

واکنش ژنوتیپ‌های گندم نان به تنش گرما در مراحل مختلف نمو Responses of bread wheat genotypes to heat stress at different developmental stages

ی. جواد، ی. فرخ‌درو، و یوسف ارشد

چکیده

نی، م. ج. ی.، ف. درویش و ی. ارشد. واکنش ژنوتیپ‌های گندم نان به تنش گرما در مراحل مختلف نمو. مجله علوم زراعی ایران. () -

در طول مراحل رشد و نمو، ویژه مراحل نمو، یکی از مهمترین امل محدودکننده عملکرد گندم (*Triticum aestivum L.*) در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری است. در این تحقیق اثرات شوک گرمای ۳۰°C و ۳۵°C در مراحل برجستگی دوگانه انتهایی، گرده‌افشانی و پر شدن دانه بر اجزای عملکردی ژنوتیپ انتخاب شده از رقم گندم بانک ژن گیبی لی ایران در شرایط کنترل شده گلخانه و اتاقک رشد (اعمال تنش) بررسی گردید. واکنش ژنوتیپ‌های مورد بررسی نسبت به تنش گرما در مراحل مختلف رشد و نمو متفاوت بود. به طوریکه همه ژنوتیپ‌های KC-4511 نسبت به دمای ۳۰°C ± به مدت ۱۲ ساعت در روز برای یک دوره پنج روزه در مرحله برجستگی دوگانه تحمل نشان دادند، در بکه شوک دمای ۳۵°C در این ژنوتیپ‌ها از بین رفتن بی ژنوتیپ‌ها، شوک گرمای ۳۵°C در مرحله گرده‌افشانی کاهش بسیار شدیدی در تعداد دانه در ژنوتیپ‌های اترک، KC-4511 و KC-4512 موجب عدم تشکیل دانه در ژنوتیپ‌های KC-7732 و KC-7168 گردید. شوک گرمای ۳۵°C در مرحله پر شدن دانه موجب کاهش وزن هر دانه و وزن در ژنوتیپ‌های گندم مورد بررسی در حالیکه تا ۱۰۰٪ داری بر تعداد دانه در این ژنوتیپ‌ها نداشت. وزن هر دانه در ژنوتیپ‌های KC-7732 و KC-7168 و ۱۰٪ کاهش پیدا کرد. کاهش وزن ۱۰٪ در ژنوتیپ KC-4511 در 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 گرده‌افشانی شود، زیرا معمولاً تنش گرما در ایران از این مرحله حساس آغاز می‌گردد.

کلمات کلیدی: رشد و نمو گندم، اجزای عملکرد، تحمل به گرما، تنوع ژنتیکی.

تاریخ دریافت: / /

- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی

- عضو هیأت علمی، مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر (مکاتبه کننده)

- عضو هیأت علمی، مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر

- استاد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

(Rawson, 1993). تعداد کلچه، ی بی در گندم، ی در کاشت به طور معنی داری کمتر از تعداد کلچه، ی گندم، ی کاشته شده در تاریخ کاشت مناسب گزارش شده است که ا دبل دوره رشد رو، ی بی در تاریخ کاشت مناسب بود (Li et al., 2002). از طرفی وقوع دوره، ی کوتاه؛ دمای زیاد (بشتر از $^{\circ}\text{C}$) در طول دوره پر شدن دانه گندم در مناطقی مانند ا، ران و استرالیا و امریکا عادی، (Stone and Nicolas, 1994). این امر در مناطق مهم کشت گندم کشور مانند استان، ی خوزستان، فارس، ان، خراسان و بسیاری از استان، ی در کشور موجب ضرر و زیان قابل توجهی می شود (رادمهر، ۱۳۸۶).

با کوتاه کردن دوره، ی بی کاهش در اندازه گه و میزان زیست توده می گردد (Midmore et al., 1984). علاوه بر این، زیاد افزایش در تنفس گه (Berry and Bjorkam, 1980) و (Alkhatib and Paulsen, 1984) را به

دبل تنش گرما گزارش نموده اند. ی از نشاسته در دانه، ی در حال رشد (Jenner, 1991) کاهش تعداد، در گیاه و تعداد دانه در، و کاهش وزن دانه (Warrington et al., 1977) و (Alkhatib and Paulsen, 1984) نیز در نت

گرما اتفاق می افتد که در نهایت منجر به کاهش عملکرد گندم می گردد. طوریکه درصد کاهش عملکرد گندم به ازای هر درجه افزایش دما $^{\circ}\text{C}$ در باهان رشد یافته تحت شرایط کنترل شده گزارش شده که ا، نزان کاهش در شرایط مزرعه ای می بوده است (Gibson and Paulsen, 1999).

در بررسی، ی متعددی جهت غربال ژنوتیپ، ی با استفاده از صفات ف، بولوژیکی (Fokar et al., 1998) کرداری غشا در برابر گرما

تنش گرما در طول مراحل اول، ماه و ب و ژو در ا، حل کرده افشانی و پر شدن دانه منجر به کاهش عملکرد و ک، بت گندم (*Triticum aestivum* L.) می شود (Hunt et al., 1991; Stone and Nicolas, 1995; Gibson and Paulsen, 1999). ی تدریجی ییاد، یون هکتار از مزارع گندم در کشورهای در حال توسعه وجود دارد که بیش از کشور این نوع تنش را در طول دوره، ی رشد و نمو گندم تجربه می کنند. ضمن اینکه تنش گرمای انتهای ز مشکل درصد از مناطق معتدل جهان است که ا، یون هکتار را شامل می شود (Reynolds et al., 2001). علاوه بر این، ی بقات بی کشاورزی (NARSs³) در کشورهای در حال توسعه، تنش گرما در مناطق ا، گندم را به عنوان یکی از مهمترین اهداف تحقیقی آن کشورها شناسایی کرده است (Anon, 1995).

ظهور؛ ی دو گانه انتهای و نمو جنبه که مصادف با مرحله پنجه دهی است. به عنوان اولین فرآ، زیاد غلات شناخته می شود و پتانسیب دانه در این مرحله شکل می برد (Kirby and Appleyard, 1984). تنش در ا، ی بی و منفی دوره، ی بی و ی بی ایجاد شده بعد از ا، و ژو پتانسیب دانه، دارد (Garcia Del Moral et al., 1991).

دما، طول روز و ژنوتیپ، ی اصلی رگذار روی رشد و نمو، انتهای در گندم بهاره؛ شمار می آ، دما یکی از مهمترین عواملی است که فرآ، ی رشد و نمو را در گندم تحت تاثیر قرار می دهد (Kirby and Appleyard, 1984). در بسیاری از تاریخ کاشت نامناسب گندم، یکی از علل مواجه شدن زراعت گندم با تنش گرمایی؛

1- Continual heat stress

3- National Research Agricultural Sytems

5- Apical meristem

2- Terminal heat stress

4- Double ridge

مواجه می شود (Dupont and Altenbach, 2003) و رادمهر، (مطالعات جهت ارزیابی تنش گرما و تلاش برای اصلاحی برای انتخاب در جهت : زنان بسیار کمی انجام شده است. افزایش تولیدی دمای کره زمین در سال، ی اخیر، دلیلی افزایش CO₂ موجود در جو، افزایش بمت و نیز طرح های جهت خودکفایی محصول گندم در کشور بر اهمیت مطالعات بیشتر در زمینه افزایش. در اثرات شوک گرما در مراحل مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش

چهار ژنوتیپ گندم بهاره از کلکسیون گندم بانک ژن گیبی ایران که قبلا در آزمایشی مشاهده ای مزرعه ای ارزیابی تحمل به تنش گرما انتخاب شده بودند، شامل ژنوتیپ های KC-4511 KC-4512 و KC-7168 (و ژنوتیپ KC-773) (بمه حساس به گرما) (ارشد و عبادوز،) به همراه رقم تجارتنی اترک، که به عنوان رقم متحمل به گرما در مرکز المللی بقات ذرت و گندم (CIMMYT¹) آزاد شده است، برای این آزمایش انتخاب شدند. برای این منظور تعداد ده بذرا از هر ژنوتیپ در مخلوط : خاک برگ غنی شده و ماسه بادی در گلدان، ی بکی / بر در کلخانه بانک ژن گیبی ایران در تاریخ بهمن سال ' در کرج کاشته از آنجایی که خاک برگ مورد استفاده با مواد نی مورد نیاز گیاه نی شده بود تنها در مرا.

رفتن و آبستنی باهان کود ازت زنان یک گرم در هر گلدان داده شد. یک هفته پس از ظهور گیاه بکنواخت انتخاب و بقیه حذف شدند. در هر دو شرایط تنش و نرمال، آبیاری به طور مرتب انجام شد تا از وقوع تنش خشکی ی شود. ژنوتیپ های مورد بررسی برای ط در قالب یک طرح کاملا

یزان افت دمای (Reynolds et al., 1994) ی زنان هدایت روزنه ای برگ (Reynolds et al., 2001) و گزارش (Alkhatib and Paulsen, 1984) گردیده است. بن مطالعات زیادی در زمینه ارزیابی اساسی بر اجزای عملکرد در مزرعه (Ferris et al., 1998) و اتاقک رشد (Wardlaw et al., 2002) و (Stone and Nicolas, 1995; Stone and stone, 1998a;) (Stone and stone, 1998b; Corbellini et al., 1997; Gibson and Paulsen, 1999) صورت گرفته است.

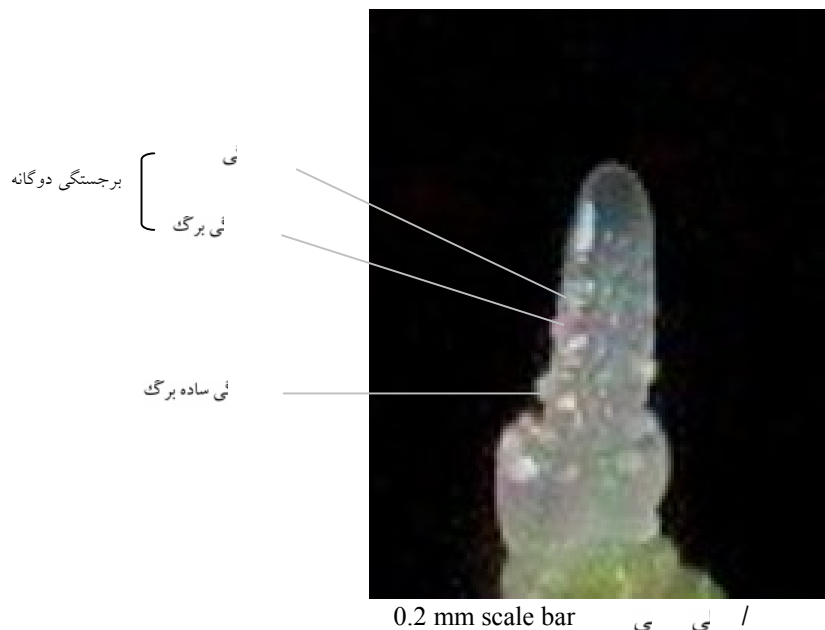
برای ارزیابی اثرات : بر اجزای عملکرد گندم و نیز کببت آرد گندم از دور روش در محب ی کنترل شده استفاده شده است: نی که در ان اثرات تنش تدریجی دما تا درجه سانتیگراد (Tashiro and Wardlaw, 1990; Wardlaw et al., 1995) مورد بررسی قرار گرفته و مطابقی که در آن، از شوک گرما در دامنه - درجه سانتیگراد (که مشابه شوک، ی گرما در مزرعه است) استفاده شده است (Blumenthal et al., 1995; Stone and Nicolas, 1994;) (Stone and Nicolas, 1995; Stone and stone, 1998a; Stone and stone, 1998b). به طور کلی شوک گرما با افزایش تدریجی دما، افزایش درجه برگ در ساعت، (Stone and Nicolas, 1994;) (Stone and Nicolas 1995; Stone and stone, 1998a) و با افزایش دما از °C در طول دوره اعمال شده است. لازم به ذکر است که خسارت، ی گزارش شده ناشی از گرما در مزرعه به مراتب بالاتر از ی مشابه در محب ی کنترل شده بوده است (مرور شده بوسه Gibson and Paulsen, 1999).

با وجود اینکه ایران از جمله کشورهایی است که باری از مناطق مهم کشت گندم آن ؛ ی انتهای (و ژه دوره، ی کوتاه دمای)

1- International Maize and Wheat Improvement Center = CIMMYT

بررسی اثرات تنش گرمایی در مرحله گرده افشانی مشاهده اولین بساک روی باهان به اتاقک رشد با دمای 35°C که پس از یک ساعت به 20°C رسید. انتقال به این مرحله چهار ساعت در روز و در یک دوره ۱۰ روزه اعمال شد. همانند مرحله اول گیاهان پس از اعمال تنش در هر روز به شرایط بدون تنش باز گردانده شدند. برای بررسی اثرات تنش گرما در مرحله پر شدن دانه، تیمار تنش گرمایی درجه یک را در روز پس از پایان گرده افشانی مرحله گرده افشانی اعمال شد. پس از رسیدن گیاهان به صفات مربوط به مراحل نموی و صفات مربوط به عملکرد شامل تعداد سنبلچه (بن تعداد سنبلچه موجود در هر سنبله)، تعداد دانه (بن تعداد دانه در هر دانه)، وزن هر دانه (بن وزن دانه هر سنبله تقسیم بر تعداد دانه در هر سنبله)، وزن دانه در هر سنبله (میانگین وزن دانه، Y)، دوره رشد رویشی (تعداد روز از کاشت تا تشکیل برجستگی دوگانه)

تصادفی با سه تکرار اجرا شد که هر تکرار شامل یک کلدان با پنج گیاه بود. برای شرایط بدون تنش، باهان از ابتدا تا انتهای دوره نمو در شرایط مطلوب گلخانه (20°C / روز) و حدود ۷۰ درصد رطوبت رشد (روز / روز) برای اعمال شوک گرمایی 35°C در مرحله نسی دوگانه، نمو جوانه رشد در هر ژنوتیپ طور مرتب و یک روز در میان با تشریح جوانه (Kirby and Appleyard, 1984) انجام شد. بن منظور تکرارهای اضافی برای هر تکرار در نظر گرفته شد. باهان با ظهور اول نسی دوگانه (شکل ۱) انتخاب شده و به اتاقک، رشد با دمای 35°C انتقال. پس از یک ساعت دمای این اتاقک، 20°C و رطوبت نسبی در حدود ۷۰ درصد رسید. باهان مدت ۱۰ ساعت در روز و در مجموع ۱۰ روز در این دما نگهداری. باهان پس از در تنش روزانه به شرایط بدون تنش گلخانه باز گردانده می شود. برای



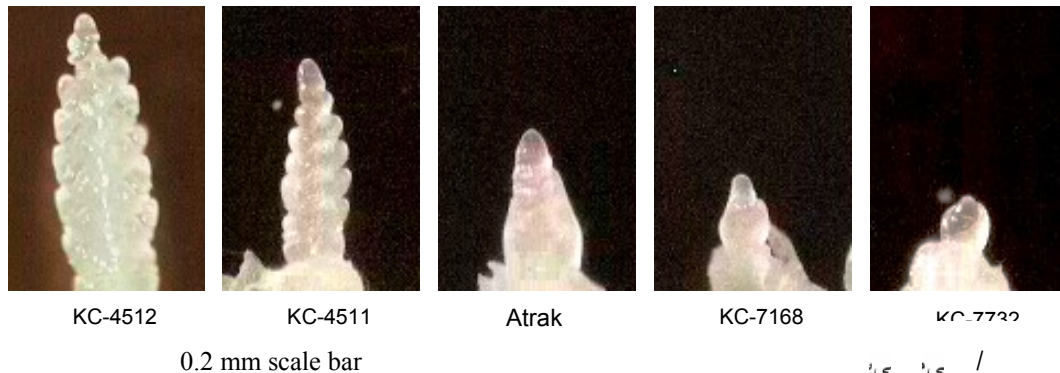
شکل ۱ - مریستم ساقه گندم در انتهای نسی ساده و آغاز مرحله برجستگی دوگانه. باهان در این به اتاقک رشد 35°C انتقال داده شدند

Fig. 1. Wheat shoot apex at late single ridge and early double ridge stages, when the plants were transferred to the growth chamber with 35°C temperature

و بحث

ژنوتیپ‌های مورد بررسی گندم نان از نظر ورود به مراحل نمو زاینده (مرحله گذر از فاز رویش به فاز زاینده) که با مشاهده اولاً انتهایی (شود) وجود تنوع ژنتیکی (شکل) و احتمالاً از نظر شروع سبز شدن نشان داد. در بکه ژنوتیپ KC-7732 هنوز در مرحله رویش بود در ژنوتیپ KC-4511 آغازه سبلیجه و گلوم تشکیل شده بود؛ اثر تنش‌ها اعمال شده در مراحل زاینده؛ آغازه سبز شدن کرده‌افشانی و پر شدن دانه بر روی صفات ارزشی شده، پس از انجام تجزیه واریس مرکب داده، در دو محیط تنش و بدون تنش (مطلوب) و صفات مرتبط با عملکرد مورد بررسی قرار

دوره رشد زایشی (تعداد روز از شروع مرحله زاینده تا رسیدگی کامل)، دوره پر شدن دانه (تعداد روز از پایان کرده‌افشانی تا زمانیکه گیاه کاملاً خشک شده و رنگ سبزی در آن باقی نمانده باشد) ارتفاع گیاه (فاصله از سطح خاک تا انتهای گیاهان تنش دیده و تنش ندیده یادداشت‌برداری شد و واکنش ژنوتیپ‌ها در دو شرایط محیطی رشد مقایسه شده و با تجزیه واریانس مرکب برای هر صفت، تجزیه و تحلیل آماری صورت گرفت. تجزیه واریانس ساده و مرکب اثرات تیمارها و صفات مورد بررسی با استفاده از نرم‌افزار SAS در سطوح / و / ، تجزیه رگرسیون گام به گام در سه مرحله با استفاده از نرم‌افزار SPSS 12 و مقایسه میانگین در مرحله برجستگی دانه با روش دانکن در سطح 1 درصد با استفاده از نرم‌افزار SPSS 12 انجام شد.



شکل - تنوع ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر رشد و نمو روز پس از سبز شدن
 Fig. 2. Variation of wheat genotypes for the rate of development in 30 days after emergence

مرکب اثر تنش گرمای $^{\circ}\text{C}$ در مرحله برجستگی دانه (جدول) نشان داد که گندم‌های مورد بررسی از نظر این صفات تفاوت معنی‌دار داشتند، علاوه بر آن واکنش آن، در محیط تنش و بدون تنش متفاوت است. ضمن اینکه این تنش بر صفات وزن دانه، وزن دانه در هر سنبله، و ارتفاع بوته تاثیر معنی‌دار داشت. بطور کلی تنش و بدون تنش در مرحله برجستگی دانه

الف: $^{\circ}\text{C}$ و $^{\circ}\text{C}$ در $^{\circ}\text{C}$ نی
 دواگانه
 نی‌دار شدن اثر ژنوتیپ برای تمام صفات اندازه‌گیری شده مرتبط با عملکرد و برهمکنش ژنوتیپ و محیط برای صفات طول ساقه، دوره زاینده، تعداد سنبله در سنبله و تعداد دانه در سنبله در تجزیه واریانس جدول - تجزیه واریانس مرکب برای صفات در دو

در دمای °C

Table 1. Combined analysis of variance for yield related traits under normal and heat stress of 35°C at double ridge stage

Trait	Source of variation	درجه آزادی Degree of freedom	بن مربعات Mean square	F	برات Coefficient of variation
طول دوره رشد رویشی Vegetative duration	Environment (E)	1	0.13	0.12	2
	Rep./ E	تکرار داخل مج 4	1.03		
	Genotype (G)	ژنوتیپ 4	561.2	502**	
	G * E	ژنوتیپ × 4	1.63	1.46	
	E	ی آزمای 16	1.12		
طول دوره رشد زایشی Reproductive duration	Environment (E)	1	5.63	3.25	2.43
	Rep./ E	تکرار داخل مج 4	1.73		
	Genotype (G)	ژنوتیپ 4	398.8	105.6**	
	G * E	ژنوتیپ × 4	20.2	536**	
	E	ی آزمای 16	3.78		
تعداد روز تا ظهور سنبله Days to flowering	Environment (E)	1	2.13	2	1.84
	Rep./ E	تکرار داخل مج 4	1.06		
	Genotype (G)	ژنوتیپ 4	528.4	304.9**	
	G * E	ژنوتیپ × 4	16.21	6.39**	
	E	ی آزمای 16	1.73		
تعداد سنبله در سنبله Spikelets per spike	Environment (E)	1	0.3	0.13	6
	Rep./ E	تکرار داخل مج 4	2.27		
	Genotype (G)	ژنوتیپ 4	26.2	32.41**	
	G * E	ژنوتیپ × 4	4.47	5.53**	
	E	ی آزمای 16	0.81		
تعداد دانه در سنبله Grains per spike	Environment (E)	1	4.03	0.19	9.6
	Rep./ E	تکرار داخل مج 4	20.87		
	Genotype (G)	ژنوتیپ 4	141.7	25.9**	
	G * E	ژنوتیپ × 4	27.5	6.6**	
	E	ی آزمای 16	4.2		
وزن هر دانه Single grain weight	Environment (E)	1	0.09	30**	13
	Rep./ E	تکرار داخل مج 4	0.003		
	Genotype (G)	ژنوتیپ 4	0.309	18.15**	
	G * E	ژنوتیپ × 4	0.042	2.5	
	E	ی آزمای 16	0.017		
وزن دانه در هر سنبله Grain weight per spike	Environment (E)	1	65.3	6.66**	11
	Rep./ E	تکرار داخل مج 4	9.81		
	Genotype (G)	ژنوتیپ 4	63.4	7**	
	G * E	ژنوتیپ × 4	7.3	0.81	
	E	ی آزمای 16	9.06		
ارتفاع بوته Plant height	Environment (E)	1	85	4.27*	7.4
	Rep./ E	تکرار داخل مج 4	19.9		
	Genotype (G)	ژنوتیپ 4	1445.1	57.6**	
	G * E	ژنوتیپ × 4	63.2	2.52	
	E	ی آزمای 16	25.08		

* and **: Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

نی دار در سطوح ۱ / و ۰ / : ** و *

ژنوتیپ‌ها نشان نداد. ولی با این وجود صفت تعداد روز رفتن در رقم اترک کاهش معنی‌دار و در ژنوتیپ‌های KC-7732 و KC-7168 افزایش می‌دار نشان داد. تنش گرما در این ژنوتیپ‌ها به رشد و نمو ژنوتیپ KC-7732 شد که پس از اتمام دوره به رشد طبیعی خود ادامه داد. احتمالاً توقف در رشد باعث افزایش تعداد روز تا سنبله رفتن. ضمن اینکه کاهش ارتفاع ساقه در این ژنوتیپ‌ها احتمالاً از این جهت شده است. در این شرایط باعث خشک شدن کله باهان شد. مطالعات انجام شده قبلی در رابطه با تنش در این مرحله به سه گروه کلی می‌شود: یکی که در این شرایط از تنش گرما در این مرحله بر رشد و نمو گیاهان مشاهده نشد (Owen, 1971) می‌باشد.

بن صفات (جدول) نشان داد در اثر این تعداد سنبله در هیچ کدام از ژنوتیپ‌های مورد بررسی کاهش معنی‌دار نداشت ولی تعداد دانه در ژنوتیپ اترک کاهش معنی‌دار نشان داد. وزن هر دانه و وزن دانه هر برجز در ژنوتیپ KC-4511 در این ژنوتیپ‌ها با کاهش معنی‌دار همراه نبود. اعمال تنش در این دو گیاه باعث پژمردگی برگ‌ها و سفید شدن گیاه در ژنوتیپ KC-4511 می‌گردد. رسد صدمه وارده در این مرحله باعث کاهش پتانسیل عملکرد در این گیاه و در نتیجه کاهش وزن هر دانه و وزن دانه در این تنش ابتدایی به عنوان کاهش دهنده پتانسیل عملکرد گزارش شده است (Stone and Nicolas, 1995). به طور کلی طول دوره رشد زایشی در اثر تنش گرما می‌داری در داخل

جدول - بن صفات مختلف در دو شرایط °C و بدون تنش در مرحله برجستگی دو گانه

Table 2- Mean of yield related traits under normal and heat stress of 35°C conditions at double ridge stage

Trait	شرایط رشد Growth condition	ژنوتیپ Genotype					Mean
		KC-7732	KC-7168	KC-4512	KC-4511	Atrak	
Vegetative duration (طول دوره رویشی (روز))	Normal	45.3	41	25	25.3	32	33.72
	Stress	47.3	40.7	24.7	24	30	33.34
Reproductive duration (طول دوره زایشی (روز))	Normal	75	77	61	57	64.5	66.9
	Stress	77	80	59	57	64	67.4
Spikelets per spike (تعداد سنبله در ساقه)	Normal	13	16	14	13	18	14.8
	Stress	11	15	15	15	17	14.6
Grains per spike (تعداد دانه در سنبله)	Normal	20	20	21	20	35	23.2
	Stress	18	19	24	23	27*	22.2
Grain weight per spike (mg) (وزن دانه هر ساقه)	Normal	800.8	540	610	630	750	666.16
	Stress	730.2	510	570	440*	610	572.04
Days to spiking (day) (روز تا سنبله رفتن (روز))	Normal	85	71	66	64	68	70.8
	Stress	88*	76*	66	64	64*	71.6
Plant height (cm) (ارتفاع بوته (سانتی‌متر))	Normal	85	85	56	63	55	68.8
	Stress	76*	87	57	62	50	66.4

*: تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح ۱٪ بین دو محیط

*: Significant at 0.05 probability level, based on Duncan Multiple Range Test, between two environments

این مرحله مربوط باشد. از طرفی رطوبت بالای ایجاد شده در اتاقک رشد نیز ممکن است از اثرات تنش گرما کاسته باشد.

ب: شوک گرمای °C در مرحله گرده افشانی

واریانس مرکب اثرات شوک گرمای °C در مرحله گرده افشانی نشان دهنده تفاوت بر کاملاً بی دار صفات مختلف مرتبط با عملکرد دانه بود (جدول ۱). در اثر شوک گرما در این تعداد دانه با کاهش بسیار شدیدی روبرو شد (جدول ۱) بطوریکه ژنوتیپ KC-7732 و KC-7168 دانه‌های تشکیل ندادند و دیگر ژنوتیپ‌ها نیز زیاده‌ای کمی دانه کردند. بن‌تعداد دانه تشکیل شده در ژنوتیپ

در آنها تنش گرما باعث تغییر در مدت زمان پیدایش اذین شد ولی بی‌تعداد سنبلیچه نداشت (Lucas, 1971) و آزمایشی که در آن، در این مرحله باعث کاهش تعداد سنبلیچه گردید (Rahman and Wilson, 1978). این تفاوت و اختلاف در نتایج گزارش شده به میزان واکنش بی‌ژنوتیپ‌ها بی‌انتخابی نسبت داده شده است (Rahman and Wilson, 1978). با وجود اینکه ژنوتیپ‌های KC-4511 و KC-7732 بی‌این تنش دادند ولی عدم تاثیر قابل توجه تنش گرمای °C در این آزمایش ممکن است به ژنوتیپ‌های مورد بررسی و واکنش بی‌نسبتاً پایین آنها نسبت به تنش گرما در

جدول ۱ - به واریانس مرکب اثرات تنش گرمای °C در مرحله گرده افشانی

Table 3. Combined analysis of variance for yield related traits under heat stress at anthesis stage

Trait	Source of variation	درجه آزادی DF	بن مربعات Mean square	F	ضریب تغییرات CV
تعداد دانه در سنبلیچه Grains per spike	Environment (E)	1	3307	67.9**	13
	Rep./ E	4	48.7		
	Genotype (G)	4	90.6	4.81**	
	G * E	4	167	8.91**	
	E	16	18.8		
وزن هر دانه Single grain weight	Environment (E)	1	4	13.3**	16
	Rep./ E	4	0.3		
	Genotype (G)	4	0.03	0.47	
	G * E	4	0.2	2.38	
	E	16	0.08		
وزن دانه در هر سنبلیچه Grain weight per spike	Environment (E)	1	2780	146.3**	11
	Rep./ E	4	19		
	Genotype (G)	4	43	6.26**	
	G * E	4	76	11.09**	
	E	16	7		
دوره پر شدن دانه Grain filling duration	Environment (E)	1	2066	386.8**	3.5
	Rep./ E	4	5.3		
	Genotype (G)	4	103	3.5*	
	G * E	4	304	10**	
	E	16	29.5		

* and **: Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively

بی‌دار در سطح ۱ / و / .

عملکرد دانه در بوته گندم به طور اساسی کاهش می یابد (Ferris et al., 1998). دوره پر شدن دانه (تعداد روز از بان گرده افشانی تا زمانی که گیاه به طور کامل خشک شود) نیز با کاهش قابل توجهی همراه بود. نکته قابل توجه این است که بالاترین درصد کاهش در طول این دوره در ژنوتیپ KC-7732 (درصد) و KC-7168 (درصد) که دانه ای تشکیل نداده بودند مشاهده شد. کمترین درصد کاهش نیز در ژنوتیپ KC-4512 (درصد) دیده شد.

KC-4511 مشاهده شد که در این صفت در این ژنوتیپ طور متوسط / دانه در هر سنبله بود. وزن هر دانه و وزن دانه هر سنبله نیز همانند تعداد دانه با کاهش بار شدید همراه بودند. کاهش شدید تعداد دانه و عملکرد سنبله در اثر شوک گرما در مرحله گرده افشانی قابل انتظار بود، زیرا وقوع دمای زیاد در طول دوره گرده افشانی موجب کاهش شدیدی گردید که احتمالاً به دلیل مرگ گرده ها و صدمه دیدن فعالیت آنها است که به دنبال آن

جدول ۱ - بین صفات مربوط به عملکرد در شرایط بدون تنش و تنش ۴۰ °C در مرحله گرده افشانی

Table 4. Mean of yield related traits under normal and heat stress of 40°C conditions at anthesis stage

Trait	Growth condition	شرایط رشد	ژنوتیپ Genotype					Mean
			KC-7732	KC-7168	KC-4512	KC-4511	Atrak	
تعداد دانه در سنبله Grains per spike	Normal	عادی	20	21.7	20.7	16.3	39	23.5
	Stress		0	0	5	6.7	1	2.5
	Reduction percent	درصد کاهش	100	100	76	59	98	87
وزن هر دانه Single grain weight (mg)	Normal	عادی	36.9	28.2	26.2	28.1	24.5	28.8
	Stress		0	0	26.4	11.8	39.5	15.5
	Reduction percent	درصد کاهش	100	100	0	58	0	52
وزن دانه هر سنبله Grain weight per spike (mg)	Normal	عادی	740	610	550	560	950	682
	Stress		0	0	130	80	10	44
	Reduction percent	درصد کاهش	100	100	76	83	99	92
دوره پر شدن دانه Grain filling duration (days)	Normal	عادی	55	57	39	42	44	47
	Stress		19	31	32	26	34	28
	Reduction percent	درصد کاهش	65	46	12	48	23	39

گرفته دمای بالا موجب کاهش در تعداد دانه نمی شود (Tashiro and Wardlaw, 1990). شوک گرما در این همانند مرحله گرده افشانی اثرات کاملاً بی روی صفات وزن هر دانه، وزن دانه در بوته و طول دوره پر شدن دانه داشت (جدول ۱). ضمن اینکه اثر ژنوتیپ در تمامی صفات و اثر متقابل ژنوتیپ × در صفت طول دوره پر شدن دانه معنی دار شد. شوک گرما در این بزبان بسیار زیادی وزن هر

ج: شوک گرمای ۴۰ °C در مرحله پر شدن دانه اساسی مرکب وار، اثرات شوک گرمای ۴۰ °C در مرحله پر شدن دانه که روز پس از بان گرده افشانی اعمال شد (جدول ۱) بی روی بر تعداد دانه در سنبله نداشت. بقات قبلی نشان داد که تنش گرمای تدریجی حدود ۴۰ °C تا حدود هشت روز بعد از گرده افشانی باعث از بین رفتن دانه می شود، ولی بعد از این دوره که دانه شکل

مشابه با شرایط مزرعه‌ای ساخته بودند. ضمن اینکه کاهش وزن دانه هر سنبله بی‌بی‌سی از کاهش وزن هر دانه بود. بی‌بی‌سی از محققین کاهش عملکرد دانه تحت شرایط شوک گرما را با عدم توانایی باه برای بی‌بی‌سی و تبدیل محصولات فتوسنتزی به نشاسته تحت این شرایط مربوط دانسته‌اند (Jenner, 1991). بی‌بی‌سی متفاوت ژنوتیپ‌ها از تنش گرما در رابطه با صفات وزن هر دانه و وزن سنبله نشانگر ضرورت توجه به این صفات در غربالگری برای دیگر نشانگر امکان‌پذیر بودن انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به تنش گرما است.

همانند مرحله کرده‌افشانی، طول دوره پرشدن دانه کاهش زیادی داشت. در این مرحله کمتر. کاهش طول دوره پرشدن دانه در ژنوتیپ KC-4511 (درصد) و بالاترین درصد کاهش در ژنوتیپ KC-7168 (درصد) مشاهده شد. به طور کلی دوره پرشدن دانه در همه ژنوتیپ‌ها در اثر تنش گرما در مراحل کرده‌افشانی و پرشدن دانه کاهش پیدا کرد. که اینجبه قبلا هم در تنش بی‌بی‌سی تدریجی (Tashiro and Wardlaw, 1990) و هم در شوک گرما (Stone and Nicolas, 1995) دست‌آمده بود. اینکه تغییرات حاصل از تنش گرما در دوره پرشدن دانه، عامل اصلی در کاهش وزن هر دانه، بی‌بی‌سی شود و تفاوت بی‌بی‌سی ژنوتیپ‌ها در زمینه تحمل گرما در رابطه با عملکرد دانه، ناشی از تفاوت بی‌بی‌سی ژنوتیپ‌ها در سرعت و دوره پرشدن دانه تشخیص داده شده است (Stone and Nicolas, 1995). در تحقیق بی‌بی‌سی که کاهش وزن دانه کمتری داشتند کاهش در دوره پرشدن دانه کمتری نشان دادند. به عنوان مثال ژنوتیپ KC-7168 حساس‌تر ژنوتیپ‌ها در هر دو صفت طول دوره پرشدن دانه و وزن دانه در هر سنبله بود و ژنوتیپ KC-4511 در هر دو صفت مذکور بالاترین تحمل را نشان داد.

دانه و وزن دانه در کاهش داد و موجب چروکیدگی و بدشکلی دانه، (جدول ۱). درصد کاهش وزن هر دانه از ۱۰ درصد (در ژنوتیپ KC-7732) درصد (در ژنوتیپ KC-7168) و درصد کاهش وزن دانه در ۱۰ درصد (در ژنوتیپ KC-4511) درصد (در ژنوتیپ KC-7168) متفاوت بود. در مراحل اولیه پرشدن دانه، وزن هر دانه بی‌بی‌سی رابطه تنش گرما دارد (Stone and Nicolas, 1995; Gibson and Paulson, 1999). از طرف دیگر در محاسبات رعی و همراه با دمای بار بالا (حدود ۳۰ درجه سانتیگراد) در طول مرحله پرشدن دانه، ماده خشک به طور اساسی در قسمت بی‌بی‌سی باه تحت برقرار می‌ماند (Corbelini et al., 1997). در تحقیق بی‌بی‌سی تنش گرما در مراحل اولیه وزن هر دانه را در ژنوتیپ حساس درصد و در ژنوتیپ درصد کاهش داد (Stone and Nicolas, 1995). درصد کاهش وزن هر دانه پس از پنج روز تیمار گرما، که مشابه این آزمایش بود، برای ژنوتیپ حساس ۱۰ درصد و برای ژنوتیپ درصد بود (Stone and Stone, 1998b). در تحقیق بی‌بی‌سی عملکرد دانه، درصد و وزن هر دانه ۱۰ درصد در دمای ۳۰ °C (روز)، از روز پس از کرده‌افشانی، کاهش بی‌بی‌سی (Gibson and Paulsen, 1999). زمانیکه دما در طول مراحل جانی پرشدن دانه به طور ناگهانی مدت چهار روز افزایش (۳۰ °C)، عملکرد دانه ۱۰ درصد کاهش بی‌بی‌سی (Stone and Nicolas, 1994). بنابراین کاهش شدید حدود ۱۰ درصد وزن هر دانه قابل انتظار بود. درصد کاهش وزن هر دانه هر سنبله در این آزمایش (در ژنوتیپ KC-7168) درصد (در ژنوتیپ KC-4511) بود. این رابطه با درصد کاهش عملکرد دانه در آزمایش بی‌بی‌سی و پالسن (Gibson and Paulsen, 1999) بود که محیط تنش را

جدول ۱ - به واریانس مرکب اثرات تنش °C بر اجزای عملکرد در مرحله پر شدن دانه
Table 5. Combined analysis of variance for yield related traits under heat stress of 40°C at grain filling stage

Trait	Source of variation	درجه آزادی DF	بن مربعات Mean square	F	برات CV
اد دانه در سنبله Grains per spike	Environment (E)	1	12.03	0.94	12
	Rep./ E	4	12.77		
	Genotype (G)	4	565.2	23.78**	
	G * E	4	32.6	1.37	
	E	16	23.8		
وزن هر دانه Single grain weight	Environment (E)	1	1.48	246.6**	9
	Rep./ E	4	0.006		
	Genotype (G)	4	0.135	9.94**	
	G * E	4	0.005	0.814	
	E	16	0.014		
وزن دانه در هر سنبله Grain weight per spike	Environment (E)	1	0.744	186**	14
	Rep./ E	4	0.004		
	Genotype (G)	4	0.104	6.56**	
	G * E	4	0.036	0.109	
	E	16	0.016		
دوره پر شدن دانه Grain filling duration	Environment (E)	1	2358	649.6**	6
	Rep./ E	4	3.63		
	Genotype (G)	4	136.7	10.51**	
	G * E	4	224.2	17.24**	
	E	16	13		

* and **: Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively . / و / و : ** *

جدول ۱ - بن صفات مربوط به عملکرد در شرایط بدون تنش و تنش °C در مرحله پر شدن دانه
Table 6. Mean of yield related traits under normal and heat stress of 40°C at grain filling stage

Trait	شرایط رشد Growth condition	ژنوتیپ Genotype					Mean
		KC-7732	KC-7168	KC-4512	KC-4511	Atrak	
تعداد دانه در سنبله Grains per spike	Normal	20	21.7	20.7	16.3	39	23.5
	Stress	15	19.7	22	19	43	23.7
	Reduction percent درصد کاهش	25	0	0	9	0	6.8
وزن هر دانه Single grain weight (mg)	Normal	36.9	28.2	26.2	28.1	24.5	28.8
	Stress	22.7	11.1	14.2	14.8	10.7	14.7
	Reduction percent درصد کاهش	38	61	46	47	56	49.6
وزن دانه در Grain weight per spike (mg)	Normal	740	610	550	560	950	682
	Stress	340	220	310	340	470	336
	Reduction percent درصد کاهش	54	64	44	39	51	50.4
دوره پر شدن دانه Grain filling duration (days)	Normal	55	57	39	42	44	47
	Stress	31	20	27	31	27	27
	Reduction percent درصد کاهش	44	65	31	26	39	41

صفات مورد بررسی وزن کننده درصد از تغییرات وزن دانه در هر سنبله دانه در، در شرایط به رگرسیون گام به گام در شرایط تنش در مراحل گرده افشانی و پر شدن دانه انجام شد (جدول ۷). منظور از داده‌های دست آمده در زمان رسب‌نی کامل ژنوتیپ‌ها استفاده شد. در شرایط تنش در مرحله انی دوگانه وزن هر دانه اولی بود که وارد مدل شد و به تنهایی درصد از تغییرات وزن را به کرد. ی وارد شده به مدل، تعداد دانه هر بود که در مجموع درصد از تغییرات وزن را را توجیه کردند. در شرایط تنش در مرحله گرده افشانی تعداد دانه به عنوان اولین صفت وارد مدل شد و

کننده درصد از تغییرات وزن دانه در هر سنبله بود. با توجه به اینکه تنش گرما باعث کاهش شد. مداد دانه در سنبله در مرحله گرده افشانی (به طور درصد) است. در پر شدن دانه، تعداد دانه در سنبله و وزن هر دانه و درصد (در مجموع درصد) از رات وزن دانه در هر سنبله را توجه کردند که نشان‌دهنده اهمیت هر دو صفت مذکور عملکرد تحت شرایط تنش گرما در مرحله پر شدن دانه می‌باشد. قبلاً نی بار بالا (/) بن وزن، با تعداد دانه گزارش شده است (Warrington *et al.*, 1977).

جدول ۷ - به رگرسیون گام به گام مربوط به عملکرد سنبله تحت شرایط 35°C در مراحل برجستگی دوگانه، گرده افشانی و دوره پر شدن دانه

Table 7. Stepwise regression analysis for spike yield under treatment of heat stress of 35°C at double ridge, anthesis and grain filling stages

شرا، رشد growth condition	شماره گام	معادله رگرسیونی	R^2
با در مرحله برجستگی دوگانه	Fierst step	اول $Y = 0.156 + 16.99 \text{ (SGW)}$	0.647
Heat stress at double ridge stage	Second step	دوم $Y = -0.566 + 21.76 \text{ (SGW)} + 0.025 \text{ (GNS)}$	0.971
تنش گرما در مرحله گرده افشانی	Fierst step	اول $Y = 0.007 + 0.017 \text{ (GNS)}$	0.817
Heat stress at anthesis stage	Second step	دوم $Y = -0.001 + 0.015 \text{ (GNS)} + 2.28 \text{ (SGW)}$	0.880
تنش گرما در مرحله پر شدن دانه	Fierst step	اول $Y = 129 + 0.008 \text{ (GNS)}$	0.571
Heat stress at grain filling stage	Second step	دوم $Y = -0.19 + 0.12 \text{ (GNS)} + 16.19 \text{ (SGW)}$	0.960

وزن سنبله = Y، تعداد دانه در سنبله = GNS، وزن هر دانه = SGW

Y = Spike dry weight, GNS= No. of grain spike⁻¹, SGW = Single grain weight

ژنتیکی گندم در کلکسیون بانک ژن گیاهی ایران بافتن ژنوتیپ‌های سازگار با محیط‌های همراه با تنش امکان‌پذیر است؛ و غربال پیشرفته ژنوتیپ‌ها به کارگیری روش‌های ترکیبی ارزیابی تحمل به گرما در مراحل مختلف نمو که در اکتشافات قبلی ارائه شده است، می‌تواند همراه باشد.

مزارع گندم در بسیاری از مناطق جهان از جمله ایالات متحده آمریکا، استرالیا، مکزیک، و ایران در ارض دوره‌های کوتاه دمایی بار بالا قرار گرفته و خسارت می‌پذیرد (Dupont and Altenbach, 2003). بجز این آزمایش‌ها نشان‌دهنده وجود تنوع ژنتیکی در واکنش گندم‌های مورد بررسی در برابر این تنش بوده. بنابراین، زیاده

سپاسگزاری

ذخایر توارثی سی و بانک ژن کبی سی ایران.

قوات اصلاح و تهیه نهال و بذر اجرا

ق به صورت بخشی از طرح تحقیقی

گردید.

بقوات ژنتیک و

شماره

References

منابع مورد استفاده

ارشد، ی. و غ. عبادوز. بررسی اثرات تنش گرما بر روی توده، سی گندم موجود در بانک ژن. گزارش نهایی طرح
نی. بسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج.
رادمهر، م. بولوژی رشد و نمو گندم. انتشارات دانشگاه فردوسی.

Al-Khatib, K. and G. M. Paulsen. 1984. Mode of high temperature injury to wheat during grain development
Plant Physiol., 61: 363-368.

Anon. 1995. CIMMYT/NARS Consultancy on ME1 Bread Wheat Breeding. Wheat Special Report No. 38.
CIMMYT Int. Mexico, D. F.

Berry, J. and O. Bjorkam. 1980. Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher plants. Plant
Physiol., 3: 491-532.

Blumenthal, C., F. Bekes, P. W. Gras, E. W. R. Barlow and C. W. Wrigley. 1995. Identification of wheat
genotypes tolerant to effects of heat stress on grain quality. American Association of Cereal Chemists. 72:
539-544.

Corbellini, M., M. G. Canevar, L. Mazza, M. Ciaffi, D. Lafiandra and B. Borghi. 1997. Effect of duration
and intensity of heat shock during grain filling on dry matter and protein accumulation, technological quality
and protein composition in bread and durum wheat. Aust. J. Plant Physiol., 24: 245-260.

Dupont, F. M. and S. B. Altenbach. 2003. Molecular and biochemical impacts of environmental factors on
wheat grain development and protein synthesis. Cereal Sci., 38: 133-146.

Ferris, R., R. H. Ellis, T. R. Wheeler and P. Hadley. 1988. Effect of high temperature stress at anthesis on
grain yield and biomass of field-grown crops of wheat. Annals of Botany, 82 : 631-639.

Fokar, M., H. T. Nguyen and A. Blum. 1998. Heat tolerance in spring wheat. I. Genetic variability and
heritability of cellular thermotolerance. Euphytica, 104: 1-8.

Garcia del Moral, L. F., J. M. Ramos, M. B. Garcia Del Moral and P. Jimenez-Tejada. 1991. Ontogenetic
approach to grain production in spring barley based on path-coefficient analysis Crop Sci., 31: 1179-1185.

Gibson, L. R. and G. M. Paulsen. 1999. Yield components of wheat grown under temperature stress during
reproductive growth. Crop Sci. 39: 1841-1846.

Hunt, L. A., G. van der Poorten and S. Pararajasingham. 1991. Post anthesis temperature effects on duration
and rate of grain filling in some winter and spring wheats. Can. J. Plant Sci., 71: 609-617.

Jenner, C. F. 1991a. Effects of exposure of wheat ears to high temperature on dry matter accumulation and
carbohydrate metabolism in the grain of two cultivars. II. Carry-over effects. Aust. J. Plant Physiol., 18:
179-190.

Kirby, E. J. and M. Appleyard, 1984. Cereal development guide. Arable Unit., National Agriculture Centre,
Stone Leigh, Kenilworth, England.

- Li, C., W. Cao and T. Dai. 2001.** Dynamic characteristics of floret primordium development in wheat. *Field Crops Res.* 71: 71-76.
- Lucas, D. 1971.** Effects of the environment on morphogenesis of the shoot apex in wheat. Ph.D. Thesis, Univ. of Adelaide. Australia.
- Midmore, D. J., P. M. Cartwright and R. A. Fischer. 1984.** Wheat in tropical environments. II. Crop growth and grain yield. *Field Crops Res.*, 8: 207-227.
- Owen, P. C. 1971.** Responses of semi-dwarf wheat to temperatures representing a tropical dry season. 11. Extreme temperatures. *Exp. Agric.*, 7: 43-7.
- Rahman, M. S. and J. H. Wilson. 1978.** Determination of spikelet number in wheat. III. Effect of varying temperature on ear development. *Aust. J. Agric. Res.*, 29: 459-67.
- Rawson, H. M. 1993.** Radiation effects on rate of development in wheat growth under different photoperiods and high and low temperature. *Aust. J. Plant Physiol.*, 20: 719-727.
- Reynolds, M. P., M. Balota, M. I. B. Delgado, I. Amani and R. A. Fischer. 1994.** Physiological and morphological traits associated with spring wheat yield under hot, irrigated conditions. *Aust. J. Plant Physiol.*, 21: 717-30.
- Reynolds, M. P., J. I. Ortiz-Montasterio and A. McNab. 2001.** Application of physiology in Wheat Breeding. CIMMYT, Mexico, D. F., Mexico.
- Stone, P. J. and M. E. Nicolas. 1994.** Wheat cultivars vary widely in their responses of grain yield and quality to short periods of post-anthesis heat stress. *Aust. J. Plant Physiol.*, 21: 887-900.
- Stone, P. J. and M. E. Nicolas. 1995.** Comparison of sudden heat stress with gradual exposure to high temperature during grain filling in two wheat varieties differing in heat tolerance. I. Grain growth. *Aust. J. Plant Physiol.*, 22: 935-944.
- Stone, P. J. and M. E. Stone. 1998a.** Comparison of sudden heat stress with gradual exposure to high temperature during grain filling in two wheat varieties differing in heat tolerance. II. Fractional protein accumulation. *Aust. J. Plant Physiol.*, 25: 1-11.
- Stone, P. J. and M. E. Stone. 1998b.** The effect of duration of heat stress during grain filling on two wheat varieties in heat tolerance: grain growth and fractional protein accumulation. *Aust. J. Plant Physiol.* 25: 13-20.
- Tashiro, T. and I. F. Wardlaw. 1990.** The effect of high temperature at different stages of ripening on grain set, grain weight and grain dimensions in the semi-dwarf wheat 'Banks'. *Ann. Bot. (London)*, 65: 51-61.
- Wardlaw, I. F., L. Moncur and J. W. Patrick. 1995.** The response of wheat to high temperature following anthesis. II. Sources accumulation and metabolism by isolated kernels. *Aust. J. Plant Physiol.*, 22: 399-407.
- Wardlaw, L. F., C. Blumenthal, O. Larroque and C. Wrigely. 2002.** Contrasting effects of heat stress and heat shock on kernel weight and flour quality in wheat. *Funct. Plant Biol.*, 29: 25-34.
- Warrington, I. J., R. L. Dunstone and L. M. Green. 1977.** Temperature effects at three developmental stages on yield of the wheat ear. *Aust. J. Agric. Res.*, 28: 11-27.

Responses of wheat genotypes to heat stress at different developmental stages

Alikhani¹, M., J. Mozaffari², F. Darvish³ and Y. Arshad⁴

ABSTRACT

Alikhani, M., J. Mozaffari, F. Darvish and Y. Arshad. 2007. Responses of wheat genotypes to heat stress at different developmental stages. Iranian Journal of Crop Sciences. 9(1): 45-59.

Heat stress during crop developmental stages, particularly in reproductive phase, is considered a major factor reducing wheat yield in tropical and subtropical regions of the world. The effect of heat shock on yield components of five selected spring wheat genotypes was studied. The heat shock of 35°C and 40°C were imposed during double ridge, anthesis and grain filling stages under controlled environments (greenhouse and growth chamber). Genotypes responded differently to heat stress during all three stages. All genotypes except genotype KC-4511 were tolerant to heat stress of 35°C at double ridge stage of the shoot apex, while all genotypes examined were killed by the heat shock of 40°C at this stage. Heat shock of 40°C at anthesis dramatically reduced the number of grains per spike in genotypes Atrak, KC-4511 and KC-4512, while no kernel was produced in genotypes KC-7168 and KC-7732. Heat shock of 40°C at grain filling stage caused serious loss of grain weight and spike weight; however, it didn't have any significant effect on the number of grains per spike. Grain weight was reduced by 38% in genotype KC-7732 and 61% in genotype KC-7168. Spike weight reduction ranged from 39% in genotype KC-4511 to 64% in genotype KC-7168. According to the results of this research short periods of heat shock which may occur in wheat growing areas of Iran, could substantially reduce the wheat yield. Results reported here implies that in a wheat breeding program for heat tolerance, necessary attention should also be paid to genotypic variation for heat tolerance at anthesis stage, in addition to the grain filling stage, because heat stress, usually, takes place from anthesis stage in Iran.

Key words: Heat stress, Wheat development, Yield components, Heat tolerance, Genotypic variation.

Received: May, 2007

1- Former MSc. Student, Science and Research Unit, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2- Faculty member, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran (Corresponding author)

E-mail address: jmozafar @ yahoo.com

3- Professor, Science and Research unit, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

4- Faculty member, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran.