

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

سید علی حسینی^۱، جواد باقری^۲، فرخ درویش^۳ و یوسف ارشد^۴

چکیده

سید علی حسینی، م. ج. باقری، ف. درویش و ی. ارشد. واکنش ژنوتیپ‌های گندم نان به تنش گرما در مراحل مختلف نمو. مجله علوم زراعی ایران. ۱۳۹۴: ۴۵-۵۵.

گندم نان در طول مراحل رشد و نمو، ویژه مراحل نمو زایشی یکی از مهمترین عوامل محدود کننده عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری است. در این تحقیق اثرات شوک گرمای ۳۰°C و ۳۵°C در مراحل برجستگی دوگانه، انتهای گرده افشانی و پر شدن دانه بر اجزای عملکرد، ژنوتیپ انتخاب شده از گرم، گندم بانک ژن گیتی ای ایران در شرایط کنترل شده گلخانه و اتاقک رشد (۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی) بررسی گردید. واکنش ژنوتیپ‌های مورد بررسی نسبت به تنش گرما در مراحل مختلف رشد و نمو متفاوت بود؛ به طوریکه همه ژنوتیپ‌های KC-4511 جز ژنوتیپ KC-4512 نسبت به دمای ۳۵°C به مدت ۱۶ ساعت در روز برای یک دوره پنج روزه در مرحله برجستگی دوگانه تحمل نشان دادند. در حالی که شوک دمای ۳۵°C در این ژنوتیپ‌ها از بین رفتن دانه‌ها، شوک گرمای ۳۵°C در مرحله گرده افشانی و کاهش بسیار شدیدی در 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 ۳۵°C در مرحله پر شدن دانه موجب کاهش وزن هر دانه و وزن ۱۰۰۰ دانه در ژنوتیپ‌های گندم مورد بررسی شد. در حالی که تفاوت‌های داری بر تعداد دانه در گندم نداشت. وزن هر دانه در ژنوتیپ‌های KC-7732 و KC-7168 ۱۰٪ و ۱۵٪ کاهش پیدا کرد. کاهش وزن ۱۰۰۰ دانه نیز از ۱۰٪ در ژنوتیپ KC-4511 تا ۲۰٪ در ژنوتیپ KC-7168 بود. بر اساس نتایج این تحقیق دوره زایشی کوتاه شوک گرما که احتمال وقوع این نوع تنش نیز در مزارع گندم ایران محتمل است، برز آشکاری باعث کاهش عملکرد گندم می‌شود. این تحقیق 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 ایرانی در واکنش به تنش گرما در مرحله گرده افشانی و پر شدن دانه توجه 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: ۱۳۹۴/۰۷/۰۵

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 سبزی و بهاره و بهاره در حال گرده‌افشانی و پر شدن دانه منجر به کاهش عملکرد و کبالت گندم (*Triticum aestivum* L.) می‌شود (Hunt et al., 1991; Stone and Nicolas, 1995; Gibson and Paulsen, 1999). تنش در سبزی و بهاره در کشورهایی که به دلیل توسعه وجود دارد که بیش از ۱۰ کشور این نوع تنش را در طول دوره سبزی و بهاره می‌کنند. ضمن اینکه تنش گرمای انتهای سبزی و بهاره نیز مشکل ۱۰ درصد از مناطق معتدل جهان است که ۱۰ هکتار را شامل می‌شود (Reynolds et al., 2001). علاوه بر این، تنش در سبزی و بهاره در کشاورزی (NARSs³) در کشورهای در حال توسعه، تنش گرما در مناطق سبزی و بهاره به عنوان یکی از مهمترین اهداف تحقیقاتی آن کشورها شناسایی کرده است (Anon, 1995).

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

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

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

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

در بررسی‌های متعددی جهت غربال ژنوتیپ‌های سبزی و بهاره با استفاده از صفات فیزیولوژیکی سبزی و بهاره (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، (۱۳۸۳) مطالعات جهت ارزشی تنش گرما و نیاز تلاش های اصلاحی برای انتخاب در جهت: افزایش درجه بندی دمای دمای کره زمین در سال های اخیر، دلایل افزایش CO_2 موجود در جو، افزایش درجه بندی جهت خود کفایی محصول گندم در کشور بر اهمیت مطالعات بیشتر در زمینه: انتخاب درجه بندی افزایش درجه بندی اثرات شوک گرما در مراحل: مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش

چهار ژنوتیپ گندم بهاره از کلکسیون گندم بانک ژن کبکی سی ایران که قبلاً در آزمایش های مشاهده ای مزرعه ای ارزشی تحمل به تنش گرما انتخاب شده بودند، شامل ژنوتیپ های KC-4511، KC-4512 و KC-7168 (۱۳۸۳) و ژنوتیپ KC-773 (بیمه حساس به گرما) (ارشد و عبادوز، ۱۳۸۳) 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 سانتی متر در کلخانه بانک ژن کبکی سی ایران در تاریخ ۲۲ بهمن سال ۱۳۸۳ در کرج کاشته شد. از آنجایی که خاک برگ مورد استفاده با مواد آلی مورد نیاز گیاه آبی شده بود تنها در مراکز رقتن و آبستنی گیاهان کود ازت ۱۰۰ کیلوگرم در هر گلدان داده شد. یک هفته پس از ظهور گیاهان بکاربرد بکاربرد انتخاب و بقیه حذف شدند. در هر دو شرایط تنش و نرمال، آبیاری به طور مرتب انجام شد تا از وقوع تنش خشکی گیاهان جلوگیری شود. ژنوتیپ های مورد بررسی برای ۱۰۰ روز در قالب یک طرح کاملاً

یزان افت دمای (Reynolds et al., 1994) و نیاز هدایت روزنه ای برگ (Reynolds et al., 2001) و ارزشی (Alkhatib and Paulsen, 1984) گزارش گردیده است. بین مطالعات زیستادی در زمینه ارزشی (۱۳۸۳) اساس (۱۳۸۳) بر اجزای عملکرد در مزرعه (Ferris et al., 1998) و اتاقک رشد (Wardlaw et al., 2002) (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 (۱۳۸۳) بر اجزای عملکرد گندم و نیز کبکی آرد گندم از دو روش در محله های کنترل شده استفاده شده است: (۱۳۸۳) که در آن 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 از 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 (۱۳۸۳) درجه بکاربرد در ساعت (۱۳۸۳) (Stone and Nicolas, 1995; Stone and stone, 1998a) و با افزایش ۱۰ درجه از ۲۰°C در طول ۱۰ دقیقه (Stone and Nicolas, 1995; Stone and stone, 1998a) اعمال شده است. لازم به ذکر است که خسارت های گزارش شده ناشی از گرما در مزرعه به مراتب بالاتر از (۱۳۸۳) مشابه در محله های کنترل شده بوده است (مرور شده با وسب (Gibson and Paulsen, 1999).

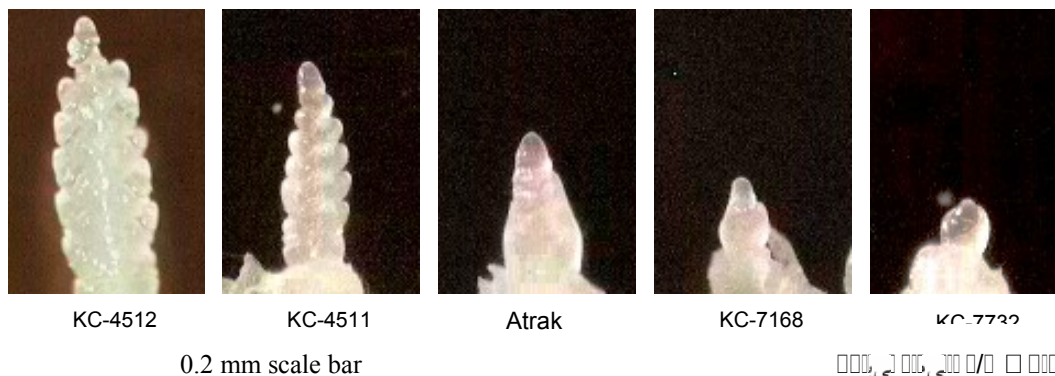
با وجود اینکه ایران از جمله کشورهایی است که آبیاری از مناطق مهم کشت گندم آن به (۱۳۸۳) انتهای (۱۳۸۳) و (۱۳۸۳) دوره های کوتاه دمای (۱۳۸۳)

1- International Maize and Wheat Improvement Center = CIMMYT

نتیجه و بحث

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

دوره رشد زایشی (تعداد روز از شروع مرحله مرئی 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 مرئی) 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 مرئی ها بر صفات مورد بررسی با استفاده از نرم افزار SAS در سطوح مرئی و مرئی، 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 درصد با استفاده از نرم افزار SPSS 12 انجام شد.



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

الف: مرئی مرئی 30°C و 30°C در مرئی مرئی
دوگانه
نی دار شدن اثر ژنوتیپ برای تمام صفات اندازه مرئی شده مرتبط با عملکرد و برهمکنش ژنوتیپ و مرئی برای صفات طول ساقه، دوره زاینی، تعداد سنبلیچه در سنبلیچه و تعداد دانه در سنبلیچه در تجزیه واریانس جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب برای صفات در دو محیط تنش و بدون تنش در مرحله برجستگی دوگانه

در دمای °C ۳۵

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 ۰/۰۵ و ۰/۰۱.

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

بن صفت (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 کلپه جز در ژنوتیپ KC-4511 در این
 ژنوتیپ ها با کاهش معنی دار همراه نبود. اعمال تنش در
 این مرحله باعث پژمردگی برگ ها و
 سف شدن گیاه در ژنوتیپ KC-4511. این سف شدن
 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 شرایط. 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 معنی داری در داخل

جدول ۲- بن صفت 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

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 کلپه در سنبله)	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 کلپه)	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 (سانتی متر)	Normal	85	85	56	63	55	68.8
	Stress	76*	87	57	62	50	66.4

*: تفاوت معنی دار بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ 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 این مرحله واریانس مرکب اثرات شوک گرمای 30°C در مرحله گرده افشانی نشان دهنده تنوع بسیار کم (جدول ۳). در اثر شوک گرما در این مرحله تعداد دانه با کاهش بسیار شدیدی روبرو شد (جدول ۳). به طوریکه ژنوتیپهای KC-7168 و KC-7732 دانه‌های تشکیل دهنده ندادند و دیگر ژنوتیپهای KC-7732 و KC-7168 نیز به میزان بسیار کمی دانه کردند. این تعداد دانه تشکیل شده در ژنوتیپهای

در آنها تنش گرما باعث تغییر در مدت زمان پیدایش اذین شد ولی بهر حال تعداد سنبلیچه نداشت (Lucas, 1971) و آزمایش‌هایی که در آن‌ها انجام شد در این مرحله باعث کاهش تعداد سنبلیچه گردید (Rahman and Wilson, 1978). این تفاوت و اختلاف در نتایج گزارش شده به میزان واکنش ژنوتیپ‌های 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	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 های KC-7732 (۲۲ درصد) و KC-7168 (۲۲ درصد) که دانه ای تشکیل نداده بودند مشاهده شد. کمترین درصد کاهش نیز در ژنوتیپ KC-4512 (۲۲ درصد) دیده شد.

KC-4511 مشاهده شد که مبنای این صفت در این ژنوتیپ به طور متوسط ۱/۴ 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	ژنوتیپ					میانگین
			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 مرحله نیز بسیار زیادی وزن هر

ج: شوک گرمای ۴۰°C در مرحله پر شدن دانه
بر اساس نتایج حاصل از مرکب وارنر، اثرات شوک گرمای ۴۰°C در مرحله پر شدن دانه که ۲ روز پس از جوانی گرفته افشانی اعمال شد (جدول ۴) منفی داری بر تعداد دانه در سنبله نداشت. بقای 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

دانه و وزن دانه در 1000 g را کاهش داد و موجب چروکیدگی و بدشکلی دانه 1000 g (جدول ۲). درصد کاهش وزن هر دانه از 100 g درصد (در ژنوتیپ KC-7732) درصد (در ژنوتیپ KC-7168) و درصد کاهش وزن دانه در 1000 g از 100 g درصد (در ژنوتیپ KC-4511) درصد (در ژنوتیپ KC-7168) متفاوت بود. در مراحل اولیه پرشدن دانه، وزن هر دانه 1000 g (Gibson and Paulson, 1999).

از طرف دیگر در محبای 1000 g (حدود 100 g درجه 1000 g همراه با دمای 1000 g (حدود 100 g خشک به طور اساسی در قسمت 1000 g (Corbelini et al., 1997). در تحقیق 1000 g د. تنش گرما در مراحل اولیه وزن هر دانه را در ژنوتیپ حساس 100 g درصد و در ژنوتیپ 1000 g درصد کاهش داد (Stone and Nicolas, 1995). درصد کاهش وزن هر دانه پس از پنج روز تیمار 1000 g که مشابه این آزمایش بود، برای ژنوتیپ حساس 100 g درصد و برای ژنوتیپ 1000 g درصد بود (Stone and Stone, 1998b). در تحقیق 1000 g دانه 100 g درصد و وزن هر دانه 100 g درصد در دمای 1000 g (روز/روز)، از 100 g روز پس از گرده افشانی، کاهش 100 g (Gibson and Paulsen, 1999). زمانیکه دما در طول مراحل 1000 g پرشدن دانه به طور ناگهانی 100 g مدت چهار روز افزایش 100 g (در 1000 g عملکرد دانه 100 g درصد کاهش 100 g (Stone and Nicolas, 1994). بنابراین کاهش شدید حدود 100 g درصد وزن هر دانه قابل انتظار بود. درصد کاهش وزن هر دانه هر سنبله در 100 g ازما 100 g درصد (در ژنوتیپ KC-7168) 100 g درصد (در ژنوتیپ KC-4511) بود. این 100 g 100 g درصد کاهش، 100 g به با درصد کاهش عملکرد دانه در ازما 100 g بیسون و پالسن (Gibson and Paulsen, 1999) بود که محیط تنش را

مشابه با شرایط مزرعه‌ای ساخته بودند. ضمن اینکه کاهش وزن دانه هر سنبله 1000 g 100 g از کاهش وزن هر دانه بود. 100 g از محققین کاهش عملکرد دانه تحت شرایط شوک گرما را با عدم توانایی 100 g برای 1000 g و تبدیل محصولات فتوسنتزی به نشاسته تحت 100 g شرایط مربوط دانسته‌اند (Jenner, 1991). متفاوت ژنوتیپ‌ها از تنش گرما در رابطه با صفات وزن هر دانه و وزن سنبله نشانگر ضرورت توجه به این صفات در غربالگری برای 100 g 100 g 100 g باشد و از طرف دیگر نشانگر امکان 100 g بودن انتخاب ژنوتیپ 100 g متحمل به تنش گرما است.

همانند مرحله گرده افشانی، طول دوره پر شدن دانه کاهش زیادی داشت. در این مرحله کمتر 100 g کاهش طول دوره پر شدن دانه در ژنوتیپ KC-4511 100 g (درصد) و بالاترین درصد کاهش در ژنوتیپ KC-7168 100 g (درصد) مشاهده شد. به طور کلی دوره پرشدن دانه در همه ژنوتیپ‌ها در اثر تنش گرما در مراحل گرده افشانی و پرشدن دانه کاهش پیدا کرد که این 100 g قبل از هم در تنش 100 g 100 g تدریجی (Tashiro and Wardlaw, 1990) و هم در شوک گرما (Stone and Nicolas, 1995) دست آمده بود. اینک تغذرات حاصل از تنش گرما در دوره پرشدن دانه، عامل اصلی در کاهش وزن هر دانه 1000 g می‌شود و تفاوت 100 g ژنوتیپ در زمینه تحمل گرما در رابطه با عملکرد دانه، ناشی از تفاوت 100 g ژنوتیپ در سرعت و دوره پرشدن دانه تشخیص داده شده است (Stone and Nicolas, 1995). در تحقیق 100 g 100 g ژنوتیپ 1000 g 100 g که کاهش وزن دانه کمتری داشتند کاهش در دوره پرشدن دانه کمتری 100 g نشان دادند. به عنوان مثال ژنوتیپ KC-7168 حساس 100 g ژنوتیپ 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.

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

جدول ۶- میان 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					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	23.5
	Stress	□ □	15	19.7	22	19	23.7
	Reduction percent	درصد کاهش	25	0	0	9	6.8
وزن هر دانه Single grain weight (mg)	Normal	عادی	36.9	28.2	26.2	28.1	28.8
	Stress	□ □	22.7	11.1	14.2	14.8	14.7
	Reduction percent	درصد کاهش	38	61	46	47	49.6
وزن دانه در ۱۰۰۰ دانه Grain weight per spike (mg)	Normal	عادی	740	610	550	560	682
	Stress	□ □	340	220	310	340	336
	Reduction percent	درصد کاهش	54	64	44	39	50.4
دوره پر شدن دانه Grain filling duration (days)	Normal	عادی	55	57	39	42	47
	Stress	□ □	31	20	27	31	27
	Reduction percent	درصد کاهش	44	65	31	26	41

کننده درصد از تغییرات وزن دانه در هر سنبله بود. با توجه به اینکه تنش گرما باعث کاهش شدت تعداد دانه در سنبله در مرحله گرده افشانی (به طور کلی درصد) (درصد) است. در پر شدن دانه، تعداد دانه در سنبله و وزن هر دانه و درصد (در مجموع درصد) از تغییرات وزن دانه در هر سنبله را توجه کردند که نشان دهنده اهمیت هر دو صفت مذکور است. عملکرد تحت شرایط تنش گرما در مرحله پر شدن دانه می باشد. قبلاً تغییرات دانه را بالا (درصد) وزن دانه با تعداد دانه گزارش شده است (Warrington et al., 1977).

صفات مورد بررسی وزن دانه در شرایط در شرایط رگرسیون گام به گام در شرایط تنش در مراحل دو گانه، گرده افشانی و پر شدن دانه انجام شد (جدول ۷). منظور از داده های دست آمده در زمان رسب کامل ژنوتیپ ها استفاده شد. در شرایط تنش در مرحله دو گانه وزن هر دانه اولی بود که وارد مدل شد و به تنهایی درصد از تغییرات وزن را به کرد. دانه های وارد شده به مدل، تعداد دانه هر دانه بود که در مجموع درصد از تغییرات وزن را توجه کردند. در شرایط تنش در مرحله گرده افشانی تعداد دانه به عنوان اولین صفت وارد مدل شد و

جدول ۷- رگرسیون گام به گام مربوط به عملکرد سنبله تحت شرایط ۳۵°C در مراحل برجستگی دو گانه 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

شرایط رشد growth condition	شماره گام	معادله رگرسیونی	R ²
Heat stress at double ridge stage	Fierst step	اول $Y = 0.156 + 16.99 (SGW)$	0.647
	Second step	دوم $Y = - 0.566 + 21.76 (SGW) + 0.025 (GNS)$	0.971
Heat stress at anthesis stage	Fierst step	اول $Y = 0.007 + 0.017 (GNS)$	0.817
	Second step	دوم $Y = - 0.001 + 0.015 (GNS) + 2.28 (SGW)$	0.880
Heat stress at grain filling stage	Fierst step	اول $Y = 129 + 0.008 (GNS)$	0.571
	Second step	دوم $Y = -0.19 + 0.12 (GNS) + 16.19 (SGW)$	0.960

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

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

ژنتیکی کندم در کلکسیون بانک ژن کبکلی ای ایران بافتن ژنوتیپ های سازگار با محیط های همراه با تنش گرما در مرحله گرده افشانی و غربال پیشرفته ژنوتیپ های تحمل به گرما در مراحل مختلف نمو که در این تحقیقات قبلی ارائه شده است، می تواند همراه باشد.

مزارع کندم در بسیاری از مناطق جهان از جمله ایالات متحده آمریکا، استرالیا، مکزیک، و ایران در اراض دوره های کوتاه دمای بار بالا قرار گرفته و خسارت می باشد (Dupont and Altenbach, 2003). این آزمایش نشان دهنده وجود تنوع ژنتیکی در واکنش کندم های مورد بررسی در برابر این تنش بوده. بنابراین می توان از ژنوتیپ های

سپاسگزاری

ذخایر توارثی و بانک ژن کبکسی و بی ایلان
 با همکاری و مساعدت آقایان دکتر
 دکتر ...

با همکاری و مساعدت آقایان ...
 شماره ...

References

منابع مورد استفاده

ارشد، ی. و غ. عبادوز. بررسی اثرات تنش گرما بر روی توده ای گندم موجود در بانک ژن. گزارش نهایی طرح
 ...
 رادمهر، م. ...

- 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. Lafandra 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.