



## "مقاله پژوهشی"

### شناسایی منابع ژنتیکی متحمل به تنفس گرما در ژرم پلاسم گندم نان

مهدى زهراوى<sup>۱</sup>, نازنین اميربختیار<sup>۲</sup>, یوسف ارشد<sup>۱</sup>, غلامعباس مشرف قهفرخى<sup>۳</sup> و مهرزاد احمدى<sup>۱</sup>

۱- استادیار، بخش تحقیقات ژنتیک، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۲- محقق، بخش تحقیقات ژنتیک، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

(نویسنده مسؤول: nabakhtiar@spii.ir)

۳- محقق، بخش تحقیقات اصلاح بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۴/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۵/۳۰

صفحه: ۲۲۸ تا ۲۲۸

#### چکیده

تنفس گرمای انتهای دوره رشد به عنوان رایج‌ترین و پرخسارترین نوع تنفس گرمایی در جهان شناخته شده است. در مناطق جنوبی ایران از جمله خوزستان نیز تاخیر در کشت گندم منجر به مواجه شدن مراحل گردهافشانی و پر شدن دانه با دمای های بالا و افت عملکرد می‌گردد. گزینش ارقام متحمل به تنفس گرما، یکی از راههای مبارزه با این تنفس می‌باشد. در این آزمایش به منظور شناسایی منابع متحمل به گرما، ۲۰۳ نمونه ژنتیکی گندم نان به همراه ۳ رقم شاهد منطقه در دو تاریخ کاشت مطلوب و دیرهنگام (به منظور ایجاد تنفس گرمایی انتهایی) به صورت طرح آگمنت در اهواز کشت و صفات زراعی ارزیابی گردید. نتایج نشان داد که تقریباً تمام صفات مورد ارزیابی در شرایط تنفس گرمایی نسبت به شرایط نرمال کاهش داشتند. در هر دو شرایط نرمال و تنفس تعدادی نمونه‌های ژنتیکی برتر از لحاظ صفات مورد بررسی نسبت به ارقام شاهد مشاهده گردید. نمودار دو طرفه مبتنی بر مؤلفه‌های اصلی در شرایط تنفس گرمایی نشان داد که ۶۴ نمونه ژنتیکی به همراه مربوط به ویژگی‌های برتر از لحاظ وزن دانه پنج سنبله، تعداد گلچه در سنبله، تعداد سنبله‌چه در سنبله، طول سنبله و اتفاقاً بوته واقع شدند. همچنین نمونه‌های ژنتیکی با استفاده از تجزیه خوشای در پنج گروه از یکدیگر تفکیک شدند. مجموع نتایج، حاکی از تنوع بالایی در مواد ژنتیکی مورد تحقیق بود و نمونه‌های ژنتیکی برتر از شاهدها در شرایط گرمایی جهت استفاده در برنامه‌های اصلاحی آینده، شناسایی گردید.

**واژه‌های کلیدی:** تنفس گرمایی، تنوع، روش‌های آماری چند متغیره، گندم نان

در این زمینه منجر به شناسایی منابع متحمل به تنفس گرمایی صفات دخیل در تحمل شده است. ارشد و عبادوز (۵) ۴۰۹۶ توده گندم کلکسیون بانک ژن گیاهی ملی ایران را برای بررسی اثر تنفس گرمایی و بررسی صفات مورفو‌لولژیک، فنولوژیک و زراعی در دو تاریخ کاشت نیمه اول آذر (شرایط نرمال) و نیمه اول بهمن (شرایط تنفس گرمایی) در اهواز مورد بررسی قرار دادند و ۱۰۲ نمونه متحمل به گرمایی را شناسایی نمودند. علیخانی و همکاران (۳)، اثرات شوک گرمایی ۴۰ درجه سانتی گراد را در مراحل برjestگی دو گانه مرسیتم انتهایی ساقه، گرده افشانی و پرشدن دانه بر اجزای عملکرد ۵ ژنتیک انتخاب شده از ژرم پلاسم گندم بانک ژن گیاهی ملی ایران در شرایط کنترل شده گلخانه و اتاقک رشد بررسی کردند. نتایج نشان داد که شوک دمای ۴۰ درجه در مرحله برjestگی دو گانه باعث از بین رفتن تمام ژنتیکی ها شد. در اثر شوک گرمای ۴۰ درجه در مرحله گردهافشانی تعداد دانه، وزن هر دانه و وزن دانه هر سنبله با کاهش بسیار شدید همراه بود در حالیکه، شوک گرمای ۴۰ درجه در مرحله پر شدن دانه، تاثیر معنی داری بر تعداد دانه در سنبله نداشت ولی باعث کاهش بسیار شدید وزن هر دانه و وزن دانه هر سنبله شد. مشتعلی و همکاران (۱۹)، به منظور ارزیابی تحمل ارقام گندم نان به تنفس گرمای انتهایی فصل، ۲۰ رقم گندم نان را در ملاتانی در ۴ تاریخ کاشت (۱۵ آبان، ۱۵ آذر، ۱۵ دی و ۱۵

#### مقدمه

در اقلیم‌های مدیترانه‌ای مثل خوزستان که زمستان ملایمی دارند و گندم به طور عمومی در پاییز کشت می‌شود، تنفس گرمایی فقط به دوره رشد زایشی گندم محدود می‌شود. در این مناطق هر گونه تاخیر در کاشت، باعث مصادف شدن دوره پرشدن دانه با درجه حرارت‌های بالا می‌شود. بررسی‌ها نشان داده است که تنفس گرمایی در این مرحله، گستردگی تنفس گرمایی در جهان است (۲۷).

در ایران سالانه حدود ۶/۵ میلیون هکتار به زیر کشت گندم می‌رود (۲/۵ میلیون هکتار آبی و چهار میلیون هکتار دیم) که حدود ۱۰ درصد از این سطح زیر کشت (حدود ۶۵۰ هزار هکتار) در مناطق جنوبی از جمله خوزستان، با تنفس گرمایی انتهایی فصل در طی مرحله گلدهی و دوره پر شدن دانه مواجه می‌شود که باعث کاهش پنج تا ۴۰ درصدی عملکرد در این مناطق می‌شود (۱۳). در این مناطق، گندم رشد رویشی زیادی کرده و پتانسیل تولید عملکرد بالای دارد، ولی به دلیل افزایش ناگهانی درجه حرارت در ماههای اسفند و فروردین، گرمایی انتهایی فصل رشد مواجه شده و عملکرد کمی و کیفی آن به مقدار زیادی کاهش می‌یابد.

شناسایی و گزینش ژنتیکی‌های متحمل به گرمایی کی از راههای مبارزه با تنفس گرمایی است و تحقیقات متعدد انجام شده

دانه، وزن دانه پنج سنبله و زمان رسیدن کامل طبق دستورالعمل IPGRI<sup>1</sup> (موسسه بین المللی ذخایر توارثی گیاهی) مورد ارزیابی قرار گرفت. در تاریخ کاشت مطلوب، رسیدگی فیزیولوژیک نمونه‌های ژنتیکی تحت بررسی و به دنبال آن برداشت آنها در اواخر دهه دوم فرورین و در تاریخ کاشت دیرهنگام در اوایل دهه دوم ارديبهشت ماه انجام شد. رسیدگی فیزیولوژیک آماره‌های توصیفی برای صفات مورد ارزیابی محاسبه گردید. ضرایب همبستگی برای پی بردن به ارتباط صفات برآورده گردید. ارتباط ابعاد داده‌ها با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی کاهش داده شد و نمونه‌های ژنتیکی در چهار ناحیه نمودار دو طرفه مبتنی بر مؤلفه‌های اصلی از یکدیگر تفکیک شدند. از تجزیه خوشای به روش K means برای گروه‌بندی نمونه‌های ژنتیکی مورد بررسی استفاده شد. بدین منظور برای تعیین تعداد گروه‌ها (K)، بیشترین تعداد صفات معنی دار بین گروه‌ها به عنوان معیار قرار گرفت. از تجزیه تابع تشخوصی مبتنی بر مؤلفه‌های اصلی (۱۴) برای بررسی و تأیید تفاوت معنی دار بین گروه‌های تشکیل شده در تجزیه خوشای استفاده شد. فواصل ژنتیکی درون گروهی در هر یک از گروه‌های مذکور محاسبه و ترسیم گردید و تفکیک و تمایز درون گروهی با استفاده از تجزیه مقیاس‌بندی چند بعدی و رسم نمودار، مورد بررسی قرار گرفت. محاسبات آماری و رسم نمودارها توسط نرم‌افزار R انجام گرفت.

## نتایج و بحث

براساس آماره‌های توصیفی، بیشترین مقدار ضریب تغییرات در شرایط نرمال به ارتفاع بوته (۲۳/۶۷) و وزن دانه پنج سنبله (۲۱/۱۴) درصد و کمترین مقدار آن به روز تا رسیدگی کامل (۶/۳۴) درصد تعلق داشت. در شرایط تنفس گرما نیز صفات وزن دانه پنج سنبله (۲۷/۰۲) درصد و ارتفاع بوته (۲۴/۴۱) درصد) دارای بیشترین و صفت روز تا رسیدگی کامل (۶/۲۰) درصد) دارای کمترین مقدار ضریب تغییرات بودند. مقادیر تمام صفات (بجز تعداد گلچه در سنبله) با تفاوت جزئی در شرایط تنفس نسبت به شرایط نرمال کاهش نشان داد. بیشترین کاهش میانگین در شرایط تنفس گرما به صفات روز تا پرشدن دانه (۳۱) درصد) و وزن دانه پنج سنبله (۲۵) درصد) و کمترین مقدار کاهش، به تعداد سنبله در سنبله (۵) درصد) اختصاص داشت.

نتایج تجزیه همبستگی صفات در شرایط نرمال نشان داد که وزن دانه پنج سنبله با صفات روز تا پرشدن دانه (۰/۲۴۸\*\*\*=r) تعداد سنبله (۰/۲۶۷\*\*\*=r)، تعداد گلچه در سنبله (۰/۲۶۷\*\*\*=r)، تعداد دانه در سنبله (۰/۶۳۸\*\*\*=r) و وزن صد دانه (۰/۶۳۱\*\*\*=r) دارای همبستگی مثبت معنی دار، با صفات روز تا ظهور سنبله (۰/۰۲۶۹\*\*\*=r) و روز تا رسیدگی کامل (۰/۰۲۶۹\*\*\*=r) دارای همبستگی منفی معنی دار و با صفات ارتفاع بوته و طول سنبله، فاقد همبستگی معنی دار بود. در شرایط تنفس گرما، وزن دانه پنج سنبله با صفات ارتفاع بوته (۰/۰۱۹۲\*\*\*=r)، روز تا پرشدن دانه (۰/۰۳۶۶\*\*\*=r)، طول سنبله (۰/۰۲۸۷\*\*\*=r)،

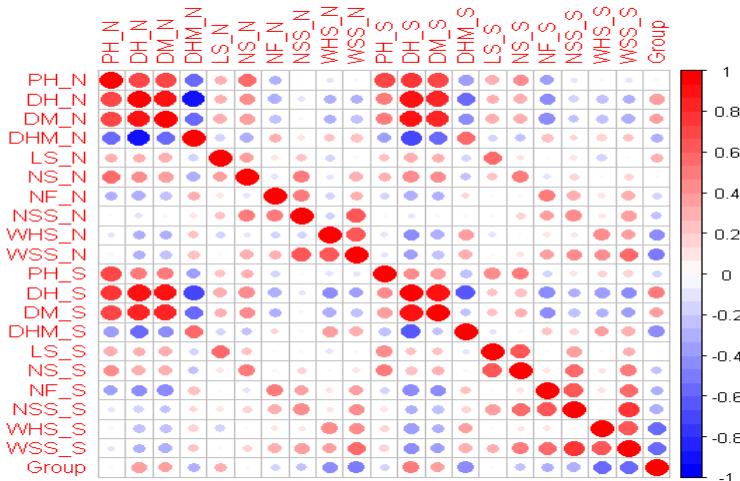
بهمن) کشت نمودند. نتایج بررسی آنها نشان داد که بیشترین عملکرد در ۱۵ آذر و کمترین آن در ۱۵ بهمن بدست آمد. همچنین ایشان با محاسبه شاخص تحمل به تنفس، ارقام ارونده، ویریناک، چمران و بیات را به عنوان ارقام متتحمل و ارقام روشن، هامون، فلاٹ، استار، اینیا ۶۴ و داراب ۲ را به عنوان ارقام حساس به تنفس دسته‌بندی نمود. موسوی و همکاران (۲۰)، اثر تاریخ کاشت و تنفس گرمای انتهای فصل را بر صفات فنولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد ۳۰ ژنتیک گندم در شرایط آب و هوایی اهواز مورد مطالعه قرار دادند. آنها نشان دادند که تنفس گرما تاثیر معنی داری در کاهش معنی دار صفات فنولوژیک داشته و عملکرد و اجزای عملکرد را نیز کاهش داد. توده‌های بومی منابع مفیدی از تنوع ژنتیکی هستند و تنوع وسیع، این احتمال را که یک واریته بومی دارای ژن و یا ترکیب ژنتیکی مورد توجه بهترادگر باشد را بیشتر می‌کند. با توجه به شدت فرسایش ژنتیکی که موجب نابودی توده‌های بومی می‌شود، امروزه از طریق بانک‌های ژن برای اکثر گیاهان اقدام به جمع‌آوری ژرم پلاسم می‌کنند. کاربرد موفق هر برنامه اصلاحی در مقیاس وسیع برای حفظ ژن‌ها بستگی به بررسی و تهیه مستندات از تنوع بین و داخل جمیعت دارد (۲۱). غربال توده‌های گندم بانک ژن برای تحمل به گرما و به دنبال آن شناسایی توده‌ای متتحمل که بتوان در آینده از آنها در برنامه‌های به نزدیک برای تحمل به گرما استفاده نمود، می‌تواند راه حل مناسبی برای این مشکل باشد. با توجه به اهمیت ذخایر ژنتیکی به عنوان منابع ارزشمند تحمل به تنفس‌های محیطی، این تحقیق به منظور شناسایی ژرم پلاسم دارای صفات مطلوب در شرایط تنفس گرما انجام گرفت.

## مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تحمل توده‌های گندم بانک ژن گیاهی ملی ایران نسبت به تنفس گرما، در سال زراعی ۹۳-۹۴ نمونه ژنتیکی گندم نان به همراه ۳ رقم شاهد (چمران-چمران-۲-افلاک) در مزرعه پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اهواز (در شرایط نرمال و تنفس گرما) به صورت طرح آگمنت کشت شد. کشت در دو تاریخ اولیه آذر ماه (تاریخ کاشت مناسب به عنوان شرایط مناسب محیطی با دمای متوسط حداقل ۲۵/۳ در زمان گردهافشانی و دمای متوسط حداقل ۲۷/۵ در طول دوره پر شدن دانه برای ژنتیک‌های تحت بررسی) و نیمه دوم می‌ماه (دیر کاشت به منظور ایجاد تنفس گرما در مراحل مختلف رشد و نمو، بالاً‌خصوص مراحل ظهور سنبله) گرده افشاری و طول دوره پر شدن دانه، با دمای متوسط حداقل ۳۲/۴ در مرحله گردهافشانی و دمای متوسط حداقل ۳۳/۵ در دوره پر شدن دانه برای ژنتیک‌های تحت بررسی) انجام شد. هر نمونه گندم در یک خط ۲/۵ متری (۱۰۰ بوته بر روی یک خط) به فاصله ۵۰ سانتی متر نسبت به یکدیگر کشت گردید. آبیاری به روش کرتی انجام شد. صفات طول سنبله، وزن صد دانه، ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در سنبله، تعداد گلچه در سنبله، تعداد روز تا ظهور سنبله، طول دوره پر شدن

وزن هزار دانه را به علت همبستگی خیلی بالا با عملکرد تحت شرایط تنفس گرما، به عنوان معیار انتخاب در برنامه های اصلاحی مرتبط با تنفس گرما معروف نمودند (۲۶). بررسی همبستگی دو بهدوی صفات ارزیابی شده در شرایط نرمال و تنفس با یکدیگر، حاکی از ارتباط نسبی بین آنها بود بطوری که صفات ارتفاع بوته، روز تا ظهور سنبله، روز تا رسیدگی کامل، روز تا پرشدن دانه، طول سنبله، تعداد سنبله در سنبله، تعداد گلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن صد دانه و وزن دانه پنج سنبله به ترتیب با ضرایب  $0.697^{***}$ ,  $0.588^{***}$ ,  $0.857^{***}$ ,  $0.900^{***}$ ,  $0.472^{***}$ ,  $0.468^{***}$ ,  $0.443^{***}$  و  $0.587^{***}$  بین شرایط نرمال و تنفس همبستگی معنی دار نشان دادند (شکل ۱).

تعداد سنبله در سنبله ( $0.494^{***}$ ), تعداد گلچه در سنبله در دانه ( $0.560^{***}$ ), تعداد دانه در سنبله ( $0.768^{***}$ ) و وزن صد دانه ( $0.656^{***}$ ) دارای همبستگی مثبت معنی دار و با صفات روز تا ظهور سنبله ( $-0.426^{***}$ ) و روز تا رسیدگی کامل ( $-0.347^{***}$ ) دارای همبستگی منفی معنی دار بود. (شکل ۱). تحت شرایط تنفس، صفات تعداد دانه در سنبله و وزن صد دانه، بالاترین همبستگی مثبت با وزن دانه پنج سنبله را داشتند. طهماسبی و همکاران (۲۶) نیز گزارش نمودند که عملکرد دانه تحت شرایط تنفس گرما با صفات وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله همبستگی مثبت معنی دار و با صفات روز تا ظهور خوش و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک همبستگی منفی معنی دار داشت. برای بهبود صفت پیچیده ای مانند عملکرد که وراثت پذیری پایینی دارد، از انتخاب غیر مستقیم توسط سایر صفات دیگر استفاده می شود (۴). آنها



شکل ۱- نمایش گرافیکی ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی در ارزیابی تحمل ژرم پلاسم گندم نان به تنفس گرما در اهواز (حروف اختصاری N و S بترتیب به شرایط نرمال و تنفس اشاره دارند): PH: ارتفاع بوته، DH: روز تا ظهور سنبله، DM: روز تا رسیدگی کامل، DHF: روز تا پرشدن دانه، LS: طول سنبله، NS: تعداد سنبله، NF: عدد گلچه در سنبله، NSS: تعداد دانه در سنبله، WHS: وزن صد دانه پنج سنبله، WSS: وزن دانه پنج سنبله

Figure 1. Graphical presentation of coefficients of correlation between the studied traits in the heat tolerance evaluation of bread wheat germplasm to heat stress in Ahvaz (N and S stands for Normal and Stress condition, respectively). PH: Plant Height, DH: Days to heading, DM: Days to full maturity, DHF: Days of grain filling, LS: Spike length, NS: Number of spikelets per spike, NF: Number of florets per spikelet, NSS: Number of grains per spike, WHS: 100 Grain weight, WSS: Grain weight of five spikes

ژنتیکی KC 12438 و KC 12846 دارای بیشترین و نمونه های کمترین مقدار برای مؤلفه اصلی اول بودند. در مؤلفه اصلی دوم صفات تعداد دانه در سنبله و وزن دانه پنج سنبله دارای بیشترین تأثیر منفی بود و سایر صفات از ضریب بزرگی برخوردار نبودند. لذا کمترین مقدار در این مؤلفه اصلی بیانگر نمونه های ژنتیکی با بیشترین تعداد دانه در سنبله و وزن دانه پنج سنبله می باشد. نمونه های ژنتیکی KC 12811 و KC 12853 دارای کمترین مقدار برای مؤلفه اصلی دوم بودند. در مؤلفه اصلی سوم صفت تعداد گلچه در سنبله دارای

نتایج تجزیه به مؤلفه های اصلی در شرایط نرمال نشان داد که سه مؤلفه اصلی اول با مقدار ویژه بزرگتر از یک  $75/75$  درصد از تغییرات را در برداشتند (جدول ۱). در مؤلفه اصلی اول صفات روز تا ظهور سنبله و روز تا پرشدن دانه دارای بزرگترین ضریب مثبت بود و صفت روز تا پرشدن دانه بیشترین تأثیر منفی را داشت. براین اساس مقادیر بزرگتر در مؤلفه اصلی اول نمونه های ژنتیکی دیرگل ده و دیررس با طول دوره پرشدن دانه کوتاه تر و مقادیر کمتر آن، ژرم پلاسم زودرس و زودگل ده با طول دوره پرشدن دانه بیشتر را متمایز می نماید. نمونه های ژنتیکی KC 12444

تعداد گلچه در سنبلاچه کمتر، متمایز می‌شوند. نمونه‌های ژنتیکی 12660 KC و 12662 KC واحد کمترین مقدار برای مؤلفه اصلی سوم بودند (جدول ۱).

بزرگترین ضریب مثبت بود و صفت وزن صد دانه بیشترین تأثیر منفی را داشت. لذا با انتخاب کوچکترین مقادیر در این مؤلفه اصلی، نمونه‌های ژنتیکی دارای وزن صد دانه بیشتر و

جدول ۱- مقادیر و بردارهای ویژه در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای صفات مورد مطالعه در ژرمپلاسم گندم نان در شرایط نرمال و تنفس گرما  
Table 1. Eigen values and vectors in the principal component analysis of the studied traits in bread wheat germplasm under normal and heat stressed conditions

مؤلفه اصلی (تنفس)						مؤلفه اصلی (نرمال)	صفت
۳	۲	۱	۳	۲	۱		
-۰/۳۴	-۰/۴۳	-۰/۰۸	-۰/۱۹	-۰/۱۲	۰/۴۲	ارتفاع گیاه	
۰/۰۵	-۰/۳	-۰/۴۲	-۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۴۹	روز تا ظهر خوش	
-۰/۱	-۰/۲۹	-۰/۳۶	۰/۰۱	۰	۰/۴۵	روز تا رسیدگی	
-۰/۲۹	۰/۱۵	۰/۲۹	۰/۰۶	-۰/۰۴	-۰/۴۲	روز تا پرشدن دانه	
۰/۰۳	-۰/۴۵	۰/۰۵	۰/۲	-۰/۲۷	۰/۲۰	طول خوش	
۰/۰۵	-۰/۵۱	۰/۱۱	-۰/۱۱	-۰/۴۲	۰/۷۷	تعداد سنبلاچه در سنبله	
۰/۴۱	-۰/۰۲	۰/۳۸	۰/۴۶	-۰/۲۱	-۰/۱۹	تعداد گلچه در سنبلاچه	
۰/۲۷	-۰/۳	۰/۳۷	۰/۲۳	-۰/۵۹	-۰/۰۴	تعداد دانه در خوش	
-۰/۵۹	-۰/۰۳	۰/۲۹	-۰/۷۱	-۰/۰۹	-۰/۱۹	وزن صد دانه	
-۰/۱۴	-۰/۲۴	۰/۴۶	-۰/۳۸	-۰/۵۳	-۰/۱۷	وزن دانه ۵ خوش	
۱/۱۱	۱/۶۹	۱/۸۷	۱/۲۱	۱/۵۱	۱/۹۶	مقادیر ویژه	
۱۲/۲۷	۲۸/۴۷	۳۵/۱۱	۱۴/۶۵	۲۲/۸۲	۳۸/۲۷	نسبت واریانس	
۷۵/۸۵	۶۳/۵۸	۳۵/۱۱	۷۵/۷۵	۶۱/۱۰	۳۸/۲۷	نسبت تجمعی	

اصلی در شرایط تنفس گرما نشان داد که سه مؤلفه اصلی اول با مقدار ویژه بزرگتر از یک، ۷۵/۸۵ درصد از واریانس داده‌ها را شامل شدند (جدول ۱). در مؤلفه اصلی اول صفات وزن دانه پنج سنبله، تعداد گلچه در سنبلاچه و تعداد دانه در سنبله دارای بزرگترین ضریب مثبت بودند و صفات روز تا ظهر سنبله و روز تا رسیدگی کامل بیشترین تأثیر منفی را داشتند. لذا مقادیر بزرگتر در مؤلفه اصلی اول نمونه‌های ژنتیکی دارای مقادیر بزرگتر اجزاء عملکرد دانه و در عین حال با ویژگی زودگلدهی و زودرسی را مشخص می‌نماید. نمونه‌های ژنتیکی KC 12778، 12690، 12760 و 12774 در این نمونه‌های ژنتیکی بیشترین و نمونه‌های ژنتیکی KC 12652، KC 12444، KC 12677 و KC 12438 دارای کمترین مقدار عددی برای مؤلفه اصلی اول بودند. صفات تعداد سنبلاچه در سنبله، طول سنبله و ارتفاع بوته بیشترین تأثیر منفی را در مؤلفه اصلی دوم داشتند و لذا نمونه‌های ژنتیکی با کمترین مقدار برای این مؤلفه اصلی از لحاظ صفات مذکور برتر می‌باشند. نمونه‌های ژنتیکی KC 12798، KC 12800 و KC 12822، KC 12644، KC 12818، KC 12827 و KC 128438 کمترین مقدار عددی را برای مؤلفه اصلی دوم داشتند. بزرگترین ضریب مثبت در مؤلفه اصلی دوم داشتند. بزرگترین ضریب سوم به صفت تعداد گلچه در سنبلاچه متعلق بود و صفت وزن صد دانه بیشترین تأثیر منفی را داشت. براین اساس مقادیر عددی کوچکتر از لحاظ این مؤلفه اصلی، نمونه‌های ژنتیکی با وزن صد دانه بیشتر و تعداد گلچه در سنبلاچه کمتر را مجزا می‌نماید. نمونه‌های ژنتیکی 12652، KC 12801، KC 12817 و KC 12827 در این نمونه‌های ژنتیکی بیشترین و نمونه‌های ژنتیکی KC 12637، KC 12697، KC 12748 و KC 12637 دارای کمترین مقدار عددی برای مؤلفه اصلی سوم بودند.

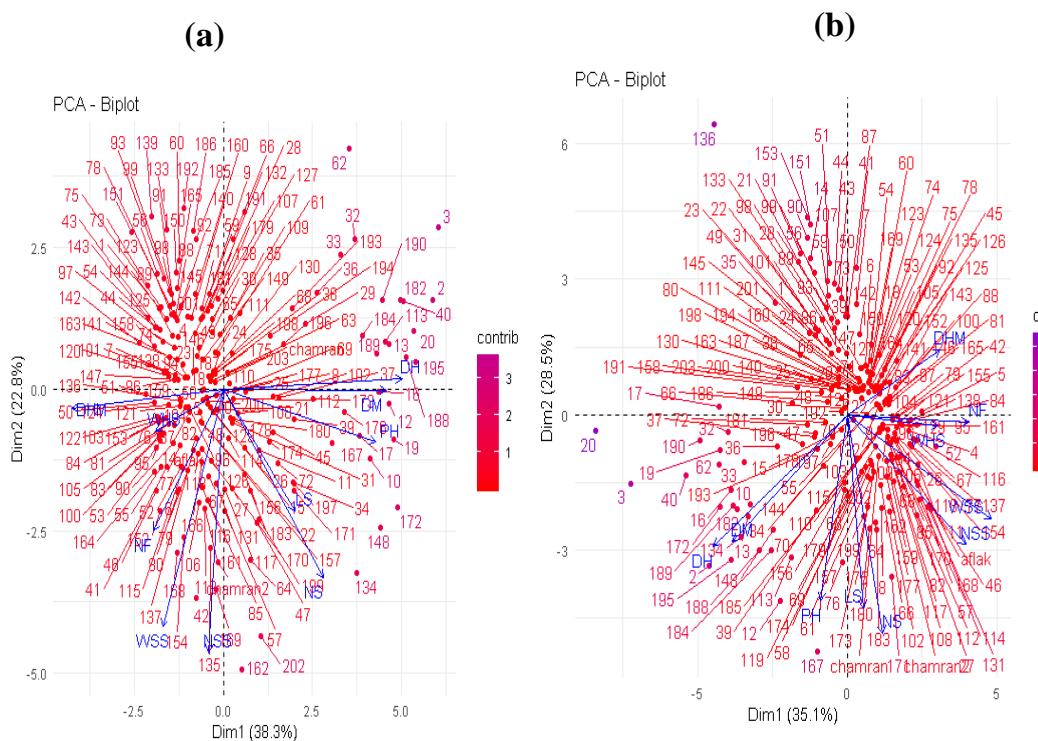
به منظور تمایز ژرمپلاسم مورد بررسی براساس معیارهای چندگانه، با پلات مؤلفه‌های اصلی ترسیم شد (شکل ۲a). ناحیه سمت راست بالا در این نمونه دارای مقادیر مثبت از هر دو مؤلفه‌های اصلی اختصاص دارد و براساس ضرایب این مؤلفه‌های اصلی نمونه‌های ژنتیکی دیرگل ده و دیررس با طول دوره پرشدن دانه کوتاه‌تر و تعداد دانه در سنبله و وزن دانه پنج سنبله کمتر در این ناحیه قرار می‌گیرند. براساس این خصوصیات می‌توان نتیجه گرفت که این ناحیه به نمونه‌های ژنتیکی با پتانسیل تولید پایین اختصاص دارد. تعداد ۲۷ نمونه ژنتیکی از ژرمپلاسم مورد بررسی در این ناحیه قرار گرفتند. ناحیه بالا و سمت چپ نمونه دارای مقادیر منفی مؤلفه اصلی اول و مقادیر مثبت مؤلفه اصلی دوم اختصاص دارد و براین اساس، متمایز کننده ژرمپلاسم زودرس و زودگلده با تعداد دانه در سنبله و وزن دانه پنج سنبله کمتر می‌باشد. رقم شاهد چمران به همراه ۷۳ نمونه ژنتیکی در این ناحیه واقع شدند. در ناحیه سمت چپ و پایین نمونه دانه در سنبله و وزن ضرایب این نمونه‌ها واحد ویژگی تعداد دانه در سنبله و وزن دانه پنج سنبله و طول دوره پرشدن دانه بیشتر می‌باشند. ارقام شاهد چمران ۲ و افلاک به همراه ۶۳ نمونه ژنتیکی در این ناحیه قرار گرفتند. با توجه به ویژگی‌های این گروه می‌توان نتیجه گرفت که نمونه‌های ژنتیکی واقع در این ناحیه، پرپتانسیل‌ترین ژرمپلاسم از بین مواد ژنتیکی مورد بررسی می‌باشد. ناحیه سمت راست پایین نمونه، به ترتیب به مقادیر مثبت و منفی برای مؤلفه اصلی اول و دوم مربوط است و نمونه‌های ژنتیکی دیرگل ده با تعداد دانه در سنبله و وزن دانه پنج سنبله بیشتر می‌باشند. ارقام ۴۰ نمونه ژنتیکی در این ناحیه قرار گرفتند. نتایج تجزیه به مؤلفه‌های

کوچکترین میانگین ارتفاع بوته، روز تا سنبله‌دهی، روز تا رسیدگی کامل و تعداد سنبله‌چه درسنبله در شرایط نرمال و تنفس، بزرگترین میانگین روز تا پرشدن دانه در شرایط نرمال و کوچکترین میانگین طول سنبله در شرایط تنفس بود. گروه چهارم مشتمل بر ۲۲ نمونه ژنتیکی و دارای بزرگترین میانگین ارتفاع بوته در شرایط نرمال و تنفس و بزرگترین میانگین طول سنبله در شرایط تنفس بود. گروه پنجم مشتمل از چهار نمونه ژنتیکی شامل ۱۲۴۴۴ KC، ۱۲۶۵۱ KC، ۱۲۶۵۲ KC و ۱۲۶۵۲ KC با بیشترین میانگین روز تا سنبله‌دهی و روز تا رسیدگی کامل در شرایط نرمال و تنفس، کمترین میانگین روز تا پرشدن دانه، تعداد گلچه در سنبله، تعداد دانه درسنبله، وزن صد دانه و وزن دانه پنج سنبله در شرایط نرمال و تنفس و بیشترین میانگین طول سنبله و تعداد سنبله‌چه درسنبله در شرایط نرمال بود.

نتایج تجزیه تشخیصی مبتنی بر مؤلفه‌های اصلی به منظور بررسی اعتبار تجزیه خوش‌های K means نشان داد که گروه‌های حاصله بخوبی از یکدیگر تفکیک شدند (شکل ۳) و با توجه به پراکنش گروه‌ها در طول محور افقی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که نقش تابع اول در تمایز گروه‌ها دارای اهمیت بیشتری بود. به منظور انجام تفکیک در ژرمپلاسم مورد بررسی، ارتباط نمونه‌های ژنتیکی در زیر گروه‌های حاصل از تجزیه خوش‌های K means (شامل گروه‌های با اهمیت اول و دوم)، با استفاده از مقیاس‌بندی چندبعدی، تحلیل شد (شکل ۴). همانطور که در این دو نمودار مشخص است دو ایر متعدد المركز تفکیک و تمایز خوبی در ژرمپلاسم مورد بررسی ایجاد کرده است. در نمودار مربوط به گروه اول، نمونه‌های ژنتیکی (KC 12765) و (KC 12842) و (KC 191) در دورترین فاصله از مرکز نمودار واقع شدند و نمونه‌های ژنتیکی (KC 63) و (KC 12695) و (KC 12828) در دورترین فاصله را به مرکز داشتند. نمونه‌های ژنتیکی (KC 12765) و (KC 12842) و (KC 191) واقع بر بیرونی‌ترین دایره را می‌توان به عنوان متمایزترین نمونه‌ها شناسایی نمود. نمونه‌های ژنتیکی (KC 12822) و (KC 12811) و (KC 171) و (KC 162) در دورترین فاصله از مرکز نمودار واقع شدند و نمونه‌های ژنتیکی (KC 12848) و (KC 12843) و (KC 181) در دورترین فاصله از مرکز نمودار واقع شدند. این نتایج می‌توانند اثباتی برای این نتایج شوند.

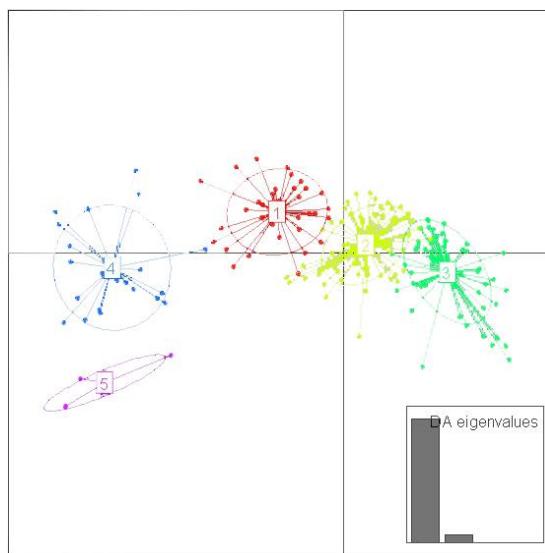
با استفاده از ترسیم بای‌پلات مبتنی بر دو مؤلفه اصلی اول، تفکیک و تمایز نمونه‌های ژنتیکی براساس واکنش در شرایط تنفس گرما نیز مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۲b). براساس ضرایب صفات در این دو مؤلفه اصلی، نمونه‌های ژنتیکی با مقادیر مثبت از لحاظ هر دو مؤلفه اصلی، نمونه‌های صفات وزن دانه پنج سنبله، تعداد گلچه در سنبله و تعداد دانه در سنبله بیشتر و تعداد سنبله‌چه در سنبله، طول سنبله و ارتفاع بوته کمتر در ناحیه بالا و سمت راست نمودار واقع می‌شوند. تعداد ۵۵ نمونه ژنتیکی در این ناحیه قرار گرفتند. ناحیه بالا و سمت چپ نمودار به نمونه‌های ژنتیکی دیررس و دیرگل ده با وزن دانه پنج سنبله، تعداد گلچه در سنبله و تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله‌چه در سنبله، طول سنبله و ارتفاع بوته کمتر، مربوط است. براساس این ویژگی‌ها می‌توان نتیجه گرفت که این ناحیه مختص ژرمپلاسم حساس به تنفس گرما می‌باشد. تعداد ۴۶ نمونه ژنتیکی در این ناحیه واقع شدند. در ناحیه سمت چپ پایین نمودار، نمونه‌های ژنتیکی با مقادیر منفی از لحاظ هر دو مؤلفه اصلی قرار می‌گیرند که با توجه به ضرایب مؤلفه‌های اصلی مذکور، دارای ویژگی وزن دانه پنج سنبله، تعداد گلچه در سنبله و تعداد دانه در سنبله کمتر و تعداد سنبله‌چه در سنبله، طول سنبله و ارتفاع بوته بیشتر می‌باشند. تعداد ۳۸ نمونه ژنتیکی در این ناحیه قرار گرفتند. در ناحیه سمت راست و پایین نمودار، نمونه‌های ژنتیکی با مقدار مثبت و منفی به ترتیب برای مؤلفه اصلی اول و دوم با ویژگی وزن دانه پنج سنبله، تعداد گلچه در سنبله و تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله‌چه در سنبله، طول سنبله و ارتفاع بوته بیشتر قرار می‌گیرند. براساس این خصوصیات می‌توان نتیجه گرفت این ناحیه متعلق به ژرمپلاسم متحمل به تنفس گرما است. ارقام شاهد افلاک، چمران و چمران ۲ به همراه ۶۴ نمونه ژنتیکی در این ناحیه واقع شدند.

مواد ژنتیکی مورد بررسی با استفاده از تجزیه خوش‌های K means و براساس ارزیابی در شرایط نرمال و تنفس گرما در پنج گروه تفکیک شدند (جدول ۲). تعداد ۳۴ نمونه ژنتیکی در گروه اول قرار گرفتند. این گروه دارای بیشترین میانگین وزن دانه پنج سنبله و وزن صد دانه در شرایط نرمال و تنفس، بیشترین میانگین تعداد سنبله‌چه درسنبله در شرایط تنفس و بیشترین میانگین طول سنبله در شرایط نرمال بود. گروه دوم ۸۱ نمونه ژنتیکی و ارقام شاهد چمران، چمران ۲ و افلاک را شامل شد. این گروه دارای بیشترین میانگین تعداد دانه درسنبله و تعداد گلچه درسنبله در شرایط نرمال و تنفس و بیشترین میانگین روز تا پرشدن دانه در شرایط تنفس بود. گروه سوم ۶۲ نمونه ژنتیکی را در برداشت. این گروه دارای



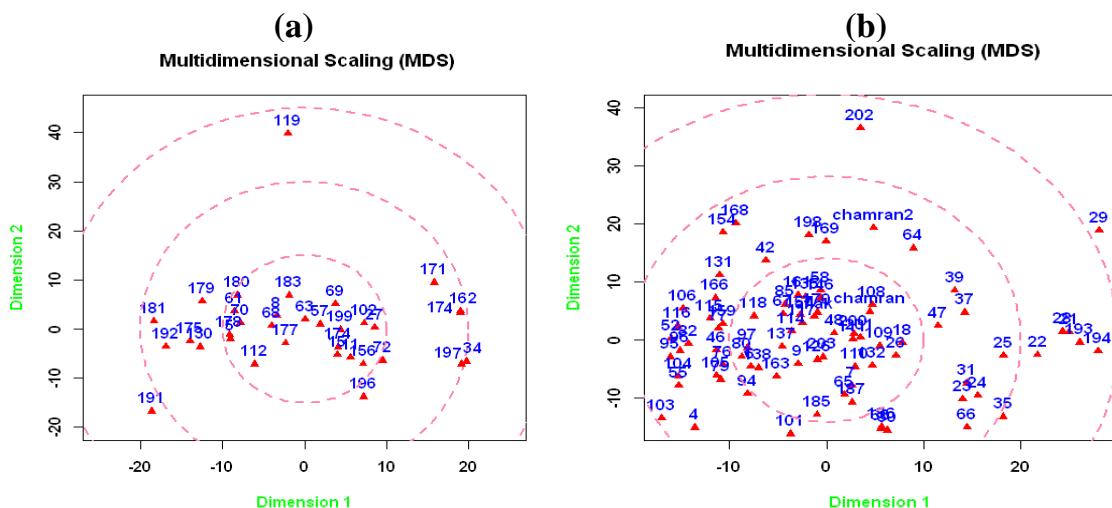
شکل ۲- توزیع ژرمپلاسم گندم نان در نمودار دو مؤلفه اصلی اول مبتنی بر صفات ارزیابی شده در شرایط نرمال (بدون تنش گرما) (a) و در شرایط تنش گرما (b): PH: ارتفاع بوته، DH: روز تا ظهور سنبله، DM: روز تا رسیدگی کامل، DHM: روز تا پرشدن دانه، LS: طول سنبله، NSS: تعداد سنبلچه در سنبله، NF: تعداد گلچه در سنبلچه، LS: طول دانه در سنبله، NSS: تعداد دانه در سنبله، WSS: وزن صد دانه، WHS: وزن صد پنج سنبله per spikelet، NSS: Number of spikelets per spike, WHS: 100 Grain weight , WSS: Grain weight of five spikes

Figure 2. Distribution of bread wheat germplasm in the biplot of the first two principal components of traits evaluated under normal condition (without heat stress) in Ahvaz. PH: Plant Height, DH: Days to heading, DM: Days to full maturity, DHM: Days of grain filling, LS: Spike length, NSS: Number of spikelets per spike, NF: Number of florets per spikelet, NSS: Number of grains per spike, WHS: 100 Grain weight , WSS: Grain weight of five spikes



شکل ۳- تفکیک گروههای حاصل از تجزیه خوشای K means با استفاده از توابع تشخیصی مبتنی بر مؤلفه‌های اصلی در ارزیابی تحمل ژرمپلاسم گندم نان به تنش گرما در اهواز

Figure 3. Distinction of the groups developed through K means clustering by Discriminant functions based on principal components in the tolerance evaluation of bread wheat germplasm to heat stress in Ahvaz



شکل ۴- تفکیک نمونه های ژنتیکی گروه اول (a) و گروه دوم (b) در تجزیه خوشاهی K means با استفاده از تجزیه مقیاس بندی چند بعدی در ارزیابی تحمل زرمیلاسمن کدم نان به تنش گرما در اهواز

Figure 4. Distinction of the first group (a) and the second group (b) in K means clustering by Multi-dimensional scaling in tolerance evaluation of bread wheat germplasm to heat stress in Ahvaz

دوره رشدی با گرمای انتهایی فصل در مطالعات دیگر نیز گزارش شده است (۱۰، ۱۷). کاهش طول خوشة ناشی از تنش گرمای به علت حساسیت زیاد گندم به دمای بالا می‌باشد. افزایش دما سبب می‌شود که گندم دوره رشدی خود را با سرعت بیشتری طی نموده و به فارازیشی وارد گردد، لذا دوره کوتاهتری را برای افزایش طول سنبله و تولید سنبلاچه در اختیار خواهد داشت که منجر به کاهش طول سنبله می‌گردد (۱۱). کاهش تعداد سنبلاچه در سنبله در مطالعات قبلی نیز گزارش شده است که در واقع تنش گرمای انتهایی فصل با کاهش دوره رشد رویشی سنبله باعث کاهش تعداد سنبلاچه در سنبله می‌گردد (۱۰). تعداد دانه در سنبله که یکی از پارامترهای مهم در ارتباط با عملکرد می‌باشد نیز در این مطالعه و مطالعات پیشین تحت تنش گرمای انتهایی کاهش نشان می‌دهد (۱۶، ۱۷، ۲۲). در شرایط تنش گرمای طول دوره نمو سنبله به علت مصادف شدن این دوره با درجه حرارت بالاتر از آستانه تحمل گیا، به طور معنی‌داری کوتاهتر شده و منجر به کاهش تعداد سنبلاچه بارور در سنبله می‌شود، به علاوه، تنش گرمای ایجاد اختلال در فرایند گرده افسانی به دلیل کاهش دوام و قدرت جوانهزنی دانه گرده باعث کاهش تعداد دانه در سنبله می‌شود (۹، ۲۷). میانگین وزن صد دانه که یکی از مهمترین عوامل تعیین کننده عملکرد نهایی است، کاهش شدیدی در این مطالعه نشان می‌دهد، به طوری که در گندم نان و گندم دوروم شدت تنش بالایی برای این صفت مشاهده می‌شود. کاهش معنی‌دار میانگین وزن صد دانه در مطالعات پیشین نیز تحت تنش گرمای انتهایی گزارش شده است (۱۶، ۱۷). در حقیقت، تسریع رسیدگی گیاه تحت تنش گرمای انتهایی فصل منجر به کاهش طول دوره پر شدن دانه و تولید دانه‌های کوچکتر می‌گردد (۲۳).

عملکرد دانه و تعداد روز تا ظهرور سنبله را گزارش نمودند. عزیز و همکاران (۸) نیز نشان دادند که عملکرد دانه با صفات ارتفاع، وزن هزار دانه و تعداد دانه دارای همبستگی مثبت معنی دار و با صفت تعداد روز تا ظهرور خوشه دارای همبستگی معنی داری دارند که اینها در گندم نان بودند. نتایج تجزیه همبستگی و رگرسیون در تحقیق رضایی زاده و همکاران (۲۴) نشان داد که در شرایط اهواز و کرج به ترتیب صفت تعداد روز تا رسیدگی و تعداد دانه در سنبله مهم‌ترین صفات جمیع نتایج تجزیه معتبری زمانی و همکاران (۱۸) کاهش وزن هزار دانه در تاریخ کاشت تاخیری ناشی از کاهش دوره موثر پر شدن دانه بود و افزایش سرعت پر شدن دانه نتوانست کاهش طول دوره پر شدن دانه را جبران کند. آنها اظهار داشتند که سرعت زیادتر رشد دانه در شرایط تنش گرما طی دوره پر شدن دانه به تنهایی نمی‌تواند منجر به عملکرد زیادتر در یک ژنتیپ شود و عوامل دیگری نظیر دوره پر شدن دانه و تعداد دانه در سنبله از اهمیت زیادتری برخوردارند. نتایج بدست آمده از این تحقیق نشان داد که صفات تشکیل‌دهنده اجزای عملکرد، خصوصاً تعداد دانه و وزن صد دانه نقش مهمی در تحمل به تنش گرما دارند. همچنین تأخیر در صفات فنولوژیکی گیاه مانند ظهرور سنبله و رسیدگی، نقش منفی در تحمل به گرما داشت. استفاده از مؤلفه‌های اصلی به خوبی نمونه‌های مورد مطالعه را براساس صفات مختلف تمایز نمود که این نمونه‌ها بر حسب ویژگی‌های برتر برای اهداف اصلاحی قابل استفاده می‌باشند.

خویشاوند گندم شامل دوروم، تورجیدوم، کامپکتوم و دیکوکوم مورد شناسایی قرار دادند. علیخانی و همکاران (۳) ضمن شناسایی نمونه‌های متحمل به گرما در ذخایر ژرمپلاسم تأکید داشتند که برای اصلاح تحمل به گرما در گندم لازم است علاوه بر ارزیابی و انتخاب در برابر تنش در مرحله پر شدن دانه، به تنوع ژنتیکی گندم‌های ایرانی در واکنش به تنش گرما در مرحله گرده افسانی نیز توجه شود.

در تحقیق حاضر وزن دانه پنج سنبله در هر دو شرایط نرمال و تنش گرما با صفات فنولوژیک شامل روز تا ظهرور سنبله و روز تا رسیدگی کامل دارای همبستگی منفی و با صفت روز تا پر شدن دانه دارای همبستگی مثبت بود. وزن دانه پنج سنبله در شرایط نرمال با ارتفاع بوته همبستگی معنی داری نشان نداد ولی در شرایط تنش گرما دارای همبستگی معنی دار ضعیفی بود. همچنین وزن دانه پنج سنبله در شرایط تنش همبستگی نسبتاً قوی تری با اجزای عملکرد دانه در شرایط تنش شامل تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد گلچه در سنبلچه، تعداد دانه در سنبله و وزن صد دانه نسبت به ژنتیک نرمال نشان داد. پالیوال و همکاران (۲۱) نیز گزارش نمودند که عملکرد با صفات روز تا پر شدن دانه و وزن صد دانه دارای همبستگی مثبت معنی دار و با صفت روز تا ظهرور سنبله دارای همبستگی منفی معنی دار تحت تنش گرما از تنهایی در گندم نان بود. همچنین، الیسیونی (۱۰) در بررسی ژنتیک‌های گندم نان تحت تنش گرما از اینها وجود همبستگی مثبت معنی دار بین عملکرد دانه و صفات ارتفاع و طول دوره پر شدن دانه و همبستگی منفی معنی دار بین

جدول ۲- میانگین صفات گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای به روش K means در ارزیابی تحمل ژرمپلاسم گندم نان به تنش گرما در اهواز  
Table 2. The average of the studied traits in the groups developed by K means cluster analysis in the tolerance evaluation of bread wheat germplasm to heat stress in Ahvaz

کلاستر					صفت
۵	۴	۳	۲	۱	شرایط نرمال
۹۵/۵۰	۱۰۹/۷۷	۵۸/۱۰	۷۴/۴۲	۸۸/۳۵	گیاه ارتفاع
۱۲۷/۰۰	۱۱۴/۶۸	۷۶/۵۶	۸۲/۳۵	۸۹/۴۴	روز تا ظهرور خوشه
۱۵۱/۷۵	۱۴۴/۲۳	۱۲۳/۰۲	۱۲۶/۸۵	۱۳۰/۲۶	رسیدگی روز تا
۲۴/۷۵	۲۹/۵۵	۴۶/۴۵	۴۷/۵۰	۴۰/۸۲	روز تا پر شدن دانه
۱۱/۱۴	۱۰/۶۶	۹/۵۳	۹/۴۳	۹/۳۸	طول خوشه
۱۸/۸۰	۱۸/۵۸	۱۵/۸۸	۱۷/۲۰	۱۷/۸۲	تعداد سنبلچه در سنبله
۲/۷۰	۲/۹۵	۳/۲۳	۳/۳۳	۳/۱۱	تعداد گلچه د سنبلچه
۴۰/۱۶	۴۰/۵۰	۴۱/۷۷	۴۵/۰۹	۴۴/۷۱	تعداد دانه در خوشه
۲/۵۸	۳/۲۲	۳/۷۶	۴/۰۵	۴/۰۶	وزن صد دانه
۵/۰۵	۶/۵۵	۷/۸۱	۹/۰۱	۹/۰۴	وزن دانه ۵ خوشه
					شرایط نرمال
۶۴/۸۸	۸۳/۳۸	۴۹/۲۲	۶۰/۰۶	۷۹/۳۵	گیاه ارتفاع
۱۱۰/۷۵	۹۷/۷۷	۷۵/۳۲	۷۸/۴۱	۸۰/۶۵	روز تا ظهرور خوشه
۱۳۰/۷۵	۱۲۱/۷۷	۱۰۴/۷۷	۱۰۸/۷۵	۱۱۰/۱۵	رسیدگی روز تا
۲۰/۰۰	۲۴/۰۰	۲۹/۴۵	۳۰/۳۵	۲۹/۵۰	روز تا پر شدن دانه
۹/۵۹	۹/۸۸	۸/۵۷	۸/۹۷	۹/۳۸	طول خوشه
۱۵/۹۵	۱۷/۴۴	۱۴/۷۹	۱۶/۵۰	۱۷/۴۶	تعداد سنبلچه در سنبله
۲/۶۵	۲/۷۳	۳/۳۱	۳/۴۲	۳/۲۴	تعداد گلچه د سنبلچه
۲۶/۲۰	۳۵/۹۲	۳۸/۲۶	۴۲/۷۳	۴۲/۵۷	تعداد دانه در خوشه
۱/۷۶	۲/۵۹	۲/۸۹	۳/۲۴	۳/۴۵	وزن صد دانه
۲/۵۵	۴/۵۵	۵/۵۸	۶/۸۴	۷/۲۹	وزن دانه ۵ خوشه

یکدیگر تفکیک شدند که تایید کننده وجود تنوع بالا در نمونه‌های ژنتیکی مورد مطالعه می‌باشد. تنوع شناسایی شده در این تحقیق و مواد ژنتیکی متحمل برتر، ذخایر ارزشمندی را جهت استفاده در برنامه‌های اصلاحی آتی فراهم می‌آورد و لذا بهره‌برداری از آنها توصیه می‌شود.

### تشکر و قدردانی

بدین وسیله از موسسه تحقیقات اصلاح و تهییه نهال و بذر به دلیل تامین هزینه‌ها و امکانات لازم برای اجرای این تحقیق سپاسگزاری می‌گردد.

براین اساس، نمونه‌های ژنتیکی KC 12690 و KC 12778 با مقادیر برتر برای صفات وزن دانه پنج سنبله، تعداد گلچه در سنبله و تعداد دانه در سنبله و با دارا بودن خصوصیت زودرسی و زودگل‌دهی می‌توانند برای بهبود تحمل به تنفس گرما در برنامه‌های اصلاحی به عنوان والد تلائی مورد استفاده قرار گیرند. تفکیک نمونه‌ها با استفاده از تجزیه خوشای، تنوع موجود در ژرم پلاسم مورد بررسی را بخوبی نشان داد که حاکی از پتانسیل مناسب ژرم پلاسم گندم برای تحمل به شرایط گرما بود. همچنین در تجزیه‌های تشخیصی و مقیاس‌بندی چندی بعدی، نمونه‌های مورد بررسی در قالب گروهایی متفاوت و با فاصله معنی‌دار از

### منابع

1. Ahamed, K.U., K. Nahar, M. Fujita and M. Hasanuzzaman. 2010. Variation in plant growth, tiller dynamics and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.) due to high temperature stress. Advances in Agriculture & Botanics, 2(3): 213-224.
2. Al-Otayk, S.M. 2010. Performance of yield and stability of wheat genotypes under high stress environments of the central region of Saudi Arabia. Metrology, Environment and Arid Land Agricultural Sciences, 21: 81-92.
3. Alikhani, M., J. Mozaffari, F. Darvish and Y. Arshad. 2007. Responses of bread wheat genotypes to heat stress at different developmental stages. Iranian Journal of Field Crop Science, 9(1): 45-59 (In Persian).
4. Aminizadeh Bezenjani, S., G. Mohamadinejad and R. Abdolshahi. 2018. Application of Selection Indices for Grain Yield Improvement in Bread wheat (*Triticum aestivum* L.) under Drought Stress Condition. Journal of Crop Breeding, 10(27): 152-159 (In Persian).
5. Arshad, Y. and G.R. Abadouz. 2007. An investigation on effects of heat stress in wheat (final report: 86.236). Agricultural Research, Education and Extension Organization, 114 (In Persian).
6. Arshad, Y., M. Zahraei and G.R. Abadouz. 2012. Identification of heat tolerant sources in wheat relatives. Journal of Crop Production Research, 4(2): 97-108 (In Persian).
7. Ayeneh, A., M. Van Ginkel, M.P. Reynolds and K. Ammar. 2002. Comparison of leaf, spike, peduncle and canopy temperature depression in wheat under heat stress. Field Crops Research, 79(2-3): 173-184.
8. Aziz, A., T. Mahmood, Z. Mahmood., K. Shazadi, A. Mujeeb-Kazi. and A. Rasheed. 2018. Genotypic Variation and Genotype $\times$  Environment Interaction for Yield-Related Traits in Synthetic Hexaploid Wheats under a Range of Optimal and Heat-Stressed Environments. Crop Science, 58(1): 295-303.
9. Barnabás, B., K. Jäger and A. Fehér. 2008. The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. Plant, Cell & Environment, 31(1): 11-38.
10. Elbasyoni, I.S. 2018. Performance and stability of commercial wheat cultivars under terminal heat stress. Agronomy, 8(4): 37.
11. Inamullah, N.H., Z.H. Shah and F.U. Khan. 2007. An analysis of the planting dates effect on yield and yield attributes of spring wheat. Sarhad Journal of Agriculture, 23(2): 269-275.
12. Jain, SK, CO Qualset, GM Bhatt and KK.Wu. 1975. Geographical patterns of phenotypic diversity in a world collection of durum wheats. Crop Science, 15(5): 700-704.
13. Jalal Kamali, M.R. and E. Duveiller. 2008. Wheat production and research in Iran: A success story. International Symposium on Wheat Yield Potential, Challenges to International Wheat Breeding, 54-58 pp., Mexico, CIMMYT.
14. Jombart, T., S. Devillard and F. Balloux. 2010. Discriminant analysis of principal components: a new method for the analysis of genetically structured populations. BMC genetics, 11(1): 94.
15. Khan, M.I., M. Amin and S.T. Shah. 2007. Agronomic evaluation of different bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes for terminal heat stress. Pakistan Journal of Botany, 39(7): 2415-2425.
16. 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.
17. Modhej, A., A. Naderi, Y. Emam, A. Aynehband and Gh. Normohamadi. 2012. Effects of post-anthesis heat stress and nitrogen levels on grain yield in wheat (*T.durum* and *T. aestivum*) cultivars. International Journal of Plant Production, 2(3): 254-267.

18. Mojtabae Zamani, M., M. Mabipour and M. Mesgarbashi. 2015. Evaluating reaction of bread wheat genotypes to heat stress during grain filling stage in Ahwaz. Journal of Plant Productions, 37: 119-130.
19. Moshatati, A, S.A. Siadat, Kh. Alami-Saied, A.M. Bakhshandeh and M.R. Jalal Kamali. 2012. Effect of terminal heat stress on yield and yield components of spring bread wheat in Ahwaz. Journal of Crop Production, 3(4): 195-203 (In Persian).
20. Mousavi, F., M. Siahpoosh and K. Sorkheh. 2019. Influence of sowing date and terminal heat stress on phonological features and yield components of bread wheat genotypes. Journal of Plant Production, 10.22055/PPD.2019.28957.1744 (In Persian).
21. Paliwal, R., M.S. Röder, U. Kumar, J.P. Srivastava and A.K. Joshi. 2012. QTL mapping of terminal heat tolerance in hexaploid wheat (*T. aestivum* L.). Theoretical and Applied Genetics, 125(3): 561-575.
22. Radmehr, M., Gh.A. Ayeneh and A.R. Kajbaf. 1997. Study of on the effect of heat stress on agronomic traits, grain yield and yield components in twenty five cultivars of bread wheat. Seed and Plant Production, 12: 13-23 (In Persian).
23. Rahman, M.S., J.H. Wilson and Y. Aitken. 1977. Determination of spikelet number in wheat. II.\* Effect of varying light level on ear development. Australian Journal of Agricultural Research, 28(4): 575-581.
24. Rezaeizadeh, A., V. Mohamadi, 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(33): 107-109 (In Persian).
25. Singh, K., S.N. Sharma and Y. Sharma. 2011. Effect of high temperature on yield attributing traits in bread wheat. Bangladesh Journal of Agricultural Research, 36(3): 415-426.
26. Tahmasebi, S, B. Heidari, H. Pakniyat and M.R. Jalal Kamali.2014. Independent and combined effects of heat and drought stress in the Seri M82× Babax bread wheat population. Plant Breeding, 133(6): 702-711.
27. Wahid, A., S. Gelani, M. Ashraf and M.R. Foolad. 2007. Heat tolerance in plants: an overview. Environmental and Experimental Botany, 61(3): 199-223.

## Identification of Heat Tolerant Genetic Sources in Bread Wheat Germplasm

Mehdi Zahravi<sup>1</sup>, Nazanin Amirkabhtiar<sup>2</sup>, Yousef Arshad<sup>1</sup>,  
Gholamabbas Mosharrat Ghahfarrokhi<sup>3</sup> and Mehrzad Ahmadi<sup>1</sup>

- 
- 1- Assistant Professor, Genetic research department, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran  
2- Researcher, Genetic research department, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran (Corresponding author: nabakhtiar@spii.ir)  
3- Researcher, Agricultural and Natural Resources Research Center of Khuzestan, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Ahwaz, Iran

Received: July 3, 2021      Accepted: August 21, 2021

---

### Abstract

Terminal heat stress has been recognized as the most widespread and detrimental type of heat stress in the world. In southern regions of Iran like Khuzestan, delay in planting date causes pollination and grain filling stages to be exposed to high temperatures, resulting in yield reduction. Developing heat tolerant cultivars is one of the ways to deal with heat stress. In this study, to identify resources of heat tolerance in wheat germplasm, a total of 203 bread wheat accessions with three control cultivars were planted in normal and delayed planting dates as an augmented experimental design in Ahwaz and the agronomic traits were evaluated. The results showed that almost all the evaluated traits were reduced in heat stress conditions compared to normal conditions. In both normal and heat stress conditions, some superior accessions were identified in terms of the studied traits compared to the control cultivars. In the biplot based on the principal components under heat stress conditions, 64 accessions along with control cultivars were located in the area of superior characteristics in terms of grain weight of five spikes, number of florets per spike, number of grains per spike, number of spikelets per spike, spike length and plant height. The studied accessions were divided into five groups by cluster analysis. The results showed a high diversity in the studied genetic material and the accessions superior to the control cultivars in terms of the studied traits were identified which can be used in future breeding programs.

**Keywords:** Bread wheat, Diversity, Heat stress, Multivariate statistical methods