

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

علی‌اکبر جواد، جواد باقری، فرخ درو، و یوسف ارشد

چکیده

علی‌اکبر جواد، جواد باقری، فرخ درو، و یوسف ارشد. واکنش ژنوتیپ‌های نادم نان به تنش گرما در مراحل مختلف نمو. مجله علوم زراعی ایران. ۱۳۹۳؛ ۹(۱): ۴۵-۵۵.

نمونه‌ها در طول مراحل رشد و نمو، ویژه مراحل نمو زایی (کی از مهمترین مراحل محدود کننده عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) در مناطق گرمساری و نایب‌های نادم نان در اثرات شوک گرمای 30°C و 40°C در مراحل برجستگی دوگانه نهایی، گرده‌افشانی و پر شدن دانه بر اجزای عملکرد، ژنوتیپ انتخاب شده از گرم، نادم نانک ژن گابی ای ایران در شرایط کنترل شده گلخانه و اتاقک رشد (۱۶ اعمال تنش) بررسی گردید. واکنش ژنوتیپ‌های مورد بررسی نسبت به تنش گرما در مراحل مختلف رشد و نمو متفاوت بود؛ به طوریکه همه ژنوتیپ‌های جز ژنوتیپ KC-4511 نسبت به دمای $40 \pm 1^{\circ}\text{C}$ به مدت ۱۶ ساعت در روز برای یک دوره پنج روزه در مرحله برجستگی دوگانه تحمل نشان دادند. در آنکه شوک دمای 40°C در آنجا که بین رفتن ژنوتیپ‌های شوک گرمای 40°C در مرحله گرده افشانی، کاهش بسیار شدت تعداد دانه در ژنوتیپ‌های اترک، KC-4511 و KC-4512 و موجب عدم تشکیل دانه در ژنوتیپ‌های KC-7732 و KC-7168 گردید. شوک گرمای 40°C در مرحله پر شدن دانه موجب کاهش وزن هر دانه و وزن دانه در ژنوتیپ‌های گندم مورد بررسی شد در حالیکه نتایج داری بر تعداد دانه در نداشت. وزن هر دانه در ژنوتیپ‌های KC-7732 و KC-7168 و 40% و 30% کاهش پیدا کرد. کاهش وزن دانه از 40% در ژنوتیپ KC-4511 و 30% در ژنوتیپ KC-7168 بود. اساساً، یک دوره ای کوتاه شوک گرما که احتمال وقوع این نوع تنش نیز در مزارع گندم ایران محتمل است، برز آشکاری باعث کاهش عملکرد گندم می‌شود. نتایج نشان داد 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 گندم ای ایرانی در واکنش به تنش گرما در گرده‌افشانی، پر شدن دانه، زبر 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: ۱۳۹۳/۰۷/۰۵

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

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

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

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

نتیجه‌گیری

تنش گرما در طول مراحل اولیه و بلوغ و بهاره در اقل‌کشت‌های کاشته شده و پر شدن دانه منجر به کاهش عملکرد و کبالت‌کندم (*Triticum aestivum* L.) می‌شود (Hunt et al., 1991; Stone and Nicolas, 1995; Gibson and Paulsen, 1999). تنش در اقل‌کشت‌ها در کشورهایی که توسعه وجود دارد که بیش از ۱۰ کشور این نوع تنش را در طول دوره‌های رشد و نمو کبالت‌کندم تجربه می‌کنند. ضمن اینکه تنش گرمای انتهای اقل‌کشت‌ها نیز مشکل ۱۰ درصد از مناطق معتدل جهان است که اقل‌کشت‌ها را شامل می‌شود (Reynolds et al., 2001). علاوه بر این، تنش در اقل‌کشت‌ها در کشاورزی (NARSs³) در کشورهای در حال توسعه، تنش گرما در مناطق اقل‌کندم را به عنوان یکی از مهمترین اهداف تحقیقاتی آن کشورها شناسایی کرده است (Anon, 1995).

ظهور تنش در دو کانه اقل‌کشت‌های اقل‌کندم و نمو جنبه‌ای که مصادف با مرحله پنجه‌دهی است، به عنوان اولین فرآیندهای غلات شناخته می‌شود و پتانسیل اقل‌کندم در این مرحله شکل می‌گیرد (Kirby and Appleyard, 1984). تنش در اقل‌کشت‌ها در اقل‌کندم و منفی دوره‌های اقل‌کندم و اقل‌کندم ایجاد شده بعد از اقل‌کندم و بهاره پتانسیل اقل‌کندم دارد (Garcia Del Moral et al., 1991).

دما، طول روز و ژنوتیپ اقل‌کندم اصلی اثرگذار روی رشد و نمو اقل‌کندم انتهای اقل‌کندم بهاره بهاره شمار می‌آید. دما یکی از مهمترین عواملی است که فرآیندهای رشد و نمو را در کبالت‌کندم تحت تاثیر قرار می‌دهد (Kirby and Appleyard, 1984). در بسیاری از اقل‌کندم تاریخ کاشت نامناسب کبالت‌کندم یکی از علل مواجه شدن زراعت کبالت‌کندم با تنش گرمایی اقل‌کندم

(Rawson, 1993). تعداد کلچه‌های اقل‌کندم در کبالت‌کندم به طور معنی‌داری کمتر از تعداد کلچه‌های کبالت‌کندم کاشته شده در تاریخ کاشت مناسب گزارش شده است که اقل‌کندم دابل دوره رشد رویش اقل‌کندم در تاریخ کاشت مناسب بود (Li et al., 2002). از طرفی وقوع دوره‌های کوتاه دمایی زیاد (بیشتر از ۳۰°C) در طول دوره پر شدن دانه کبالت‌کندم در مناطقی مانند ایران و استرالیا و آمریکا عادی است (Stone and Nicolas, 1994). این امر در مناطق مهم کشت کبالت‌کندم کشور مانند استان‌های خوزستان، فارس، خراسان و بسیاری از استان‌های دیگر اقل‌کندم کشور موجب ضرر و زیان قابل توجهی می‌شود (رادمهر، ۱۳۹۳).

تنش با کوتاه کردن دوره‌های اقل‌کندم کاهش در اندازه کبالت‌کندم و میزان زیست توده اقل‌کندم (Midmore et al., 1984). علاوه بر این، تنش در افزایش در تنفس کبالت‌کندم (Berry and Bjorkam, 1980) و کاهش در تنش گرما گزارش نموده‌اند. تنش اقل‌کندم ناشسته در دانه‌های در حال رشد (Jenner, 1991) کاهش تعداد اقل‌کندم در گیاه و تعداد دانه در اقل‌کندم و کاهش وزن دانه (Warrington et al., 1977) و اقل‌کندم (Alkhatib and Paulsen, 1984) نیز در نتایج اقل‌کندم گرما اتفاق می‌افتد که در نهایت منجر به کاهش عملکرد کبالت‌کندم می‌گردد. طوریکه ۱۰ درصد کاهش عملکرد کبالت‌کندم به ازای هر درجه افزایش دما اقل‌کندم در ۳۰°C در اقل‌کندم رشد یافته تحت شرایط کنترل شده گزارش شده که اقل‌کندم میزان کاهش در شرایط مزرعه‌ای اقل‌کندم بوده است (Gibson and Paulsen, 1999).

در بررسی‌های متعددی جهت غربال ژنوتیپ‌های اقل‌کندم با استفاده از صفات فیزیولوژیکی اقل‌کندم (Fokar et al., 1998)

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 ارزشی تنش گرما و نیتروژن برای اصلاحی برای انتخاب در جهت افزایش تولیدی دمای کره زمین در سالهای اخیر) افزایش CO_2 موجود در جو، افزایش و نیز طرح های جهت خودکفایی محصول گندم در کشور بر اهمیت مطالعات بیشتر در زمینه های مختلف افزایش در اثرات شوک گرما در مراحل مختلف مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش

چهار ژنوتیپ گندم بهاره از کلکسیون گندم بانک ژن کبکی ای ایران که قبلاً در آزمایش های مشاهده ای مزرعه ای ارزشی تحمل به تنش گرما انتخاب شده بودند، شامل ژنوتیپ های KC-4511 و KC-4512 و KC-7168 (محصولات ایران و ژنوتیپ KC-773 (بمه حساس به گرما) (ارشد و عبادوز، ۱۳۸۸) به همراه رقم تجارتنی اترک، که به عنوان رقم متحمل به گرما در مرکز ملی بقات ذرت و گندم (CIMMYT¹) آزاد شده است، برای این آزمایش انتخاب شدند. برای این منظور تعداد ده بذری از هر ژنوتیپ در مخلوط خاک برگ غنی شده و ماسه بادی در گلدان های پلاستیکی ۱۰/۱۰/۱۰ سانتی متر در کلخانه بانک ژن کبکی ای ایران در تاریخ ۲۲ بهمن سال ۱۳۸۸ در کرج کاشته شد. از آنجایی که خاک برگ مورد استفاده با مواد غذایی مورد نیاز گیاه های شده بود تنها در مراکز رقتن و آبتنی گیاهان کود ازت ۱۰۰ کیلوگرم در هر گلدان داده شد. یک هفته پس از ظهور گیاه ها بکنواخت انتخاب و بقیه حذف شدند. در هر دو شرایط تنش و نرمال، آبیاری به طور مرتب انجام شد تا از وقوع تنش خشکی گیاه ها جلوگیری شود. ژنوتیپ های مورد بررسی برای ۱۰۰ روز در قالب یک طرح کاملاً

توازن افت دمای (Reynolds et al., 1994) و میزان هدایت روزنه ای برگ (Reynolds et al., 2001) و ارزش غذایی (Alkhatib and Paulsen, 1984) گزارش گردیده است. بین مطالعات زیستادی در زمینه ارزش غذایی و ارزش تغذیه ای اساسی بر اجزای عملکرد در مزرعه (Ferris et al., 1998) و اتاقل رشد (Wardlaw et al., 2002) و اتاقل رشد (Stone and Nicolas, 1995; Stone and stone, 1998a; Stone and stone, 1998b; Corbellini et al., 1997; Gibson and Paulsen, 1999) صورت گرفته است.

برای ارزشی اثرات مختلف بر اجزای عملکرد گندم و نیز کبکی آرد گندم از دو روش در محله های کنترل شده استفاده شده است: درجه سانتیگراد اثرات تنش تدریجی دما تا ۲۰ درجه سانتیگراد (Tashiro and Wardlaw, 1990; Wardlaw et al., 1995) مورد بررسی قرار گرفته و مطالعاتی که در آن شوک گرما در دامنه ۲۰-۳۰ درجه سانتیگراد (که مشابه شوک 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 سانتیگراد در ساعت (Stone and Nicolas, 1994; Stone and stone, 1998a; Stone and stone, 1998b) و با افزایش دما از ۲۰°C در طول ۱۰ دقیقه (Stone and Nicolas, 1995; Stone and stone, 1998a) اعمال شده است. لازم به ذکر است که خسارت گزارش شده ناشی از گرما در مزرعه به مراتب بالاتر از شرایط مشابه در محله های کنترل شده بوده است (مرور شده با وسایل (Gibson and Paulsen, 1999).

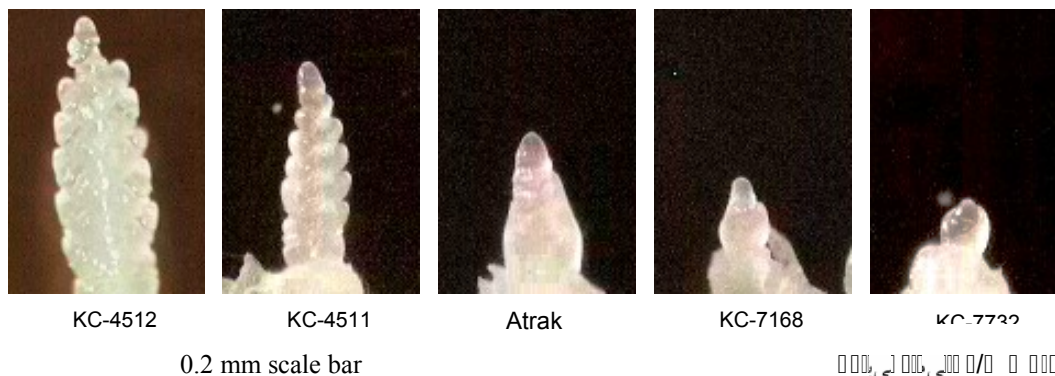
با وجود اینکه ایران از جمله کشورهایی است که آبیاری از مناطق مهم کشت گندم آن به ارزشی انتهایی (و البته دوره های کوتاه دمای ۱۰)

1- International Maize and Wheat Improvement Center = CIMMYT

نتیجه و بحث

نتیجه ژنوتیپ های مورد بررسی گندم نان از نظر ورود به مراحل نمو زاینده (مرحله گذر از فاز رویش به فاز زاینده) که با مشاهده اولیاد ژنوتیپ های دوگانه مرئی انتهایی (شکل ۲) می شود (وجود تنوع ژنتیکی در بین ژنوتیپ های بود (شکل ۲)). سطح و آغاز در ژنوتیپ های KC-7732 هنوز در مرحله رویش بود در ژنوتیپ KC-4511 آغاز سنبلچه و گلوم تشکیل شده بود. اثر تنش در اعمال شده در مراحل زاینده دوگانه آغاز شدن کرده افشانی و پر شدن دانه بر روی صفات ارزشی شده پس از انجام تجزیه واریانس مرکب داده شده در دو محیط تنش و بدون تنش (مطلوب) و صفات مرتبط با عملکرد مورد بررسی قرار .

دوره رشد زایشی (تعداد روز از شروع مرحله زایشی دوگانه تا رسیدگی کامل)، دوره پر شدن دانه (تعداد روز از پایان کرده افشانی تا زمانیکه گیاه کاملاً خشک شده و رنگ سبزی در آن باقی نمانده باشد) ارتفاع گیاه (فاصله از سطح خاک تا انتهای) در گیاهان تنش دیده و تنش ندیده یادداشت برداری شد و واکنش ژنوتیپ ها 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 ها بر صفات مورد بررسی با استفاده از نرم افزار SAS در سطوح ۱/۱ و ۱/۱۰، تجزیه رگرسیون گام به گام در سه مرحله با استفاده از نرم افزار SPSS و مقایسه میانگین در مرحله برجستگی دوگانه با روش دانکن در سطح ۱ درصد با استفاده از نرم افزار SPSS 12 انجام شد.



شکل ۲- تنوع ژنوتیپ های مورد بررسی از نظر رشد و نمو ۳۰ 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 30°C در مرحله برجستگی دوگانه (جدول ۱) نشان داد که گندم نان مورد بررسی از نظر این صفات تفاوت معنی دار داشتند علاوه بر آن واکنش آن در محیط تنش و بدون تنش متفاوت است. ضمن اینکه این تنش بر صفات وزن هر دانه و وزن دانه در هر سنبله و ارتفاع بوته تأثیر معنی دار داشت. جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب برای صفات در دو محیط تنش و بدون تنش در مرحله برجستگی دوگانه

الف: نتایج تجزیه واریانس در 30°C و 35°C در مرحله دوگانه
نتایج دار شدن اثر ژنوتیپ برای تمام صفات اندازه گیری شده مرتبط با عملکرد و برهمکنش ژنوتیپ و سنبلچه در سنبله و تعداد دانه در سنبله در تجزیه واریانس جدول ۱- 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	مربعات Mean square	F	ضرایب Coefficient of variation
طول دوره رشد رویشی Vegetative duration	Environment (E)	1	0.13	0.12	2
	Rep./ E	4	1.03		
	Genotype (G)	4	561.2	502**	
	G * E	4	1.63	1.46	
	E	16	1.12		
طول دوره رشد زایشی Reproductive duration	Environment (E)	1	5.63	3.25	2.43
	Rep./ E	4	1.73		
	Genotype (G)	4	398.8	105.6**	
	G * E	4	20.2	536**	
	E	16	3.78		
تعداد روز تا ظهور سنبله Days to flowering	Environment (E)	1	2.13	2	1.84
	Rep./ E	4	1.06		
	Genotype (G)	4	528.4	304.9**	
	G * E	4	16.21	6.39**	
	E	16	1.73		
تعداد سنبله در سنبله Spikelets per spike	Environment (E)	1	0.3	0.13	6
	Rep./ E	4	2.27		
	Genotype (G)	4	26.2	32.41**	
	G * E	4	4.47	5.53**	
	E	16	0.81		
تعداد دانه در سنبله Grains per spike	Environment (E)	1	4.03	0.19	9.6
	Rep./ E	4	20.87		
	Genotype (G)	4	141.7	25.9**	
	G * E	4	27.5	6.6**	
	E	16	4.2		
وزن هر دانه Single grain weight	Environment (E)	1	0.09	30**	13
	Rep./ E	4	0.003		
	Genotype (G)	4	0.309	18.15**	
	G * E	4	0.042	2.5	
	E	16	0.017		
وزن دانه در هر سنبله Grain weight per spike	Environment (E)	1	65.3	6.66**	11
	Rep./ E	4	9.81		
	Genotype (G)	4	63.4	7**	
	G * E	4	7.3	0.81	
	E	16	9.06		
ارتفاع بوته Plant height	Environment (E)	1	85	4.27*	7.4
	Rep./ E	4	19.9		
	Genotype (G)	4	1445.1	57.6**	
	G * E	4	63.2	2.52	
	E	16	25.08		

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

* و **: ضرایب تغییرات در سطوح 0.05 و 0.01.

ژنوتیپ ها نشان نداد. ولی با این وجود صفت تعداد روز
 در رفتن در رقم اترک کاهش معنی دار و در
 ژنوتیپ های KC-7732 و KC-7168 افزایش در
 نشان داد. تنش گرما در این شرایط در
 رشد و نمو ژنوتیپ KC-7732 شد که پس از اتمام دوره
 به رشد طبعی خود ادامه داد. احتمالاً
 توقف در رشد باعث افزایش تعداد روز تا سنبله رفتن
 در این رقم است. کاهش ارتفاع ساقه در این ژنوتیپ
 احتمالاً از این جهت می باشد که در این رقم
 باعث خشک شدن کلپه گیاهان شد.
 مطالعات انجام شده قبلی در رابطه با تنش در این
 مرحله به سه گروه کلی می شود: ۱) تنش که
 در این مرحله گرما در این مرحله بر رشد و
 نمو گیاهان مشاهده نشد (Owen, 1971) ۲) تنش که

این صفات (جدول ۲) نشان داد در اثر این
 تعداد سنبله در هیچ کدام از ژنوتیپ های مورد
 بررسی کاهش معنی دار نداشت ولی تعداد دانه در
 ژنوتیپ اترک کاهش معنی دار نشان داد. وزن هر دانه و
 وزن دانه هر سنبله نیز جز در ژنوتیپ KC-4511 در
 ژنوتیپ ها با کاهش معنی دار همراه نبود. اعمال تنش در
 این مرحله باعث پژمردگی برگ ها و
 سفید شدن گیاه در ژنوتیپ KC-4511 می
 رسد صدمه وارده در این مرحله باعث کاهش پتانسیل
 عملکرد در این رقم و در نتیجه کاهش وزن هر دانه
 و وزن دانه در این رقم می باشد. 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 در این شرایط

جدول ۲- این صفات مختلف در دو شرایط ۳۵°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

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

*: تفاوت معنی دار 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 30°C در مرحله گرده افشانی

در مرحله گرده افشانی نشان دهنده تغییر کاملاً بی‌دار (جدول ۳). در اثر شوک گرما در این مرحله تعداد دانه با کاهش بسیار شدیدی روبرو شد (جدول ۳). به طوریکه ژنوتیپ‌های KC-7732 و KC-7168 دانه‌ای تشکیل ندادند و دیگر ژنوتیپ‌ها نیز به میزان بسیار کمی دانه کردند. این تعداد دانه تشکیل شده در ژنوتیپ‌ها

در آنها تنش گرما باعث تغییر در مدت زمان پیدایش اذین شد ولی به تعداد سنبلیچه نداشت (Lucas, 1971) و آزمایش‌هایی که در آن‌ها در این مرحله باعث کاهش تعداد سنبلیچه گردید (Rahman and Wilson, 1978). این تفاوت و اختلاف در نتایج گزارش شده به میزان واکنش ژنوتیپ‌ها انتخابی نسبت داده شده است (Rahman and Wilson, 1978). با وجود اینکه ژنوتیپ‌های KC-4511 و KC-7732 به این تنش دادند ولی عدم تاثیر قابل توجه تنش گرمای 30°C در این آزمایش ممکن است به ژنوتیپ‌های مورد بررسی و واکنش‌های نسبتاً پایین آنها نسبت به تنش گرما در

جدول ۳- واریانس مرکب اثرات تنش گرمای 30°C در مرحله گرده افشانی

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

Source of variation	DF	Mean square	F	ضریب تغییرات CV
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		
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		
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		
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

* و **: معنی دار در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱.

عملکرد دانه در بوته گندم به طور اساسی کاهش می یابد (Ferris et al., 1998). دوره پر شدن دانه (تعداد روز از جوانی گرفته افشانی تا زمانیکه گیاه به طور کامل خشک شود) نیز با کاهش قابل توجهی همراه بود. نکته قابل توجه اینک بالاترین درصد کاهش در طول این دوره در ژنوتیپ KC-7732 (۱۱ درصد) و KC-7168 (۱۱ درصد) که دانه ای تشکیل نداده بودند مشاهده شد. کمترین درصد کاهش نیز در ژنوتیپ KC-4512 (۱۱ درصد) دیده شد.

KC-4511 مشاهده شد که مبنای این صفت در این ژنوتیپ به طور متوسط ۱۱ 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 شدید عملکرد گیاه می گردد که احتمالاً این مسئله به دلیل مرگ گرده ها و صدمه دیدن فعالیت آن ها است که به دنبال آن

جدول ۴- بیان 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

صفات	شرایط رشد	Genotype	ژنوتیپ					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	تنش	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	تنش	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	تنش	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	تنش	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 مرحله همانند مرحله گرده افشانی اثرات کاملاً منفی دارد. روی صفات وزن هر دانه، وزن دانه در سنبله و طول دوره پر شدن دانه داشت (جدول ۴). ضمن اینکه اثر ژنوتیپ در تمامی صفات و اثر متقابل ژنوتیپ × شوک گرما در این خصوص نیز بسیار زیادی وزن هر

ج: شوک گرمای ۴۰°C در مرحله پر شدن دانه
اساساً بر مبنای ترکیب وار، اثرات شوک گرمای ۴۰°C در مرحله پر شدن دانه که روز پس از جوانی گرفته افشانی اعمال شد (جدول ۴) می داری بر تعداد دانه در سنبله نداشت. تفاوت 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

04

جدول ۵- به واریانس مرکب اثرات تنش ۴۰°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

صفات	منابع تغییرات	درجه آزادی	میان مربع	F	CV
Trait	Source of variation	DF	Mean square	F	CV
تعداد 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		

* و **: Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively. و/و: در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱.

جدول ۶- بین صفات مربوط به عملکرد در شرایط بدون تنش و تنش ۴۰°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

صفات	شرایط رشد	ژنوتیپ	Genotype					میان
			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	تنش	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	عادی	36.9	28.2	26.2	28.1	24.5	28.8
	Stress	تنش	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 ۱۰۰۰ دانه Grain weight per spike (mg)	Normal	عادی	740	610	550	560	950	682
	Stress	تنش	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	عادی	55	57	39	42	44	47
	Stress	تنش	31	20	27	31	27	27
	Reduction percent	درصد کاهش	44	65	31	26	39	41

وزن و دانه در شرایط تنش در مراکز تولیدی دوگانه، کرده‌افشانی و پر شدن دانه انجام شد (جدول ۱). منظور از داده‌های دست‌آمده در زمان رسیدن کامل ژنوتیپ‌ها استفاده شد. در شرایط تنش در مرحله دوگانه وزن هر دانه اولیه و نهایی بود که وارد مدل شد و به تنهایی درصد از تغییرات وزن، را به کرد. و نهایی درصد از تغییرات وزن، را توجیه کردند. در شرایط تنش در مرحله کرده‌افشانی تعداد دانه به عنوان اولین صفت وارد مدل شد و

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

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

مزارع گندم در بسیاری از مناطق جهان از جمله
 ایالات متحده آمریکا، استرالیا، مکزیک،
 و ایران در معرض دوره‌های کوتاه دمای
 قرار گرفته و خسارت می‌باشد (Dupont and Altenbach, 2003).
 نتایج این آزمایش نشان‌دهنده وجود تنوع
 ژنتیکی در واکنش گندم‌های مورد بررسی در
 برابر این تنش بوده. بنابراین، ایجاد

این سند به صورت بخشی از طرح تحقیقاتی شماره - - - - - ثبت شده و

- 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.