

واکنش ژنوتیپ های ایدم نان به تنش گرما در مراحل مختلف نمو

Responses of bread wheat genotypes to heat stress at different developmental stages

یوسف یوسف جواد یوسف فرخ درویش و یوسف ارشد

چکده

۱. م. ج. ۱۳۸۸، ۲. ف. درویش و ی. ارشد، ۳. واکنش ژنوتیپ‌های گندم نان به تنش گرما در مراحل مختلف نمو. مجله علوم زراعی ایران. ۴. (۵) - (۶).

در طول مراحل رشد و نمو، ویژه مراحل نمو از [۱] یکی از مهمترین [۲] مل محدود کننده عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) در مناطق گرمسیری و ناپه [۳] [۴] در [۵] [۶] اثرات شوک گرمای ۲۲°C و ۳۰°C در مراحل برجستگی دوگانه [۷] [۸] انتهایی [۹]، گرده افشانی و پر شدن دانه بر اجزای عملکرد [۱۰] ژنوتیپ انتخاب شده از [۱۱] [۱۲] [۱۳] گندم بانک ژن [۱۴] [۱۵] [۱۶] ایران در شرایط کنترل شده گلخانه و اتاقک رشد ([۱۷] [۱۸] اعمال تنش) بررسی گرد [۱۹]. واکنش ژنوتیپ [۲۰] [۲۱] [۲۲] [۲۳] [۲۴] [۲۵] [۲۶] [۲۷] [۲۸] [۲۹] [۳۰] [۳۱] [۳۲] [۳۳] [۳۴] [۳۵] [۳۶] [۳۷] [۳۸] [۳۹] [۴۰] [۴۱] [۴۲] [۴۳] [۴۴] [۴۵] [۴۶] [۴۷] [۴۸] [۴۹] [۵۰] [۵۱] [۵۲] [۵۳] [۵۴] [۵۵] [۵۶] [۵۷] [۵۸] [۵۹] [۶۰] [۶۱] [۶۲] [۶۳] [۶۴] [۶۵] [۶۶] [۶۷] [۶۸] [۶۹] [۷۰] [۷۱] [۷۲] [۷۳] [۷۴] [۷۵] [۷۶] [۷۷] [۷۸] [۷۹] [۸۰] [۸۱] [۸۲] [۸۳] [۸۴] [۸۵] [۸۶] [۸۷] [۸۸] [۸۹] [۹۰] [۹۱] [۹۲] [۹۳] [۹۴] [۹۵] [۹۶] [۹۷] [۹۸] [۹۹] [۱۰۰] [۱۰۱] [۱۰۲] [۱۰۳] [۱۰۴] [۱۰۵] [۱۰۶] [۱۰۷] [۱۰۸] [۱۰۹] [۱۱۰] [۱۱۱] [۱۱۲] [۱۱۳] [۱۱۴] [۱۱۵] [۱۱۶] [۱۱۷] [۱۱۸] [۱۱۹] [۱۲۰] [۱۲۱] [۱۲۲] [۱۲۳] [۱۲۴] [۱۲۵] [۱۲۶] [۱۲۷] [۱۲۸] [۱۲۹] [۱۳۰] [۱۳۱] [۱۳۲] [۱۳۳] [۱۳۴] [۱۳۵] [۱۳۶] [۱۳۷] [۱۳۸] [۱۳۹] [۱۴۰] [۱۴۱] [۱۴۲] [۱۴۳] [۱۴۴] [۱۴۵] [۱۴۶] [۱۴۷] [۱۴۸] [۱۴۹] [۱۵۰] [۱۵۱] [۱۵۲] [۱۵۳] [۱۵۴] [۱۵۵] [۱۵۶] [۱۵۷] [۱۵۸] [۱۵۹] [۱۶۰] [۱۶۱] [۱۶۲] [۱۶۳] [۱۶۴] [۱۶۵] [۱۶۶] [۱۶۷] [۱۶۸] [۱۶۹] [۱۷۰] [۱۷۱] [۱۷۲] [۱۷۳] [۱۷۴] [۱۷۵] [۱۷۶] [۱۷۷] [۱۷۸] [۱۷۹] [۱۸۰] [۱۸۱] [۱۸۲] [۱۸۳] [۱۸۴] [۱۸۵] [۱۸۶] [۱۸۷] [۱۸۸] [۱۸۹] [۱۹۰] [۱۹۱] [۱۹۲] [۱۹۳] [۱۹۴] [۱۹۵] [۱۹۶] [۱۹۷] [۱۹۸] [۱۹۹] [۲۰۰] [۲۰۱] [۲۰۲] [۲۰۳] [۲۰۴] [۲۰۵] [۲۰۶] [۲۰۷] [۲۰۸] [۲۰۹] [۲۱۰] [۲۱۱] [۲۱۲] [۲۱۳] [۲۱۴] [۲۱۵] [۲۱۶] [۲۱۷] [۲۱۸] [۲۱۹] [۲۲۰] [۲۲۱] [۲۲۲] [۲۲۳] [۲۲۴] [۲۲۵] [۲۲۶] [۲۲۷] [۲۲۸] [۲۲۹] [۲۳۰] [۲۳۱] [۲۳۲] [۲۳۳] [۲۳۴] [۲۳۵] [۲۳۶] [۲۳۷] [۲۳۸] [۲۳۹] [۲۴۰] [۲۴۱] [۲۴۲] [۲۴۳] [۲۴۴] [۲۴۵] [۲۴۶] [۲۴۷] [۲۴۸] [۲۴۹] [۲۵۰] [۲۵۱] [۲۵۲] [۲۵۳] [۲۵۴] [۲۵۵] [۲۵۶] [۲۵۷] [۲۵۸] [۲۵۹] [۲۶۰] [۲۶۱] [۲۶۲] [۲۶۳] [۲۶۴] [۲۶۵] [۲۶۶] [۲۶۷] [۲۶۸] [۲۶۹] [۲۷۰] [۲۷۱] [۲۷۲] [۲۷۳] [۲۷۴] [۲۷۵] [۲۷۶] [۲۷۷] [۲۷۸] [۲۷۹] [۲۸۰] [۲۸۱] [۲۸۲] [۲۸۳] [۲۸۴] [۲۸۵] [۲۸۶] [۲۸۷] [۲۸۸] [۲۸۹] [۲۹۰] [۲۹۱] [۲۹۲] [۲۹۳] [۲۹۴] [۲۹۵] [۲۹۶] [۲۹۷] [۲۹۸] [۲۹۹] [۳۰۰] [۳۰۱] [۳۰۲] [۳۰۳] [۳۰۴] [۳۰۵] [۳۰۶] [۳۰۷] [۳۰۸] [۳۰۹] [۳۱۰] [۳۱۱] [۳۱۲] [۳۱۳] [۳۱۴] [۳۱۵] [۳۱۶] [۳۱۷] [۳۱۸] [۳۱۹] [۳۲۰] [۳۲۱] [۳۲۲] [۳۲۳] [۳۲۴] [۳۲۵] [۳۲۶] [۳۲۷] [۳۲۸] [۳۲۹] [۳۳۰] [۳۳۱] [۳۳۲] [۳۳۳] [۳۳۴] [۳۳۵] [۳۳۶] [۳۳۷] [۳۳۸] [۳۳۹] [۳۴۰] [۳۴۱] [۳۴۲] [۳۴۳] [۳۴۴] [۳۴۵] [۳۴۶] [۳۴۷] [۳۴۸] [۳۴۹] [۳۵۰] [۳۵۱] [۳۵۲] [۳۵۳] [۳۵۴] [۳۵۵] [۳۵۶] [۳۵۷] [۳۵۸] [۳۵۹] [۳۶۰] [۳۶۱] [۳۶۲] [۳۶۳] [۳۶۴] [۳۶۵] [۳۶۶] [۳۶۷] [۳۶۸] [۳۶۹] [۳۷۰] [۳۷۱] [۳۷۲] [۳۷۳] [۳۷۴] [۳۷۵] [۳۷۶] [۳۷۷] [۳۷۸] [۳۷۹] [۳۸۰] [۳۸۱] [۳۸۲] [۳۸۳] [۳۸۴] [۳۸۵] [۳۸۶] [۳۸۷] [۳۸۸] [۳۸۹] [۳۹۰] [۳۹۱] [۳۹۲] [۳۹۳] [۳۹۴] [۳۹۵] [۳۹۶] [۳۹۷] [۳۹۸] [۳۹۹] [۴۰۰] [۴۰۱] [۴۰۲] [۴۰۳] [۴۰۴] [۴۰۵] [۴۰۶] [۴۰۷] [۴۰۸] [۴۰۹] [۴۱۰] [۴۱۱] [۴۱۲] [۴۱۳] [۴۱۴] [۴۱۵] [۴۱۶] [۴۱۷] [۴۱۸] [۴۱۹] [۴۲۰] [۴۲۱] [۴۲۲] [۴۲۳] [۴۲۴] [۴۲۵] [۴۲۶] [۴۲۷] [۴۲۸] [۴۲۹] [۴۳۰] [۴۳۱] [۴۳۲] [۴۳۳] [۴۳۴] [۴۳۵] [۴۳۶] [۴۳۷] [۴۳۸] [۴۳۹] [۴۴۰] [۴۴۱] [۴۴۲] [۴۴۳] [۴۴۴] [۴۴۵] [۴۴۶] [۴۴۷] [۴۴۸] [۴۴۹] [۴۵۰] [۴۵۱] [۴۵۲] [۴۵۳] [۴۵۴] [۴۵۵] [۴۵۶] [۴۵۷] [۴۵۸] [۴۵۹] [۴۶۰] [۴۶۱] [۴۶۲] [۴۶۳] [۴۶۴] [۴۶۵] [۴۶۶] [۴۶۷] [۴۶۸] [۴۶۹] [۴۷۰] [۴۷۱] [۴۷۲] [۴۷۳] [۴۷۴] [۴۷۵] [۴۷۶] [۴۷۷] [۴۷۸] [۴۷۹] [۴۸۰] [۴۸۱] [۴۸۲] [۴۸۳] [۴۸۴] [۴۸۵] [۴۸۶] [۴۸۷] [۴۸۸] [۴۸۹] [۴۹۰] [۴۹۱] [۴۹۲] [۴۹۳] [۴۹۴] [۴۹۵] [۴۹۶] [۴۹۷] [۴۹۸] [۴۹۹] [۵۰۰] [۵۰۱] [۵۰۲] [۵۰۳] [۵۰۴] [۵۰۵] [۵۰۶] [۵۰۷] [۵۰۸] [۵۰۹] [۵۱۰] [۵۱۱] [۵۱۲] [۵۱۳] [۵۱۴] [۵۱۵] [۵۱۶] [۵۱۷] [۵۱۸] [۵۱۹] [۵۲۰] [۵۲۱] [۵۲۲] [۵۲۳

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

تاریخ دریافت: ۰۰/۰/۰۰

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

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

[۱]- عضو هیأت علمی، مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر

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

نتیجه‌گیری

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

ظهور اقل گرده‌افشانی و دوگانه اقل گرده‌افشانی و نمو جنبه‌ای که مصادف با مرحله پنجه‌دهی است، به عنوان اولین فرا اقل گرده‌افشانی غلات شناخته می‌شود و پتانسیل اقل گرده‌افشانی در این مرحله شکل می‌گیرد (Kirby and Appleyard, 1984). تنش در اقل گرده‌افشانی و نمو جنبه‌ای و منفی دوره‌های اقل گرده‌افشانی و نمو جنبه‌ای بعد از اقل گرده‌افشانی و پتانسیل اقل گرده‌افشانی دارد (Garcia Del Moral et al., 1991).

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

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

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

در بررسی‌های متعددی جهت غربال ژنوتیپ اقل گرده‌افشانی اقل گرده‌افشانی با استفاده از صفات فلولوژیک اقل گرده‌افشانی (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 نیتروژن تلاش برای اصلاحی برای انتخاب در جهت افزایش تولیدی دمای کره زمین در سال‌های اخیر، دمای افزایش CO_2 موجود در جو، افزایش نیتروژن و نیز طرح های جهت خودکفایی محصول گندم در کشور بر اهمیت مطالعات بیشتر در زمینه نیتروژن و نیتروژن افزایش در اثرات شوک گرما در مراحل نیتروژن و نیتروژن مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش

چهار ژنوتیپ گندم بهاره از کلکسیون گندم بانک ژن کبکسی بی ایران که قبلاً در آزمون های مشاهده ای مزرعه ای ارزشی تحمل به تنش گرما انتخاب شده بودند، شامل ژنوتیپ های KC-4511 و KC-4512 و KC-7168 (کبکسی بی و نیتروژن) و ژنوتیپ KC-773 (بیمه حساس به گرما) (ارشد و عبادوز، ۱۳۸۳) به همراه رقم تجارتي 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 بذر از هر ژنوتیپ در مخلوط ۱:۱ خاک برگ غنی شده و ماسه بادی در گلدان های ۱۰/۱۰/۱۰ کی بی در کلخانه بانک ژن کبکسی بی ایران در تاریخ ۱۳ بهمن سال ۱۳۸۳ 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 آبستنی گیاهان کود ازت ۱۰۰ لیتران یک گرم در هر گلدان داده شد. یک هفته پس از ظهور گیاه ها در ۱۳۸۳ 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 گیاه در قالب یک طرح کاملاً

توازن افتدما می (Reynolds et al., 1994) و نیتروژن هدایت روزنه ای برگ (Reynolds et al., 2001) و نیتروژن (Alkhatib and Paulsen, 1984) گزارش گردیده است. بین مطالعات زیستادی در زمینه ارزشی نیتروژن و نیتروژن اساس تاسیس نیتروژن و نیتروژن بر اجزای عملکرد در مزرعه (Ferris et al., 1998) و نیتروژن (Wardlaw et al., 2002) و اتاقک 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 نیتروژن و نیتروژن بر اجزای عملکرد گندم و نیز کبکسی آرد گندم از دو روش در محله های کنترل شده استفاده شده است: نیتروژن که در ان اثرات تنش تدریجی دما تا ۱۰ درجه سانتیگراد (Tashiro and Wardlaw, 1990; Wardlaw et al., 1995) مورد بررسی قرار گرفته و مطالعاتی که در آن شوک گرما در دامنه ۱۰-۲۰ درجه سانتیگراد (که مشابه شوک های 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 نیتروژن درجه نیتروژن در ساعت (Stone and Nicolas, 1994;) (Stone and Nicolas, 1995; Stone and stone, 1998a) و با افزایش نیتروژن از ۱۰°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 نیتروژن مشابه در محله های کنترل شده بوده است (مرور شده با وسپاس Gibson and Paulsen, 1999).

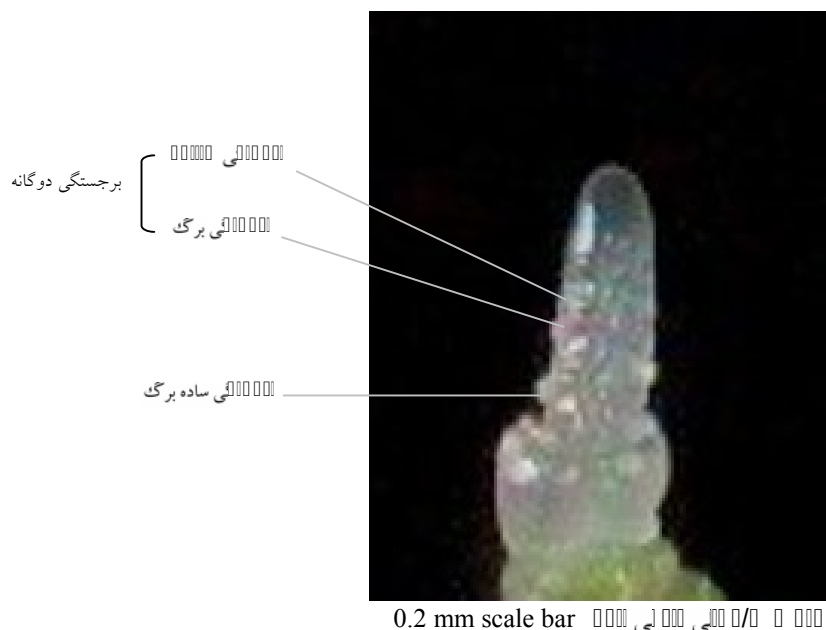
با وجود اینکه ایران از جمله کشورهایی است که آبیاری از مناطق مهم کشت گندم آن نیتروژن و نیتروژن انتهای نیتروژن (نیتروژن و نیتروژن دوره های کوتاه دمای نیتروژن)

1- International Maize and Wheat Improvement Center = CIMMYT

بررسی اثرات تنش گرمایی در مرحله گرده افشانی مشاهده اولین بساک روی پاهان به اتاقک رشد با دمای 35°C که پس از یک ساعت به 30°C رسید. انتقال به چهار ساعت در روز و در یک دوره ۲ 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 گرمای 30°C درجه 30°C براد. روز پس از پاهان گرده افشانی مرحله گرده افشانی اعمال شد. پس از رسیدن گی کامل صفات مربوط به مراحل نموی و صفات مربوط به عملکرد شامل تعداد سنبلیچه (تعداد سنبلیچه موجود در هر سنبله)، تعداد دانه (تعداد دانه در هر سنبله)، وزن هر دانه (وزن دانه هر سنبله تقسیم بر تعداد دانه در هر سنبله)، وزن دانه (میانگین وزن دانه گی)، دوره رشد رویشی (تعداد روز از کاشت تا تشکیل برجستگی دوگانه)

تصادفی با سه تکرار اجرا شد که هر تکرار شامل یک گلدان با پنج گیاه بود.

برای شرایط بدون تنش، پاهان از ابتدا تا انتهای دوره نمو در شرایط مطلوب گلخانه ($30^{\circ}\text{C}/30^{\circ}\text{C}$) (روز/ شب) و حدود ۶۰ درصد رطوبت رشد. برای اعمال شوک گرمای 30°C در مرحله 30°C دوگانه، نمو جوانه رشد در هر ژنوتیپ به طور مرتب و یک روز در میان با تشریح جوانه (Kirby and Appleyard, 1984) انجام شد. این منظور تکرارهای اضافی برای هر تکرار در نظر گرفته شد. پاهان با ظهور اولین دوگانه (شکل ۱) انتخاب شده و به اتاقک گی رشد با دمای 30°C انتقال. پس از یک ساعت دمای این اتاقک به 35°C و رطوبت نسبی در حدود ۶۰ درصد رسید. پاهان به مدت ۲ ساعت در روز و در مجموع ۲ روز در این دما نگهداری. پاهان پس از در ۲ تنش روزانه به شرایط بدون تنش گلخانه باز گردانده می. برای



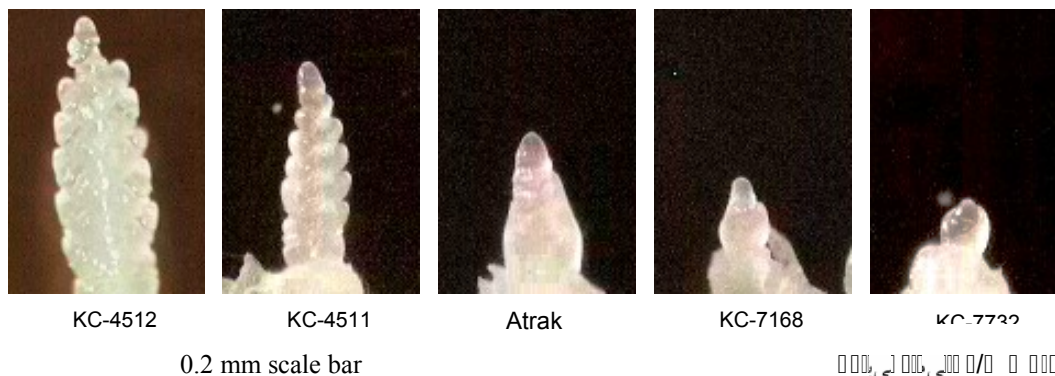
شکل ۱- مریستم ساقه گندم در انتهای مرحله برجستگی دوگانه و آغاز مرحله برجستگی ساده و پاهان در 35°C به اتاقک رشد انتقال داده شدند

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

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 ژنوتیپ های مورد بررسی بود (شکل ۲)). نتایج و نتایج آغاز به گشته شدن پس از سبز شدن نشان داد در ژنوتیپ KC-7732 هنوز در مرحله رویش بود در ژنوتیپ KC-4511 آغاز به گشته شدن سنبلچه و گلوم تشکیل شده بود. اثر تنش در اعمال شده در مراحل زاینده دوگانه آغاز به گشته شدن کرده افشانی و پر شدن دانه بر روی صفات ارزشمند 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 داد.

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 ساقه) 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 در صفات مورد بررسی با استفاده از نرم افزار SAS در سطوح ۱٪ و ۵٪، 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 ۳۰°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 ۳۰°C و ۳۰°C در مرحله دوگانه
نتایج دار شدن اثر ژنوتیپ برای تمام صفات اندازه گیری شده مرتبط با عملکرد و برهمکنش ژنوتیپ و محیط برای صفات طول ساقه، دوره زایشی، تعداد سنبلچه در سنبله و تعداد دانه در سنبله در تجزیه واریانس جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب برای صفات در دو محیط تنش و بدون تنش در مرحله برجستگی دوگانه

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 طیفی خود ادامه داد. احتمالاً این
 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 شرایط
 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 در مرحله
 در این رقم از تنش گرما در این مرحله بر رشد و
 نمو گیاهان مشاهده نشد (Owen, 1971) ۲) تنش در

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 شرایط باعث پژمردگی برگ ها و
 سفید شدن گیاه در ژنوتیپ KC-4511 می شد.
 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 شود. 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

صفات		شرایط رشد		Genotype ژنوتیپ					میانگین
				KC-7732	KC-7168	KC-4512	KC-4511	Atrak	
Trait		Growth condition							Mean
Vegetative duration	مدت 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	مدت 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 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 °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-7168 و KC-7732 دانه‌های تشکیل‌دهنده 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 °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 °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 **: ** و * در سطح ۰/۰۱ و ۰/۰۵

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 زمانی که گیاه به طور کامل خشک شود) نیز با کاهش قابل توجهی همراه بود. نکته قابل توجه این که 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- میانگین 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
اساساً بر مبنای ترکیب واریته ها، اثرات شوک گرمای ۴۰°C در مرحله پر شدن دانه که روز پس از جوانی گرفته افشانی اعمال شد (جدول ۴) منفی 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	۰	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	۰	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	۰	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	۰	31	20	27	31	27	27
	Reduction percent	درصد کاهش	44	65	31	26	39	41

وزن و دانه در گام در شرایط تنش در مرا...
گرفته‌افشانی و پر شدن دانه انجام شد (جدول ۱).
منظور از داده‌های دست آمده در زمان رسب...
کامل ژنوتیپ‌ها استفاده شد. در شرایط تنش در مرحله
مدل شد و به تنهایی درصد از تغذرات وزن و
تعداد دانه به کرد. در مجموع درصد از تغذرات وزن
را توجیه کردند. در شرایط تنش در مرحله گرفته‌افشانی
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،
 ایران در ترض دوره‌ای کوتاه دمای بار بالا
 قرار گرفته و خسارت می‌باشد (Dupont and Altenbach, 2003).
 این آزمایش نشان‌دهنده وجود تنوع
 ژنتیکی در واکنش گندم‌های مورد بررسی در
 برابر این تنش بوده. بنابراین، ایجاد

[illegible]

- 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.