نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
سال سیزدهم / شماره دوم / تابستان ۱۴۰۲/مقاله علمی-پژوهشی: صفحات ۱۰۳ تا ۱۱۶

واکنش برخی صفات زراعی ارقام جو به تنش گرمای انتهای فصل در شرایط آب و هوایی ابرکوه

مسعود گلستانی[1*]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۱۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۰۷)

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تنش گرما بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی خصوصیات زراعی در جو، آزمایشی در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ به‌صورت جداگانه در دو شرایط معمول و تنش گرما در هشت رقم جو شامل نیک، مهر، خاتم، ریحان، نصرت، فجر ۳۰، یوسف و افضل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شهر ابرکوه اجرا شد. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر رقم برای تمام صفات به‌جز وزن هزار دانه و طول پدانکل معنی‌دار شد. برهم‌کنش تنش گرما × رقم در صفات تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه معنی‌دار بود. تنش گرما باعث کاهش معنی‌دار تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع بوته، طول سنبله، طول پدانکل، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه و افزایش معنی‌دار تعداد روز تا پنجه‌زنی شد. همبستگی منفی و معنی‌دار بین تعداد روز تا پنجه‌زنی با عملکرد دانه در هر دو شرایط آزمایش و همچنین بین تعداد سنبله در مترمربع با عملکرد دانه در شرایط معمول وجود داشت درحالی‌که همبستگی بین تعداد سنبله در مترمربع و تعداد دانه در سنبله با عملکرد دانه در شرایط تنش گرما مثبت و معنی‌دار بود. نتایج رگرسیون گام‌به‌گام نشان داد که برای افزایش عملکرد دانه در شرایط تنش گرما، می‌توان از صفاتی مانند ارتفاع بوته و تعداد دانه در سنبله استفاده نمود. نتایج نشان داد که می‌توان با کشت ارقام ریحان و نصرت در هر دو شرایط آزمایش عملکرد بالاتری را به‌دست آورد.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، تجزیه واریانس مرکب، عملکرد دانه، رگرسیون گام‌به‌گام، همبستگی

۱. استادیار، گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: ma_golestani@pnu.ac.ir

مقدمه

جو (*Hordeum vulgare* L.) چهارمین غله مهم دنیا بعد از گندم، ذرت و برنج و دومین محصول زراعی مهم ایران از نظر سطح تولید بعد از گندم است (۲۲). جو از اولین گیاهان زراعی اهلی شده به‌شمار می‌رود که علاوه بر اهمیت تغذیه‌ای برای انسان و دام، یکی از گیاهان با ارزش در تناوب محصولات زراعی می‌باشد (۳۲). در دنیا بیش از ۱۲۳ میلیون تن جو، هر ساله از حدود ۴۸ میلیون هکتار زمین کشاورزی برداشت می‌شود (۹). سطح زیر کشت جو آبی و دیم به‌ترتیب در حدود ۶۹۲ و ۹۷۳ هزار هکتار است که از این سطح حدود ۳/۸۷ میلیون تن دانه برداشت می‌شود (۱).

از مجموع تنش‌های غیرزنده‌ای که موجب کاهش عملکرد می‌شوند ۴۰ درصد مربوط به تأثیر دمای بالا، ۲۰ درصد شوری، ۱۷ درصد خشکی، ۱۵ درصد دمای پایین و ۸ درصد عوامل دیگر می‌باشد (۳). تنش گرما عبارت است از افزایش درجه حرارت بالاتر از حد آستانه تحمل گیاه در یک دوره زمانی مشخص که سبب ایجاد تغییرات غیر قابل برگشت در رشد نمو گیاه می‌شود (۲۸). دمای بالا زمان گلدهی، دوره نمو سنبله، تعداد سنبلچه و طول سنبله را کاهش داده و به نحو نامطلوبی بر نمو دانه گرده تأثیر می‌گذارد (۳۴). دمای بالا نه تنها سبب کاهش نرخ فتوسنتز، تعداد دانه و وزن دانه شده، بلکه سبب تسریع در مراحل نموی و همچنین نرخ پیری برگ در گیاهان یکساله می‌شود (۳۵). دمای بالا به‌طور معنی‌داری تعداد روز تا ساقه‌روی، تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا زمان رسیدگی را در گیاه گندم کاهش می‌دهد (۲۶). پاسخ اجزای عملکرد به دمای بالا با توجه به زمان وقوع و مدت زمان قرار گرفتن در معرض دمای بالا و همچنین نوع رقم متفاوت می‌باشد (۲۷). برای افزایش تحمل گرما در گیاهان زراعی، شناخت پاسخ گیاه به دمای بالا و ساز و کارهای تحمل گرما ضروری است (۳۴). تاریخ کاشت و رقم از جمله عوامل مهمی هستند که در فرار گیاهان از شرایط نامساعد محیطی، برخورداری گیاهان از عوامل محیطی، میزان انرژی نورانی جذب شده و تجمع ماده خشک و درنتیجه بهبود عملکرد مؤثر هستند (۱۱). در تاریخ کاشت مناسب گیاه فرصت کافی برای رشد رویشی و زایشی را در اختیار دارد و درنتیجه می‌تواند مواد فتوسنتزی بیشتری را تولید و ذخیره‌سازی نماید؛ ولی در تاریخ کاشت دیرهنگام به‌دلیل کاهش طول دوره رشد، تولید و ذخیره‌سازی مواد نقصان می‌یابد و موجب کاهش عملکرد خواهد شد (۳۰).

موسوی و همکاران (۲۰) اثر تنش گرمای آخر فصل را بر صفات مختلف در ۳۰ ژنوتیپ گندم در شرایط آب و هوایی اهواز بررسی کردند و مشخص شد که تنش گرما کاهش معنی‌داری در صفات فنولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد را ایجاد می‌نماید. در بررسی واکنش ارقام گندم بهاره در دو شرایط آب و هوایی اهواز و کرج نشان داده شد که تنش گرمایی در هر دو منطقه باعث کاهش عملکرد دانه، روز تا گلدهی و رسیدگی، ارتفاع گیاه، طول پدانکل، تعداد سنبله در مترمربع و تعداد دانه در سنبله شد (۲۸). در بررسی اثر تنش گرمایی در ۶۴ ژنوتیپ گندم در دو سال زراعی متوالی مشخص شد که تنش گرمایی منجر به کاهش وزن هزار دانه، کوتاه‌تر شدن دوره پر شدن دانه، کاهش عملکرد دانه در ژنوتیپ‌ها شد؛ درحالی‌که تنش گرمایی روی تعداد سنبله در مترمربع و تعداد دانه در سنبله تأثیر معنی‌داری نداشت (۱۷). نتایج بررسی تأثیر تنش گرمای انتهای فصل بر صفات مختلف در ژنوتیپ‌های جو در شرایط آب و هوایی اهواز نشان داد که تنش گرما طول دوره رشد، صفات مورفولوژیک و عملکرد و اجزای عملکرد را تحت تأثیر قرار داد (۲۴). مقایسه سه رقم جو در دو تاریخ کاشت متفاوت در شرایط آب و هوایی یزد نشان داد که در تاریخ کاشت زودهنگام پنجه‌زنی زودتر آغاز شد که با توجه به مساعدتر بودن شرایط رشد در این تیمار روند رشد گیاه در تاریخ کاشت زودهنگام سریعتر بود. تعداد روز تا رسیدگی در تاریخ کاشت دیر هنگام در مقایسه با تاریخ کاشت زودهنگام کاهش یافت و تأخیر تاریخ کشت، ارتفاع بوته را کاهش داد (۳۳). تأخیر در کشت موجب کوتاه شدن طول دوره رشد، کاهش ارتفاع بوته، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه و عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های جو می‌شود

جدول ۱. تغییرات دمای هوای محل اجرای آزمایش در طول دوره رشد جو

ماه	حداقل دما (°C)	حداکثر دما (°C)	میانگین دمای ماهانه (°C)
آبان	۰	۲۶	۱۳
آذر	-۱	۲۲	۱۱
دی	-۶	۱۸	۷
بهمن	-۹	۲۲	۸
اسفند	۲	۲۷	۱۵
فروردین	۲	۳۰	۱۸
اردیبهشت	۱۱	۳۸	۲۳
خرداد	۱۳	۴۱	۲۹

(۱۶). بهرامی و همکاران (۶) به‌منظور ارزیابی ژرم‌پلاسم گیاه *Hordeum spontaneum* منشأ گرفته از غرب ایران به تنش گرمایی در طی دوره پر شده دانه نشان دادند که اثر تنش گرمایی بر صفات روز تا گلدهی و رسیدگی، ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد پنجه بارور، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه معنی‌دار بود و تنش دمای بالا باعث کاهش معنی‌دار تمام صفات مذکور شد.

افزایش تحمل به تنش گرمایی به‌وسیله اصلاح و معرفی ارقام متحمل به گرما از طریق روش‌های اصلاحی، یکی ازراه‌های مقابله با کاهش عملکرد در مناطقی است که گیاهان در انتهای فصل رشد با تنش گرمایی مواجه هستند. یکی از راهکارهای ارزیابی و همچنین غربال ژنوتیپ‌ها برای تحمل به تنش گرمای آخر فصل در شرایط مزرعه، کاشت ژنوتیپ‌ها در تاریخ کشت تأخیری می‌باشد. با توجه به اینکه طیف وسیعی از ارقام جو در مناطق مختلف آب و هوایی ایران مورد کشت و کار قرار می‌گیرد؛ احتمالاً تنوع وسیعی در شرایط تنش گرمایی در بین این ارقام از نظر صفات زراعی مختلف مشاهده می‌شود. شناخت و آگاهی از این تنوع در بین ارقام جو به محققان اصلاح نبات کمک شایانی در تولید ارقام جو با پتانسیل عملکرد بالا در شرایط تنش گرمایی خواهد کرد. با توجه به اینکه تنش گرمای آخر فصل رشد یکی از عوامل محدود کننده تولید جو در بسیاری ازمناطق کشور می‌باشد و از طرفی پژوهشی در زمینه بررسی تحمل به گرما در ژنوتیپ‌های قابل کشت در شرایط آب و هوایی شهر ابرکوه انجام نشده است، بنابراین این پژوهش با هدف ارزیابی اثر تنش گرمای آخر فصل رشد بر برخی صفات زراعی و شناسایی صفات مهم در گزینش ارقام متحمل به تنش گرما در گیاه جو اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در مزرعه‌ای واقع در شهر ابرکوه با طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۱۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۷ دقیقه شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۱۵۵۰ متر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط معمول (تاریخ کاشت مرسوم منطقه) و تنش گرما (تاریخ کاشت تأخیری) به‌صورت جداگانه اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل هشت رقم جو، به نام‌های نیک، مهر، خاتم، ریحان، نصرت، فجر ۳۰، یوسف و افضل بود. تاریخ کاشت عادی در ۱۵ آبان و تاریخ کاشت تأخیری در اول آذر بود. برخی پارامترهای آب و هوایی محل اجرای پژوهش در جدول ۱ نشان داده شده است. لازم به ذکر است در شرایط کشت معمول، گلدهی در اواسط فروردین رخ داد که دمای هوا تقریباً برابر ۲۶ درجه سانتی‌گراد بود؛ درحالی‌که در شرایط تنش گرما، گلدهی در اواسط اردیبهشت رخ داد که دمای هوا تقریباً برابر ۳۳ درجه سانتی‌گراد بود.

پس از عملیات شخم و آماده‌سازی بستر کاشت، بر اساس نتایج آزمون خاک ۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ۲۰۰ کیلوگرم

در هکتار فسفات آمونیوم قبل از کاشت به خاک اضافه شد. پنجاه کیلوگرم کود اوره نیز در مراحل پنجه‌زنی و ساقه‌رفتن به‌صورت سرک به کرت‌ها داده شد. کاشت به‌صورت خطی در داخل کرت صورت پذیرفت. هر واحد آزمایشی شامل ۶ ردیف کاشت به طول ۵ متر و فاصله بین ردیف‌های کاشت ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. تراکم کاشت در حدود ۲۷۰ دانه در مترمربع در نظر گرفته شد. به‌جز اعمال تنش گرما به‌علت تأخیر در تاریخ کاشت، کلیه عملیات کاشت، داشت و برداشت در هر دو شرایط معمول و تنش گرما، به‌صورت یکسان انجام شد. پس از عملیات کاشت در تاریخ‌های مورد نظر، به‌منظور تأمین رطوبت مورد نیاز برای جوانه‌زنی بذرها، آبیاری انجام شد و در طول دوره رشد با توجه به بافت خاک و شرایط اقلیمی منطقه، دور آبیاری ۱۰-۷ روز یکبار برای تیمارها در نظر گرفته شد. صفات مورد بررسی در این پژوهش عبارت از تعداد روز از کاشت تا پنجه‌زنی، تعداد روز از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیکی، ارتفاع بوته، طول پدانکل و طول سنبله بر حسب سانتی‌متر، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه بر حسب گرم و عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار بودند. صفات ارتفاع گیاه، طول سنبله و طول پدانکل در مراحل انتهایی رشد گیاه و قبل از برداشت محصول از تعداد ده بوته که به‌صورت تصادفی از هر کرت آزمایشی انتخاب شده بودند، یادداشت‌برداری شد و میانگین آن ثبت شد. عملیات برداشت پس از حذف اثر حاشیه از سطحی معادل چهار مترمربع در خرداد ماه (با توجه به ارقام مختلف) انجام گرفت. پس از برداشت، عملکرد دانه مربوط به هر تیمار بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. درصد کاهش صفات در اثر تنش گرما با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (۲۵).

$$\text{درصد کاهش} = \left(\frac{\overline{X}_{ns} - \overline{X}_{hs}}{\overline{X}_{ns}}\right) \times ۱۰۰ \qquad (۱)$$

$\overline{X}_{ns}$ و $\overline{X}_{hs}$ به‌ترتیب میانگین صفت در شرایط معمول و تنش گرما است.

تجزیه و تحلیل داده‌ها بر پایه تجزیه مرکب داده‌ها در دو شرایط تاریخ کاشت معمول و تاریخ کاشت تأخیری (تنش گرما) و همچنین همبستگی بین صفات با عملکرد دانه و تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SAS و SPSS انجام شد. برای انجام مقایسه میانگین از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر شرایط آزمایش بر تمام صفات مورد بررسی به جز وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). اثر رقم برای تمام صفات به جز وزن هزار دانه و طول پدانکل معنی‌دار شد (جدول ۲) که این موضوع نشان می‌دهد که بین ارقام مورد استفاده در این پژوهش تنوع ژنتیکی بالایی وجود داشت. برهم‌کنش تنش گرما × رقم در صفات تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). اورکی و همکاران (۲۴) نشان دادند که تنش گرما تأثیر معنی‌دار بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد در ژنوتیپ‌های مختلف گیاه جو در شرایط آب و هوایی اهواز داشت. در بررسی تأثیر تنش گرمای آخر فصل بر برخی صفات در گیاه جو مشخص شد که اثر تنش گرما بر صفات روز تا گلدهی و رسیدگی، ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد پنجه بارور، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه معنی‌دار بود (۶).

تعداد روز تا پنجه‌زنی و رسیدگی

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در اثر تأخیر در کاشت تعداد روز تا پنجه‌زنی افزایش یافت و کاشت زودهنگام باعث شد تا پنجه‌زنی در ارقام مورد مطالعه زودتر شروع شود (جدول ۳). با توجه به اینکه برهم‌کنش تنش گرما × رقم در مورد صفت تعداد روز تا پنجه‌زنی غیرمعنی‌دار بود (جدول ۲) از مقایسه میانگین اثرات اصلی رقم (جدول ۴) برای این صفت استفاده شد. بر اساس نتایج جدول ۴ مشخص شد که ارقام ریحان و نصرت کمترین و رقم فجر ۳۰ بیشترین تعداد روز تا پنجه‌زنی

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات مورد بررسی در ارقام جو در دو شرایط معمول و تنش گرما

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		تعداد روز تا پنجه‌زنی	تعداد روز تا رسیدگی	ارتفاع بوته	طول سنبله	طول پدانکل	تعداد سنبله در مترمربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد دانه
تنش	۱	۱۰۳۶*	۳۳۸۶**	۹۹۵۳**	۱۰/۷**	۶۶۰**	۵۵۴۲۶**	۲۷۰۱**	۱۷۱ns	۲۷۵۶۳۹۱۴**
تنش (تکرار)	۴	۴۹/۹	۸/۷۴	۸۱/۴	۰/۲۲	۱۶/۶	۷۱۸	۱۵/۹	۲۸/۲	۳۴۴۱۵۲
رقم	۷	۶۰/۱**	۷۳/۳**	۴۳۵**	۲/۸۳**	۱۴/۹ns	۶۴۴۴**	۲۲/۹*	۱۰/۳ns	۹۸۴۲۹۱**
تنش × رقم	۷	۱۴/۲ns	۳/۴ns	۵۸/۸ns	۰/۷۷ns	۱۵/۶ns	۱۴۶۹*	۲۳/۹*	۱۱/۵ns	۷۲۹۷۹۵۳*
خطا	۲۸	۹/۱	۷/۲	۵۳/۴	۰/۳۸	۱۰/۶	۵۸۲	۹/۴	۱۴/۳	۹۸۳۹۲
ضریب تغییرات (٪)	–	۸/۶۵	۱/۷۸	۹/۱۶	۱۲/۸	۱۵/۰	۵/۶	۸/۵۳	۱۰/۱	۶/۷

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۳. مقایسه میانگین صفات در شرایط بدون تنش و تنش گرما در ارقام جو

شرایط آزمایش	تعداد روز تا پنجه‌زنی	تعداد روز تا رسیدگی	ارتفاع بوته (cm)	طول سنبله (cm)	طول پدانکل (cm)	تعداد سنبله در متر مربع	تعداد دانه در سنبله	عملکرد دانه ($kgha^{-1}$)
معمول	۳۰/۱b	۱۵۹/۲a	۹۴/۱a	۵/۲۷a	۲۵/۴a	۴۶۲a	۴۳/۴a	۵۴۶۹a
تنش	۳۹/۴a	۱۴۲/۴b	۶۵/۳b	۴/۳۳b	۱۷/۹b	۳۹۴b	۲۸/۴b	۳۹۵۳b

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال آماری ۵٪ در آزمون دانکن با هم ندارند.

جدول ۴. مقایسه میانگین صفات* برای اثرات اصلی در تجزیه واریانس مرکب برای ارقام جو

رقم	تعداد روز تا پنجه‌زنی	تعداد روز تا رسیدگی	ارتفاع بوته (cm)	طول سنبله (cm)
نیک	۳۳/۸bc	۱۵۴ab	۶۴/۳d	۴/۹۲b
افضل	۳۴/۴bc	۱۵۲bc	۸۸/۲ab	۳/۸c
ریحان	۳۰/۷c	۱۴۷d	۸۹/۳a	۴/۸۲b
نصرت	۳۲/۴c	۱۴۹cd	۸۱/۶ab	۴/۴۳bc
خاتم	۳۴/۴bc	۱۴۸d	۷۰/۹cd	۶/۲a
فجر ۳۰	۴۱/۳a	۱۵۶a	۷۸/۹bc	۴/۴bc
یوسف	۳۴/۴bc	۱۴۹d	۸۵/۱ab	۴/۹۸b
مهر	۳۶/۷b	۱۴۷d	۷۹/۶bc	۴/۸۷b

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال آماری ۵٪ در آزمون دانکن با هم ندارند.

* صفاتی که برهم‌کنش تنش × رقم در تجزیه واریانس مرکب برای آنها معنی‌دار نشده است.

را داشتند. بررسی دو تاریخ کاشت متفاوت در شرایط آب و هوایی یزد در گیاه جو نشان داد که در تاریخ کاشت زودهنگام پنجه‌زنی زودتر آغاز شد که با توجه به مساعدتر بودن شرایط رشد در این تیمار روند رشد گیاه در تاریخ کاشت زودهنگام سریعتر بود (۳۳). ساامارا و آل‌ایسا (۳۰) در بررسی تاریخ کاشت مناطق خشک و نیمه خشک گزارش کردند که در تاریخ کاشت زود هنگام گیاهچه گیاه جو زودتر ظاهر می‌شود. تاریخ کاشت تأثیر فراوانی بر فنولوژی گیاه طی فصل رشد آن دارد، به‌طوری که تغییر در زمان کاشت می‌تواند منجر به تغییر در طول مراحل رشد و نمو شود (۱۸). در بررسی سه رقم جو در دو تاریخ کاشت متفاوت در شرایط آب و هوایی یزد مشخص شد که در تاریخ کاشت زودهنگام گیاه فرصت بیشتری برای رشد رویشی و تولید پنجه بارور دارد که این موضوع ارتباط مستقیم با تعداد سنبله بارور در واحد سطح داشت و از طرف دیگر با توجه به افزایش طول دوره رشد به‌علت پنجه‌زنی زودتر در اثر تاریخ کاشت زودهنگام، ساخت و ذخیره‌سازی مواد فتوسنتزی و همچنین طول دوره پر شدن دانه افزایش یافت و به‌دنبال آن انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی به دانه‌ها منجر به بالا رفتن عملکرد شد (۳۳).

نتایج مقایسه میانگین اثر تنش گرما بر صفت تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی نشان داد که تنش گرما باعث کاهش معنی‌دار این صفت به میزان ۱۰/۵۵ درصد شد و کاشت دیرهنگام باعث شد که رسیدگی فیزیولوژیکی در ارقام زودتر شروع شود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات اصلی رقم برای صفت تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی نشان داد که ارقام مهر، ریحان، خاتم و یوسف کمترین و ارقام فجر ۳۰ و نیک بیشترین تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی را داشتند (جدول ۴). اورکی و همکاران (۲۴) گزارش کردند که تنش گرمای انتهای فصل در ژنوتیپ‌های جو در شرایط آب و هوایی اهواز باعث کاهش معنی‌دار صفات فنولوژیک شامل تعداد روز از کاشت تا سنبله‌دهی و رسیدگی شد. در بررسی مراحل رشد و نمو گندم نان تحت شرایط تعجیل و تأخیر در زمان کاشت مشخص شد که تأخیر در کاشت منجر به کاهش معنی‌دار برای صفات کاشت تا سنبله‌دهی، گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک شد و در تاریخ کاشت دیرهنگام، اگرچه بوته‌ها سریعتر طول مراحل نمو زایشی را طی کردند و زودرس بودند، اما به‌دلیل دارا بودن کمترین فاصله زمانی بین گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک، دوره پرشدن دانه در آنها کوتاه‌تر بود که منجر به اثر منفی بر عملکرد دانه شد (۳۱). تنش گرمای آخر فصل در ژنوتیپ‌های گندم در شرایط آب و هوایی اهواز باعث کاهش معنی‌دار صفات فنولوژیک شد (۲۰). بررسی واکنش ارقام گندم بهاره در دو شرایط اهواز و کرج نسبت به تنش گرمایی نشان داد که تنش گرمایی در هر دو شهر باعث کاهش تعداد روز تا گلدهی و رسیدگی شد (۲۸). زمان سنبله‌دهی و رسیدگی فیزیولوژیک از مهمترین صفات مرتبط با سازگاری ژنوتیپ‌های مختلف با محیط‌های خاص هستند که نقش مهمی در میزان عملکرد گیاهان زراعی در نواحی تحت تنش دارند (۷). سرعت بیشتر دریافت واحدهای دمایی مورد نیاز ژنوتیپ‌ها جهت کامل شدن مراحل رشدی و وارد شدن به مرحله زایشی و رسیدگی باعث کاهش تعداد روز تا سنبله‌دهی و رسیدگی در شرایط تنش گرمایی می‌شود (۷). دمای بالا ممکن است طول دوره‌های فنولوژیک را با کاهش دوره زندگی گیاه کاهش دهد، که درنتیجه آن تعداد روز تا سنبله‌دهی، روز تا رسیدگی و دوره‌های پر شدن دانه کاهش می‌یابد و تأثیر منفی روی عملکرد و اجزای عملکرد در غلات خواهد گذاشت (۲۱). به‌نظر می‌رسد ارقامی که با تنظیم مراحل فنولوژیک و با رسیدگی زودتر، دوره پرشدن دانه را زودتر آغاز کنند، در دوره پرشدن دانه کمتر در معرض عوامل نامساعد آخر فصل به‌ویژه گرما و خشکی قرار می‌گیرند و در نتیجه از عملکرد بالاتری برخوردار خواهند بود (۸).

ارتفاع بوته، طول سنبله و پدانکل

مقایسه شرایط تنش گرما و شرایط معمول نشان‌دهنده کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته به‌میزان ۳۰/۶ درصد در شرایط تنش گرما

بود (جدول ۳). با توجه به اینکه برهم‌کنش تنش گرما × ژنوتیپ در مورد صفت ارتفاع بوته غیرمعنی‌دار بود (جدول ۲) از مقایسه میانگین اثرات اصلی رقم (جدول ۴) برای این صفت استفاده شد. بررسی ارقام مختلف از نظر صفت ارتفاع بوته نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته در رقم ریحان دیده شد و این رقم با ارقام افضل، یوسف و نصرت تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴). کمترین ارتفاع بوته در رقم نیک دیده شد و این رقم با رقم خاتم تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴). هر چه طول دوره رشد در تاریخ کاشت زودهنگام افزایش یابد، فرصت بیشتری برای رشد طولی میانگره‌ها به وجود می‌آید و درنتیجه ارتفاع افزایش پیدا می‌کند (۳۳). یکی از دلایل کاهش ارتفاع در اثر تنش گرما می‌تواند به‌علت نبود زمان کافی برای رشد و برخورد زود هنگام با شرایط آب و هوایی گرم اواخر بهار، در تاریخ کاشت دیرهنگام باشد. نتایج حاصل از بررسی اثر تنش گرما در یازده ژنوتیپ گندم نشان داد که تنش گرما باعث کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته شد (۲۳). تنش گرمای انتهای فصل در ژنوتیپ‌های جو در شرایط آب و هوایی اهواز باعث کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته شد (۲۴). در بررسی اثر تنش گرمای انتهای فصل بر ژنوتیپ‌های جو لخت در یک آزمایش مزرعه‌ای نشان داده شد که با تأخیر در زمان کاشت و هم‌زمان شدن مراحل زایشی و پر شدن دانه با دماهای بالا، ارتفاع گیاه کاهش یافت (۱۵).

میانگین طول سنبله در شرایط معمول برابر ۵/۲۷ سانتی‌متر و در شرایط تنش گرما برابر ۴/۳۳ سانتی‌متر بود که این نشان‌دهنده کاهش ۱۷/۸ درصدی در این صفت در اثر تنش گرما بود (جدول ۳). در بین ارقام مورد مطالعه بیشترین طول سنبله در رقم خاتم و کمترین آن در رقم افضل مشاهده شد (جدول ۴). در اثر اعمال تنش گرما، گیاه با سرعت بیشتری دوره رشد خود را کامل می‌کند و وارد مرحله زایشی می‌شود، بنابراین دوره کوتاه‌تری را برای افزایش طول سنبله دارد، لذا طول سنبله کاهش می‌یابد (۱۴). اورکی و همکاران (۲۴) و طباطبایی (۳۳) در گیاه جو و امیدی و همکاران (۲۳) در گیاه گندم نیز کاهش طول سنبله ناشی از مصادف شدن دوره رشدی با گرمای انتهای فصل را گزارش کرده‌اند.

طول پدانکل در اثر تنش گرما به میزان ۲۹/۳ درصد در مقایسه با شرایط معمول کاهش یافت؛ به‌طوری که میزان طول پدانکل در شرایط معمول معادل ۲۵/۴ و در شرایط تنش گرما معادل ۱۷/۹۷ سانتی‌متر بود (جدول ۳). اثر رقم در صفت طول پدانکل غیرمعنی‌دار بود (جدول ۲). با توجه به اینکه تنش گرما در زمان گلدهی اتفاق افتاده است و در این زمان فقط قسمت کمی از سنبله خارج شده است؛ بنابراین تنش گرما در این مرحله باعث کاهش طول پدانکل می‌شود. در کاشت دیرهنگام به‌علت کوتاه شدن مراحل نمو و درنتیجه دریافت سریعتر واحدهای حرارتی مورد نیاز، ممکن است اجزایی از عملکرد که از مرحله ساقه‌دهی به بعد شکل می‌گیرند، تحت تأثیر قرار بگیرند و منجر به کاهش عملکرد دانه شوند (۳۱). کاهش طول پدانکل در اثر تأخیر در کاشت و تنش گرمایی آخر فصل در پژوهش‌های دیگر (۲۳ و ۲۴) نیز گزارش شده است.

تعداد سنبله در مترمربع و تعداد دانه در سنبله

تنش گرما در اثر تأخیر در کاشت موجب کاهش تعداد سنبله در مترمربع به میزان ۱۴/۷ درصد شد (جدول ۳). برهم‌کنش تنش گرما × رقم در صفت تعداد سنبله در مترمربع معنی‌دار بود (جدول ۲) بنابراین از مقایسه میانگین ارقام در دو شرایط معمول و تنش گرما (جدول ۵) استفاده شد. بر اساس نتایج این جدول مشخص شد که در شرایط معمول بیشترین تعداد سنبله در مترمربع در ارقام نصرت (۵۱۴) و ریحان (۴۹۷) و کمترین آن در رقم یوسف (۴۱۹/۱) دیده شد و این رقم با ارقام افضل و مهر تفاوت معنی‌داری نداشت. در شرایط تنش گرما بیشترین تعداد سنبله در مترمربع در ارقام ریحان (۴۴۵/۶) و نصرت (۴۳۸) دیده شد و کمترین آن در ارقام فجر ۳۰ (۳۴۵/۵) و نیک (۳۵۱/۹) دیده شد. کاهش تعداد سنبله در مترمربع در مواجهه گیاه با شرایط گرما می‌تواند به‌علت کاهش تعداد پنجه‌های بارور در اثر گرما باشد. تعداد سنبله در واحد سطح صفتی است

جدول ۵. مقایسه میانگین برهم‌کنش تنش گرما و رقم برای صفات* در ارقام جو

شرایط آزمایش	رقم	تعداد دانه در سنبله	تعداد سنبله در متر مربع	عملکرد دانه ($kgha^{-1}$)
معمول	نیک	۴۸/۷^{a}	۴۷۱^{bc}	۵۴۹۷^{cd}
	افضل	۴۳/۱^{bc}	۴۲۶^{de}	۴۹۶۲^{de}
	ریحان	۴۰/۵^{bc}	۴۹۷^{ab}	۶۱۴۰^{ab}
	نصرت	۴۱/۳^{bc}	۵۱۴^{a}	۶۳۷۹^{a}
	خاتم	۴۵/۹^{ab}	۴۸۱^{b}	۵۶۶۵^{bc}
	فجر ۳۰	۳۹/۸^{c}	۴۴۷^{cd}	۵۱۸۸^{cde}
	یوسف	۴۴/۹^{abc}	۴۱۹^{e}	۴۸۶۷^{e}
	مهر	۴۲/۸^{bc}	۴۴۱^{de}	۵۰۵۳^{de}
تنش گرما	نیک	۲۷/۵^{ab}	۳۵۱^{d}	۳۸۳۵^{bcd}
	افضل	۲۸/۹^{ab}	۳۹۵$^{a-d}$	۴۱۲۰^{abc}
	ریحان	۳۱/۷^{a}	۴۴۵^{a}	۴۴۳۴^{a}
	نصرت	۳۱/۰^{a}	۴۳۸^{ab}	۴۲۲۸^{ab}
	خاتم	۳۰/۰^{ab}	۴۲۴^{abc}	۴۰۵۰^{abc}
	فجر ۳۰	۲۴/۲^{b}	۳۴۵^{d}	۳۳۷۵^{d}
	یوسف	۲۷/۴^{ab}	۳۸۴^{bcd}	۳۹۶۰^{abc}
	مهر	۲۶/۱^{ab}	۳۶۹^{cd}	۳۶۲۲^{cd}

*صفاتی که برهم‌کنش تنش × رقم در تجزیه واریانس مرکب برای آنها معنی‌دار شده است. میانگین‌های با حروف مشترک برای هر صفت و در هر شرایط آزمایشی، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال آماری ۵٪ در آزمون دانکن با هم ندارند.

که بیشتر به‌وسیله تعداد پنجه‌های بارور تعیین می‌شود. با توجه به اینکه در کشت زودهنگام شرایط محیطی برای رشد رویشی مناسب می‌باشد؛ این موضوع باعث افزایش رشد رویشی و تولید برگ و پنجه بیشتر در گیاه می‌شود ولی اگر دمای مناسب برای تغییر مرحله رویشی به زایشی مهیا نشود و یا این عامل دیرتر مهیا شود، تعداد پنجه‌های بارور و درنتیجه تعداد سنبله در واحد سطح کاهش می‌یابد. همچنین می‌توان گفت که کاهش معنی‌دار تعداد سنبله در واحد سطح در تاریخ کاشت دیرهنگام احتمالاً به‌علت دمای بالای هوا در مرحله زایشی و افزایش تولید پنجه‌های غیربارور می‌باشد (۳۶). در شرایط تنش، حفظ ظرفیت تعداد سنبله در واحد سطح و کاهش کمتر تعداد سنبله، می‌تواند بیانگر تحمل بیشتر ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش باشد (۲). گارسیا دل‌مورال و همکاران (۱۲) نشان دادند که ژنوتیپ‌هایی که در مرحله سنبله‌دهی نسبت به شرایط تنش گرمایی تحمل بیشتری دارند، توانایی بیشتر در ذخیره انرژی و تولید پنجه‌های بارور و درنتیجه تعداد سنبله بیشتر در واحد سطح داشتند.

میانگین تعداد دانه در سنبله در شرایط معمول برابر ۴۳/۳۸ و در شرایط تنش گرما برابر ۲۸/۳۷ بود که این بیانگر کاهش ۳۴/۶ درصدی تعداد دانه در سنبله در اثر تنش گرما بود (جدول ۳). در شرایط معمول رقم نیک (۴۸/۷۷) بیشترین تعداد دانه در سنبله را داشت و این رقم با ارقام خاتم و یوسف تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین تعداد دانه در سنبله در شرایط معمول در رقم فجر ۳۰ (۳۹/۸) مشاهده شد (جدول ۵). در شرایط تنش گرما رقم ریحان (۳۱/۷۶) و نصرت (۳۱) بیشترین و رقم فجر ۳۰ (۲۴/۲) کمترین تعداد دانه در سنبله را داشتند

(جدول ۵). با تأخیر در کاشت و هم‌زمانی مرحلهٔ گلدهی ژنوتیپ‌ها با دماهای بالا در انتهای فصل رشد، ناهنجاری‌های میوزی به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد و این موضوع باعث کاهش تعداد دانه‌های گرده شده و در اثر عدم باروری گلچه‌ها، تعداد دانه در سنبله در شرایط تنش گرما کاهش می‌یابد و این مطلب نشان‌دهنده تأثیر منفی تنش گرما بر دانه‌بندی به‌ویژه در ژنوتیپ‌های حساس است (۲۳). وقوع دمای بالا در مرحله گرده‌افشانی به‌واسطه جلوگیری از تقسیم سلولی و رشد دانه گرده و افزایش عقیمی در اندام‌های جنسی باعث کاهش تعداد دانه‌های تشکیل شده در سنبله می‌شود (۱۹). تحت تنش گرما تعداد سنبله در واحد سطح در مقایسه با تعداد دانه در سنبله کاهش کمتری داشت. این موضوع می‌تواند به این علت باشد که تنش گرما در مرحله گرده‌افشانی اتفاق افتاده است و بنابراین صفت تعداد سنبله در واحد سطح که پتانسیل آن در مراحل قبل از گرده‌افشانی تعیین می‌شود، کمتر تحت تأثیر تنش گرما قرار می‌گیرد. بررسی واکنش ژنوتیپ‌های گندم نان به تنش گرما در دوره پر شدن دانه نشان داد که تأخیر در کاشت به‌طور میانگین منجر به کاهش ۱۰/۵ و ۴/۵ درصدی به‌ترتیب در تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در متر مربع شد (۱۹). کاهش تعداد سنبله و تعداد دانه در سنبله در شرایط تنش گرما توسط امیدی و همکاران (۲۳)، اورکی و همکاران (۲۴)، رضایی‌زاده و همکاران (۲۸) و خداشناس (۱۶) نیز گزارش شده است.

عملکرد دانه

نتایج مقایسه میانگین عملکرد دانه نشان داد که عملکرد دانه در اثر تنش گرما کاهش ۲۷/۷ درصدی را نشان داد (جدول ۳). مقایسه میانگین ارقام از نظر صفت عملکرد دانه در شرایط معمول نشان داد که ارقام نصرت (۶۳۷۹ کیلوگرم در هکتار) و ریحان (۶۱۴۰/۳ کیلوگرم در هکتار) بیشترین و رقم یوسف (۴۸۶۷ کیلوگرم در هکتار) کمترین میزان عملکرد دانه را داشتند (جدول ۵). در شرایط تنش گرما ارقام ریحان (۴۴۳۴/۷ کیلوگرم در هکتار) و نصرت (۴۲۲۸/۷ کیلوگرم در هکتار) بیشترین و رقم فجر ۳۰ (۳۳۷۵ کیلوگرم در هکتار) کمترین میزان عملکرد دانه را داشتند (جدول ۵). تنش گرمای انتهای فصل یکی از عوامل مهم محیطی است که رشد و نمو دانه به‌ویژه در مرحلهٔ پس از گرده‌افشانی را تحت تأثیر قرار می‌دهد، طول مراحل نمو را کوتاه‌تر و بدین ترتیب عملکرد را کاهش می‌دهد (۲۴). در بررسی سه رقم جو در دو تاریخ کاشت متفاوت در شرایط آب و هوایی یزد مشخص شد که در تاریخ کاشت زودهنگام گیاه فرصت بیشتری برای رشد رویشی و تولید پنجه بارور دارد و از طرف دیگر با توجه به افزایش طول دوره رشد، ساخت و ذخیره‌سازی مواد فتوسنتزی و همچنین طول دوره پر شدن دانه افزایش یافت که به‌دنبال آن انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی به دانه‌ها منجر به بالا رفتن عملکرد شد (۳۳). در تاریخ کاشت دیرهنگام دورهٔ گلدهی و گرده‌افشانی گیاهان با هوای گرمتر رو به رو شده که این موضوع موجب زودرسی گیاهان می‌شود و باعث می‌شود گیاهان رشد رویشی کمتری داشته باشند. کوتاه شدن دوره رشد رویشی موجب کاهش توانایی تأمین مواد فتوسنتزی برای تشکیل و پر شدن دانه‌ها شده و همچنین زمان لازم برای تشکیل و پر شدن سنبله مهیا نمی‌شود و این عوامل باعث کاهش عملکرد دانه در تاریخ کاشت دیرهنگام می‌شود. بر اساس نتایج این پژوهش و با توجه به اینکه ارقام ریحان و نصرت در صفات مهم مانند عملکرد دانه، تعداد سنبله در مترمربع و تعداد دانه در سنبله دارای مقادیر بیشتری در هر دو شرایط آزمایش بودند؛ بنابراین می‌توان از ارقام ریحان و نصرت برای کشت در هر دو شرایط آزمایش استفاده نمود و عملکرد بالاتری را به‌دست آورد. کاهش عملکرد دانه در نتیجه تنش گرما به‌علت تأخیر در کاشت در جو (۵، ۶، ۱۶و ۲۴) و گندم (۱۷، ۱۹، ۲۸) گزارش شده است.

همبستگی و رگرسیون گام‌به‌گام صفات با عملکرد دانه

در شرایط معمول همبستگی بین تعداد روز تا پنجه‌زنی و عملکرد دانه منفی و معنی‌دار و بین تعداد سنبله در مترمربع مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۶). در شرایط تنش گرما

جدول ۶. ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی با عملکرد دانه در شرایط معمول و تنش گرما

	تعداد روز تا پنجه‌زنی	تعداد روز تا رسیدگی	ارتفاع بوته	طول سنبله	طول پدانکل	تعداد سنبله در مترمربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه
معمول	-۰/۷۳*	-۰/۳	-۰/۰۱	۰/۲۴	-۰/۱۷	۰/۹۸**	-۰/۲۳	-۰/۲۲
تنش گرما	-۰/۹۱**	-۰/۴۱	۰/۴۳	۰/۱	۰/۴۱	۰/۸۹**	۰/۹۷**	۰/۵۹

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

همبستگی بین تعداد روز تا پنجه‌زنی و عملکرد دانه منفی و معنی‌دار و بین تعداد سنبله در مترمربع و تعداد دانه در سنبله با عملکرد دانه مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۶). بر اساس نتایج همبستگی صفات با عملکرد دانه مشخص شد که در هر دو شرایط آزمایش هر چه تعداد روز تا پنجه‌زنی در ژنوتیپ‌ها کاهش یابد و ژنوتیپ‌ها زودتر وارد مرحله پنجه‌زنی شوند؛ ژنوتیپ‌ها کمتر به گرمای آخر فصل برخورد می‌کنند و درنتیجه عملکرد دانه افزایش می‌یابد. با مقایسه همبستگی بین صفات با عملکرد دانه در شرایط معمول و تنش گرما مشخص شد که همبستگی صفت تعداد دانه در سنبله فقط در شرایط تنش گرما با عملکرد دانه مثبت و معنی‌دار بود که این مطلب نشان‌دهنده اهمیت این صفت در شرایط تنش گرما می‌باشد. دربررسی همبستگی صفات در ارقام جو مشخص شد که در شرایط تنش گرما صفات طول ساق‌گل و تعداد دانه در سنبله همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه داشتند (۲۴). با بررسی برخی از لاین‌های برنج متحمل به تنش گرما با استفاده از ضرایب همبستگی نشان داده شد که بین عملکرد دانه با تعداد پنجه در واحد سطح، تعداد دانه در خوشه، وزن هزار دانه و درصد باروری همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (۲۹).

به‌منظور تعیین صفات مؤثر بر عملکرد دانه، از رگرسیون گام‌به‌گام استفاده شد. با انجام رگرسیون گام‌به‌گام و در نظر گرفتن عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته و دیگر صفات به‌عنوان متغیر مستقل، در شرایط معمول سه صفت تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله و ارتفاع بوته وارد مدل شدند و این سه صفت در مجموع ۹۹ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند (جدول ۷). صفت تعداد سنبله در مترمربع در مرحله اول رگرسیون گام‌به‌گام وارد مدل شد و به‌تنهایی ۹۶ درصد از تغییرات عملکرد دانه را نشان داد که این مطلب بیانگر اهمیت این صفت در شرایط معمول می‌باشد. در شرایط تنش گرما صفات تعداد دانه در سنبله و ارتفاع بوته وارد مدل رگرسیون گام‌به‌گام شدند و این دو صفت ۹۵ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند (جدول ۸). صفت تعداد دانه در سنبله به‌تنهایی ۹۳ درصد از تغییرات عملکرد در شرایط تنش گرما را نشان داد که این مطلب بیانگر اهمیت این صفت در شرایط تنش گرما می‌باشد و این موضوع با نتیجه‌ای که در بررسی ضرایب همبستگی بین صفات با عملکرد دانه در شرایط تنش گرما به‌دست آمد تطابق دارد. با مقایسه صفات وارد شده به مدل رگرسیون گام‌به‌گام بین دو شرایط آزمایش مشخص شد که صفات ارتفاع بوته و تعداد دانه در سنبله در هر دو شرایط مشترک بودند ولی در شرایط معمول علاوه بر این صفات، صفت تعداد سنبله در مترمربع نیز وارد معادله رگرسیون شد و این موضوع اهمیت این صفت را در شرایط معمول نشان می‌دهد. با توجه به همبستگی تعداد سنبله در مترمربع با عملکرد دانه در هر دو شرایط آزمایش و همچنین با توجه به اینکه این صفت در رگرسیون گام‌به گام در هر دو شرایط آزمایش وارد مدل شد، می‌توان از این صفت برای بهبود عملکرد دانه جو و انجام گزینش برای هدف اصلاحی تحمل به گرما استفاده کرد. با استفاده از رگرسیون گام‌به‌گام در ارقام جو مشخص شد که در شرایط معمول گرما صفات طول سنبله بدون ریشک، تعداد دانه در سنبله و شاخص برداشت در مدل وارد شدند (۲۴). با بررسی برخی از لاین‌های برنج متحمل به

جدول ۷. نتایج رگرسیون گام‌به‌گام برای عملکرد دانه در شرایط معمول

مراحل رگرسیون	عدد ثابت	صفات وارد شده به مدل			ضریب تبیین
		تعداد سنبله در مترمربع	ارتفاع بوته	تعداد دانه در سنبله	
۱	−۱۹۷۶	۱۶/۱	–	–	۰/۹۶
۲	−۲۹۹۰	۱۶/۶	۸/۴	–	۰/۹۹
۳	−۴۳۹۹	۱۷/۱	۱۲/۴	۱۸/۷	۰/۹۹
TOL	–	۰/۸	۰/۳۵	۰/۳۶	–
VIF	–	۱/۲۵	۲/۸	۲/۷۶	–

جدول ۸. نتایج رگرسیون گام‌به‌گام برای عملکرد دانه در شرایط تنش گرما

مراحل رگرسیون	عدد ثابت	صفات وارد شده به مدل		ضریب تبیین
		تعداد دانه در سنبله	ارتفاع بوته	
۱	۳۰۲	۱۲۸	–	۰/۹۳
۲	−۷۲/۱	۱۲۲	۸/۳	۰/۹۵
TOL	–	۰/۹۲	۰/۹۲	–
VIF	–	۱/۱	۱/۱	–

تنش گرما نشان داده شد که صفات تعداد پنجه در واحد سطح و تعداد دانه در خوشه وارد مدل رگرسیون گام‌به‌گام شدند (۲۹). در ارزیابی روابط صفات زراعی با عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های جو در شرایط دیم کوهدشت با استفاده از رگرسیون گام‌به‌گام مشخص شد که صفات وزن سنبله، تعداد دانه در سنبله، طول پدانکل، ارتفاع بوته و تعداد روز تا سنبله‌دهی به‌عنوان مؤثرترین صفات انتخاب شدند (۱۳). بر اساس تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام در ژنوتیپ‌های جو بهاره در استان آذربایجان غربی، در شرایط نرمال تعداد دانه در سنبله، وزن سنبله و تعداد سنبله در مترمربع و در شرایط تنش کم‌آبی صفات تعداد دانه، ارتفاع بوته و وزن هزار دانه در توجیه تغییرات عملکرد دانه سهم داشتند (۱۰). در تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام در ژنوتیپ‌های برنج توسط باقری و همکاران (۴) سه متغیر طول خوشه، تعداد خوشه در بوته و تعداد دانه پر در خوشه وارد مدل شد.

نتیجه‌گیری کلی

تنش گرما باعث کاهش معنی‌دار تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع بوته، طول سنبله، طول پدانکل، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه و افزایش معنی‌دار تعداد روز تا پنجه‌زنی شد. بر اساس نتایج این پژوهش و با توجه به اینکه ارقام ریحان و نصرت در صفات مهم مانند عملکرد دانه، تعداد سنبله درمتر مربع و تعداد دانه در سنبله دارای مقادیر بیشتری در هر دو شرایط آزمایش بودند؛ بنابراین می‌توان از ارقام ریحان و نصرت برای کشت در هر دو شرایط آزمایش استفاده نمود و عملکرد بالاتری را به‌دست آورد. در شرایط بدون تنش همبستگی بین تعداد روز تا پنجه‌زنی و عملکرد دانه منفی و معنی‌دار و بین تعداد سنبله در مترمربع مثبت و معنی‌دار بود. در شرایط تنش گرما همبستگی بین تعداد روز تا پنجه‌زنی و عملکرد دانه منفی و معنی‌دار و بین تعداد سنبله در مترمربع و تعداد دانه در سنبله با عملکرد دانه مثبت و معنی‌دار بود. با استفاده از رگرسیون گام‌به‌گام در شرایط بدون تنش سه صفت تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله و ارتفاع بوته و در شرایط تنش گرما صفات تعداد دانه در سنبله و ارتفاع بوته وارد مدل شدند. با توجه به نتایج می‌توان بیان کرد که برای افزایش عملکرد دانه در شرایط تنش گرما،

باید به صفاتی مانند ارتفاع بوته و تعداد دانه در سنبله توجه خاص نموده و در گزینش ارقام برای شرایط تنش گرما در برنامه‌های به‌نژادی جو، علاوه بر عملکرد دانه این صفات نیز مورد توجه قرار داده شود.

منابع مورد استفاده

1. Ahmadi, K., H. R. Ebadzadeh, F. Hatami, Sh. Mohammadnia, E. Esfandiari-pour and R. A. Taghani. 2021. Agricultural Statistics of 2019-2020 cropping season. Volume1. Ministry of Agriculture-Jahade Press, Tehran. (In Farsi).
2. Arisnabarreta, S. and D. J. Miralles. 2008. Critical period for grain number establishment of near isogenic lines of two and six rowed barley. *Field Crops Research* 107: 196-202.
3. Ashraf, M. and P. J. C. Harris. 2005. Abiotic Sresses-Plant Resistance Through Breeding and Molecular Approaches. CRC Press, Florida.
4. Bagheri, N. A., N. A. Babaeian-Jelodar and A. Pasha. 2011. Path coefficient analysis for yield and yield components in diverse rice (*Oriza sativa* L.) genotypes. *Biharean Biologist* 5: 32-35.
5. Bahrami, F., A. Arzani and M. Rahimmalek. 2019. Photosynthetic and yield performance of wild barley (*Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum*) under terminal heat stress. *Photosynthetica* 57 : 9-17.
6. Bahrami, F., A. Arzani and M. Rahimmalek. 2021. Tolerance to high-temperature at reproductive stage: trade-offs between phenology, grain yield and yield-related traits in wild and cultivated barleys. *Plant Breeding* 140: 812-826.
7. Bavei, V., B. Vaezi, M. Abdipour, M. R. J. Kamali and M. Roustaii. 2011. Screening of tolerant spring barleys for terminal heat stress: Different importance of yield components in barleys with different row type. *International Journal of Plant Breeding and Genetic* 5: 175-193.
8. 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.
9. FAO. 2019. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistical data. Available online at: http://www.fao.org/Faostat.
10. Fatemi, R., M. Yarnia, S. Mohammadi, E. Khalil Vand and B. Mirshekari. 2019. Evaluation of adaptability, yield potential and relationship between traits in barley variety and lines in West Azerbaijan. *Environmental Stresses in Crop Sciences* 12: 709-724. (In Farsi).
11. Fayed, T. B., E. I. El-Sarag, M. K. Hassanein and A. Magdy. 2015. Evaluation and prediction of some wheat cultivars productivity in relation to different sowing dates under North Sinai region conditions. *Annals of Agricultural Science* 60: 11-20.
12. Garcia del Moral, L. F., Y. Rharrabti, D. Villegas and C. Royo. 2003. Evaluation of grain yield and its components in durum wheat under Mediterranean conditions: An ontogenic approach. *Agronomy Journal* 95: 266.274.
13. Hosseinpour, T. 2012. Relationship among agronomic characteristics and grain yield in hull-less barley genotypes under rainfed conditions of Koohdasht. *Iranian Journal of Crop Sciences* 14: 263-279. (In Farsi).
14. Inamullah, N. H., Z. J. Shah and K. Fu. 2007. An analysis of the planting dates effect on yield and yield attributes of spring wheat. *Sarhad Journal Agriculture* 23: 269-275.
15. Jahanbin, Sh., Z. Tahmasebi Sarvestani and S. A. M. Modaress Sanavi. 2003. Study of some quantitave traits and response of hull-less barley (*Hordeum vulgar* L.) genotype under terminal heat stress conditions. *Iranian Journal of Crop Science* 4: 265-276. (In Farsi)
16. Khodashenas, A. 2021. Response of yield and yield components of barley (*Hordeum vulgare*) cultivars to reduction of growing season duration. *Iranian Journal of Field Crop Science* 52: 13-23. (In Farsi).
17. Mahdavi, S., A. Arzani, S. A. M. Mirmohammady Maibody and A. A. Mehrabi. 2021. Photosynthetic and yield performance of wheat (*Triticum aestivum* L.) under sowing in hot environment. *Acta Physiologiae Plantarum* 43: 1-11.
18. Mohammadi Gonbad, R., M. Esfahani, M. Roustaei and H. Sabouri. 2016. Effect of planting dates on grain filling of bread wheat genotypes under rain-fed condition of Gonbad-e-Qabus region. *Cereal Research* 6: 307-321. (In Farsi).
19. Mojtabaie Zamani, M., M. Nabipour and M. Meskarbashee. 2014. Responses of bread wheat genotypes to heat stress during grain filling period under Ahvaz conditions. *Plant Production* 37: 119-130. (In Farsi).
20. Mousavi, F., M. Siahpoosh and K. Sorkheh. 2021. Influence of sowing date and terminal heat stress on phonological features and yield components of bread wheat genotypes. *Journal of Plant Production* 42: 157-170. (In Farsi).
21. Nahar, K., K. U. Ahamed and M. Fujita. 2010. Phenological variation and its relation with yield in several wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars under normal and late sowing mediated heat stress condition. *Notulae Scientia Biologicae* 2: 51-56.

22. Nikkhah, H. R., H. Tajali, S. A. Tabatabaie and M. Taheri. 2023. Evaluation of yield stability and drought tolerance of barley genotypes in temperate regions of the Iran. *Journal of Crop Breeding* 14: 1-17. (In Farsi).
23. Omidi, M., M. R. Siahpoosh, R. Mamghani and M. Modarresi. 2014. The effects of terminal heat stress on yield, yield components and some morpho-phenological traits of wheat genotypes in Ahwaz weather conditions. *Crop Production* 6: 33-53. (In Farsi).
24. Oraki, A., M. R. Siahpoosh, A. Rahnama and I. Lakzadeh. 2016. The effects of terminal heat stress on yield, yield components and some morpho-phenological traits of barley genotypes (*Hordeum vulgare* L.) in Ahvaz weather conditions. *Iranian Journal of Filed Crop Science* 47: 29-40. (In Farsi).
25. Pouraboughadareh, A., M. R. Naghavi and M. Khalili. 2013. Water defcit stress tolerance in some of barley genotypes and landraces under field conditions. *Notulae Scientia Biologicae* 5: 249-255.
26. Prasad, S., A. Srivastava, A. Kumar, A. Tiwari, R. P. Singh and R. K. Yadav. 2014. Identification of heat stress traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) in the way of tagging major gene(s) for heat stress tolerant. *Plant Archives* 1: 465-468.
27. Rahman, M. A., J. Chikushi, S. Yoshida and A. J. M. S. Karim. 2009. Growth and yield components of wheat genotypes exposed to high temperature stress under control environment. *Bangladesh Journal Agricultural Research* 34: 361-372.
28. Rezaeizadeh, A., V. Mohammadi, M. R. Siahpoush and A. Ahmadi. 2020. The response of Iranian spring wheat cultivars to heat stress at anthesis and grain filling stages. *Journal of Crop Breeding*, 12: 102-109. (In Farsi).
29. Rezaizadeh, M., Z. Khodarahmpour and A. Gilani. 2016. Study of rice (*Oryza sativa* L.) lines tolerant to heat stress of IRRI by using multivariate statistical methods. *Crop Production* 9: 35-55. (In Farsi).
30. Samarah, N. H. and T. A. Al-Issa. 2006. Effect of planting date on seed yield and quality of barley under semi-arid Mediterranean condition. *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science* 4: 222-225.
31. 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. *Cereal Research* 9: 143-156. (In Farsi).
32. Shirzad, A., A. Asghari, H. Zali, O. Sofalian and H. Mohammaddoust Chamanabad. 2023. Application of the multi-trait genotype-ideotype distance index in the selection of top barley genotypes in the warm and dry region of Darab. *Journal of Crop Breeding* 14: 65-76. (In Farsi).
33. Tabatabaei, S. A. 2013. Effect of planting date and seeding density on agronomic traits, grain yield and harvest index of barley cultivars in Yazd region in Iran. *Seed and Plant Production* 29: 523-538. (In Farsi).
34. Wahid, A., S. Gelani, M. Ashraf and M. R. Foolad. 2007. Heat tolerance in plants: An overview. *Environmental and Experimental Botany* 61: 199-223.
35. Wheeler, T. R., P. Q. Craufurd, R. H. Ellis, J. R. Porter and P. Vara Prasad. 2000. Temperature variability and the yield of annual crops. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 8: 59-67.
36. Yousefi, R., M. Bannayan Aval, S. Khorramdel and M. Nassiri Mahallati. 2018. Comparison of old and new dryland wheat cultivars in response to different planting dates. *Applied Field Crop Research* 31: 46-72. (In Farsi).

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

The Response of Some Agronomic Traits in Barley Cultivars to Late-Season Heat Stress in Abarkouh Weather Conditions

M. Golestani[1*]

(Received: February 07-2023; Accepted: June 28-2023)

Abstract

The effect of heat stress on yield, yield component and some agronomic traits of barley, was evaluated during the growing season of 2022-2023 using a randomized complete block design with three replications under normal and heat stress conditions. Eight barley cultivars including Nik, Mehr, Khatam, Reyhan, Nosrat, Fajr 30, Yoosef and Afzal were grown in Abarkouh, Yazd, central Iran. The results of combined analysis of variance revealed that cultivar effect was significant in all traits except 1000 grain weight and peduncle length. Heat stress × cultivar interaction was significant for spikes/m^2, grains/spike, and grain yield. Heat stress led to a significant decrease in days from sowing to physiological maturity, plant height, peduncle and spike length, spikes/m^2, grains/spike, and grain yield and a significant increase in days from sowing to tillering. Grain yield under both conditions had significant negative correlation with days from sowing to tillering. Grain yield had significant positive correlation with spikes/m^2 under normal condition and with spikes/m^2, and grains/spike under heat stress condition. Stepwise regression results showed that grains/spike and plant height could be used as criteria for increaseing grain yield under heat stress condition. Mean comparison of data for studied cultivars showed that Reyhan and Nosrat genotypes could be suggested for cultivation under both conditions.

Keywords: Barley, Combined analysis of variance, Correlation, Grain yield, Stepwise regression

1. Assistant Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University (PNU), Tehran, Iran
*: Corresponding Author, Email: ma_golestani@pnu.ac.ir