دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

# بررسی واکنش برخی از ارقام زراعی گندم بهاره به تنش گرما در مرحله گلدهی و پر شدن دانه

**احمد رضایی‌زاده[1]، ولی‌اله محمدی[2]، محمدرضا سیاهپوش[3] و علی احمدی[4]**

1- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
2- دانشیار پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران،(نویسنده مسوول: vmohammadi@ut.ac.ir)
3- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز
4- استاد پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
تاریخ دریافت: 1398/03/02 تاریخ پذیرش: 1398/08/22
صفحه: 102 تا 109

**چکیده**

**گرما یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های تولیدات کشاورزی در جهان می‌باشد. تنش گرما وضعیت آبی، مسیرهای بیوسنتزی، مورفولوژی، فنولوژی، عملکرد و کیفیت گندم را تحت تاثیر قرار می‌دهد. به‌منظور بررسی اثر تنش گرما بر صفات عملکردی گندم، 33 رقم گندم بهاره در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط اهواز و کرج مورد ارزیابی قرار گرفتند. تنش گرما از طریق کشت تاخیری اعمال شد تا گیاه در مرحله انتهایی رشد که مصادف با ماه اردیبهشت است، به دمای بالای 30 درجه سانتی‌گراد برخورد نماید. صفات روز تا گلدهی، روز تا رسیدن، طول پدانکل، ارتفاع گیاه، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در متر مربع، وزن هزار دانه و عملکرد نهایی ارزیابی شدند. نتایج تجزیه واریانس و مقایسات میانگین داده‌ها بیانگر آن بود که ارقام از لحاظ اکثر صفات تفاوت معنی‌داری داشته و واکنش متفاوتی به تنش گرما نشان می‌دهند. در شرایط اهواز ارقام چمران، کاز و دز متحمل‌ترین و هامون، مانتنا و کویر حساس‌ترین ارقام بودند در حالیکه در شرایط کرج کاز، بهرنگ و دریا متحمل‌ترین و ببکس، مانتنا و نیشابور حساس‌ترین ارقام بودند. بیشترین خسارت ناشی از گرما در شرایط اهواز در صفات تعداد سنبله در مترمربع و وزن هزار دانه و در شرایط کرج در صفات تعداد سنبله در مترمربع و تعداد دانه در سنبله مشاهده شد. تجزیه همبستگی و رگرسیون نشان داد که در شرایط اهواز و کرج به‌ترتیب صفت تعداد روز تا رسیدگی و تعداد دانه در سنبله مهم‌ترین صفات جهت غربالگری در شرایط تنش می‌باشند.**

**واژه‌های کلیدی: گندم زراعی بهاره ایران، تنش گرما، عملکرد ، اجزای عملکرد، گلدهی**

## مقدمه

مطالعات مجمع بین‌المللی تغییرات اقلیم نشان می‌دهد که دمای سطح زمین در طول یکصد سال گذشته 0/6 درجه سانتی‌گراد گرمتر شده و پیش‌بینی می‌شود این عدد در سال 2100 به 3 درجه سانتی‌گراد برسد. این پدیده که از آن به‌عنوان گرمایش جهانی یاد می‌شود، تحت تاثیر عوامل متعدد است که مهمترین عامل، افزایش غلظت دی اکسید کربن می‌باشد (8). علیرغم انتظار موجود مبنی بر اینکه دو برابر شدن غلظت $CO_2$ باعث افزایش عملکرد گیاهان زراعی خواهد شد، مطالعات نشان داده است که افزایش مورد انتظار عملکرد با توجه به افزایش درجه حرارت تحقق نخواهد یافت (1).

تنش گرما عبارت است از افزایش درجه حرارت بالاتر از حد آستانه‌ی تحمل گیاه که سبب ایجاد تغییرات غیر قابل برگشت در رشد نمو گیاه می‌گردد. به‌طور کلی بالا رفتن دما به میزان 15-10 درجه بالاتر از دمای معمول به‌عنوان تنش گرما در نظر گرفته می‌شود (6). تنش گرما تابع سه مؤلفه شدت (درجه حرارت)، مدت و زمان تنش است. تنش گرما از نظر شدت به سه دسته تقسیم می‌شود: 1) دمای بالای میانه (تنش معتدل) 15 تا 32 درجه سانتی‌گراد 2) دمای خیلی بالا ( تنش شدید) از 32 تا 50 درجه سانتی‌گراد و 3) دمای مرگبار (تنش کشنده) دماهای بیش از 50 درجه سانتی‌گراد (3). 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 می‌شود (19). دمای بالا به‌طور معنی‌داری کاهش تعداد روز تا ساقه‌روی، تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا زمان رسیدگی را در پی داشت (15). همچنین دمای بالا از طریق تسریع در نمو سنبله و پر شدن دانه (10)، سبب کاهش عملکرد در طی تنش می‌شود.

به‌طور کلی تنش خشکی 17 درصد، تنش شوری 20 درصد، تنش دمای پایین 15 درصد، تنش دمای بالا 40 درصد و سایر عوامل 8 درصد از مجموع کل کاهش عملکرد ناشی از تنش‌های غیرزیستی را به‌خود اختصاص می‌دهند (1). تنش گرمایی تقریبا در هفت میلیون هکتار از مزارع گندم در کشورهای در حال توسعه وجود دارد که بیش از 50 کشور این تنش را در طول دوره‌های رشد و نمو گندم تجربه می‌کنند. ضمن اینکه تنش گرمای انتهای فصل نیز مشکل 40 درصد از مناطق معتدل جهان است که 36 میلیون هکتار را شامل می‌شود (16).

امیدی و همکاران (13) در مطالعه 11 ژنوتیپ گندم در شرایط اهواز بیان داشتند که صفات تعداد دانه در سنبله و شاخص برداشت صفات مناسبی جهت غربالگری ارقام و لاین‌های گندم از نظر تحمل به گرمای انتهای فصل بوده و ارقام کاز، چمران و الوند عملکرد خود را در مواجهه با تنش گرما در حد مطلوب حفظ می‌نمایند. مدرسی و همکاران (11) به‌منظور بررسی شاخص‌های تحمل به گرما در گندم، 144 لاین نوترکیب حاصل از تلاقی کاز (متحمل) و مانتنا (حساس)

به همراه والدین و چند رقم تجاری را مورد ارزیابی قرار داده و بیان کردند که شاخص‌های شاخص عملکرد[1]، میانگین هندسی بهره‌وری[2] و شاخص تحمل به تنش[3] بیشترین همبستگی را با عملکرد در شرایط تنش داشتند و روند این همبستگی مشابه با همبستگی با صفات طول دوره پرشدن و طول پدانکل بود که اهمیت این دو صفت و شاخص‌های مذکور را جهت غربالگری ارقام برای تحمل به گرما را نشان می‌دهد. محمدی و همکاران (12) تاثیر تنش گرما بر عملکرد و اجزای عملکرد 144 لاین نوترکیب را مورد بررسی قرار داده و گزارش کردند که تنش گرما سبب کاهش 46/63 درصدی عملکرد، 20/61 درصدی وزن هزار دانه و 20/42 درصدی دوره پر شدن دانه شد. خدارحم پور (9) نشان داد که تعداد دانه در بلال و وزن خشک دانه بالاترین اثر مستقیم و مثبت را بر عملکرد در شرایط تنش گرما در ذرت دارد. رضایی‌زاد و همکاران (17) در مطالعه اثر تنش گرما بر کلزا گزارش کردند که ژنوتیپ‌های پاراده، کریستینا و گولیات از نظر عملکرد روغن دارای شرایط بهتری نسبت به مابقی ژنوتیپ‌ها بودند.

با توجه به اینکه تنش گرما در انتهای فصل رشد یکی از عوامل محدود کننده تولید گندم در بسیاری ازمناطق کشور به‌ویژه استان‌های جنوبی می‌باشد و از طرفی پژوهش‌های اندکی در زمینه مقاومت به گرما بر روی ارقام گندم ایرانی انجام شده، این پژوهش با اهداف شناسایی ارقام حساس و متحمل گندم نان به تنش گرمای آخر فصل و بررسی اثر تنش گرمای ملایم و شدید بر صفات مهم زراعی و شناسایی صفات مهم در غربال ارقام متحمل به تنش اجرا شد.

## مواد و روش‌ها

در این آزمایش از 33 رقم اصلاح شده گندم بهاره دریافت شده از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر استفاده شد (جدول1-3). آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز با موقعیت جغرافیایی طول 48 درجه و41 دقیقه شرقی و عرض 31 درجه و 20دقیقه شمالی با 20 متر ارتفاع از سطح دریا و مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران واقع در محمدشهر کرج با عرض جغرافیایی 35 درجه و 56 دقیقه شمالی و طول جغرافیایی 50 درجه و 58 دقیقه شرقی با ارتفاع 1112/5 از سطح دریا در سال انجام شد. جهت آماده‌سازی زمین از شخم نیمه‌عمیق و جهت خرد کردن کلوخه‌ها از دیسک استفاده شد. کاشت بذر به‌صورت دستی، بر اساس تراکم توصیه شده 350 بوته در مترمربع انجام پذیرفت. هر کرت آزمایشی شامل چهار خط به طول 1/5 متر و با فاصله خطوط 20 سانتی‌متری و فاصله بذور روی خطوط حدود یک-دو سانتی‌متر و عمق بذر حدود 3 سانتی‌متر در نظر گرفته شد. به‌منظور برخورد دوره گلدهی و پر شدن دانه کشت تاخیری با دمای بالای 30 درجه سانتی گراد، ارقام در تاریخ طبیعی 20 آبان و تاریخ کشت تاخیری 10 آذر در منطقه‌ی اهواز و در تاریخ طبیعی 10 اسفند و تاریخ کشت تاخیری 15 فروردین در منطقه‌ی کرج کاشته شدند. آبیاری، کوددهی و مبارزه با علف‌های هرز طبق عرف منطقه انجام شد. زمانی که رطوبت دانه‌ها به حدود 14 درصد رسید، با حذف اثر حاشیه، برداشت انجام شد.

جدول 1- لیست ارقام گندم بهاره ایرانی کشت شده

Table 1. List of Iranian spring wheat cultivars

| کد | ارقام | کد | ارقام | کد | ارقام |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ببکس | 12 | پیشتاز | 23 | قدس |
| 2 | بک‌کراس روشن بهاره | 13 | تجن | 24 | کاز |
| 3 | ویبیل | 14 | چمران | 25 | کرخه |
| 4 | اترک | 15 | دریا | 26 | کویر |
| 5 | آرتا | 16 | دز | 27 | مونتنا |
| 6 | ارگ | 17 | روشن | 28 | مرودشت |
| 7 | افلاک | 18 | سپاهان | 29 | نیشابور |
| 8 | بم | 19 | سیستان | 30 | هامون |
| 9 | بهار | 20 | شیراز | 31 | هیرمند |
| 10 | بهرنگ | 21 | شیرودی | 32 | ویناک |
| 11 | پارسی | 22 | فلات | 33 | یاواروس |

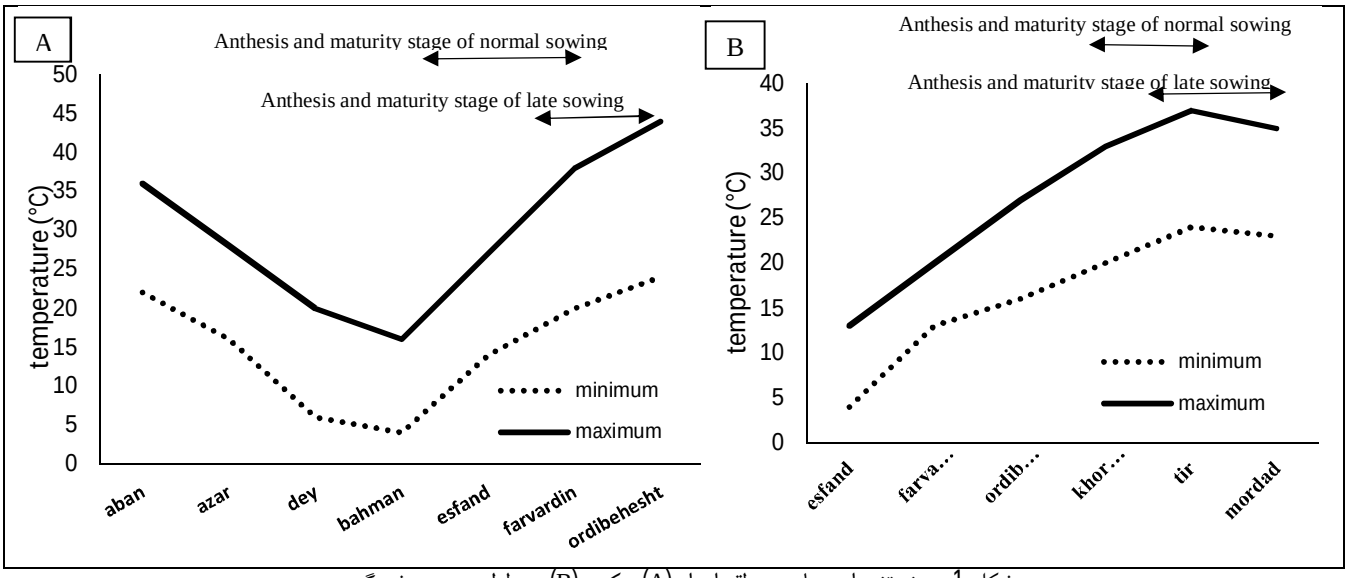
زمان سبز شدن، تاریخ گلدهی و تاریخ رسیدگی فیزیولوژیک بر اساس سیستم نمره‌دهی زادوکس ثبت شد (20). طول پدانکل و ارتفاع گیاه نیز بعد از رسیدن فیزیولوژیک اندازه‌گیری شدند. پس از رسیدگی کامل، برای اندازه‌گیری اجزاء عملکرد (تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه) 10 بوته از هر کرت انتخاب شد و مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. همچنین برای اندازه‌گیری عملکرد کل دانه و تعداد سنبله در متر مربع، نمونه‌برداری بر اساس سطح برداشت (کوادرات 0/5 متر × 0/5 متر) انجام گرفت. برای آزمون نرمال بودن داده‌ها و یکنواختی واریانس‌ها از نرم‌افزار Minitab 16 و برای تجزیه واریانس، مقایسه میانگین به روش چند دامنه‌ای دانکن، تجزیه همبستگی و تجزیه رگرسیون چندگانه از نرم‌افزارهای SPSS 19 و SAS 9.4 استفاده شد.

## نتایج و بحث

در شرایط اهواز تنش گرما تقریبا بعد از گلدهی شروع شده و در طی یک مدت کوتاه به دمای حداکثر (42 درجه سانتی‌گراد) می‌رسد (شکل 1) در حالی‌که در شرایط کرج، قبل از تاریخ شروع گلدهی کشت تاخیری هم دما حدود 30 درجه سانتی‌گراد می‌باشد و افزایش دما در مراحل انتهایی رشد با یک شیب دمایی ملایم افزایش می‌یابد. بنابراین می‌توان

1- YI 2- GMP 3- STI

نتیجه گرفت تنش اهواز به‌صورت یک تنش کوتاه مدت (30 روز) با شدت بالا (تا 42 درجه سانتی‌گراد) و تنش کرج به‌صورت یک تنش طولانی‌تر (45 روز) و ملایم‌تر (37 درجه سانتی‌گراد) اتفاق افتاده است. نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایش اهواز نشان‌داد که صفات طول پدانکل، ارتفاع گیاه، روز تا گلدهی، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، تعداد سنبله در متر مربع، وزن هزار دانه و عملکرد تحت‌تاثیر هر دو عامل رژیم دمایی و رقم بودند و اثر متقابل رژیم دمایی×رقم نیز برای تمامی صفات به‌جز ارتفاع، تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در مترمربع معنی‌دار بود (جدول 2). نتایج تجزیه واریانس داده‌های کرج نشان داد که اثر متقابل رژیم دمایی در رقم برای صفات طول پدانکل، ارتفاع گیاه، روز تا گلدهی و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک معنی‌دار است.




شکل 1- روند تغییرات دمایی منطقه اهواز (A) و کرج (B) در طول دوره‌ی رشد گندم

Figure 1. Trend of temperature change during wheat cultivation in AHVAZ (A) and KARAJ (B) in Iran

جدول 2- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد گندم تحت تنش گرما در منطقه اهواز

Table 2. Analysis of variance for wheat yield and yield components under heat stress in Ahvaz region

| | | MSمیانگین مربعات | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| منابع تغییر | df | روز تا گلدهی | روز تا رسیدن | ارتفاع گیاه | طول پدانکل | سنبله در متر مربع | دانه در سنبله | وزن هزار دانه | عملکرد |
| رژیم دمایی | 1 | 7020/4** | 3521/3** | 15395/3** | 1335/2** | 89175/7** | 5301/5** | 1996/7** | 571/7** |
| خطا | 4 | 30/4 | 25/4 | 123/2 | 10/1 | 1492/3 | 54/8 | 92/8 | 1/4 |
| رقم | 32 | 125/3** | 87/5** | 479/9** | 121/9** | 1056/1* | 42/3ns | 21/2** | 8/7** |
| رژیم دمایی× رقم | 32 | 125/5** | 53/2** | 85/7ns | 26/2* | 578/7ns | 43/6ns | 9/2* | 5/9* |
| خطا | 128 | 3/2 | 4/2 | 62/5 | 15/1 | 607/8 | 38/7 | 10/5 | 3/5 |
| cv | | 1/8 | 1/4 | 9/1 | 11/4 | 20/2 | 17/5 | 8/4 | 26/4 |

**: معنی‌داری در سطح 1%، *: معنی‌داری در سطح 5%، ns: عدم معنی‌داری

جدول 3- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد گندم تحت تنش گرما در منطقه کرج

Table 3. Analysis of variance for wheat yield and yield components under heat stress in Karaj region

| | | MS میانگین مربعات | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| منابع تغییر | df | روز تا گلدهی | روز تا رسیدن | ارتفاع گیاه | طول پدانکل | سنبله در متر مربع | دانه در سنبله | وزن هزار دانه | عملکرد |
| رژیم دمایی | 1 | 4980/1** | 13320/1** | 16491/1** | 2510/2** | 2984727/7** | 4693/4** | 1793/1* | 1092/7** |
| خطا | 4 | 5/2 | 10/3 | 162/2 | 45/4 | 20392/3 | 31/1 | 110/2 | 3/7 |
| رقم | 32 | 38/3** | 36/7** | 200/1** | 43/2** | 26402/1* | 68/3* | 18/1* | 1/3** |
| رژیم دمایی× رقم | 32 | 14/5** | 38/4** | 47/7** | 25/1** | 14469/2ns | 43/3ns | 6/6ns | 1/1* |
| خطا | 128 | 1/2 | 1/14 | 2/5 | 1/3 | 15196/8 | 44/7 | 11/3 | 0/6 |
| cv | | 2/3 | 3/6 | 3/2 | 6/5 | 20/8 | 18/2 | 10/1 | 15/9 |

**: معنی‌داری در سطح 1%، *: معنی‌داری در سطح 5%، ns: عدم معنی‌داری

جدول 4- درصد افت عملکرد و اجزای عملکرد ناشی از تنش گرما در دو شرایط اهواز و کرج

Table 4. Loss percentage of wheat yield and yield components caused by heat stress in Ahvaz and Karaj

| | روز تا گلدهی | روز تا رسیدن | ارتفاع گیاه | طول پدانکل | سنبله در متر مربع | دانه در سنبله | وزن هزار دانه | عملکرد |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| اهواز | 12/56 | 5/90 | 18/53 | 14/19 | 32/13 | 18/51 | 20/44 | 38/62 |
| کرج | 18/28 | 14/79 | 22/64 | 23/11 | 34/30 | 28/42 | 14/54 | 36/47 |

جدول 5- عملکرد33 رقم گندم دردو شرایط طبیعی و تنش گرما و درصد افت آن در شرایط اهواز

Table 5. Yield of 33 cultivars in normal and heat stress condition and loss percentage of yield in Ahvaz

| ارقام | نرمال | تنش | درصد افت | ارقام | نرمال | تنش | درصد افت | ارقام | نرمال | تنش | درصد افت |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ببکس | 9/04 | 6/69 | 26/04 | پیشتاز | 6/97 | 5/23 | 23/49 | قدس | 11/31 | 5/87 | 48/12 |
| بک‌کراس روشن بهاره | 10/12 | 6/35 | 37/15 | تجن | 8/15 | 6/32 | 22/48 | کاز | 7/09 | 6/32 | 10/82 |
| ویبیل | 11/57 | 8/23 | 28/83 | چمران | 6/4 | 5/83 | 8/86 | کرخه | 7/43 | 4/52 | 39/15 |
| اترک | 7/72 | 5/53 | 28/3 | دریا | 7/93 | 4/79 | 39/64 | کویر | 11/27 | 4/1 | 63/61 |
| آرتا | 5/95 | 3/42 | 42/54 | دز | 6/37 | 5/2 | 18/37 | مونتنا | 8/15 | 2/89 | 64/6 |
| ارگ | 9/02 | 5/48 | 39/27 | روشن | 8/73 | 4 | 54/2 | مرودشت | 10/75 | 6/65 | 38/12 |
| افلاک | 11/12 | 5/1 | 54/14 | سپاهان | 7/29 | 5/2 | 28/66 | نیشابور | 9 | 4/04 | 55/06 |
| بم | 12/11 | 5/04 | 58/35 | سیستان | 10/64 | 7/62 | 28/39 | هامون | 8/44 | 6/57 | 22/24 |
| بهار | 8/49 | 5/2 | 38/74 | شیراز | 7/45 | 5/48 | 26/52 | هیرمند | 11/8 | 4/11 | 65/16 |
| بهرنگ | 10/53 | 4/39 | 58/33 | شیرودی | 7/47 | 5/8 | 22/32 | ویناک | 9/42 | 5/43 | 42/33 |
| پارسی | 7 | 5/14 | 26/57 | فلات | 8/78 | 5/92 | 32/53 | یاواروس | 8/42 | 6/53 | 22/43 |

جدول 6- عملکرد33 رقم گندم دردو شرایط طبیعی و تنش گرما و درصد افت آن در شرایط کرج

Table 6. Yield of 33 cultivars in normal and heat stress condition and loss percentage of yield in Karaj

| ارقام | نرمال | تنش | درصد افت | ارقام | نرمال | تنش | درصد افت | ارقام | نرمال | تنش | درصد افت |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ببکس | 8/11 | 3/75 | 53/78 | پیشتاز | 6/57 | 4/31 | 34/42 | قدس | 7/53 | 5/35 | 29 |
| بک‌کراس روشن بهاره | 7/97 | 4/25 | 46/75 | تجن | 6/54 | 4/29 | 34/4 | کاز | 6/83 | 5/43 | 20/58 |
| ویبیل | 7/56 | 3/91 | 48/32 | چمران | 6/45 | 4/32 | 33/04 | کرخه | 8/8 | 5/31 | 39/68 |
| اترک | 6/99 | 4/08 | 41/62 | دریا | 6/39 | 4/88 | 23/59 | کویر | 6/14 | 4/52 | 26/34 |
| آرتا | 7/96 | 4/6 | 42/26 | دز | 7/11 | 4/09 | 42/52 | مونتنا | 6/02 | 4/38 | 27/3 |
| ارگ | 7/3 | 4/56 | 37/55 | روشن | 7/49 | 4/18 | 44/25 | مرودشت | 8/11 | 4/04 | 50/2 |
| افلاک | 5/86 | 4/46 | 23/76 | سپاهان | 7/89 | 5/13 | 35/04 | نیشابور | 9/01 | 4/52 | 49/78 |
| بم | 7/75 | 4/77 | 38/41 | سیستان | 7/71 | 4/74 | 38/43 | هامون | 7/19 | 5/43 | 24/43 |
| بهار | 8/19 | 4/62 | 43/61 | شیراز | 7/11 | 4/61 | 35/18 | هیرمند | 7/32 | 4/15 | 43/3 |
| بهرنگ | 6/49 | 5/07 | 21/84 | شیرودی | 6/62 | 4/25 | 35/85 | ویناک | 6/83 | 4/19 | 38/64 |
| پارسی | 7/23 | 5/29 | 26/86 | فلات | 8/21 | 4/43 | 46/07 | یاواروس | 6/79 | 4/74 | 30/28 |

همچنین بین دو رژیم دمایی و همین‌طور بین ارقام مختلف از لحاظ تمامی صفات تفاوت‌معنی داری وجود دارد (جدول 3). تنش گرما سبب اختلال و تسریع در تمامی صفات مورد بررسی شده است. در شرایط اهواز، تعداد سنبله بیشترین کاهش را از خود نشان داد و پس از آن وزن هزار دانه بیشترین تاثیر را از تنش پذیرفت. در شرایط کرج، تعداد سنبله و تعداد دانه در سنبله بترتیب بیشترین کاهش را از خود نشان دادند. تنش گرمای باعث کاهش 18/5 درصدی ارتفاع در اهواز و کاهش 22/7 درصدی در کرج شد (جدول 4). کاهش بیشتر ارتفاع در شرایط کرج را می‌توان ناشی از برخورد مرحله ساقه‌روی به دمای بالا دانست. از آنجا که ارقام در شرایط کرج زودتر از اهواز با تنش گرما مواجه شدند (شکل 1) و از آن جایکه ارتفاع گیاه تا حدود زیادی تحت تاثیر مرحله ساقه روی قرار دارد، همزمانی این مرحله با دماهای بالا باعث کاهش بیشتر ارتفاع گیاه می‌شود که با نتایج امیدی و همکاران (13) مطابقت داشت.

در شرایط اهواز به‌دلیل اینکه تنش دیرتر اعمال شد، تعداد دانه در سنبله تحت تاثیر تنش کمتری قرار گرفت و اثر تنش بر صفت وزن هزار دانه بیشتر بود، درحالی که در شرایط کرج بدلیل اینکه افزایش دما زودتر از شرایط اهواز رخ داد، تعداد دانه در سنبله کاهش بیشتری پیدا کرد و میزان کاهش وزن هزار دانه به‌دلیل پایین‌تر بودن شدت تنش، کمتر از شرایط اهواز بود.

در شرایط اهواز تنش گرما سبب کاهش 38/6 درصدی عملکرد گردید که در مقایسه با شرایط کرج که کاهش 36/5 درصدی را سبب شده بود، بیشتر می‌باشد. کاهش بیشتر عملکرد در شرایط اهواز نشان از شدید تر بودن تنش در این منطقه می‌باشد و یا به بیان دیگر می‌توان گفت از بین مولفه‌های تنش گرما، شدت تنش (درجه حرارت) نسبت به مدت تنش (طول دوره) از اهمیت بیشتری برخوردار است.

در بین ارقام در شرایط اهواز، ارقام چمران، کاز و دز به‌ترتیب با 8/86، 10/82 و 18/37 درصد کمترین میزان کاهش عملکرد را از خود نشان دادند و متحمل‌ترین بودند و ارقام هامون، مانتنا و کویر به‌ترتیب با 65/16، 65/6 و 63/61 درصد کاهش عملکرد بیشترین میزان کاهش را از خود نشان دادند (جدول 5). اما در شرایط کرج ارقام کاز، بهرنگ و دریا با 20/58، 21/84 و 23/59 درصد متحمل‌ترین ارقام و ارقام ببکس، مانتنا و نیشابور به‌ترتیب با 53/79، 50/20 و 49/78

درصد حساس‌ترین ارقام بودند (جدول6). رقم کاز یک رقم شاهد بین‌المللی برای تحمل به گرما می‌باشد که توانست در هر دو شرایط اهواز و کرج عملکرد خود را در طی تنش به میزان قابل قبولی حفظ کند و در هر دو شرایط به‌عنوان رقم متحمل معرفی گردد. همچنین رقم مانتنا یک رقم حساس بین‌المللی برای تنش گرما می‌باشد که از تلاقی این رقم با رقم کاز برای ایجاد جمعیت در جهت شناسایی مکان‌های ژنی کنترل کننده تحمل به گرما استفاده شده است (11،12). پاسخ متفاوت ارقام به تنش گرما در دو منطقه می‌تواند ناشی از تفاوت ذکر شده دو شرایط دمایی و همچنین توارث‌پذیری پایین صفت تحمل به گرما باشد، لذا برای شناسایی ارقام متحمل می‌توان از آزمون‌های چند منطقه‌ای و تجزیه پایداری عملکرد بهره برد.

تجزیه همبستگی صفات در شرایط اهواز (جدول 7) نشان داد که در شرایط نرمال صفات ارتفاع بوته و طول پدانکل همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح 5 درصد و صفت تعداد دانه در سنبله همبستگی منفی معنی‌داری در سطح 5 درصد با عملکرد داشت. در شرایط تنش، تنها صفت روز تا رسیدگی همبستگی معنی‌دار منفی با عملکرد داشت که نشان می‌دهد گیاهان با کاهش طول دوره‌ی رشد، از مواجهه با تنش فرار کرده‌اند و عملکرد خود را افزایش داده‌اند. همچنین نتایج حاصل از رگرسیون مرحله‌ای (جدول 8) منطقه اهواز نشان داد که صفات تعداد دانه در سنبله و تعداد روز تا رسیدگی به‌ترتیب وارد مدل رگرسیونی شرایط نرمال و تنش گرما شدند.

امیدی و همکاران (13) و دیاز و همکاران (4) نیز کاهش میزان دوره رشد گیاه به‌منظور افزایش عملکرد را گزارش کردند. گرما با تسریع مراحل رشدی و همچنین تامین درجه روز رشد در یک بازده زمانی کوتاه‌تر، سبب کاهش تعداد روز تا گلدهی و رسیدگی می‌شود. یکی از اصلی‌ترین مکانیسم تحمل تنش گرما، فرار (جلوگیری از برخورد با تنش گرما) می‌باشد. رقم مانتنا بدلیل طول دوره رشد زیاد، توانایی استفاده از این مکانیسم را نداشته و این عامل می‌تواند یکی از دلایل اصلی حساس بودن این رقم در مقابل تنش گرما دانست. ایشی رضایی و همکاران (5) در مطالعه اثر تنش گرما بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم‌های آلمان طی سال‌های 1951 تا 2009 نشان دادند که کاهش مدت‌زمان لازم تا شروع گلدهی موثرترین راهکار برای کاهش اثر تنش گرما می‌باشد. اورکی و همکاران (14) در مطالعه اثر تنش گرما بر جو، صفت‌های تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی، طول پدانکل، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت وارد مدل رگرسیونی شدند. تاک و همکاران (18) در مطالعه تاثیر تغییر اقلیم بر عملکرد 28 سال گندم آمریکا با استفاده از مدل‌های رگرسیونی نشان‌دادند که بیشترین تاثیر منفی را دمای بالا داشته است و بیشترین تاثیر آن زمانی بوده که با مراحل زایشی رشد گندم همراه بوده است.

در شرایط کرج، تجزیه همبستگی نشان‌داد که هم در حالت نرمال و هم در شرایط تنش صفت تعداد دانه در سنبله همبستگی مثبت معنی‌داری با عملکرد داشت که نشان می‌دهد این صفت نقش مهمی در عملکرد در شرایط کرج دارد. همچنین تجزیه رگرسیون نشان داد که در شرایط نرمال صفات تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه وارد مدل رگرسیونی شدند و در شرایط تنش، تعداد دانه در سنبله به‌تنهایی وارد مدل رگرسیونی شد.

در شرایط تنش، مصادف شدن دوره نمو سنبله با درجه حرارت بالا سبب کاهش طول این دوره و کاهش تعداد سنبلچه بارور در سنبله می‌شود، همچنین تنش گرما با کاهش قدرت جوانه‌زنی دانه گرده و در اختلال در فرآیند گرده‌افشانی باعث کاهش تعداد دانه در سنبله می‌شود (2،13).

جدول 7- ضرایب همبستگی صفات مختلف ارقام گندم در شرایط نرمال و تنش اهواز (اعداد بالای قطر شرایط نرمال و اعداد پایین قطر، شرایط تنش می‌باشد)

Table 7. Correlation between wheat trait in normal and heat condition in Ahvaz (The numbers above the diameter are normal conditions and the lower numbers of the diameter are stress conditions)

| | روز تا گلدهی(1) | روز تا رسیدن (2) | ارتفاع گیاه(3) | طول پدانکل(4) | سنبله در متر مربع (5) | دانه در سنبله (6) | وزن هزار دانه (7) | عملکرد (8) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 0/88** | 0/19 | 0/11 | -0/39* | 0/16 | 0/04 | -0/05 |
| 2 | 0/35* | 1 | 0/19 | 0/07 | -0/45** | 0/15 | 0/07 | 0/01 |
| 3 | 0/06 | 0/29 | 1 | 0/64** | 0/09 | -0/02 | 0/14 | 0/34* |
| 4 | 0/06 | 0/07 | 0/78** | 1 | 0/17 | 0/27 | 0/01 | 0/34* |
| 5 | 0/11 | -0/06 | -0/08 | -0/27 | 1 | -0/36* | -0/03 | 0/07 |
| 6 | 0/02 | 0/38* | 0/58** | 0/46** | -0/14 | 1 | 0/14 | 0/36* |
| 7 | -0/04 | -0/30 | 0/08 | 0/46** | -0/20 | 0/07 | 1 | 0/10 |
| 8 | 0/01 | 0/46** | -0/05 | 0/13 | 0/08 | -0/12 | 0/05 | 1 |

**: معنی‌داری در سطح 1%، *: معنی‌داری در سطح 5%

جدول 8- مدل رگرسیونی گام به گام ارقام گندم دردو شرایط نرمال و تنش گرما در شرایط اهواز

Table 8. Stepwise regression model of wheat cultivars in normal and heat condition in Ahvaz

| شرایط | گام | صفت | a | b1 | R2 | P-value |
|---|---|---|---|---|---|---|
| نرمال | 1 | دانه در سنبله | 15/28 | -0/35 | 0/211 | 0/007 |
| تنش | 1 | روز تا رسیدگی | 47/18 | -0/46 | 0/189 | 0/003 |

جدول 9- ضرایب همبستگی صفات مختلف ارقام گندم در شرایط نرمال و تنش کرج (اعداد بالای قطر شرایط نرمال و اعداد پایین قطر، شرایط تنش می‌باشد)

Table 9. Correlation between wheat trait in normal and heat condition in Karaj (The numbers above the diameter are normal conditions and the lower numbers of the diameter are stress conditions)

| | روز تا گلدهی(1) | روز تا رسیدن (2) | ارتفاع گیاه(3) | طول پدانکل(4) | سنبله در متر مربع (5) | دانه در سنبله (6) | وزن هزار دانه (7) | عملکرد (8) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 0/13 | 0/33 | 0/15 | -0/01 | 0/16 | -0/01 | 0/25 |
| 2 | 0/13 | 1 | 0/25 | 0/39** | -0/12 | 0/23 | -0/17 | 0/20 |
| 3 | 0/55** | 0/10 | 1 | 0/79** | -0/19 | 0/26 | -0/14 | 0/18 |
| 4 | 0/37* | -0/08 | 0/47** | 1 | -0/50** | 0/32 | -0/17 | 0/27 |
| 5 | 0/01 | 0/02 | 0/10 | 0/10 | 1 | -0/29 | -0/01 | -0/21 |
| 6 | 0/13 | 0/12 | 0/12 | 0/04 | 0/09 | 1 | 0/03 | 0/66** |
| 7 | -0/02 | -0/01 | 0/17 | -0/23 | -0/01 | 0/05 | 1 | -0/25 |
| 8 | -0/03 | 0/21 | -0/01 | 0/03 | 0/05 | 0/34* | 0/04 | 1 |

**: معنی‌داری در سطح 1%، *: معنی‌داری در سطح 5%

جدول 10- مدل رگرسیونی گام به گام ارقام گندم دردو شرایط نرمال و تنش گرما در شرایط کرج

Table 10. Stepwise regression model of wheat cultivars in normal and heat condition in Karaj

| شرایط | گام | صفت | a | $b_1$ | $b_2$ | $R^2$ | P-value |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| نرمال | 1 | دانه در سنبله | 2/77 | 0/663 | - | 0/421 | 0/001 |
| نرمال | 2 | وزن هزار دانه | 6/32 | 0/672 | -0/271 | 0/48 | 0/001 |
| تنش | 1 | دانه در سنبله | 2/34 | 0/572 | - | 0/472 | 0/001 |

به‌طور کلی نتایج حاصل از همبستگی‌های فنوتیپی و رگرسیون چندگانه در هر دو شرایط محیطی نشان داد که صفات تعداد روز تا رسیدگی و تعداد دانه در سنبله از مهم‌ترین صفات مؤثر و تأثیرگذار در عملکرد بوته در شرایط تنش گرما می‌باشند و اصلاح در جهت بهبود این صفات می‌تواند عملکرد بوته را به نحو مطلوبی افزایش دهد.

در شرایط اهواز ارقام چمران، کاز و دز متحمل‌ترین و در شرایط کرج کاز، بهرنگ و دریا متحمل‌ترین ارقام بودند. در اهواز ارقام متحمل ارقامی بودند که دوره رشد خود را کوتاه کرده تا با تنش مواجه نشود، درحالی‌که در کرج، ارقام متحمل ارقامی بودند که تعداد دانه در سنبله بیشتر و همچنین دانه‌های درشت‌تری تولید کرده بودند. در شرایط اهواز تنش در مراحل اوایل گلدهی رخ داد و سبب کاهش بیشتر تعداد دانه شد، درحالی که تنش در کرج در مراحل بعد از گلدهی و در زمان پر شدن دانه رخ داد و توانایی ارقام در انتقال آسمیلات به دانه را *مختل* کرد و سبب کاهش بیشتر وزن هزار دانه شد.

## منابع


1. Ashraf, M.A. and P.J.C. Harris. 2005. Abiotic stresses: plant resistance through breeding and molecular approaches. Abiotic stresses: plant resistance through breeding and molecular approaches. CRC press.
2. Barnabás, B., K. Jäger and A. Fehér. 2008. The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. Plant, Cell and Environment, 31(1): 11-38.
3. Basra, A. 2000. Crop responses and adaptations to temperature stress: new insights and approaches. CRC Press.
4. Dias, A.S. and F.C. Lidon. 2009. Evaluation of grain filling rate and duration in bread and durum wheat, under heat stress after anthesis. Journal of Agronomy and Crop Science, 195(2): 137-147.
5. Eyshi Rezaei, E., S. Siebert, F. Ewert. 2015. Impact of data resolution on heat and drought stress simulated for winter wheat in Germany. European Journal of Agronomy, 65: 69-82.
6. Hall, A.E. 2001. Considerations of crop responses to environment in plant breeding. crop responses to environment. CRC Press.
7. Havenith, G. 2005. Temperature regulation, heat balance and climatic stress. In Extreme weather events and public health responses. Springer, Berlin, Heidelberg.
8. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2013. 5th Assessment Report, from http:// www. ipcc. ch/report/ar5/index.shtml.
9. Khodarahmpour, Z. 2010. Study of correlation and causal relations quantitative traits in maize (zea mays l.) in normal and heat stress conditions. Journal of Crop Breeding, 2(6):1-15 (In Persian).
10. Mitra, R. and C.R. Bhatia. 2008. Bioenergetic cost of heat tolerance in wheat crop. Current Science, 94: 1049-1053.
11. Modarresi, M., V. Mohammadi, A. Zali and M. Mardi. 2010. Response of wheat yield and yield related traits to high temperature. Cereal Research Communications, 38(1): 23-31.
12. Mohammadi, V., A. Zali and M.R. Bihamta. 2008. Mapping QTLs for heat tolerance in wheat. Journal of Agricultural Science and Technology, (10): 261-267.

13. 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. Electronic Journal of Crop Production, (6): 33-53 (In Persian).
14. 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 Field Crop Science, (47): 29-40 (In Persian).
15. 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(14): 465-468.
16. Reynolds, M.P. 2001. Application of physiology in wheat breeding. Cimmyt press.
17. Rezaizad A, A. Zaree siahbidi, F. Moradgholi. 2018. Stability analysis of oil yield in different oilseed rape (*brassica napus* L.) genotypes in two normal and delayed sowing date in kermanshah province. Journal of Crop Breeding, 10(25): 129-137 (In Persian).
18. Tack, J., A. Barkley and L.L. Nalley. 2015. Effect of warming temperatures on US wheat yields. Proceedings of the National Academy of Sciences, 201415181.
19. 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(21): 59-67.
20. Zadoks, J.C., T.T. Chang and C.F. Konzak. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Research, 14(6): 415-421.

# The Response of Iranian Spring Wheat Cultivars to Heat Stress at Anthesis and Grain Filling Stages

**Ahmad Rezaeizadeh[1], Valiollah Mohammadi[2], Mohammad Reza Siahpoush[3] and Ali Ahmadi[4]**

1- Graduted M.Sc. Student, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran
2- Associate Professor, Campus of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran
(Corresponding Author: vmohammadi@ut.ac.ir)
3- Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz
4- Professor of College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran
Received: May 23, 2019 Accepted: November 13, 2019

## Abstract

Heat stress is one of the most important limitations of agricultural production across the world. High temperature significantly influences water status, biosynthetic pathway, morphology, phenology, yield and quality of wheat. In order to study the effects of heat stress on yield and yield components of wheat, 33 spring cultivars were evaluated in two randomized complete block designs with three replications in Ahvaz (hot) and Karaj (moderate climate). Heat stress applied through late sowing, so that the plants encountered to temperatures exceeding 30°c at terminal growth stages. Days to flowering, days to maturity, peduncle length, plant height, spikes per square meter, seed per spike, thousand kernel weight and yield were measured. Analysis of variance and mean comparison indicated that cultivars were significantly different in most of the traits measured. At Ahvaz, Chamran, Kauz and Dez were the most tolerant while Hamoon, Montana and Kavir were the most susceptible cultivars. Kauz, Behrang and Darya were the most tolerant and Babax, Montana and Neyshaboor, the most susceptible ones in Karaj. The number of spikes per square meter and thousand kernel weight were affected the most by heat at Ahvaz. However, at Karaj spikes per square meter and kernels per spike were profoundly impacted by heat stress. Correlation and regression analyses demonstrated that days to maturity and kernels per spike were the most critical, traits for screening under stress in Ahvaz and Karaj conditions, respectively.

**Keyword:** Spring wheat cultivar, Heat stress, Yield, Yield Components, Anthesis