

تأثیر تنش گرمای انتهای فصل بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی صفات مورفو-فنولوژیک ژنوتیپ‌های جو (*Hordeum vulgare* L.) در شرایط آب و هوایی اهواز

اکرم اورکی^۱، محمدرضا سیاهپوش^{۲*}، افراسیاب راهنما^۳ و ایرج لک‌زاده^۴

۱، ۲ و ۳. دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیاران گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی،

دانشگاه شهید چمران اهواز

۴. مربی بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اهواز

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۷/۹ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۳/۱۰)

چکیده

گرمای انتهای فصل گسترده‌ترین نوع تنش گرمایی در جهان است. به منظور بررسی تأثیر تنش گرمای انتهای فصل بر جو، آزمایشی در دو شرایط عادی (نرمال) و تنش گرما روی ده ژنوتیپ جو شامل ژنوتیپ‌های دو ردیفه ماهور، خرم، نیمروز، آیدر و ژنوتیپ‌های شش ردیفه یوسف، ریحان ۰۳، ایذه، زهک، نصرت و جنوب در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا شد. نتایج نشان داد که تنش گرما باعث کاهش معنی‌دار صفات گذارشناختی (فنولوژیک) شامل شمار روز از کاشت تا سنبله‌دهی (۳۸ درصد) و شمار روز از کاشت تا رسیدگی (۳۴ درصد)، صفات ساختار ظاهری (مورفولوژیک) شامل ارتفاع بوته (۴۷ درصد)، طول ساق گل یا پدانکل (۳۶ درصد) و عملکرد زیست‌توده یا بیولوژیک (۵۲ درصد) و صفات مرتبط با عملکرد دانه شامل طول سنبله بدون ریشک (۲۱ درصد)، شمار سنبلچه در سنبله (۳۱ درصد)، شمار دانه در سنبله (۳۶ درصد)، وزن هزاردانه (۷ درصد)، شاخص برداشت (۷ درصد) و عملکرد دانه (۴۲ درصد) شد. در شرایط عادی ژنوتیپ یوسف با میانگین ۵/۴ تن در هکتار و در شرایط تنش ژنوتیپ‌های جنوب و ریحان ۰۳ با میانگین ۳/۴ تن در هکتار، بیشترین میزان عملکرد و ژنوتیپ آیدر در هر دو شرایط کمترین میزان عملکرد را به خود اختصاص دادند. در این تحقیق شاخص برداشت بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه در شرایط تنش ($r=0.77, P\leq 0.01$) و در شرایط عادی ($r=0.91, P\leq 0.01$) نشان داد. این موضوع بر کارایی این صفت برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها در بررسی‌های تنش گرما تأکید دارد. به طور کلی ژنوتیپ‌های شش ردیفه جو از نظر بیشتر صفات مورد بررسی از ژنوتیپ‌های چهار ردیفه برتر بودند و عملکرد دانه بالاتری در هر دو شرایط عادی و تنش نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: تنش گرما، تحمل به گرما، جو دو ردیفه، جو شش ردیفه.

مقدمه

جو پس از گندم، ذرت و برنج چهارمین غله مهم در جهان، با تولیدی در حدود ۱۶۰-۱۵۰ میلیون تن است و جزء ده محصول برتر جهان به شمار می‌آید.

ایران با تولید ۳/۶ میلیون تن جو در سال، سیزدهمین کشور تولیدکننده جو در جهان است (USDA, 2011). این گیاه می‌تواند در طیف گسترده‌ای از محیط‌ها، شامل بیشینه عرض و طول جغرافیایی رشد کند (Van

نشان‌دهنده تأثیر منفی تنش گرما بر دانه‌بندی به‌ویژه در ژنوتیپ‌های حساس است (Omidi *et al.*, 2014). تنش انتهای فصل که در مراحل گلدهی و پر شدن دانه غلات رخ می‌دهد، گسترده‌ترین نوع تنش گرمایی در جهان گزارش شده است که منجر به کاهش شدید عملکرد می‌شود (Gibson & Paulsen, 1999). بیشتر بررسی‌های انجام‌شده در زمینه تأثیر گرما روی عملکرد دانه و کیفیت غلات، در شرایط کنترل‌شده آزمایشگاهی انجام شده است. این در حالی است که پاسخ گیاه به عامل‌های محیطی مختلف در شرایط آزمایشگاهی تفاوت فراوانی با شرایط صحرایی دارد (Högy *et al.*, 2013). تاکنون اطلاعات کمی در مورد تأثیر دمای بالا، روی عملکرد، اجزای عملکرد و صفات مرفو-فنولوژیک، گیاه جو در شرایط صحرایی ارائه شده است. لذا در این تحقیق تلاش شده است تا پاسخ ژنوتیپ‌های مختلف جو به گرمای انتهای فصل در شرایط صحرایی اهواز بررسی شود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه آزمایشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران در جنوب غربی شهرستان اهواز، با موقعیت جغرافیایی طول ۴۸ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی و عرض ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی با ۲۰ متر ارتفاع از سطح دریا در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط عادی یا نرمال (تاریخ کاشت طبیعی منطقه) و تنش (تاریخ کاشت تأخیری) به‌صورت جداگانه اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل ده ژنوتیپ جو شامل: ژنوتیپ‌های دو ردیفه ماهور، خرم، نیمروز و آبیذر، ژنوتیپ‌های شش ردیفه یوسف، ریحان ۰۳، ایزه، زهک، نصرت و جنوب بودند. کاشت ژنوتیپ‌ها در ۲۷ آبان (تاریخ کاشت عادی) و ۱۸ بهمن (تاریخ کاشت تأخیری) انجام شد. مزرعه پژوهشی بافت خاک شنی لوم، با قلیائیت (pH=۷/۹۷) و هدایت الکتریکی ۳/۴۲ دسی زیمنس بر متر داشت. بذرها هر ژنوتیپ روی سه پشته ۳ متری با در نظر گرفتن دو خط کشت روی هر پشته با تراکم ۳۰۰ بوته در مترمربع کشت شدند. به‌جز اعمال تنش طبیعی گرما به‌واسطه تأخیر در

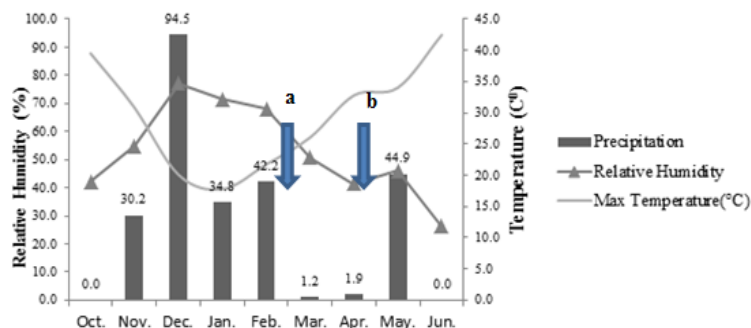
(Gool & Vernon, 2006)؛ و در کنار تولید غذای انسان، می‌تواند غذای دام و طیور را نیز فراهم کند. این محصول، در بسیاری از نواحی جهان به دلایل فرهنگی و اقتصادی به علت استفاده در تولید مالت، کشت می‌شود (Högy *et al.*, 2013). در میان عامل‌های مختلف محیطی، افزایش دما یکی از جدی‌ترین تنش‌ها گزارش شده است. بنا بر پیش‌بینی‌های انجام‌شده، دمای جهان ۰/۲ درجه سلسیوس در هر دهه افزایش می‌یابد، به‌طوری‌که تا سال ۲۱۰۰ افزایش ۴- ۱/۸ درجه سلسیوسی دما نسبت به دمای کنونی پیش‌بینی شده است (IPCC, 2007).

گیاهان زراعی در مناطق گرمسیری اغلب در طول دوره رشد و نمو خود به‌ویژه در مراحل گرده‌افشانی و پر شدن دانه با تنش گرما روبه‌رو می‌شوند و حتی با انجام آبیاری معمول عملکرد آن‌ها کاهش خواهد یافت (Bavei *et al.*, 2011). بررسی‌های اخیر نشان داده‌اند که عملکرد دانه غلات، ۱۰-۴/۱ درصد به علت افزایش ۱ درجه سلسیوس دمای میانگین فصلی کاهش یافته است (Hatfield, 2011). دوره‌های کوتاه‌مدت دمای بالای ۳۰ درجه سلسیوس، در طول مراحل گلدهی یا پر شدن دانه، روی عملکرد و کیفیت دانه غلات تأثیر منفی می‌گذارد (Passarella *et al.*, 2008). در اثر تنش گرمای انتهای فصل، دانه‌های چروکیده و کوچک تولید می‌شوند و عملکرد در رابطه با صفاتی مختلفی مانند: پنجه‌دهی، وزن هزاردانه و شمار دانه در سنبله کاهش می‌یابد. همین‌طور عملکرد زیست‌توده، شاخص برداشت و ارتفاع گیاه نیز کاهش یافته که این تأثیرگذاری‌ها از ژنوتیپی به ژنوتیپ دیگر متفاوت است (Hamam & Khaled, 2009). دمای بالا ممکن است طول دوره‌های گذار شناختی (فنولوژیک) را با کاهش دوره زندگی گیاه کاهش دهد، که در نتیجه آن شمار 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 (Nahar *et al.*, 2010). با تأخیر در کشت و هم‌زمانی مرحله گلدهی ژنوتیپ‌ها با دماهای بالا در انتهای فصل رشد، ناهنجاری‌های میوزی به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد؛ افزایش ناهنجاری‌های میوزی همبستگی منفی معنی‌داری را با شمار دانه در سنبله تحت تنش گرما دارد که

به منظور بررسی تفاوت بین ژنوتیپ‌های شش ردیفه و دو ردیفه از نظر صفات مرفو- فنولوژیک و عملکرد و اجزای عملکرد در تنش گرمای انتهایی فصل، ژنوتیپ‌ها با استفاده از مقایسه‌های مستقل (ارتوگونال) ارزیابی شدند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها بر پایه تجزیه مرکب داده‌ها در دو شرایط عادی و تنش گرما و همچنین همبستگی بین صفات و عملکرد و تجزیه رگرسیون گام به گام با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS انجام شد. برای انجام مقایسه‌های میانگین از آزمون دانکن (Duncan) در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. پیش از انجام تجزیه واریانس دو فرض اصلی تجزیه واریانس شامل عادی بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون‌های شاپیر-ویلک و کلموگروف-سمیرنوف و یکنواخت بودن واریانس خط‌های آزمایشی با استفاده از آزمون بارتلت بررسی شد و در صورت نیاز، تبدیل داده به روش جذری جهت برقرار شدن این مفروضات صورت گرفت.

تاریخ کاشت، همه عملیات کاشت، داشت و برداشت در هر دو شرایط عادی و تنش، به صورت یکسان انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز در طول دوره رشد گیاه با وجین دستی صورت گرفت. اطلاعات مربوط به دما، میزان بارندگی و رطوبت نسبی منطقه در طول فصل زراعی در شکل ۱ ارائه شده است. صفات مورد بررسی در این تحقیق عبارت از شمار روز از کاشت تا ۵۰ درصد سنبله‌دهی، شمار روز از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع بوته، طول ساق گل (پدانکل) ساقه اصلی، طول سنبله ساقه اصلی (با ریشک و بدون ریشک)، شمار دانه در سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد زیست توده، شاخص برداشت و عملکرد دانه بودند. در این تحقیق، عملکرد دانه، شاخص برداشت، عملکرد زیست توده بر مبنای سطح برداشتی و اجزای عملکرد و صفات ساختار ظاهری (مورفولوژیک) بر مبنای ده بوته در هر کرت آزمایشی محاسبه شدند. برداشت نهایی برای عملکرد دانه از سه خط با حذف ۲۰ سانتی‌متر از بالا و پایین آن در مرحله رسیدگی کامل انجام شد.



شکل ۱. میانگین دمای بیشینه ماهیانه، رطوبت نسبی و مجموع بارندگی در طول دوره رشد در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱.

فصل‌های a (۱ اسفند) و b (۲۰ فروردین) به ترتیب زمان سنبله‌دهی را در تاریخ کاشت بهنگام و تأخیری نشان می‌دهند.

Fig 1. Average monthly max temperature, relative humidity and total precipitation during the barley growth season in year 2012-2013. (a= 19 Feb Time of Heading in normal condition, b= 9 Apr Time of Heading in stress condition).

با ۱۰۶/۸۳ روز و ژنوتیپ ماهور با میانگین ۷۱/۸۳ روز، به ترتیب بیشترین و کمترین شمار روز تا سنبله‌دهی را نسبت به دیگر ژنوتیپ‌ها نشان دادند (جدول ۲). همچنین اثر متقابل بین ژنوتیپ‌ها و محیط در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. به عبارت دیگر، واکنش هر ژنوتیپ نسبت به شرایط محیط متفاوت بود، به طوری که ژنوتیپ آبیدر با ۱۳۴/۳۳ روز در شرایط کشت طبیعی و ژنوتیپ ماهور با ۵۲/۳۳ روز در شرایط تنش به ترتیب بیشترین و کمترین

نتایج و بحث

شمار روز از کاشت تا سنبله‌دهی

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که همه اثرگذاری‌ها برای صفت روز تا سنبله‌دهی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱) و تنش گرما باعث کاهش ۳۸ درصدی این صفت نسبت به شرایط عادی شد (جدول ۲). ژنوتیپ‌ها از نظر این صفت به طور معنی‌دار ($P \leq 0.01$) باهم اختلاف داشتند. ژنوتیپ آبیدر

بودند این در حالی بود که در شرایط تنش ژنوتیپ‌های شش ردیفه دیررس‌تر بودند (جدول ۴).

ارتفاع بوته

اثر محیط و اثر ژنوتیپ و نیز اثر گذاری‌های متقابل ژنوتیپ در محیط در مورد ارتفاع بوته در سطح احتمال آماری ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). ژنوتیپ ریحان ۰۳ با میانگین ۸۲/۳۶ سانتی‌متر و ژنوتیپ آبیدر با میانگین ۵۶/۳۹ سانتی‌متر، به ترتیب بیشترین و کمترین ارتفاع را در بین ژنوتیپ‌ها به خود اختصاص دادند (جدول ۲). معنی‌دار شدن اثر متقابل بین ژنوتیپ و محیط در مورد ارتفاع بیانگر پاسخ متفاوت ژنوتیپ‌ها به تنش گرما از نظر ارتفاع بود. تغییرات کاهش ارتفاع در شرایط تنش نسبت به شرایط عادی در ژنوتیپ‌ها بین ۲۲ تا ۵۳ درصد مشاهده شد. به طوری که کاهش ارتفاع بوته در اثر تنش گرما در ژنوتیپ آبیدر کمتر از ۲۳ درصد و در ژنوتیپ‌های جنوب، یوسف و خرم بیشتر از ۵۲ درصد بود (جدول ۳). تنش گرما در این آزمایش باعث کاهش ارتفاع گیاه در حدود ۴۷ درصد شد. *Jahanbin et al.* (2003)، در بررسی اثر تنش گرمای انتهایی بر ژنوتیپ‌های جو لخت در یک آزمایش صحرایی نشان دادند که با تأخیر در زمان کاشت و هم‌زمان شدن مراحل زایشی و پر شدن دانه با دماهای به نسبت بالا، ارتفاع گیاه ۱۹ درصد کاهش یافت. بین ژنوتیپ‌های شش ردیفه و دو ردیفه از نظر ارتفاع بوته در شرایط عادی و تنش اختلاف معنی‌داری وجود داشت در هر دو شرایط محیطی ارتفاع بوته‌ها در شش ردیفه‌ها بیشتر بود (جدول ۴).

طول ساق گل

بنا بر نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس، تأثیر تنش گرما بر طول ساق گل در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). هم‌چنین نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که بین ژنوتیپ‌های مختلف از نظر طول ساق گل اختلاف در سطح ۱ درصد وجود داشت (جدول ۱). بنا بر نتایج مقایسه میانگین بیشترین طول ساق گل با ۲۳/۸۷ سانتی‌متر مربوط به ژنوتیپ ریحان ۰۳ و کمترین آن با ۱۳/۶۳ سانتی‌متر به ژنوتیپ آبیدر تعلق

میزان‌ها برای روز تا سنبله‌دهی را داشتند (جدول ۳). تأخیر در کاشت باعث می‌شود گیاه در انتهای فصل با گرما روبرو شود، رخداد دمای بالا در دوران رشد زایشی به‌ویژه در زمان گل‌دهی در آخر فصل، یک عامل محدودکننده در تولید محصول غلات به شمار می‌آید، در این شرایط سنبله‌دهی زود هنگام و زودرسی، در کاهش افت عملکرد محصول مؤثر خواهد بود (Bavei *et al.*, 2011). *Hakim et al.* (2010)، کاهش ۱۹-۱۴ درصدی روز تا سنبله‌دهی را در ژنوتیپ‌های گندم، به علت تأخیر در کاشت، گزارش کردند. ازلحاظ این صفت ژنوتیپ‌های دو ردیفه و شش ردیفه مورد بررسی در این آزمایش در هر دو شرایط عادی و تنش با هم اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۴).

شمار روز تا رسیدگی فیزیولوژیک

تأثیر تنش گرما روی صفت شمار روز تا رسیدگی فیزیولوژیک معنی‌دار ($P \leq 0/01$) بود (جدول ۱). ژنوتیپ‌ها نیز اختلاف معنی‌داری از نظر این صفت گذار شناختی نشان دادند به طوری که بیشترین میانگین شمار روز تا رسیدگی متعلق به ژنوتیپ آبیدر با ۱۵۲/۵ روز و کمترین میانگین این صفت متعلق به ژنوتیپ ماهور با ۱۰۲/۳۳ روز گزارش شد (جدول ۲). اثر متقابل بین ژنوتیپ‌ها و محیط برای این صفت معنی‌دار ($P \leq 0/01$) شد به عبارتی واکنش ژنوتیپ‌ها به شرایط بدون تنش و تنش متفاوت و تنش گرما باعث کاهش ۳۴ درصدی شد. ژنوتیپ آبیدر در شرایط طبیعی با ۲۰۰/۳۳ روز، بیشترین شمار روز از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک و ژنوتیپ‌های ماهور و نیمروز به ترتیب با ۸۲/۶۷ و ۸۳/۶۷ روز کمترین مقادیر را در شرایط تنش نشان دادند (جدول ۳). نتایج این آزمایش بر کاهش مراحل گذار شناختی گیاه در تنش گرما تأکید کرد که با مشاهده‌های *Bavei et al.* (2011)، *Omidi et al.* (2013) مبنی بر کاهش شمار روز تا سنبله‌دهی و رسیدگی با افزایش دمای محیط، همخوانی داشت. از نظر این صفت ژنوتیپ‌های شش ردیفه و دو ردیفه اختلاف معنی‌داری ($P \leq 0/01$) در شرایط عادی و تنش گرما داشتند، ژنوتیپ‌های دو ردیفه در شرایط عادی دیررس‌تر از شش ردیفه‌ها

این صفت اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۱). میانگین طول سنبله از بیشینه ۵/۶۲ سانتی‌متر در شرایط عادی به کمینه میزان خود ۴/۴۳ سانتی‌متر در شرایط تنش گرما کاهش پیدا کرد (جدول ۲). در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی ژنوتیپ نیمروز بیشترین طول سنبله با میانگین ۷/۲۲ سانتی‌متر در شرایط مطلوب و ژنوتیپ ریحان ۰۳ با میانگین ۳/۱۷ سانتی‌متر در شرایط تنش کمترین میزان این صفت را به خود اختصاص داد (جدول ۳). کاهش مشاهده شده در طول سنبله گندم در اثر بروز تنش با یافته‌های Omid *et al.* (2013) همخوانی داشت. 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 و تولید سنبلچه دارد، لذا طول سنبله کاهش می‌یابد (Inamullah *et al.*, 2007). در نتیجه دوره رشدی، ارتفاع بوته، طول ساق گل، طول سنبله اصلی، عملکرد کاه و حتی طول ریشک کاهش می‌یابد (جدول ۲). مقایسه ژنوتیپ‌های دو ردیفه و شش ردیفه نشان داد که از نظر صفت طول سنبله، این ژنوتیپ‌ها با هم اختلاف معنی‌داری در هر دو شرایط محیطی عادی و تنش داشتند و ژنوتیپ‌های دو ردیفه طول سنبله بیشتری نسبت به ژنوتیپ‌های شش ردیفه دارند (جدول ۴).

داشت (جدول ۲). برای صفت طول ساق گل اثر متقابل محیط در ژنوتیپ معنی‌دار ($P \leq 0.01$) بود. به طوری که ژنوتیپ‌های یوسف و ریحان ۰۳ به ترتیب با ۲۹/۴۳ و ۲۹/۱ سانتی‌متر در شرایط عادی بیشترین و ژنوتیپ آبیدر با ۱۳/۰۷ سانتی‌متر در شرایط تنش کمترین طول ساق گل را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). تجمع مقادیر قابل توجه از کربوهیدرات‌های مازاد بر نیاز گیاه در ساق گل و انتقال دوباره آن‌ها به دانه‌های در حال پر شدن یکی از دلایل اهمیت این اندام در تعیین عملکرد دانه بیان شده است (Ehdaie *et al.*, 2006). Modarresi *et al.* (2010) و هم‌چنین Omid *et al.* (2013)، کاهش شدید طول ساق گل گندم را با تأخیر در کاشت و تنش گرمای انتهای فصل گزارش کرده‌اند. طول ساق گل ژنوتیپ‌های شش ردیفه و دو ردیفه تنها در شرایط عادی اختلاف معنی‌داری ($P \leq 0.01$) با هم داشتند به طوری که طول ساق گل در این شرایط در شش ردیفه‌ها بلندتر از دو ردیفه‌ها بود (جدول ۴).

طول سنبله بدون ریشک

تفاوت‌ها از نظر تأثیر محیط و تأثیر ژنوتیپ در مورد صفت طول سنبله در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. در حالی که اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در مورد

جدول ۱. نتایج تجزیه مرکب مربوط به صفات ساختار ظاهری، گذار شناختی و صفات مرتبط با عملکرد در دو تاریخ کشت مختلف

Table 1. Result of combined analysis for morpho-phenological and yield components traits in normal and terminal heat stress condition

Source of variation	df	Days to heading	Days to maturity	Plant height	Peduncel length	Spike length	Spikelets per spike	Grain per Spike	1000 grain weight	Biological yield	Harvest index	Grain yield
Environment (heat)	1	21774.15**	33323.27**	28577.71**	1138.22**	20.45**	474.33**	2324.42**	156.82**	3272.74**	122.24**	54.62**
Block × Environment	4	2.33	3.17	49.82	5.45	0.29	3.52	40.08	2.25	11.23	10.2	0.16
Genotype	9	616.83**	1237.11**	427.62**	45.06**	6.64**	61.84**	633.81**	21.59**	43.08**	270.31**	4.93**
Environment × Genotype	9	81.19**	474.04**	193.32**	16.32**	0.38 ^{ns}	8.14*	58.27*	4.46**	47.46**	20.88**	0.86**
Error	36	2.37	3.28	23.24	5.14	0.43	3.98	27.53	0.91	14.29	6.9	0.18
CV (%)		1.9	1.58	6.98	11.58	7.19	13.12	18.19	2.24	17.81	7	12.1

** و *: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد ns: غیرمعنی‌دار.

** and *: significant at 1% and 5% probability levels, respectively, ns: Non-significant.

(جدول ۱). شمار سنبلچه در سنبله معادل ۱۸/۰۳ عدد در شرایط عادی و ۱۲/۴ عدد در شرایط تنش به دست آمد. ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر این صفت با هم اختلاف داشتند (جدول ۲). ژنوتیپ‌های خرم، نیمروز با میانگین شمار ۱۹/۹۳ و ۱۹/۷۵ عدد بیشترین و

شمار سنبلچه در سنبله

نتایج به دست آمده از تجزیه داده‌های مربوط به شمار سنبلچه در سنبله نشان داد که هر دو عامل شرایط محیطی و ژنوتیپ به طور معنی‌داری ($P \leq 0.01$) شمار سنبلچه در سنبله را تحت تأثیر قرار می‌دهند

میانگین ۱۷/۳۴، کمترین شمار دانه در سنبله را تولید کردند (جدول ۲). اثر متقابل شرایط محیطی و ژنوتیپ نیز برای این صفت معنی‌دار ($P \leq 0/05$) شد. بیشترین شمار دانه در سنبله، مربوط به ژنوتیپ‌های شش ردیفه جنوب و یوسف به ترتیب با میانگین شمار ۵۱/۰۲ و ۴۷/۷۳ عدد در شرایط طبیعی و کمترین آن در ژنوتیپ دو ردیفه آیدر با میانگین شمار ۱۲/۶۷ عدد در شرایط تنش گرما مشاهده شد (جدول ۳). دمای بالا در طول مرحله گلدهی نزدیک به دانه‌بندی در کل محصولات مزرعه را به علت باروری پایین، در نتیجه عقیمی گرده‌ها یا سقط تخمک، کاهش می‌دهد (Hossain *et al.*, 2012). وقوع دمای بالا در طول دوره گرده‌افشانی موجب کاهش شدید تلقیح گل‌ها، به دلیل از بین رفتن گرده‌ها و یا از بین رفتن توانایی فعالیت آن‌ها می‌گردد که این امر منجر به کاهش شمار دانه در سنبله می‌شود. کاهش در شمار دانه در سنبله در اثر گرما ناشی از تأخیر در کشت توسط Bavei *et al.* (2011) و Jahanbin *et al.* (2003) در جو نیز گزارش شده است.

وزن هزاردانه

نتایج تجزیه جدول واریانس نشان داد که ژنوتیپ‌ها از نظر وزن هزاردانه اختلاف معنی‌دار ($P \leq 0/01$)، با یکدیگر داشتند (جدول ۱). به طوری که در بین ژنوتیپ‌ها، ژنوتیپ یوسف با میانگین ۴۴ گرم و ژنوتیپ‌های آیدر و جنوب با میانگین ۳۹ گرم، به ترتیب بیشترین و کمترین میزان این صفت را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). اثر متقابل بین محیط و ژنوتیپ‌ها نیز برای این صفت در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. ژنوتیپ‌های یوسف و خرم با میانگین وزن هزاردانه، ۴۷ گرم در شرایط عادی و ژنوتیپ آیدر با میانگین وزن هزاردانه ۳۸ گرم در شرایط تنش، به ترتیب بیشترین و کمترین میزان این صفت را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). تنش گرما باعث کاهش ۷ درصدی وزن هزاردانه شد. Bavei & Vaezi (2012)، کاهش ۳/۶ درصدی وزن هزاردانه در جو و Omid *et al.* (2013)، کاهش ۱۴ درصدی این صفت را بر اثر تنش گرما به علت تأخیر کشت در گندم گزارش کرده‌اند. ژنوتیپ‌های دو ردیفه و شش ردیفه از نظر این صفت

ژنوتیپ ریحان ۰۳ با میانگین شمار ۱۲/۲۸ عدد کمترین شمار سنبلچه را در سنبله به خود اختصاص دادند (جدول ۲). تنش گرمای اعمال‌شده ناشی از کشت تأخیری باعث کاهش ۳۱/۲۲ درصدی شمار سنبلچه در سنبله شد. مرحله رشدی GS2 (از هنگام شروع تشکیل آغازه‌های سنبله تا ظهور سنبله)، بیشترین حساسیت را به تنش گرمایی دارد، این مرحله زمانی است که شمار سنبلچه در سنبله تعیین می‌شود (Wollenweber *et al.*, 2003). گزارش‌ها، Hossain *et al.* (2012) و Modhej *et al.* (2007) در گندم و جو مبنی بر تأثیر تنش گرمای انتهای فصل بر کاهش دوره رشد رویشی سنبله و در نتیجه کاهش شمار سنبلچه در سنبله، نتایج این تحقیق را تأیید می‌کنند. مقایسه ژنوتیپ‌های دو ردیفه و شش ردیفه از نظر صفت شمار سنبلچه در سنبله، نشان داد که این ژنوتیپ‌ها با هم اختلاف معنی‌داری در شرایط عادی و تنش گرما داشتند و ژنوتیپ‌های دو ردیفه شمار سنبلچه در سنبله بیشتری نسبت به ژنوتیپ‌های شش ردیفه در هر دو شرایط محیطی داشتند (جدول ۴).

شمار دانه در سنبله

نتایج نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار ($P \leq 0/01$) بین شرایط عادی و تنش گرما از نظر صفت شمار دانه در سنبله است (جدول ۱). بیشترین شمار دانه در سنبله (۳۵/۰۷ عدد) مربوط به شرایط عادی و کمترین آن (۲۲/۶۲ عدد) متعلق به شرایط تنش گرما بود. تنش گرما باعث کاهش شمار دانه در سنبله به میزان ۳۵/۵ درصد شد. ژنوتیپ‌های مختلف نیز از نظر این صفت اختلاف معنی‌داری ($P \leq 0/01$) نشان دادند. مقایسه ژنوتیپ‌های دو ردیفه و شش ردیفه از نظر صفت شمار دانه در سنبله، نشان داد که این ژنوتیپ‌ها با هم اختلاف معنی‌داری در شرایط عادی و تنش داشتند و ژنوتیپ‌های شش ردیفه شمار دانه در سنبله بیشتری نسبت به ژنوتیپ‌های دو ردیفه در هر دو شرایط محیطی داشتند (جدول ۴). در این زمینه ژنوتیپ‌های شش ردیفه یوسف و جنوب به ترتیب با میانگین ۴۰/۲ و ۳۹/۳ دانه در سنبله، بیشترین و ژنوتیپ‌های دو ردیفه نیمروز، خرم، ماهور و آیدر با

تنش گرما، باعث کاهش معنی‌دار ۴۲ درصدی عملکرد دانه شد. در هر دو شرایط محیطی ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد با هم اختلاف معنی‌دار ($P \leq 0/01$) داشتند. در این بین، ژنوتیپ‌های ریحان ۰۳ و جنوب به ترتیب با میانگین ۴/۴ و ۴/۳ تن در هکتار بیشترین و ژنوتیپ آبیدر با میانگین ۱/۳ تن در هکتار کمترین میزان عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل شرایط محیطی و ژنوتیپ برای عملکرد دانه، بیشترین عملکرد دانه در شرایط عادی مربوط به ژنوتیپ یوسف با میانگین ۵/۴ تن در هکتار و کمترین آن مربوط به ژنوتیپ آبیدر با میانگین ۱/۷ تن در هکتار بود. در حالی که حداکثر عملکرد دانه در شرایط تنش را ژنوتیپ‌های جنوب و ریحان ۰۳ با میانگین ۳/۴ تن در هکتار و کمترین آن را ژنوتیپ آبیدر با میانگین ۰/۹۸ تن در هکتار تولید کردند (جدول ۳). تنش گرمای انتهایی فصل یکی از عامل‌های مهم محیطی است که رشد و نمو دانه به‌ویژه در مرحله پس از گرده‌افشانی را تحت تأثیر قرار می‌دهد، طول مراحل نمو را کوتاه‌تر و بدین ترتیب عملکرد را کاهش می‌دهد. کاهش ۳۴/۹ درصدی عملکرد در جو (Bavei et al., 2011) و کاهش ۴۱ درصدی این صفت در گندم (Omid et al., 2013)، در نتیجه تکانه (شوک) دماهای بالا به دلیل تأخیر در کشت گزارش شده است. از نظر عملکرد دانه ژنوتیپ‌های شش ردیفه و دو ردیفه اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد در شرایط عادی و تنش گرمای انتهایی فصل داشتند و ژنوتیپ‌های شش ردیفه عملکرد بالاتری نسبت به ژنوتیپ‌های دو ردیفه در هر دو شرایط محیطی داشتند (جدول ۴).

شاخص برداشت

ژنوتیپ‌های مورد بررسی از لحاظ شاخص برداشت تفاوت معنی‌دار ($P \leq 0/01$) با هم داشتند (جدول ۱). ژنوتیپ یوسف نسبت به دیگر ژنوتیپ‌ها بیشترین شاخص برداشت (۴۴ درصد) و ژنوتیپ آبیدر کمترین میزان این صفت (۲۰ درصد) را داشتند (جدول ۲). اثر متقابل معنی‌داری ($P \leq 0/01$) بین محیط و ژنوتیپ‌ها در رابطه با این صفت وجود داشت که نشان‌دهنده رفتار متفاوت ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف عادی و

اختلاف معنی‌داری ($P \leq 0/01$) در شرایط عادی و تنش داشتند و ژنوتیپ‌های شش ردیفه وزن هزاردانه بیشتری نسبت به ژنوتیپ‌های دو ردیفه در هر دو شرایط محیطی داشتند (جدول ۴).

عملکرد زیست‌توده

تفاوت ژنوتیپ‌ها از لحاظ عملکرد زیست‌توده در اثر اعمال تنش گرما در مرحله گلدهی و پس‌از آن معنی‌دار ($P \leq 0/01$) شد. ژنوتیپ ایزه با میانگین ۲۴/۸۳ تن در هکتار، بیشترین وزن خشک بوته را داشت در حالی که ژنوتیپ نیمروز با میانگین ۱۵/۲۱ تن در هکتار، کمترین وزن خشک بوته را تولید کرد (جدول ۲). هم‌چنین اثر متقابل معنی‌داری بین محیط و ژنوتیپ‌ها وجود داشت که گویای رفتار متفاوت ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف عادی و تنش بود (جدول ۱). ژنوتیپ ایزه با میانگین ۳۵/۳۴ تن در هکتار در شرایط مطلوب و ژنوتیپ یوسف با میانگین ۱۰/۵۴ تن در هکتار در شرایط تنش، به ترتیب بیشترین و کمترین میزان عملکرد زیست‌توده را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). در یک آزمایش صحرائی (Jahanbin et al., 2003) به‌منظور بررسی اثر گرما بر صفات کمی و واکنش ژنوتیپ‌های جوی لخت، با اعمال تاریخ کشت‌های مختلف، پنج ژنوتیپ جو را بررسی و نتیجه گرفتند که با افزایش حرارت در اثر تأخیر در کاشت، تجمع ماده خشک گیاه ۲۰ درصد کاهش یافت. ژنوتیپ‌های شش ردیفه و دو ردیفه از نظر عملکرد زیست‌توده تنها در شرایط عادی با هم اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد داشتند و عملکرد زیست‌توده شش ردیفه‌ها در این شرایط بیشتر از دو ردیفه‌ها بود (جدول ۴).

عملکرد دانه

عملکرد دانه به‌عنوان یک صفت پیچیده ژنتیکی به‌طور گسترده‌ای تحت تأثیر محیط و به‌ویژه تنش‌های محیطی مانند گرما قرار می‌گیرد. نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار ($P \leq 0/01$) محیط، ژنوتیپ و هم‌چنین اثر متقابل محیط و ژنوتیپ بر عملکرد دانه بود (جدول ۱). در این تحقیق، رخداد

تنش بود. ژنوتیپ یوسف در شرایط عادی با میانگین ۴۳ درصد و ژنوتیپ آیدر در شرایط تنش با میانگین ۱۶ درصد، به ترتیب بیشترین و کمترین میزان شاخص برداشت را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). شاخص برداشت بیانگر توان ژنوتیپ در اختصاص دادن بیشتر مواد نوساختی (فتوسنتزی) در جهت عملکرد اقتصادی (دانه) است (Abd-mishani & Jafari, 1987). در این آزمایش تنش گرما باعث کاهش ۷/۳ درصدی شاخص برداشت شد. (Jahanbin

et al. (2003) کاهش ۹ درصدی شاخص برداشت در جو، (Omid et al. (2013) کاهش ۵ درصدی این صفت را در گندم با تأخیر در کاشت و تنش گرمایی انتهایی فصل گزارش کرده‌اند. در شرایط عادی و تنش محیطی ژنوتیپ‌های دو ردیفه و شش ردیفه از نظر شاخص برداشت اختلاف معنی‌داری ($P \leq 0.01$) داشتند، به طوری که ژنوتیپ‌های شش ردیفه شاخص برداشت بیشتری نسبت به ژنوتیپ‌های دو ردیفه در هر دو شرایط محیطی بودند (جدول ۴).

جدول ۲. مقایسه میانگین عامل‌های محیطی (گرما) و ژنوتیپ برای صفات اندازه‌گیری شده

Table 2. Mean comparison of the environmental factors and genotype for measured traits

Experimental factors	Days to heading	Days to maturity	Plant height (cm)	Peduncel length (cm)	Spike Length (cm)	Spikelets per spike	Grain per spike	1000 grain weight (gr)	Biological yield (ton. ha ⁻¹)	Harvest index (%)	Grain yield (ton. ha ⁻¹)
Environment (heat)											
normal condition (S ₁)	100.23a	137.90a	91.96a	24.3a	5.62a	18.03a	35.07a	44.1a	28.61a	39.12a	4.5a
stress condition (S ₂)	62.13b	90.76b	48.32b	15.6b	4.43b	12.4b	22.62b	40.9b	13.83b	36.27b	2.6b
Genotype											
Mahour	71.83e	102.33e	61.28d	19.53bc	5.7a	18.95a	18.72c	42.32c	18.9bc	39.69bcd	3.6b
Yousef	78.17d	111.33e	77.38ab	22.3ab	4.3b	13.63bcd	40.2a	44.13a	20.52ab	43.87a	4.04ab
Reyhan 03	79.33d	111c	82.36a	23.87a	3.51b	12.28d	31.78b	44.02ab	22.71ab	42.57ab	4.4a
Izeh	78.5d	111.67c	79ab	20.7bc	4.21b	12.67cd	37.1ab	42.78bc	24.83a	39cde	3.6b
Nimrooz	73.67e	104.67d	69.45c	20.77bc	6.43a	19.75a	19.25c	43.27abc	15.21c	36.14e	2.7c
Jounob	85.33c	112.83c	62.25d	19.14c	5.7a	14.63bc	39.28a	39.3d	22.57ab	40.97abc	4.3a
Zahak	78.67d	110.5c	75.41b	18.9c	4.15b	12.8cd	36.75ab	43.7ab	22.56ab	40.34bc	4ab
Abidar	106.33a	152.5a	56.39d	13.63d	6.35a	15.63b	13.75c	38.77d	22.93ab	19.91f	1.3d
Nosrat	87.17b	120.83b	69.24c	21.61abc	4.29b	12.97cd	33.93ab	42.98abc	20.4ab	36.44de	3.9ab
Khoram	72.83e	105.67d	68.66c	19.03c	5.74a	19.93a	17.65c	43.43ab	21.6ab	38.1cde	3.5b

در هر ستون دست‌کم یک حرف مشترک نشان‌دهنده نبود تفاوت آماری معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

Similar letters in each column shows non-significant difference according to Duncan multiple range test at 5% level.

دانه‌چه در شرایط عادی و چه تنش نمایان است. (Modarresi et al. (2010) در تحقیقی نشان دادند که عملکرد دانه در گندم با طول ساق گل، شمار دانه در سنبله و طول سنبله در شرایط تنش همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. (Dadashi et al. (2010) همبستگی مثبت و معنی‌داری بین شاخص برداشت و عملکرد دانه جو گزارش کردند.

با انجام رگرسیون گام‌به‌گام و در نظر گرفتن عملکرد دانه (Y) به‌عنوان متغیر وابسته و دیگر صفات به‌عنوان متغیر مستقل، در شرایط عادی سه صفت طول سنبله بدون ریشک (X₁)، شمار دانه در سنبله (X₂) و شاخص برداشت (X₃) در مدل وارد شدند و در نتیجه معادله رگرسیونی زیر به دست آمد:

$$Y = -1/0.96 - 0/14X_1 + 0/25X_2 + 0/14X_3$$

همبستگی و رگرسیون صفات با عملکرد دانه

بررسی همبستگی صفات با عملکرد دانه نشان داد که شاخص برداشت بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌داری را با عملکرد دانه ($r = 0.77, P \leq 0.01$) در شرایط تنش گرما دارد (جدول ۵). از میان دیگر صفات، در شرایط تنش طول ساق گل و شمار دانه در سنبله با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار و در مقابل شمار روز از کاشت تا رسیدگی و طول سنبله همبستگی منفی و معنی‌داری با عملکرد دانه داشتند. بنا بر نتایج به‌دست‌آمده طولانی شدن صفات گذارشناختی در جو منجر به برخورد مراحل رشد و نموی گیاه با گرمای انتهایی فصل شده و باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود که این موضوع در همبستگی منفی صفات گذارشناختی اندازه‌گیری شده با عملکرد

جدول ۳. میانگین اثرگذاری‌های متقابل محیط (گرما) و ژنوتیپ برای صفات اندازه‌گیری‌شده (S₁, شرایط عادی و S₂ شرایط تنش)

Table 3. Mean of condition × genotype effects for measured traits (S₁, normal condition and S₂, stress condition)

Genotypes	Condition	Days to heading	Days to maturity	Plant height (cm)	Peduncel length (cm)	Spike length (cm)	Spikelets per spike	Grain per spike	1000 grain weight (gr)	Biological yield (ton. ha ⁻¹)	Harvest index (%)	Grain yield (ton. ha ⁻¹)
Mahour	S ₁	91.33ef	122f	80.1e	23.23bd	6.38abc	23.6a	23.23ef	43.2de	22.89de	40.83a-d	4.7bc
	S ₂	52.33m	82.67k	42.46jk	15.82efg	5.03cde	14.3cd	14.2ghi	41.43fg	14.91fg	38.53cde	2.5f-i
Yousef	S ₁	96.33c	134.33c	105.43a	29.43a	5de	16.07bc	47.73a	46.77a	30.49a-d	43.31ab	5.4a
	S ₂	60j	88.33i	49.32h-j	15.16efg	3.6hi	11.20de	32.67cd	41.5fg	10.54g	44.38a	2.6f-i
Reyhan 03	S ₁	98.67cd	133c	106.9a	29.1a	3.85f-i	13.77cd	38.4bc	45.87ab	32.11ab	42.23abc	5.3ab
	S ₂	60j	89i	57.82fg	18.66e	3.17i	8.8e	25.17de	42.17ef	13.31fg	42.91ab	3.4de
Izeh	S ₁	98.67cd	134.33c	102.52a	25.32bc	4.7d-g	15.10bc	44.53ab	44.3cd	35.34a	38.2cde	4.8ab
	S ₂	58.33jk	89i	55.49gh	16.06efg	3.73ghi	10.23e	29.67de	41.27fgh	14.32fg	39.79b-e	2.3hij
Nimrooz	S ₁	91.67e	125.67e	93.61bc	24.96bc	7.22i	23.2a	22.30efg	44.6bcd	17.71ef	36.51de	3.3ef
	S ₂	55.67l	83.67k	45.30i-k	16.58efg	5.65bcd	16.3bc	16.20f-i	41.93ef	12.71fg	35.76ef	2.2ij
Jounob	S ₁	99.33c	127e	84.17de	23.78bc	6.65ab	17.6b	51.02a	39.8hi	31.46abc	42.37abc	5.2ab
	S ₂	71.33h	97.67h	40.33k	14fg	4.75d-g	11.47cde	27.53de	38.8ij	13.69fg	39.57b-e	3.4de
Zahak	S ₁	98.67cd	134.33c	100.42ab	23.78bc	4.35e-h	15.3bc	43.77ab	45.63abc	31.98ab	43.13ab	5.01ab
	S ₂	58.67j	86.67ij	50.39g-i	14.19fg	3.93f-i	10.3e	29.73de	41.77ef	13.14fg	37.57de	2.9e-h
Abidar	S ₁	134.33a	200.33a	63.71f	14.19fg	6.63abc	15.8bc	14.83ghi	39.5ij	31.31a-d	24.05g	1.7j
	S ₂	78.33g	104.67g	49.1h-j	13.07g	6.07bc	15.47bc	12.67i	38.03j	14.54fg	15.77h	0.98k
Nosrat	S ₁	104.33b	141.67b	90.1cd	25.95ab	4.85def	16.33bc	43.13ab	44.47bcd	25.82cd	40.85a-d	5.3ab
	S ₂	70i	100h	48.4h-j	17.28ef	3.73ghi	9.6e	24.73de	41.5fg	14.99fg	32.02f	2.4f-i
Khoram	S ₁	89f	126.33e	92.72bc	22.85cd	6.6abc	23.5a	21.70e-h	46.73a	26.97bcd	39.72b-e	4cd
	S ₂	56.67kl	85jk	44.6i-k	15.20efg	4.9df	16.37bc	13.6hi	40.13gi	16.22fg	36.41f	2.5efg

در هر ستون دست‌کم یک حرف مشترک نشان‌دهنده تفاوت آماری معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

Similar letters in each column shows non- significant difference according to Duncan multiple range test at 5% level.

جدول ۴. میانگین صفات ساختار ظاهری، گذارشناختی و صفات مرتبط با عملکرد و مقایسه‌های مستقل بین ژنوتیپ‌های جو شش

ردیفه و دو ردیفه در شرایط عادی و تنش گرمای انتهایی فصل (S₁, شرایط عادی و S₂ شرایط تنش)

Table 4. Mean of different morpho-phenological and yield components traits and orthogonal contrast between 2 and 6- rowed barley genotypes in normal and terminal heat stress condition (S₁, normal condition and S₂, stress condition)

Barley type	Condition	Days to heading	Days to maturity	Plant height (cm)	Peduncel length (cm)	Spike length (cm)	Spikelets per spike	Grain per spike	1000 grain weight (gr)	Biological yield (ton. ha ⁻¹)	Harvest index (%)	Grain yield (ton. ha ⁻¹)
6- rowed	S ₁	99.33	134.11	95.25	26.30	4.9	15.69	44.76	44.47	31.20	41.68	5.20
	S ₂	101.58	143.58	82.53	21.30	6.7	21.53	20.52	43.51	24.73	35.28	3.44
6- rowed 2- rowed	S ₂	63.06	91.94	50.29	15.87	3.82	10.27	28.25	41.17	13.33	39.37	2.87
	S ₂	60.75	89	45.36	15.45	5.41	15.61	14.17	40.38	14.60	31.62	2.16
Orthogonal contrast	S ₁	493.93**	1543.11**	531.39**	53.04**	4.25**	44.59**	515.80**	20.13**	83.26**	98.32**	4.24**
Orthogonal contrast	S ₂	204.09**	173.04**	89.55*	8.34 ^{ns}	2.78**	25.39**	126.28**	5.92**	7.28 ^{ns}	192.87**	1.55**

** و * : به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد؛ ns: غیرمعنی‌دار.

** and *: significant at 1% and 5% probability levels, respectively, ns: Non-significant.

جدول ۵. تجزیه همبستگی بین صفات ارزیابی‌شده با عملکرد در ژنوتیپ‌های جو (n=۳۰)

Table 5. Correlation analysis between evaluated traits with yield in barley genotypes (n=30)

	Days to heading	Days to maturity	Plant height	Peduncel length	Spike length	Spikelets per spike	Grain per spike	1000 grain weight	Biological yield	Harvest index
Grain yield in normal conditions	-0.59**	-0.68**	0.63**	0.80**	-0.50**	-0.20 ^{ns}	0.79**	0.44*	0.14 ^{ns}	0.91**
Grain yield in stress conditions	-0.32 ^{ns}	-0.44*	0.13 ^{ns}	0.41*	-0.35*	-0.30 ^{ns}	0.49**	0.27 ^{ns}	0.34 ^{ns}	0.77**

** و * : به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد؛ ns: غیرمعنی‌دار.

** and *: significant at 1% and 5% probability levels, respectively, ns: Non-significant.

این مدل ۹۲ درصد از کل تغییرات آزمایش را توجیه کرد. در شرایط تنش هنگامی که عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد، پنج صفت شمار روز از کاشت تا سنبله‌دهی (X1)، شمار روز از کاشت تا رسیدگی (X2)، طول ساق گل (X3)، عملکرد زیست‌توده (X4) و شاخص برداشت (X5) به عنوان متغیرهای تشکیل‌دهنده مدل انتخاب شدند. این مدل ۷۹ درصد از کل تغییرات را توجیه می‌کند.

$$Y = 0.62 + 0.16X1 - 0.13X2 + 0.06X3 + 0.06X4 + 0.06X5$$

با توجه به محدود بودن بررسی‌های رگرسیون در زمینه تنش گرما، مقایسه نتایج این آزمایش با آزمایش‌های دیگر میسر نشد. با توجه به همبستگی شاخص برداشت، شمار دانه در سنبله و طول ساق گل با عملکرد دانه در هر دو شرایط عادی و تنش و همچنین با توجه به نتایج رگرسیون، می‌توان از این صفات در جهت بهبود عملکرد دانه جو و انجام گزینش برای اهداف اصلاحی استفاده کرد. این موضوع در زمینه صفت شاخص برداشت از اهمیت بیشتری برخوردار بوده و بررسی دقیق آن در بررسی‌های ارزیابی ژنوتیپ‌های جو چه در شرایط عادی و چه تحت تنش توصیه می‌شود. (Nasri et al. 2012) با توجه به رگرسیون گام‌به‌گام، صفت شاخص برداشت را به عنوان یک صفت مؤثر بر عملکرد دانه جو در شرایط تنش خشکی معرفی کردند.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که تنش گرمای ناشی از اعمال کشت دیر هنگام به صورت معنی‌داری باعث کاهش صفات گذارشناختی از جمله شمار روز از کاشت تا سنبله‌دهی و شمار روز از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک، صفات ساختار ظاهری از جمله ارتفاع بوته، طول ساق گل، عملکرد زیست‌توده و صفات مرتبط با عملکرد دانه از جمله طول سنبله (بدون ریشک)، شمار سنبلچه در سنبله، شمار دانه در سنبله، وزن هزاردانه و شاخص برداشت شده که در نهایت کاهش معنی‌دار عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های جو را به همراه خواهد داشت. با توجه به نتایج این آزمایش می‌توان اظهار کرد که تأخیر در کاشت و به دنبال آن کاهش در طول مراحل

گذارشناختی ژنوتیپ‌ها، از یک سو باعث کاهش رشد اندام‌های رویشی (ارتفاع بوته و طول ساق گل) و از سوی دیگر باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود. شاخص برداشت نیز در شرایط تنش گرمای انتهای فصل به علت تأثیر گرما بر عملکرد دانه کاهش یافت. تأخیر در کاشت به طور معنی‌داری شمار سنبلچه در سنبله (۳۱ درصد)، شمار دانه در سنبله (۳۶ درصد)، وزن هزاردانه (۷ درصد)، شاخص برداشت (۷ درصد) و عملکرد دانه (۴۲ درصد) را کاهش داد. در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی ژنوتیپ ریحان ۰۳ با افزایش شاخص برداشت، کاهش کمتر طول سنبله و شمار دانه در سنبله در اثر اعمال تنش گرما و همچنین ژنوتیپ جنوب با کاهش کمتر در وزن هزاردانه و شاخص برداشت تحت شرایط تنش، عملکرد خوبی در هر دو شرایط محیطی (عادی و تنش) از خود نشان دادند. ژنوتیپ آبدرد دیررس‌تر بوده و در ارتباط با شمار روز تا سنبله‌دهی و شمار روز تا رسیدگی در هر دو شرایط کشت عادی و تنش مقادیری بالاتری را نسبت به دیگر ژنوتیپ‌ها از خود نشان داد. بنابراین عملکرد پایین این ژنوتیپ در شرایط کشت عادی و همچنین کشت تأخیری را می‌توان به دیررس بودن آن و هم‌زمانی بیشتر مراحل گرده‌افشانی و دوره پر شدن دانه با گرمای انتهای فصل ارتباط داد. تفاوت زیاد در مراحل گذارشناختی این ژنوتیپ در مقایسه با دیگر ژنوتیپ‌ها، تا حد زیادی این ژنوتیپ را به یک ژنوتیپ ناهمگن در این بررسی تبدیل ساخت. در این تحقیق شاخص برداشت در شرایط تنش ($r=0.77$, $P \leq 0.01$) و در شرایط عادی ($r=0.91$, $P \leq 0.01$) بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه نشان داد. این موضوع بر کارایی این صفت برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها در بررسی‌های تنش گرما تأکید دارد. بر پایه رگرسیون گام‌به‌گام، در شرایط تنش گرما، ۵ صفت و در شرایط عادی ۳ صفت وارد مدل شد که به ترتیب ۷۹ و ۹۲ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه کردند. بررسی تفاوت‌های ژنوتیپ‌های شش ردیفه و دو ردیفه نشان دادند که به طور کلی ژنوتیپ‌های شش ردیفه ارتفاع بوته بلندتر، شمار دانه در سنبله، وزن هزاردانه و شاخص برداشت بیشتر و طول سنبله (بدون ریشک) کوتاه‌تر و شمار

سنبلچه در سنبله و شمار سنبله در واحد سطح
کمتری نسبت به ژنوتیپ‌های دو ردیفه داشتند. تفاوت
بین این صفات در نهایت منجر به این شد که ژنوتیپ‌های
شش ردیفه عملکرد بیشتری نسبت به ژنوتیپ‌های دو
ردیفه در هر دو شرایط محیطی عادی و تحت تنش
داشته باشند.

REFERENCES

1. Abd-Mishani, S. & Jafari-Shabestari, J. (1988). Evaluation of wheat cultivars for drought resistance. *Iranian Journal of Agriculture Science*, 19(1,2), 37-43. (in Farsi)
2. Bavei, V., Vaezi, B., Abdipour, M., Kamali, M.R.J. & Roustaii, M. (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(3), 175-193.
3. Bavei, V. & Vaezi, B. (2012). Effect of late planting heat stress on yield, yield components and tolerance indices in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Iranian Journal of Filed Crop Science*, 43(3), 405-420. (in Farsi)
4. Dadashi, M., Norinia, A.A., Askar, M. & Azizi Chakharchaman, S. (2010). Evaluation some morphological, physiological characteristic correlated to yield of naked barley cultivars. *Weed and Crop Ecophys*, 15(4), 29-40. (in Farsi)
5. Ehdaie, B., Alloush, G.A., Madore, M.A. & Waines, J.G. (2006). Genotypic variation for stem reserves and mobilization in wheat. *Crop Science*, 46(5), 2093-2103.
6. Gibson, L.R. & Paulsen, G.M. (1999). Yield components of wheat grown under high temperature stress during reproductive growth. *Crop Science*, 39(6), 1841-1846.
7. Hakim, M. A., Hossain, A., da Silva, J. A. T., Zvolinsky, V. P. & Khan, M. M. (2012). Protein and Starch Content of 20 Wheat (*Triticum aestivum* L.) Genotypes Exposed to High Temperature Under Late Sowing Conditions. *Journal of Scientific Research*, 4(2), 477.
8. Hamam, K.A. & Khaled, A.G.A. (2009). Stability of wheat genotypes under different environments and their evaluation under sowing dates and nitrogen fertilizer levels. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(1), 206-217.
9. Hatfield, J.L., Boote, K.J., Kimball, B.A., Ziska, L.H., Izaurralde, R.C., Ort, D., Thomson, A.M. & Wolfe, D. (2011). Climate impacts on agriculture: implications for crop production. *Agronomy Journal*, 103(2), 351-370.
10. Högy, P., Poll, C., Marhan, S., Kandeler, E. & Fangmeier, A. (2013). Impacts of temperature increase and change in precipitation pattern on crop yield and yield quality of barley. *Food Chemistry*, 136(3), 1470-1477.
11. Hossain, A., Teixeira da Silva, J.A., Lozovskaya, M.V., Zvolinsky, VP. & Mukhortov, VI. (2012). High temperature combined with drought affect rainfed spring wheat and barley in south-eastern Russia: Yield, relative performance and heat susceptibility index. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 4(11), 184-196.
12. Inamullah, N.H., Shah, Z.H. & FU, K. (2007). An analysis of the planting dates effect on yield and yield attributes of spring wheat. *Sarhad Journal Agriculture*, 23(2), 269-275.
13. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate change (2007)–The physical science basis. In *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2007.
14. Jahanbin, Sh., Tahmasebi Sarvestani, Z. & Modarress Sanavi, S.A.M. (2003). Study of some quantitative traits and response of hull-less barley (*Hordeum vulgare* L.) genotype under terminal heat stress conditions. *Iranian Journal of Crop Science*, 4(4), 265-276. (in Farsi)
15. Modarresi, M., Mohammadi, V., Zali, A. & Mardi, M. (2010). Response of wheat yield and yield related traits to high temperature. *Cereal Research Communications*, 38(1), 23-31.
16. Modhej, A., Naderi, A. & Siadat, S.A. (2007). Effects of heat stress after anthesis on source limitation of wheat and Barley cultivars. *Iranian Journal of Agriculture Science*, 13(2), 393-403.
17. Nahar, K., Ahamed, K.U. & Fujita, M. (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(3), 51-56.
18. Nasri, R., Paknejad, F., Sadeghinejad, M., Ghorbani, S. & Fatemi, Z. (2012) Correlation and path analysis of drought stress on yield and yield components of barley (*Hordeum vulgare*) in Karaj region. *Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 8(4), 155-165. (in Farsi)
19. Omidi, M., Siahpoosh, M.R., Mamaghani, R. & Modarressi, M. (2013). The effects of terminal heat stress on yield, yield components and some morpho-phenological traits of wheat genotypes in Ahwaz weather conditions. *Electronic Journal of Crop Production*, 6(4), 33-53. (in Farsi)

20. Omid, M., Siahpoosh, M.R., Mamghani, R. & Modarresi, M. (2014). The Influence of Terminal Heat Stress on Meiosis Abnormalities in Pollen Mother Cells of Wheat. *Cytologia*, 79(1), 49-58.
21. Passarella, V.S., Savin, R. & Slafer, G.A. (2008). Are temperature effects on weight and quality of barley grains modified by resource availability?. *Crop and Pasture Science*, 59(6), 510-516.
22. United States Department of Agriculture (USDA). Circular Series WAP 11-11 November 2011. World Agricultural Production. *Foreign Agricultural Service*.
23. Van Gool, D. & Vernon, L. (2006). Potential impacts of climate change on agricultural and use suitability: barley. *Department of Agriculture*, Western Australia. Report No. 302.
24. Wollenweber, B., Porter, J.R. & Schellberg, J. (2003). Lack of Interaction between Extreme High Temperature Events at Vegetative and Reproductive Growth Stages in Wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 189(3), 142-150.

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

Akram Oraki¹, Mohammad Reza Siahpoosh^{2*}, Afrasyab Rahnama³ and Iraj Lakzadeh⁴

1, 2, 3. M. Sc. Student and Assistant Professors, Department of Agronomy and Plant Breeding, Shahid Chamran University of Ahwaz, Ahwaz, Iran

4. Instructor, Agricultural and Natural Resources Research Center, Ahwaz, Iran

(Received: Oct. 1, 2014 - Accepted: May. 31, 2015)

ABSTRACT

Terminal heat stress is the most widespread heat stress in the world. In order to evaluate the effect of heat stress on yield, yield component, and morpho-phenological traits of barley, 10 barley genotypes including the 2-row genotypes: Mahour, Khoram, Nimrooz, Abidar and 6-row genotypes: Yousef, Rihan 03, Izeh, Zahak, Nosrat, Jonoub were tested under normal (optimum sowing date) and heat stress (late sowing date) conditions in experimental field of Shahid Chamran University of Ahwaz. The experiment in each condition was arranged in a randomized complete block design. Terminal heat stress caused significant reduction in days from sowing to heading (38%), days from sowing to maturity (34%), plant height (47%), peduncle length (36%), biological yield (52%), spike length without awn (21%), number of spikelet per spike (31%), number of kernels per spike (36%), 1000 kernel weight (7%), harvest index (7%) and grain yield (42%). According to the results, in normal condition Yousef with 5.4 t/ha and in stress condition Rihan 03 and Jonoub with 3.4 t/ha have the maximum grain yield. Abider in both conditions showed the minimum yield. Based on the results, the maximum correlation coefficient was observed between harvest index and grain yield in both conditions, heat stress ($r=0.77$, $p \leq 0.01$) and normal ($r=0.91$, $p \leq 0.01$), suggesting the considerable role of this trait for evaluating the barley genotypes in heat stress experiments. 6-row barley genotype had superiority for most of traits in compare to 2-row genotypes and finally gave more grain yield in both conditions.

Keywords: Heat stress, heat tolerance, 2-row barley, 6-row barley.