‌ها از آزمون حداقل اختلاف

1. Kolmogorov-smirnow
2. Leven's test

نتایج حاصل، اختلاف معنی‌داری برای این صفت در محیط تنش و بدون تنش وجود داشت (جدول ۱). میزان میانگین برای این صفت در شرایط بدون تنش و تنش به ترتیب برابر با ۰/۰۲۸۲ و ۰/۰۲۴۷ گرم در روز بود. ارقام مختلف از نظر این صفت با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نشان دادند. دامنه تغییرات سرعت پرشدن دانه ارقام بین ۰/۰۱۷ تا ۰/۰۳۷ گرم در روز مشاهده گردید. به طوری که به طور متوسط رقم چمران-۲، رقم کاز، رقم چمران و همچنین، ارقام مهرگان، برات، ارگ، اروند، هامون، شوش و فلات به ترتیب بیش‌ترین سرعت پرشدن دانه و ارقام کویر، هیرمند، روشن، شیراز و زاگرس کم‌ترین سرعت پر شدن دانه را به خود اختصاص دادند (جدول ۱). به طور اختصاصی در شرایط بدون تنش ارقام چمران-۲، چمران، کاز، اروند، فلات، ارگ، برات، مهرگان، هامون، افلاک، وریناک به ترتیب بیش‌ترین سرعت پر شدن دانه را به خود اختصاص دادند. کم‌ترین مقدار سرعت پرشدن دانه مشاهده شده در این شرایط مربوط به ارقام کویر، روشن و زاگرس بود. در شرایط تنش گرما ارقام چمران-۲، کاز، مهرگان، شوش، چمران، برات، هامون، ارگ، سیستان، سپاهان، اروند و الوند به ترتیب بالاترین گرم در روز، بیش‌ترین و ارقام کویر، هیرمند و قدس به ترتیب با پایین‌ترین گرم در روز کم‌ترین سرعت پر شدن دانه را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). مقادیر به دست آمده در دو محیط تنش و بدون تنش گرما برای ارقام مختلف نشان‌دهنده کاهش کلی سرعت پر شدن دانه در شرایط تنش گرما بود، اما میزان این صفت در رقم متحمل کاز و ارقام الوند، مهرگان، سیستان، و برات تغییر معنی‌داری نداشت و در بعضی ارقام مانند چمران-۲، شوش و سپاهان افزایش یافت. افزایش سرعت پرشدن دانه در رقم پایداری مانند شوش و رقم چمران-۲ به ترتیب به میزان ۱۲/۵ و ۵/۲۶ درصد و یا

فصل مواجه شده و در نتیجه تنش گرمای شدید از طریق کاهش سطح سبز فتوسنتزکننده و به طور کلی، کاهش دوره زندگی گیاه و پیری زودرس در برگ‌ها باعث کاهش دوره پر شدن دانه شده باشد. تنش گرما از طریق کاهش دوره پر شدن دانه باعث کاهش وزن دانه و در نهایت باعث کاهش عملکرد دانه در هکتار می‌شود. بر اساس نتایج حاصل، هر چند که ارقام تجاری گندم نان ایران از نظر دوره پر شدن دانه دارای تنوع ژنتیکی بالایی بودند، اما تغییر طول مدت پر شدن دانه در میان ارقام در دمای بالا کم بود (جدول ۲). اقبال و همکاران (۲۰۱۷) مشاهده کردند که تنش گرما به شدت بر مدت پرشدن دانه تاثیر می‌گذارد و در نهایت عملکرد دانه را کاهش می‌دهد (۱۱). در برخی از پژوهش‌ها گزارش شده است که کاهش وزن دانه در شرایط تنش گرمای انتهای فصل با کاهش طول مدت پر شدن دانه مرتبط است (۳). ویسواناتان و خان‌چوپرا (۲۰۰۱) گزارش نمودند که تنش گرمای انتهای فصل باعث کاهش طول دوره پر شدن دانه ژنوتیپ‌های گندم شد. این پژوهش‌گران کاهش وزن دانه در ژنوتیپ هیندی ۶۲ را با کاهش طول دوره پر شدن دانه مرتبط دانستند (۲۹). تیولد و همکاران (۲۰۰۶)، مجتبابی زمانی و همکاران (۲۰۱۵) و مشتقی و همکاران (۲۰۱۱) کاهش دوره پرشدن دانه در اثر تنش گرمای انتهای فصل در ارقام گندم را گزارش کردند (۱۵، ۱۶، ۲۷). گراتوزا پایان و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که در چهار رقم گندم تحت تنش گرمایی برای دوره پر شدن دانه تنوع ژنتیکی بالایی مشاهده شد، اما تغییر طول مدت پر شدن دانه در میان ارقام در دمای بالا کم بود (۷).

سرعت پرشدن دانه: نتایج تجزیه مرکب داده‌ها تفاوت معنی‌داری ($P \leq 0.01$) بین ژنوتیپ‌ها، محیط (تنش گرما) و همچنین، اثر متقابل ژنوتیپ در محیط برای صفت سرعت پرشدن دانه نشان داد. بر اساس

عملکرد دانه: مهم‌ترین هدف از کشت یک گیاه زراعی عملکرد دانه است و تنش گرمای انتهای فصل یکی از مهم‌ترین عوامل غیرزیستی محدودکننده عملکرد گندم است. نتایج تجزیه مرکب داده‌ها تفاوت معنی‌دار ($P \leq 0/01$) بین ژنوتیپ‌ها، محیط (تنش گرما) و همچنین، اثر متقابل ژنوتیپ در محیط برای صفت عملکرد دانه نشان داد (جدول ۱). علاوه بر شرایط تنش و بدون تنش، ارقام مختلف نیز از نظر عملکرد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نشان دادند. دامنه تغییرات عملکرد دانه ارقام بین ۲۵۶۳/۰۷ تا ۵۹۶۰/۱۴ کیلوگرم در هکتار مشاهده گردید. به‌طور متوسط ارقام اروند، چمران-۲، هامون و فلات بیش‌ترین و ارقام سیستان و نیشابور کم‌ترین میزان عملکرد دانه را نشان دادند (جدول ۱). میزان میانگین برای این صفت در شرایط بدون تنش و تنش به ترتیب برابر با ۵۸۸۳/۰۵ و ۳۳۱۰/۲۴ کیلوگرم در هکتار بود. در شرایط بدون تنش ارقام اروند و چمران-۲ به ترتیب بیش‌ترین میزان عملکرد دانه در هکتار را داشتند. کم‌ترین مقدار عملکرد دانه مشاهده شده در این شرایط مربوط به رقم سیستان بود. نکته جالب اینکه در شرایط تنش گرما نیز ارقام اروند و چمران-۲ به ترتیب بیش‌ترین و رقم زاگرس کم‌ترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند. رقم متحمل کاز نسبت به رقم حساس مانتنا در هر دو شرایط عملکرد دانه بالاتری داشت (جدول ۲). مقادیر به‌دست آمده در دو محیط تنش و بدون تنش گرما برای ارقام مختلف نشان‌دهنده کاهش ۴۳ درصدی عملکرد دانه در شرایط تنش گرما بود. به عبارتی، با تأخیر در کاشت علاوه بر برخورد مرحله گرده افشانی با گرمای انتهای فصل و کاهش دانه‌بندی در گیاه که در مطالعات پیشین مورد ارزیابی قرار گرفته است (۱، ۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۰)، به دلیل کوتاه شدن مراحل رشد، کاهش در طول دوره پر شدن دانه از میزان تجمع مواد در دانه کاسته شده و همچنین،

کاهش کم این صفت در رقم متحملی مانند رقم کاز به میزان ۲/۸۵ درصد در مواجهه با تنش گرما منجر به پایداری عملکرد این ارقام در شرایط تنش گرمای انتهای فصل و کاهش خسارت تنش گرمایی در مقایسه با ارقام غیر متحمل شد. در کل می‌توان نتیجه گرفت که شرایط تنش گرمای شدید در مرحله پر شدن دانه از طریق کاهش سرعت پر شدن دانه، باعث کاهش وزن دانه در بیش‌تر ارقام گندم می‌شود. همچنین، با توجه به تاثیرپذیری مستقیم عملکرد دانه از این صفت می‌توان نتیجه گرفت که سرعت پر شدن دانه به عنوان یک صفت مهم می‌تواند به عنوان معیار انتخاب برای بهبود تحمل به تنش گرما در برنامه‌های اصلاحی استفاده شود. بعضی از محققین مانند گیبهو و همکاران (۱۹۸۲) گزارش کردند که عملکرد بالا در ارقام زودرس از طریق سرعت بالای پر شدن دانه و کاهش طول دوره پر شدن دانه به‌دست می‌آید. همچنین، گزارش شده که ژنوتیپ‌های گندم با سرعت بالای پر شدن دانه می‌توانند عملکرد بالاتری در نواحی با دوره رشد کوتاه تولید کنند (۸). همچنین، بر اساس تحقیق ویسواناتان و خان‌چوپرا (۲۰۰۱) تنش گرمای پایان فصل باعث کاهش سرعت پر شدن دانه ژنوتیپ‌های گندم شد. این پژوهش‌گران کاهش وزن دانه را در ژنوتیپ گندم سونالیکا با کاهش سرعت پر شدن دانه مرتبط دانستند (۲۹). شانگ و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که افزایش دما و مدت زمان تابش خورشید موجب افزایش سرعت پر شدن دانه می‌شود (۲۶). گراتوزاپایان و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که همبستگی معنی‌داری بین وزن دانه با سرعت، اما نه با طول زمان پر شدن دانه در دمای بالا وجود دارد (۷). این موضوع نشان‌دهنده نقش مهم سرعت پر شدن دانه تحت تنش گرما می‌باشد (۷).

نقش مهم سرعت پر شدن دانه تحت تنش گرما می باشد (۷).

گروه بندی ارقام از نظر سرعت و دوره پر شدن دانه و عملکرد دانه: به منظور بررسی دقیق تر ژنوتیپ ها و تفکیک آن ها بر اساس کلیه صفات از تجزیه به مؤلفه های اصلی استفاده شد. بر اساس نتایج به دست آمده، چهار مؤلفه اول حدود ۹۱ درصد تغییرات را دربر داشتند و دو مؤلفه اول به تنهایی توانستند ۶۰ درصد از کل تغییرات موجود در بین صفات را توجیه نمایند. لذا تفسیر نتایج بر اساس این دو مؤلفه انجام شد (جدول ۳). وجود ضرایب با مقادیر زیاد و مثبت برای صفات سرعت پر شدن دانه و عملکرد دانه چه در شرایط تنش و چه بدون تنش بیانگر توانایی بالای مؤلفه اول در تفکیک ارقام متحمل با توانایی تولید عملکرد مطلوب در شرایط بدون تنش و حفظ آن در شرایط تنش است. به عبارتی بزرگ بودن مقدار محاسبه شده این مؤلفه در یک ژنوتیپ بیانگر تحمل بالای آن ژنوتیپ می باشد. این مؤلفه قادر است که ارقام با سرعت پر شدن دانه بالا و ارقام با عملکرد بالا را از ارقام حساس تفکیک کند. با توجه به نحوه تفکیک ارقام در امتداد مؤلفه دوم، به نظر می رسد که این مؤلفه بیش تر ارقام را بر اساس پایداری عملکردشان از هم تفکیک می کند. اختلاف شدید ضرایب مربوط به عملکرد در شرایط مطلوب (SY-n) و شرایط تنش (SY-S) از نظر مقدار نیز مؤید این مطلب است و با توجه به مثبت بودن ضریب عملکرد در شرایط تنش، در نتیجه ارقامی که دارای مقدار عددی بزرگتری از این مؤلفه هستند، احتمالاً دارای پایداری عملکرد در شرایط تنش می باشند (جدول ۳). با توجه به تفسیری که در مورد مؤلفه های مختلف ارائه گردید و همچنین با توجه به پراکنندگی ارقام در بای پلات مؤلفه های یک و دو (شکل ۱) می توان

به دلیل کاهش شدید در سرعت پر شدن دانه به دلیل برخورد با گرمای انتهای فصل، در ارقام غیر متحمل وزن هزاردانه و به دنبال آن عملکرد دانه به شدت کاهش یافت. همچنین، مشاهدات حاکی از این می باشد که ارقام متحمل می توانند از طریق افزایش در سرعت پر شدن دانه در شرایط تنش گرما باعث کاهش خسارت ناشی از تنش گرما در عملکرد دانه شوند، اما نمی توانند خسارت را به طور کلی مهار کنند. ناتال و همکاران (۲۰۱۸) نیز کاهش معنی دار عملکرد دانه در اثر تنش گرما را گزارش کردند (۱۸).

همبستگی بین صفات اندازه گیری شده: همبستگی عملکرد دانه و سرعت پر شدن دانه مثبت و معنی دار ($r=0/43, P \leq 0/01$)، و همبستگی عملکرد دانه با دوره پر شدن دانه مثبت و غیر معنی دار ($r=0/04$) برآورد گردید. بر اساس نتایج حاصل، صفت دوره پر شدن دانه تأثیر ناچیز و غیر معنی داری بر عملکرد دانه ارقام گندم داشت. همبستگی دوره پر شدن دانه با سرعت پر شدن دانه نیز غیر معنی دار و منفی ($r=-0/02$) برآورد گردید. نکته قابل توجه اینکه عملکرد دانه با سرعت پر شدن دانه همبستگی بالاتری در شرایط تنش ($r=0/38, P \leq 0/01$) نسبت به شرایط بدون تنش ($r=0/20, P \leq 0/01$) نشان داد که بیانگر نقش مؤثرتر سرعت پر شدن دانه در شرایط تنش جهت دستیابی به عملکرد بالا می باشد. در کل می توان گفت که سرعت پر شدن دانه یکی از صفات بسیار مهم است که با عملکرد نهایی دانه، همبستگی مثبت معنی دار داشته و می تواند به عنوان یک معیار مناسب جهت ارتقای ژنوتیپ های متحمل به تنش گرما استفاده گردد. در تأیید این موضوع گراتوزاپایان و همکاران (۲۰۱۸) نیز گزارش کردند که همبستگی معنی داری بین وزن دانه با سرعت، اما نه با طول دوره پر شدن دانه در دمای بالا وجود دارد که نشان دهنده ی

ملاحظه کرد که ارقام هامون، کاز، چمران-۲، اروند، چمران، فلات، وریناک، الوند، مهرگان و شوش در منطقه‌ای که بیان‌گر سرعت پرشدن دانه و عملکرد دانه بیش‌تر در هر دو شرایط بدون تنش و تنش گرما است واقع شدند و از پتانسل عملکرد بالایی در شرایط تنش و بدون تنش برخوردار بودند. همچنین، این ارقام با توجه به ماهیت مؤلفه دوم دارای پایداری عملکرد بالایی در شرایط تنش نیز بودند.

جدول ۱- مقایسه میانگین ارقام برای صفات دوره پرشدن دانه، سرعت پرشدن دانه و عملکرد دانه.

Table 1- Mean comparisons of cultivar for grain filling period, grain filling rate and grain yield.

| ارقام Cultivars | دوره پرشدن دانه (روز) Grain filling period (day) | سرعت پرشدن دانه (گرم در روز) Grain filling rate (g day ⁻¹) | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (Kg ha ⁻¹) | ارقام Cultivars | دوره پرشدن دانه (روز) Grain filling period (day) | سرعت پرشدن دانه (گرم در روز) Grain filling rate (g day ⁻¹) | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (Kg ha ⁻¹) |
|---------------------|--|---|--|----------------------|---|---|--|
| بم Bam | 33.833cde | 0.025h-l | 3433.86s | آرتا Arta | 32.333e-h | 0.023nop | 4745.67i |
| شیراز Shiraz | 36.500b | 0.022o | 4377.27 m | باباکس Babax | 33.176c-f | 0.023l-o | 4260.62no |
| دز Dez | 28.500j | 0.023no | 4204.23o | هامون Hamoon | 23.500kl | 0.030fe | 5468.71c |
| فلات Flat | 30.667hi | 0.028fg | 5452.83c | اروند Arvand | 39.000a | 0.030fe | 5960.14a |
| کویر Kavir | 22.500l | 0.017r | 3931.92q | چمران-۲ Chamran 2 | 25.000k | 0.037a | 5793.76b |
| ارگ Arg | 28.333j | 0.030def | 3859.08r | مهرگان Mehregan | 34.667bcd | 0.032cd | 4619.73j |
| مرودشت Marvdasht | 31.500fgh | 0.024l-o | 4830.33h | شوش Shosh | 35.000bc | 0.030fe | 4939.91g |
| روشن Roshan | 23.833kl | 0.021pq | 5176.80e | بهار Bahar | 31.500fgh | 0.024k-o | 4287.59n |
| ویبیل Weebill | 30.833hi | 0.024k-o | 4929.50g | چمران Chamran | 29.000ij | 0.033bc | 5085.53f |
| مانتا Montana | 32.833d-g | 0.024l-o | 4198.73o | الوند Alvand | 31.500 fgh | 0.025h-m | 5156.99e |
| پیش‌تاز Pishtaz | 31/000gh | 0.025i-m | 4582.30j k | وریناک Verinac | 25.167k | 0.026g-k | 5252.96d |
| سیستان Sistan | 31.833 fgh | 0.026ghi | 2563.07u | افلاک Aflak | 28.500j | 0.026g-j | 4537.46k |
| قدس Ghods | 30.667hi | 0.023m-p | 4461.21l | سپاهان Sepahan | 30.000hi | 0.025i-n | 4585.46jk |
| کاز Kaz | 27.500j | 0.035ab | 4879.33g h | هیرمند Hirmand | 31.167gh | 0.019q | 4604.07jk |
| نیشابور neyshabo | 31.000gh | 0.024j-o | 3281.22t | پارس Pars | 30.833hi | 0.027gh | 4417.75lm |
| خلیل Khalil | 32.333e-h | 0.025h-l | 4693.19i | زاگرس Zagros | 24.500k | 0.022op | 4086.33p |
| برات Barat | 32.333e-h | 0.031cde | 4298.43n | | | | |

مقایسات برای هر صفت به‌طور مجزا انجام یافته و در هر مقایسه حداقل یک حرف مشترک نشان دهنده‌ی عدم تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

Comparisons were separately performed for each trait and at least one common letter in each comparison showed no statistically significant difference at the 5% probability level.

جدول ۲- میانگین اثرات متقابل محیط (تاریخ کشت) در رقم برای صفات دوره پرشدن دانه و عملکرد دانه (S1: شرایط بدون تنش و S2: شرایط تنش).
Table 2- Interaction means of conditions in cultivars for grain filling period, grain filling rate and grain yield (S1: non-stress and S2: stress conditions).

| ارقام Cultivars | محیط Condition | دوره پرشدن دانه (روز) Grain filling period(day) | سرعت پرشدن دانه (گرم در روز) Grain filling rate(g day ⁻¹) | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg ha ⁻¹) | ارقام Cultivars | محیط Condition | دوره پرشدن دانه (روز) Grain filling period(day) | سرعت پرشدن دانه (گرم در روز) Grain filling rate(g day ⁻¹) | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg ha ⁻¹) |
|--------------------|-------------------|--|--|--|--------------------|-------------------|--|--|--|
| Bam | S1 | 35.667cde | 0.0265k-o | 4490.24tu | مانتا | S1 | 26.333nop | 0.0270k-n | 4972.24r |
| Bam | S2 | 32.000g-k | 0.0254l-u | 2377.48z ₁₂ z ₁₃ | Montana | S2 | 39.333ab | 0.0212w-z ₂ | 3425.21z ₄ |
| شیراز | S1 | 37.000bcd | 0.0229p-z | 6503.66e | پیشمار | S1 | 31.000l-i | 0.0280l-i | 6014.27jk |
| Shiraz | S2 | 36.000cde | 0.0222u-z | 2250.89z ₁₄ | Pishtaz | S2 | 31.000l-i | 0.0223u-z | 3150.33z ₆ |
| dez | S1 | 25.000p | 0.0259l-q | 6107.44ij | سیستان | S1 | 34.667d-g | 0.0269k-n | 4337.27vw |
| dez | S2 | 32.000g-k | 0.0201y-z ₃ | 2301.02z ₁₃ z ₁₄ | Sistan | S2 | 29.000lmn | 0.0269k-n | 2255.53z ₁₄ |
| فلات | S1 | 31.333g-l | 0.0345b-e | 6594.34de | قدس | S1 | 31.333l-i | 0.0279l-i | 5402.02pq |
| Falat | S2 | 30.000j-m | 0.0220v-z ₁ | 4311.32wx | Ghods | S2 | 30.000j-m | 0.0189z ₁ -z ₄ | 3520.41z ₃ |
| گوهر | S1 | 29.000lmn | 0.0184z ₂ z ₃ z ₄ | 5414.46p | کاز | S1 | 24.000p | 0.0356a-d | 5654.55n |
| Kavir | S2 | 16.000r | 0.0162z ₄ | 2449.39z ₁₁ z ₁₂ | Kaz | S2 | 31.000l-i | 0.0347b-e | 4104.11y |
| ارگ | S1 | 26.000op | 0.0340b-e | 5311.63q | نیشابور | S1 | 30.000j-m | 0.0251l-v | 4416.19uv |
| Arg | S2 | 30.667j-m | 0.0271j-n | 2406.53z ₁₂ | Neyshabur | S2 | 32.000g-k | 0.0242n-v | 2146.25z ₁₅ |
| مروذشت | S1 | 31.000h-l | 0.0258l-r | 6556.46f | سیاهان | S1 | 29.667klm | 0.0243m-w | 6256.33gh |
| Marvdasht | S2 | 32.000i-k | 0.0225s-z | 3304.19z ₅ | Sepahan | S2 | 31.333l-i | 0.0261l-p | 2914.59z ₈ |
| روشن | S1 | 24.000 p | 0.0225t-z | 6698.00c | هرمند | S1 | 31.333l-i | 0.0228q-z | 5789.85lm |
| Roshan | S2 | 23.667p | 0.0201y-z ₂ | 3655.60z ₂ | Hirmand | S2 | 31.000l-i | 0.0169z ₃ z ₄ | 3418.30z ₄ |
| ویسل | S1 | 33.667e-i | 0.0269k-n | 6298.61fgh | بهار | S1 | 32.000g-k | 0.0274l-m | 5968.76k |
| Weebile | S2 | 28.000mno | 0.0218w-z ₁ | 3560.40z ₃ | Bahar | S2 | 31.000l-i | 0.0212w-z ₂ | 2606.43z ₁₀ |
| مهورگان | S1 | 40.333a | 0.0326d-h | 5770.46lm | شوش | S1 | 35.000def | 0.0280l-i | 5846.76l |
| Mehregan | S2 | 29.000lmn | 0.0328e-g | 3469.01z ₃ z ₄ | Shosh | S2 | 35.000def | 0.0320e-h | 4033.07yz |
| چمران | S1 | 26.000op | 0.0358abc | 5944.98k | باباخ | S1 | 33.667e-i | 0.0270k-n | 5707.96mm |
| Chamran | S2 | 32.000g-k | 0.0306f-i | 4705.02x | Babax | S2 | 32.667f-j | 0.0209x-z ₂ | 2813.29z ₆ |
| الوند | S1 | 26.000op | 0.0252m-u | 5944.87k | هامون | S1 | 30.000j-m | 0.0317e-h | 6378.82f |
| Alvand | S2 | 37.000bcd | 0.0258l-v | 4369.11vw | Hamoon | S2 | 17.000r | 0.0283l-i | 4558.61t |
| وریناک | S1 | 20.333q | 0.0296g-k | 6686.70cd | اروند | S1 | 38.000abc | 0.0348b-e | 7012.74a |
| Verinac | S2 | 30.000j-m | 0.0233o-y | 3819.21z ₁ | Arvand | S2 | 40.000a | 0.0260l-q | 4907.54r |
| افلاک | S1 | 25.000op | 0.0303f-j | 5780.15lm | چمران ۲ | S1 | 34.333d-h | 0.0363ab | 6882.50b |
| Aflak | S2 | 32.000g-k | 0.0235o-x | 3294.77z ₅ | Chamran 2 | S2 | 15.667r | 0.0381a | 4705.02s |
| آرتا | S1 | 29.667klm | 0.0259l-q | 6201.05hi | پارس | S1 | 30.000j-m | 0.0294h-k | 6318.28fg |
| Arta | S2 | 35.000def | 0.0200z-z ₃ | 3290.30z ₅ | Pars | S2 | 31.667h-l | 0.0256l-t | 2517.22z ₁₀ z ₁₁ |
| خلیل | S1 | 35.667cde | 0.0258l-r | 5436.86p | زاگرس | S1 | 31.000l-i | 0.0226r-z | 6092.65j |
| Khalil | S2 | 29.000lmn | 0.0257l-s | 3949.51z | Zagros | S2 | 18.000qr | 0.0225s-z | 2080.01z ₁₅ |
| برات | S1 | 34.667d-g | 0.0329e-f | 5549.42o | | | | | |
| Barat | S2 | 30.000j-m | 0.0295h-k | 3047.44z ₇ | | | | | |

In each comparison, at least one common letter indicates no statistically significant difference at the 5% probability level.

در هر مقایسه حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

جدول ۳- مقادیر ویژه و بردارهای ویژه در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی.

Table 3- Eigenvalues and eigen vectors in principal component analysis.

| مؤلفه Component | مقادیر ویژه Eigen value | واریانس تجمعی (درصد) Cumulative variance (%) | ضرایب صفات مختلف در هر مؤلفه Coefficients of different traits in each component | | | | | |
|--------------------|----------------------------|---|--|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | | SGY-N | GY-S | GFP-N | GFP-S | GFR-N | GFR-S |
| 1 | 2.27 | 38 | 0.323 | 0.541 | 0.065 | -0.033 | 0.573 | 0.519 |
| 2 | 1.35 | 60 | 0.603 | 0.246 | -0.572 | -0.278 | -0.187 | -0.370 |
| 3 | 1.02 | 77 | 0.030 | -0.142 | 0.337 | -0.902 | -0.138 | 0.182 |
| 4 | 0.86 | 91 | -0.491 | -0.163 | -0.731 | -0.244 | 0.244 | 0.281 |

GY-N: عملکرد دانه در شرایط بدون تنش، GY-S: عملکرد دانه در شرایط تنش، GFP-N: دوره پر شدن دانه در شرایط بدون تنش، GFP-S: دوره پر شدن دانه در شرایط تنش، GFR-N: سرعت پر شدن دانه در شرایط تنش، GFR-S: سرعت پر شدن دانه در شرایط تنش.

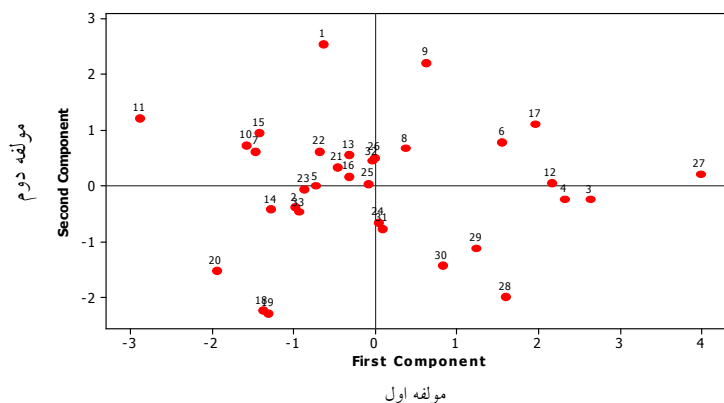
GY-N: Grain yield under normal condition, GY-S: Grain yield under stress condition, GFP-N: Grain filling period under normal condition, GFP-S: Grain filling period under stress condition, GFR-N: Grain filling rate under normal condition, GFR-S: Grain filling rate under stress condition.

مطالعه ضریب تغییرات ژنتیکی برای دوره پر شدن دانه بسیار پایین و برای سرعت پر شدن و عملکرد دانه قابل توجه بود (جدول ۴). در این تحقیق بالاترین میزان وراثت‌پذیری برای سرعت پر شدن دانه با ۰/۸۲ محاسبه شد. کریپا و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کرده‌اند که وراثت‌پذیری مهم‌ترین پارامتر در مطالعات ژنتیکی صفات کمی است (۱۲). و همچنین، لطفی آغمیونی و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که وراثت‌پذیری در تصمیم‌گیری برای گزینش یک صفت خاص نقش حیاتی ایفا می‌کند (۱۴). بیک‌زاده و همکاران (۲۰۱۵) اظهار کرده‌اند که اگر چه وراثت‌پذیری بالا، موثر بودن گزینش را بر اساس ویژگی‌های فنوتیپی نشان می‌دهد، اما بیان‌گر هیچ گونه شاخصی از مقدار پیشرفت ژنتیکی برای گزینش بهترین افراد نیست و این مورد با استفاده از پیشرفت ژنتیکی امکان‌پذیر است (۲). در آزمایش حاضر بالاترین پیشرفت ژنتیکی با ۱/۲۰ برای سرعت پر شدن دانه برآورد گردید (جدول ۴). پایین بودن پیشرفت ژنتیکی صفت دوره پر شدن دانه دلالت بر وجود تأثیر شدید عوامل محیطی بر این صفت و به‌علاوه وجود اثرات غیر افزایشی و اپیستازی در مکان‌های ژنی کنترل‌کننده این صفت است. یافته‌های این بخش از تحقیق نشان داد که صفت سرعت پر

همچنین، بر اساس این دو مؤلفه ارقام بم، نیشابور، سیستان، شیراز، باباکس و ماننا ژنوتیپ‌های حساس به گرما شناسایی شدند که در هر دو شرایط بدون تنش و تنش گرما عملکرد پایینی از آن‌ها حاصل گردید. ارقام زاگرس، دز، کویر و هیرمند، جزو ارقام بسیار حساس تقسیم‌بندی شدند که در شرایط بدون تنش دارای عملکرد بالا بودند، اما در شرایط تنش گرما عملکرد آن‌ها به شدت کاهش یافته است. ارقام برات، خلیل، ارگ، ویبیل، روشن، افلاک، مرودشت، پارس، پشتاز، سپاهان و آرتا ارقامی نیمه متحمل به گرما بودند که در شرایط بدون تنش و تنش سرعت پر شدن دانه و عملکرد متوسطی از خود نشان دادند (شکل ۱).

ضریب تغییرات ژنوتیپی، ضریب تغییرات فنوتیپی، وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی: ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی، وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی برای صفات در جدول ۴ ارائه شده است. دوره پر شدن دانه و سرعت پر شدن دانه به ترتیب دارای کم‌ترین و بیش‌ترین ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی بودند. بالا بودن ضریب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی برای صفات نشان‌دهنده دامنه گسترده تغییرات برای این صفات است. این در حالی است که بر اساس نتایج به‌دست آمده در بین ارقام گندم مورد

شدن دانه به علت بالا بودن مقدار وراثت‌پذیری به همراه پیشرفت ژنتیکی مطلوب، شاخصی مناسب دورگ‌گیری می‌باشد.



شکل ۱- پراکنش ارقام گندم بر اساس دو مؤلفه اصلی اول و دوم (۱-اروشن، ۲-مانتنا، ۳-اروند، ۴-کاز، ۵-قدس، ۶-فلات، ۷-هیرمند، ۸-الوند، ۹-ویرناک، ۱۰-زاگرس، ۱۱-کویز، ۱۲-چمران، ۱۳-مرودشت، ۱۴-شیراز، ۱۵-دز، ۱۶-پیشتا، ۱۷-هامون، ۱۸-بیم، ۱۹-سیستان، ۲۰-نیشابور، ۲۱-سپاهان، ۲۲-آرتا، ۲۳-بهار، ۲۴-ارگ، ۲۵-پارس، ۲۶-افلاک، ۲۷-چمران ۲، ۲۸-مه‌رگان، ۲۹-شوش، ۳۰-برات، ۳۱-خلیل، ۳۲-ویبیل، ۳۳-باباکس).

Figure 1- Distribution of wheat cultivars based on two main components, first and second (1-Rowshan, 2-Montana, 3-Arvand, 4-Kaz, 5-Ghuds, 6-Falat, 7-Hirmand, 8-Alvand, 9-Verinak, 10-Zagros, 11-Kavir, 12-Chamran, 13-Marvdasht, 14-Shiraz, 15-Dez, 16-Pishtaz, 17-Hamoon, 18-Bam, 19-Sistan, 20-Neyshabur, 21-Sepahan, 22-Arta, 23-Bahar, 24-Arg, 25-Pars, 26-Aflak, 27-Chamran 2, 28-Mehregan, 29-Shosh, 30-Barat, 31-Khalil, 32-Weebill, 33-Babax).

جدول ۴- محاسبه پارامترهای ژنتیکی صفات.

Table 4- Calculation of genetic parameters of traits.

| پارامترهای ژنتیکی Genetic parameters | صفات Traits | | |
|---|--|--|----------------------------|
| | دوره پر شدن دانه Grain filling period | سرعت پر شدن دانه Grain filling rate | عملکرد دانه Grain yield |
| ضریب تغییرات ژنوتیپی (درصد) Genotypic variation coefficient (%) | 2.81 | 15.24 | 11.36 |
| ضریب تغییرات فنوتیپی (درصد) Phenotypic variation coefficient (%) | 12.50 | 16.76 | 13.98 |
| وراثت‌پذیری Heritability | 0.05 | 0.82 | 0.66 |
| پیشرفت ژنتیکی Genetic Advance | 0.004 | 1.20 | 0.76 |

مناطق‌ی که دوره پر شدن دانه گندم با دمای زیاد روبه‌رو می‌شود، ضروری است. تاریخ کاشت یکی از عوامل مهم تعیین‌کننده عملکرد به شمار می‌رود و کشت تاخیری، باعث کاهش طول دوره رشد رویشی و زایشی و در مناطق گرمی مثل اهواز شده و باعث

نتیجه‌گیری کلی

گرمای بالا در مناطق گرم کشور از جمله اهواز تاثیر به‌سزایی بر کاهش عملکرد دانه گندم دارد و به کارگیری تدابیر به‌نژادی به‌منظور شناسایی ارقام مناسب جهت بر خورداری از عملکرد بالا در

گرما داشت و به این ترتیب توانست عملکرد خود را در شرایط تنش حفظ نماید. در مقابل، رقم ماننا که یک رقم بین المللی حساس به تنش گرما است به دلیل طولانی بودن مراحل فنولوژیک و برخورد مرحله زایشی با تنش گرما و همین طور کاهش سرعت پر شدن دانه آن، افت شدیدی در عملکرد دانه در شرایط تنش گرما نشان داد. در سال‌های اخیرا برای مناطق گرم و خشک کشور مانند مناطق عمده‌ای از خوزستان ارقام شوش، چمران-۲ و مهرگان اصلاح و ترخیص شده‌اند، از بین این ارقام، شوش و چمران-۲ توانستند با بالا نگه داشتن صفات مرتبط با عملکرد و از طریق افزایش سرعت پر شدن دانه در شرایط تنش، تحمل بالایی نسبت به تنش گرما داشته و در نتیجه عملکرد خود را در مواجهه با تنش گرما تا حد مطلوبی حفظ کنند. به علاوه، با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار سرعت پر شدن دانه با عملکرد دانه، همین‌طور وراثت‌پذیری بالا و پیشرفت ژنتیکی مطلوب آن، صفت سرعت پر شدن دانه به عنوان معیار انتخاب مناسب برای بهبود تحمل به تنش گرما در برنامه‌های اصلاحی آتی معرفی می‌گردد. این صفت از تنوع ژنتیکی نسبتاً بالایی در ارقام تجاری کشور برخوردار بوده و می‌تواند به‌طور مستقیم در انتخاب ارقام امیدبخش و به‌طور غیرمستقیم در برنامه‌های دورگ‌گیری در ارقام اصلاحی ارتقاء یابد.

سپاسگزاری

این پژوهش با حمایت مالی معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه شهید چمران اهواز از محل پژوهانه شماره SCU.AA98.500 انجام شده است که به این وسیله سپاسگزاری می‌گردد.

مصادف شدن دوره‌ی انتهایی رشد و نمو گیاه با تنش گرمای انتهای فصل و کاهش عملکرد دانه می‌شود. نتایج این آزمایش نشان داد که اصلاح ارقام برای شرایط تنش بایستی براساس انتخاب در هر دو محیط تنش و بدون تنش صورت پذیرد و نمی‌توان به ارقام تجاری مناسب جهت کشت در شرایط تنش صرفاً با اجرای برنامه‌های اصلاحی در شرایط بدون تنش دست یافت. در این مورد انتخاب تحت شرایط تنش توسط برخی محققان از جمله سسارلی (۱۹۸۷)، سسارلی و گراندو (۱۹۹۱)، راجن (۱۹۹۴) بسیار توصیه شده است (۴، ۵، ۲۴). این در حالی است که بعضی از محققین همانند ریچارد (۱۹۹۶)، فان جینکل و همکاران (۱۹۹۸)، راجرام و فان جینکل (۲۰۰۱) معتقد به برتری انتخاب تحت شرایط بدون تنش می‌باشند (۲۳، ۲۵، ۲۸). نتایج تحقیق حاضر مبین ضرورت انتخاب در شرایط تنش گرما در کنار انتخاب در شرایط بدون تنش بود. به‌طوری که کاهش دوره و سرعت پر شدن دانه در شرایط تنش گرمای انتهای فصل و از این طریق افت شدید در عملکرد دانه اکثر ارقام تجاری کشور مشاهده گردید. ارقام تجاری اروند و چمران-۲ اصلاح شده برای شرایط گرم و خشک جنوب بوده که در شرایط تنش گرما توانستند عملکرد بالایی خود را حفظ نمایند. این ارقام در شرایط بدون تنش نیز از جمله ارقام با عملکرد بالا به شمار آمدند. رقم متحمل کاز از طریق کوتاه نمودن دوره‌های فنولوژیک خود به‌خصوص در دوره رشد زایشی توانست نوعی فرار از خسارات ناشی از تنش انتهای فصل و عدم برخورد دوره گلدهی با گرمای بیش از حد آستانه داشته باشد. به‌علاوه، این رقم سرعت پر شدن دانه قابل توجهی در شرایط تنش

References

1. Barajeh Fard, M., Siahpoosh, M.R., and Modarresi, M. 2016. QTLs associated with stemlet and rootlet growth in the early stages of germination of wheat. *Plant Genet Res.* 3: 2. 59-68. (In Persian)
2. Beikzadeh, H., Alavi Siney, S.M., Bayat, M., and Ezady, A.A. 2015. Estimation of genetic parameters of effective agronomical traits on yield in some of Iranian rice cultivar. *Agron J.* 28: 106. 73-78. (In Persian)
3. Castro, M., Peterson, C.J., Dalla Rizza, M., Diaz Dellavalle, P., Vazquez, D., Ibanez, V., and Ross, A. 2007. Influence of heat stress on wheat grain characteristics and protein molecular weight distribution. *Wheat production in stressed environments. Develop. Plant breed.* 12: 365-371.
4. Ceccarelli, S. 1987. Yield potential and drought tolerance of segregating populations of barley in contrasting environments. *Euphytica* 40: 197-205.
5. Ceccarelli, S., and Grando, S. 1991. Selection environment and environmental sensitivity in barley. *Euphytica.* 57: 157-167.
6. FAO. 2012. Statistical database. Available online: <http://www.Fao.Org>.
7. Garatuza-payan, J., Argente-martinez, L., Yapez, E.A., and Arredondo, T. 2018. Initial response of phenology and yield components of wheat (*Triticum durum* L., CIRNO c2008) under experimental warming field conditions in the yaqui vally. *Life Earth Health Scie. Peerj* 6: e5064.
8. Gebeyhou, G., Knott, D.R., and Baker, R.J. 1982. Rate and duration of grain filling in durum wheat cultivars. *Crop Sci.* 22: 287-290.
9. Gibson, L.R., and Paulsen, G.M. 1999. Yield components of wheat grown under high temperature stress during reproductive growth. *J. Crop Sci.* 39: 6. 1841-1846.
10. Hashemi Dezfuli, A., and Marashi, A. 1994. Variations of assimilates during anthesis and its effect on grain growth, yield and yield components of wheat. *J. Agric. Sci. Ind.* 9: 1. 16-32. (In Persian)
11. Iqbal, M., Iqbal Raja, N., Yasmeen, F., and Hussain, M. 2017. Impacts of heat stress on wheat: A critical review. *J. Adv. Crop sci.* 5: 2329-8863.
12. Kripa, K.G., Sangeetha, R., Madhavi, P., and Deepthi, P. 2011. Phytochemical screening and in vitro amylase inhibitory effect of leaves of *Breynia retusa*. *Pak. J. Biol. Sci.* 14: 19. 894-899.
13. Lesk, C., Rowhani, P., and Ramankutty, N. 2019. Influence of extreme weather disasters on global crop production. *Nature.* 529: 84-87.
14. Lotfi Aghmioni, M., Aghaei, M.J., Vaezi, Sh., and Majidi Heravan, E. 2015. Evaluation of genetic diversity, heritability and genetic progress in Kabuli type chickpea genotypes. *Ir. J. Pulses Res.* 6: 100-107. (In Persian)
15. Mojtabaie Zamani, M., Nabipour, M., and Meskarbashee, M. 2014. Responses of bread wheat genotypes to heat stress during grain filling period under Ahvaz conditions. *J. Plant Prod.* 37: 4. 119-130. (In Persian)
16. Moshattati, A., Alami-Saied, Kh., Siadat, S.A., Bakhshandeh, A.M., and Jalal-Kamali. M.R. 2010. Evaluation of terminal heat stress tolerance in spring bread wheat cultivars in Ahvaz conditions. *Iran. J. Crop Sci.* 12: 2. 85-99. (In Persian)
17. Mousavi, S.F., Siahpoosh, M.R., and Sorkheh, K. 2021. Influence of sowing date and terminal heat stress on phonological features and yield components of bread wheat genotypes. *J. Crop Prod.* (under press). (In Persian)
18. Nuttall, J.G., Barlowb, K.M., Audrey, J., Delahuntyac, A.J., Christyb, B.P., and Olearya, G.J. 2018. Acute high temperature response in wheat. *Crop Ecol. Physiol.* 110: 4. 1296-1308.
19. Omid, M., Siahpoosh, M.R., Mamghani, R., and Modarresi, M. 2015. Heat tolerance evaluating of wheat

- cultivars using physiological characteristics and stress tolerance indices in Ahvaz climatic conditions. *J. Plant Prod.* 38: 1. 103-111. (In Persian)
20. Omid, M., Siahpoosh, M.R., Mamghani, R., and Modarresi, M. 2013. The effects of terminal heat stress on yield, yield components and some morpho-phenological traits of wheat genotypes in Ahvaz weather conditions. *J. Crop Prod.* 6: 4. 33-53. (In Persian)
 21. Ortiz, R., Sayre, K.D., Govaerts, B., Gupta, R., Subbarao, G.V., Tomohiro, B., Hodson, D., Dixon, J.M., Ortíz-monasterio, J.I., and Reynolds, M. 2008. Climate change: Can wheat beat the heat. *Agric. Ecosyst. Environ.* 126: 6-58.
 22. Radmehr, M. 1997. Influence of heat stress on growth physiology of wheat. Ferdowsi university of Mashhad publications. 120 p. (In Persian)
 23. Rajaram, S., and Van Ginkel, M. 2001. Mexico, 50 years of international wheat breeding. P 579-604, In: Bonjean, A.P., Angus, W.J. (eds.). *The world Wheat book: A history of wheat breeding*, Lavoisier Publishing, Paris, France.
 24. Rathjen, A.J. 1994. The biological basis of genotype - environment interaction: its definition and management. P 34-97, In: *Proceedings of the Seventh Assembly of the Wheat Breeding Society of Australia*, Adelaide, Australia.
 25. Richards, R.A. 1996. Defining selection criteria to improve yield under drought. *Plant Growth Regul.* 20: 157-166.
 26. Shang, M.R., Shang, S., Yu, J., Wu, J., and Jiang, D. 2016. Relationships between the climate change and the grain filling of winter wheat. *Pak. J. Bot.* 48: 6. 2359-2366.
 27. Tewolde, H., Fernandez, C.J., and Erickson, C.A. 2006. Wheat cultivars adapted to post-heading high temperature stress. *J. Agron. Crop Sci.* 192: 111-120.
 28. Van Ginkel, M., Calhoun, D.S., Gebeyehu, G., Miranda, A., Tian-you, C., Pargas Lara, R., Trethowan, R.M., Sayre, K., Crossa, L., and Rajaram, S. 1998. Plant traits related to yield of wheat in early, late, or continuous drought conditions. *Euphytica.* 100: 109-121.
 29. Viswanathan, C., and Khanna-chopra, R. 2001. Effect of heat stress on grain growth, starch synthesis and protein synthesis in grains of wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties differing in grain weight stability. *J. Agron. Crop Sci.* 186: 1. 1-7.
 30. Zadoks, J.C., Chang, T.T., and Konzak, C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.* 14: 415-421.