

## بررسی کارآمدی دمای تاج پوشش و محتوای نسبی آب در غربالگری ژنوتیپ های گندم برای تحمل گرما

حسن قوجق<sup>۱</sup>، ولی اله محمدی<sup>۲\*</sup>، حسن زینالی<sup>۳</sup> و هوشنگ علیزاده<sup>۴</sup>

۱. دانشجوی دکترا پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران و محقق بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات کشاورزی، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران  
۲، ۳ و ۴، دانشیار و استادان گروه زراعت و اصلاح نباتات پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.  
(تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۰۴ - تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۱/۰۷)

### چکیده

تنش گرمای انتهای فصل، یکی از مهم ترین عوامل محیطی موثر بر تولید گندم در ایران و جهان است. به منظور مطالعه قابلیت دمای تاج پوشش و محتوای نسبی آب برگ در غربال تحمل گرما، ۱۰ ژنوتیپ گندم، در سه آزمایش جداگانه و در دو سال زراعی (۱۳۹۳-۹۴ و ۱۳۹۴-۹۵)، در دو شرایط بدون تنش و تنش گرما، در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی، با سه تکرار، در ایستگاه های تحقیقاتی گنبد و اترک کشت شدند و تنش گرما با سه روش کاشت تاخیری، نصب پوشش پلاستیکی و گرمای طبیعی مزرعه اعمال شد. دمای تاج پوشش، محتوای نسبی آب برگ و عملکرد دانه ژنوتیپ ها، اندازه گیری شدند. تنش گرما، عملکرد دانه همه ژنوتیپ ها را به طور معنی داری کاهش داد. بر اساس عملکرد در شرایط تنش، درصد افت عملکرد در اثر تنش و شاخص حساسیت فیشر و مورر، ژنوتیپ های کاز، شیرودی و N-92-7، متحمل و بم، وریناک و کریم، حساس به تنش گرما بودند. اگر چه هر دو صفت دمای تاج پوشش و محتوای نسبی آب برگ، همبستگی معنی داری با عملکرد تحت تنش گرما داشتند، دمای تاج پوشش، به طور معنی داری بین گروه ژنوتیپ های متحمل و حساس متفاوت بود که بیانگر کارایی بالاتر این صفت در غربالگری ژنوتیپ های متحمل به گرماس است.

واژه های کلیدی: تنش گرما، سایه بان، کاشت تاخیری، گلخانه پلاستیکی، گندم.

## Efficiency of canopy temperature and relative water content in screening wheat genotypes for heat tolerance

Hasan Ghoghjoh<sup>1</sup>, Valiollah Mohammadi<sup>2\*</sup>, Hasan Zeinali<sup>3</sup>, Houshang Alizadeh<sup>2</sup>

1. Ph.D Student and Researcher of Seed and Improvement Research Department, Golestan Agricultural & Natural Resources & Educational Center, AREEO, Gorgan, Iran.

2,3 and 4. Associate Professor, and Professors Department of Agronomy & Plant Breeding, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

(Received: December 25, 2017 – Accepted: January 27, 2018)

### ABSTRACT

Terminal heat stress is one of the most important environmental factors threatening wheat production in Iran and all across the world. In order to study the effectiveness of canopy temperature and Relative water content in screening wheat lines for heat tolerant, ten wheat genotypes were evaluated in three separate randomized complete block design experiments in two years (2015-16 and 2016-17) under non- stress and heat stress conditions at Gonbad and Atrak research stations. Heat stress was applied through three methods including late sowing, plastic greenhouse and field temperature. Canopy temperature, relative water content and grain yield of genotypes were measured. All genotypes showed significant reductions in grain yield under heat stress. Based on grain yield under stress and non-stress conditions, yield loss percentage and Fisher and Maurer susceptibility index, Kauz, Shiroudi and N-92-7 were shown to be tolerant, while Bam and Verinak susceptible to heat stress. Although both canopy temperature and relative water content had a significant correlation with grain yield under heat stress, canopy temperature was significantly different between tolerant and sensitive genotypes, indicating its higher efficiency in screening for heat tolerance.

**Keywords:** Heat stress, late sowing, Plastic greenhouse, shady place, Wheat.

\* Corresponding author E-mail: vmohammadi@ut.ac.ir

### مقدمه

کره زمین نسبت به یکصد سال گذشته، ۰/۶ درجه گرم تر شده است و طبق برآوردهای کمیته جهانی تغییر اقلیم، پیش بینی می شود در سال ۲۱۰۰، این عدد به سه درجه افزایش یابد (IPCC, 2007). این پدیده، تهدیدی بزرگ برای تولید محصولات کشاورزی در سراسر جهان است (Pastori, 2002). علاوه بر گرمایش جهانی، افزایش جمعیت و رانده شدن کشاورزی به اراضی نامرغوب و پر تنش به دلیل گسترش شهرنشینی نیز از چالش هایی هستند که اهمیت تنش گرما در آینده را دوچندان خواهند کرد. گزارش ها نشان می دهد که افزایش دما به میزان یک درجه بالاتر از دمای بهینه می تواند رشد و عملکرد گیاه را به طور معنی داری کاهش دهد (Pastori, 2002). در بین تنش های غیر زنده، تنش گرما از اهمیت خاصی برخوردار است و ۴۰ درصد از مجموع کاهش عملکرد گیاهان، توسط تنش های غیرزنده ناشی از دمای بالاست (Hall, 1992; Wahid et al., 2007). در بیش از ۴۰ درصد مناطق معتدل، تنش گرمای انتهای فصل، معمول است که حدود ۳۶ میلیون هکتار از اراضی گندم را شامل می شود (Reynold, 2001). بالغ بر ۶۰۰۰۰۰ هکتار از اراضی زیر کشت گندم ایران نیز در مرحله رشد رویشی، در معرض تنش گرما قرار دارند (Jamal Kamali & Duveiller, 2008) که با در نظر گرفتن تنش گرما در فاز زایشی و پر شدن دانه، این سطح تا دو میلیون هکتار افزایش می یابد. تنش گرما، سبب کاهش ۵/۵ درصدی در عملکرد گندم و ۵/۳ درصدی در عملکرد ذرت شده است (Asseng et al., 2011). این تنش، ظرفیت فتوسنتزی گندم را از طریق محدودیت متابولیکی، خسارت اکسایشی به کلروپلاست، کاهش ذخیره ماده خشک و عملکرد دانه کاهش می دهد (Farooq et al., 2011) و در مرحله گلدهی و پر شدن دانه، از طریق اجزای اصلی دانه، تاثیر منفی روی عملکرد دانه (تعداد و وزن دانه) دارد. چنانچه تنش گرمای ۳۵<sup>0</sup>C، از ده روز بعد از ظهور پرچم شروع و تا رسیدن فیزیولوژیک تداوم داشته باشد، کاهش ۷۸ درصدی وزن دانه و ۶۳ درصدی تعداد دانه را در بر خواهد داشت (Gibson & Paulson, 1999). سازگاری ارقام جدید به تغییرات اقلیمی، نیازمند درک نحوه پاسخ گیاه به افزایش دما و چگونگی اصلاح تحمل گرما است (Halford, 2009). اگرچه عملکرد در محیط

هدف (تحت تنش)، یکی از بهترین معیارهای گزینش برای تحمل تنش است، اما آزمایش عملکرد، دشوار و نیازمند کرت های بزرگ و هزینه بر است؛ به علاوه در نسل های اولیه در حال تفرق، قابل اندازه گیری نیست و همچنین برای ثبت آن باید تا آخر فصل منتظر ماند. پایین بودن وراثت پذیری و پاسخ به انتخاب در شرایط تنش، از معایب دیگر عملکرد است. در نتیجه بهنژادگران همواره به دنبال یافتن صفات ثانوی برای انتخاب واریته های متحمل هستند. یکی از این صفات، دمای تاج پوشش است؛ این صفت از وراثت پذیری بالایی برخوردار است و به راحتی توسط دستگاه دماسنج مادون قرمز اندازه گیری می شود. در این صفت، خطای آزمایشی بسیار کم است و همچنین همبستگی بین دمای کانوپی و عملکرد در گونه های مختلف گیاهی گزارش شده است. (Kumari, 2013; Olivares-Villegas et al., 2007; Pinto et al. 2010; Reynold et al., 1994). از آن جا که نقش اصلی تفرق، خنک شدن برگ است، کاهش دمای تاج پوشش نسبت به دمای محیط اطراف، نشان دهنده نقش تفرق در این زمینه است. انتخاب ژنوتیپ ها در شرایط تنش گرما، بر پایه دمای تاج پوشش و تبادل روزنه ای که همبستگی بالایی با عملکرد دانه دارند، می تواند معیار مناسبی برای گزینش ژنوتیپ های متحمل به گرما باشد (Amani et al., 1998; Reynolds et al., 1998). بلام معتقد است که دمای تاج پوشش، به شناسایی ژنوتیپ های متحمل گرما و بهبود منابع ژنتیکی گندم در مناطقی که با تنش گرما و خشکی مواجه اند، کمک می کند (Blum, 1996). بر اساس گزارش Bilge et al. (2008)، در مرحله سنبلیچه انتهای در گندم نان، پایین بودن دمای تاج پوشش، همبستگی مثبت و معنی داری با عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله، در شرایط تنش گرما نشان می دهد. نتایج آزمایش Reynold & Trethewan. (2007) نشان داد که تحت تنش خشکی با بیشترین افت دمای تاج پوشش، عملکرد ژنوتیپ های گندم ۱۰ درصد افزایش یافت در حالی که تحت تنش گرما با بیشترین کاهش دمای تاج پوشش و افزایش انتقال مجدد مواد، افزایش عملکرد ژنوتیپ های گندم، به ترتیب هفت و نه درصد در مقایسه با شرایط تنش گرما بود. محتوای نسبی آب برگ، بیانگر محتوای آب واقعی برگ، نسبت به ظرفیت نگهداری آب در حالت اشباع کامل است. محتوای نسبی آب، معیاری از

در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد و اترک انجام شد. اعمال تنش گرما در قالب سه آزمایش مختلف صورت گرفت: کشت تاخیری، گلخانه پلاستیکی و تنش طبیعی مزرعه. در کشت تاخیری، ژنوتیپ ها در دو تاریخ کاشت طبیعی (دهه دوم آذر) و تاخیری (دهه آخر بهمن) و در قالب دو طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار کشت شدند، به طوری که گرده افشانی و دوره پر شدن دانه با دمای بالاتر از دمای بهینه رشد و نمو گندم مواجه شود. هر ژنوتیپ در شش خط ۶/۵ متری و با فاصله خطوط ۲۰ سانتی متر و تراکم بذر ۳۵۰ دانه در متر مربع کشت شد. در روش اعمال تنش گرما از طریق گلخانه پلاستیکی، هر ژنوتیپ، در دو خط یک متری و با فاصله خطوط ۲۰ سانتی متر و تراکم بذر ۳۵۰ دانه در متر مربع، به طور همزمان، در دو طرح بلوک کامل تصادفی کشت شد. در سری تنش، واریته ها، بعد از مرحله گرده افشانی گندم، با پلاستیک شفاف، به ارتفاع ۲/۵ متر پوشانده شدند. از دستگاه تهویه هوا، جهت تبادل و جریان هوا و کاهش رطوبت گلخانه استفاده شد. این آزمایش و آزمایش کشت تاخیری، در ایستگاه گنبد (عرض جغرافیایی ۱۶° ۳۷ شمالی و طول جغرافیایی ۱۲° ۵۵ شرقی، ارتفاع از سطح دریا ۴۵ متر و میانگین بارندگی سالیانه ۴۳۵ میلیمتر) انجام شد. روش سوم، اعمال تنش گرمای طبیعی مزرعه در منطقه گرم و نصب سایبان روی گندم، برای ایجاد دمای مطلوب بود. سایبان به گونه ای نصب شد که جلوی نور مستقیم را بگیرد و گندم، نور را از اطراف دریافت کند. نصب سایبان در این آزمایش، به طور میانگین، دما را پنج درجه سانتی گراد نسبت به کرت های تنش طبیعی گرما کاهش داد. در این روش، آزمایش در دو سری مشابه کشت شد و روی کرت های شاهد (دمای مطلوب)، از مرحله گلدهی سایبان احداث شد. اجرای همزمان دو روش فوق به عنوان تیمار متقاطع، برای اولین بار در این پژوهش اجرا شد. روش سوم اعمال تنش گرما، در ایستگاه اترک (عرض جغرافیایی ۵۷° ۳۷ شمالی و طول جغرافیایی ۳۱° ۵۵ شرقی، ارتفاع آن از سطح دریا آن ۱۰۵ متر، میانگین بارندگی سالانه ۱۸۰ میلی متر) انجام شد. آبیاری در آزمایش ها به شکلی اجرا شد که ژنوتیپ ها با تنش خشکی مواجه نشوند. دما در همه شرایط آزمایش، اندازه گیری و ثبت شد. صفات فیزیولوژیک دمای تاج پوشش و محتوای نسبی آب برگ

کمبود آب در برگ را نشان می دهد و می تواند درجه شدت تنش خشکی و گرما را نشان دهد. این صفت، معیار خوبی برای تعیین وضعیت تعادل آب در گیاه است. دمای بالا، بر محتوای نسبی آب ریشه تاثیر ندارد ولی محتوای نسبی آب برگ را در کلنوپتیل و در تمام مراحل رشد رویشی و زایشی و در برگ پرچم، در مرحله انتهای توسعه گندم کاهش می دهد (Savika & Skute, 2012). در گندم، محتوای نسبی آب برگ، هدایت روزنه ای و سرعت انتقال مواد، تحت تاثیر دمای تاج پوشش قرار می گیرد (Farooq et al., 2009). محتوای نسبی آب برگ، زمانی که حتی رطوبت خاک در حد ظرفیت مزرعه باشد، تحت تاثیر دما بالا (۳۵/۴۰ درجه سانتیگراد روز/ شب) قرار می گیرد (Machado & Paulson, 2001). در بررسی پاسخ گندم به تنش خشکی و گرما، مشخص شده است که ارقام گندم با محتوای نسبی آب برگ بالا، مقاومت بیشتری به تنش نشان داده اند و همبستگی مثبت و معنی داری بین عملکرد و محتوای نسبی آب برگ مشاهده شده است (Khan et al., 2015). یکی از روش های شناخته شده و متداول در بررسی تاثیر تنش گرما و پاسخ گندم به آن، اعمال تنش، از طریق کشت تاخیری گندم است (Hakim et al., 2012; Hossain et al., 2011; Radhika & Thind, 2013). این روش، با وجود مزایای زیاد از قبیل انجام آزمایش در محیط واقعی مزرعه، با اختلاط تنش گرما با سایر تنش زنده و غیر زنده و تغییرات سالیانه و فصلی روبروست. برای رفع این نواقص در این پژوهش، علاوه بر اعمال تنش از طریق کاشت تاخیری، تنش گرما با دو روش دیگر یعنی نصب گلخانه پلاستیکی و استفاده از گرمای طبیعی مزرعه (و نصب سایه بان روی بلوک دمای طبیعی) نیز اعمال شد. هدف اصلی پژوهش حاضر، ارزیابی کارآمدی دمای تاج پوشش و محتوای نسبی آب برگ، در غربالگری ژنوتیپ های متحمل گندم به گرما بود. به علاوه، بررسی تنوع موجود در ژنوتیپ های گندم، از لحاظ دمای تاج پوشش و محتوای نسبی آب برگ و بررسی همبستگی این صفات با عملکرد دانه گندم، سایر اهداف آزمایش را تشکیل دادند.

### مواد و روش ها

این پژوهش با استفاده از ۱۰ رقم و لاین امیدبخش (جدول ۱)، در سال های زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴،

در هر دو شرایط تنش و غیر تنش، اندازه گیری شدند.

### محتوای نسبی آب برگ

برای تعیین محتوای نسبی برگ در مراحل گلدهی و پر شدن دانه، پنج برگ تازه از هر کرت جدا شدند و بلافاصله وزن تر، آ «ها نادازه گیری شد. برای ثبت وزن اشباع شده، برگ‌های تازه به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر قرار گرفتند. سپس نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت و در آونی با دمای ۷۲ درجه سانتیگراد، خشک شدند و وزن خشک برگ ثبت شد. محتوای نسبی آب برگ، با استفاده از معادله زیر بدست آمد:

$$100 \times RWC = (FW - DW) / (SW - DW) \quad (\text{Bar \& Weatherley, 1962})$$

در این معادله، FW، DW، SW، به ترتیب وزن تر، وزن خشک و وزن اشباع برگ است.

### دمای تاج پوشش

دمای تاج پوشش به وسیله دستگاه دماسنج مادون قرمز OMEGA OS 1327D، در مرحله گلدهی و پر شدن دانه، اندازه گیری شد. برای این کار، ساعت ۱۳ ظهر و در هوای آرام و آفتابی، در پنج نقطه از هر کرت، در ارتفاع ۱۰-۱۵ سانتی متری، دمای تاج پوشش، توسط دماسنج مادون قرمز، با مکث چند ثانیه برای تثبیت دما، ثبت شد. در هر سه آزمایش، در مرحله شروع گلدهی تا رسیدن فیزیولوژیک، دمای بیشینه یادداشت برداری و ثبت شد (جدول ۲). تجزیه واریانس مرکب داده‌ها، مقایسه میانگین بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن و محاسبه ضرایب همبستگی خطی پیرسون، با استفاده از نرم افزار آماری SAS انجام گرفت. ژنوتیپ‌های متحمل و حساس به تنش گرما، بر اساس عملکرد در شرایط تنش، درصد افت عملکرد و شاخص Fisher & Moler (1978)، با استفاده از فرمول‌های زیر تعیین شد:

$$SSI = \frac{1 - (Y_s/Y_p)}{D} \quad ) \quad D = 1 - (\overline{y_s} | \overline{y_p}) \quad (\text{Fisher \& Maurer, 1978})$$

(Mohammadi) (درصد افت عملکرد)  $YLP = 1 - (Y_s/Y_p)$  (Mohammadi et al., 2004)

$Y_s$ ، عملکرد ژنوتیپ در شرایط تنش گرما؛  $Y_p$ ،

عملکرد ژنوتیپ در شرایط بدون تنش؛  $\overline{Y_s}$ ، میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش گرما؛  $\overline{Y_p}$ ، میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش و D، شدت تنش است. پس از تعیین ژنوتیپ‌های حساس و مقاوم، میانگین دمای تاج پوشش و محتوای نسبی آب برگ، گروه ژنوتیپ‌های حساس با گروه ژنوتیپ‌های مقاوم، به وسیله آزمون t مستقل، مقایسه شدند.

### نتایج و بحث

نتایج نشان داد که شدت تنش در سه آزمایش مختلف، یکسان نبود به طوری که شدت تنش در آزمایش کشت تاخیری، ۰/۵۱، در آزمایش گلخانه پلاستیکی، ۰/۶۸ و در آزمایش زیر سایبان، ۰/۴۷، به دست آمد (جدول ۳). مقایسه طیف دمای اعمال تنش در این سه آزمایش نیز تفاوت شدت‌های تنش را نشان داد (جدول ۲). روند انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل و حساس بر اساس شاخص‌های SSI و YLP در سه آزمایش، تقریباً مشابه بود و دو تا سه ژنوتیپ متحمل و حساس در هر سه آزمایش مشترک بودند (جدول ۳). در آزمایش کاشت تاخیری، ژنوتیپ‌های کاز، شیروودی، آرتا، N-92-7 و N-87-20، با شاخص حساسیت (فیشر) کمتر از یک، مقاوم به تنش گرما و ژنوتیپ‌های بم، وری ناک، کریم، کویر و روشن، با شاخص حساسیت (فیشر) بالای یک، حساس به تنش گرما بودند. کمترین درصد افت عملکرد، در ژنوتیپ N-87-20 (۳۸ درصد) و بالاترین درصد افت عملکرد، در ژنوتیپ وری ناک (۸۰ درصد) مشاهده شد (جدول ۳). در آزمایش گلخانه پلاستیکی، ژنوتیپ‌های کاز، شیروودی و N-92-7، با شاخص حساسیت (فیشر) کمتر از یک، مقاوم به تنش گرما و ژنوتیپ‌های بم، وری ناک، کریم، کویر و روشن، آرتا و N-87-20، با شاخص حساسیت (فیشر) بالای یک، حساس به تنش گرما شدند. کمترین درصد افت عملکرد، در ژنوتیپ کاز (۴۴ درصد) و بیشترین درصد افت عملکرد، در رقم وری ناک (۹۵ درصد) مشاهده شد (جدول ۳). در آزمایش تنش گرمای طبیعی و نصب سایبان، ژنوتیپ‌های کریم، شیروودی، روشن، N-92-7 و N-87-20، با شاخص حساسیت (فیشر) کمتر از یک، مقاوم به تنش گرما و ژنوتیپ‌های کاز، بم، وری ناک، کویر و آرتا، با شاخص حساسیت (فیشر) بالای یک، حساس به تنش گرما بودند. رقم شیروودی با ۲۶ درصد افت عملکرد و

از اهمیت و کارایی بهتری در غربال ژنوتیپ‌ها، در پاسخ به تنش گرما برخوردار بود. در آزمایش اعمال تنش با کشت تاخیری، بین میانگین کل عملکرد همه ژنوتیپ‌ها در دو شرایط بدون تنش و تنش گرما، اختلاف بسیار معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۷) به طوری که عملکرد دانه، از ۴۱۷۷ کیلو گرم در هکتار شرایط بدون تنش، به ۲۰۳۷ کیلوگرم در هکتار در شرایط تنش تنزل داشت (جدول ۷). عملکرد تمامی ژنوتیپ‌ها نیز در شرایط تنش (کشت تاخیری) در مقایسه با شرایط بدون تنش (کشت به هنگام)، کاهش بسیار معنی‌داری نشان داد که البته میزان کاهش در ژنوتیپ‌های حساس ( $SSI \geq 1$ )، نسبت به ژنوتیپ‌های متحمل ( $SSI < 1$ ) بیشتر بود (شکل ۱). ژنوتیپ‌های کاز، شیروودی، روشن، N-92-7 و N-87-20 که بر اساس شاخص حساسیت در دسته مقاوم قرا گرفتند (جدول ۳) و طبق آزمون  $t$ ، با دسته ژنوتیپ‌های حساس به تنش اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۴)، در هر دو شرایط بدون تنش و تنش گرما، میانگین عملکرد دانه بالاتری نسبت به ژنوتیپ‌های حساس داشتند (شکل ۱). بالاترین میانگین عملکرد دانه در شرایط تنش گرما، به ژنوتیپ‌های کاز و N-87-20 و در شرایط بدون تنش، بالاترین میانگین عملکرد دانه، به ژنوتیپ‌های کاز و N-92-7 تعلق داشت (شکل ۱). این بدین معناست که ژنوتیپ‌های مقاوم به تنش گرما، در شرایط بدون تنش نیز دارای پتانسیل عملکرد بالایی بودند و این مزیتی خوب برای این ژنوتیپ‌ها و بهترین حالت برای به‌نژادگر، در انتخاب ژنوتیپ‌هاست. دو رقم بم و وری ناک از گروه ژنوتیپ‌های حساس، کمترین میانگین عملکرد دانه را تحت تنش گرما داشتند (جدول ۳ و ۴).

رقم بم با ۶۷ درصد افت عملکرد، دارای کمترین و بیشترین درصد افت محصول بودند (جدول ۳). مقایسه میانگین گروه وارپته‌های حساس با گروه وارپته‌های مقاوم، به وسیله آزمون  $t$  نشان داد که در آزمایش اعمال تنش گرما با کشت تاخیری و آزمایش اعمال تنش با گلخانه پلاستیکی، میان میانگین عملکرد دو گروه ژنوتیپ‌های متحمل و حساس، اختلاف معنی‌داری وجود داشت اما در آزمایش اعمال تنش گرمای طبیعی مزرعه و ایجاد دمای مطلوب به‌وسیله سایبان، این اختلاف معنی‌دار نبود (جدول ۴) که نشان دهنده توانایی و کارایی بهتر دو روش اول، برای ارزیابی و غربال ژنوتیپ‌های متحمل بود. همچنین تجزیه آزمون مقایسه گروهی  $t$  دمای تاج پوشش نشان داد که در آزمایش اعمال تنش با کشت تاخیری و گلخانه پلاستیکی، بین میانگین عملکرد دو گروه ژنوتیپ‌های متحمل و حساس، اختلاف معنی‌داری وجود دارد اما در آزمایش اعمال تنش گرمای طبیعی مزرعه و ایجاد دمای مطلوب به‌وسیله سایبان، این اختلاف معنی‌دار نبود (جدول ۵) که نشان دهنده کارایی دمای تاج پوشش در دو آزمایش اول و دوم و توانایی بهتر دو روش اول، در غربال ژنوتیپ‌های متحمل و حساس بود. در دو آزمایش اعمال تنش گرما با کشت تاخیری و گلخانه پلاستیکی، اختلاف بین میانگین محتوای نسبی آب برگ دو گروه ژنوتیپ‌های متحمل و حساس معنی‌دار نبود اما این اختلاف در آزمایش اعمال تنش گرمای طبیعی و ایجاد دمای مطلوب به‌وسیله سایبان معنی‌دار شد (جدول ۶) که بیانگر کارآمدی محتوای نسبی آب برگ در آزمایش سوم، برای غربال ژنوتیپ‌های متحمل و حساس بود. به نظر می‌رسد که در مناطق کم بازده گرم، محتوای نسبی آب برگ،

جدول ۱ - ارقام و لاین‌های مورد مطالعه و شجره آن‌ها

Table 1: The studied cultivars and lines and their pedigree

NO.	Name	Pedigree	Origin
1	Kauz	"KAUZ"S	CIMMYT
2	Bam	VEE"S"NAC//1-66-22	CIMMYT
3	Karim	HAMMA4	ICARDA
4	Veenak	VEE/NAC	CIMMYT
5	kavir	STM/3/KAL//V534/JIT/716	CIMMYT
6	Shiroodi	ATILLA(MC6358-Y4-M0-Y0-M8-Y0-ZP0)	CIMMYT
7	Arta	HD2206/HORK//BUL/6/CMH80A.253/4/M2A/...	CIMMYT
8	Roshan	HYS//DRC*2/7C/2*REH	CIMMYT
9	N-92-7	SHA7/VEE#5/5/VEE#8//JUP/BJY/3/F3.71/TRM/4/2*WEAVER/6/ SKAUZ/PARUS//PARUS.	CIMMYT
10	N-87-20	SABUF/7/ALTAR84/AE.SUARROSA(224)//YACO/6/CROC	CIMMYT

جدول ۲- دامنه بیشینه دما، از شروع گلدهی تا زمان رسیدن فیزیولوژیک در محل‌های اجرای آزمایش (درجه سانتیگراد)  
Table 2- The Range of maximum temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) from flowering to physiological maturity in the experiment locations.

Experiment	Year	Non-Stressed	Heat-Stressed
Late sowing	2015	20.4-25.4	26.2-43.2
	2016	20.8-23.3	31.4-43.4
Plastic greenhouse	2015	18.7-26.3	34-49
	2016	22.8-26.2	35-50
Field temperature	2015	22.5-27.5	28.8-37
	2016	21-28.5	27-37

گندم، تحت تنش گرما ( $35/40$  درجه روز/ شب)، حتی زمانی که رطوبت خاک در حد ظرفیت مزرعه بود و تنش خشکی رخ نداد، کاهش یافته بود (Machado & Paulson, 2001). همچنین در گندم، محتوای نسبی آب و هدایت روزنه‌ای، ارتباطی قوی و منفی با دمای تاج پوشش تحت تنش گرما دارند و تحت تاثیر دمای تاج پوشش قرار می‌گیرند (Farooq *et al.*, 2009). میانگین محتوای نسبی آب برگ ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش نسبت به شرایط بدون تنش، کاهش بسیار معنی‌داری داشت و از  $83/48$  درصد، به  $73/07$  درصد تقلیل یافت (جدول ۷). میزان کاهش محتوای نسبی آب برگ در هر کدام از ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش نسبت به شرایط بدون تنش، در شکل ۱ نشان داده شده است. در ژنوتیپ‌های شیروودی، کویر و N-92-7، تحت تنش گرما، محتوای نسبی آب برگ افزایش یافتو میزان آن، به ترتیب به  $68/11$ ،  $69/11$  و  $65/24$  درصد رسید و این افزایش در ارقام شیروودی و کویر بسیار معنی‌دار بود. در N-87-20، کاهش معنی‌دار محتوای نسبی آب برگ تحت تنش گرما، مشاهده شد و میزان آن،  $58/77$  درصد بود (شکل ۱). تنوع موجود در میانگین محتوای نسبی آب برگ ژنوتیپ‌ها تحت تنش گرما، حاکی از پاسخ متفاوت ژنوتیپ‌ها به تنش و همچنین توانایی ژنوتیپ‌های متحمل در حفظ محتوای نسبی آب برگ، در سطح بالاتری در مقایسه با ژنوتیپ‌های حساس است به طوری که تحت تنش گرما، میانگین محتوای نسبی آب برگ ژنوتیپ‌های متحمل و حساس، به ترتیب  $62/99$  و  $56/63$  درصد بود. در این آزمایش، همبستگی بین عملکرد با دمای تاج پوشش و محتوای نسبی آب برگ، تحت تنش گرما، به ترتیب  $r = -0.71$  و  $r = 0.64$  و معنی‌دار بود (جدول ۸). یعنی تحت تنش گرما، با افزایش دمای تاج پوشش، عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها

گزارش‌ها نشان داد که تنزل دمای تاج پوشش، همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله، تحت تنش گرما در مرحله ظهور سنبله و گلدهی دارد (Bilge *et al.*, 2008) به طوری که در شرایط تنش خشکی، پتانسیل عملکرد گندم، با بیشترین کاهش دمای تاج پوشش،  $10$  درصد و همچنین در شرایط تنش گرما، با بیشترین تنزل دمای تاج پوشش، هفت درصد افزایش داشت (Reynolds & Trethowan, 2007). محققین دیگری نیز به کاهش عملکرد دانه گندم در شرایط تنش گرما ناشی از افزایش دمای تاج پوشش اشاره کردند (Hossain *et al.*, 2011; Ugarte *et al.*, 2007). میانگین کل دمای تاج پوشش ژنوتیپ‌ها، از  $19/23$  درجه سانتیگراد در شرایط بدون تنش، به  $21/87$  درجه سانتیگراد در شرایط تنش افزایش یافت و اختلاف بین دو میانگین معنی‌دار شد که نشان از تاثیر پذیری دمای تاج پوشش از تنش گرما (تاخیر در کشت) داشت (جدول ۷). افزایش دمای تاج پوشش در شرایط تنش نسبت به شرایط بدون تنش، در کلیه ژنوتیپ‌ها، به وضوح در شکل ۱ دیده می‌شود. تحت تنش گرما، از میان ژنوتیپ‌ها، کاز و N-87-20، پایین‌ترین میانگین دمای تاج پوشش را داشتند که هر دو در گروه ژنوتیپ‌های مقاوم گرما قرار دارند. بالاترین میانگین تاج پوشش تحت تنش گرما، متعلق به ارقام وری ناک و بم (حساس) بود (شکل ۱). بنابراین به نظر می‌رسد که ژنوتیپ‌هایی با دمای تاج پوشش پایین در شرایط تنش گرما، به عنوان مقاوم و همچنین ژنوتیپ‌هایی با دمای تاج پوشش بالا در شرایط تنش گرما، به عنوان حساس شناخته شوند. نتایج این آزمایش در مورد دمای تاج پوشش، در راستای نتایج سایر پژوهشگران است (Bilge *et al.*, 2008; Reynolds, & Trethowan, 2007)) برخی مطالعات نشان داده‌اند که محتوای نسبی آب برگ

آب برگ هم، صفت کارآمدی برای غربالگری ژنوتیپ ها در پاسخ به تنش گرما است.

کاهش یافت و ژنوتیپ هایی که دارای محتوی نسبی آب برگ بیشتری بودند، عملکرد دانه بالاتری داشتند. با توجه به نتایج این آزمایش، به نظر می رسد که محتوای نسبی

جدول ۳ - شاخص حساسیت به تنش و درصد افت عملکرد ژنوتیپ های گندم در سه آزمایش مختلف اعمال تنش گرما در دو سال (۱۳۹۴-۹۵)

Table 3- Stress susceptibility index and yield loss percentage of wheat genotypes in the three heat stress experiments during 2 years (2014-2015).

Genotypes	Late sowing			Greenhouse			Field temperature					
	Yield(non-stress)(kg/h)	Yield(stressed)(kg/h)	SSI	Yield loss(%)	Yield(non-stress)(kg/h)	Yield(stressed)(kg/h)	SSI	Yield loss(%)	Yield(stressed)(kg/h)	SSI	Yield loss(%)	
Kauz	4738	3020	0.71	36	5088	2860	0.64	44	1748	827	1.12	53
Bam	4020	968	1.49	76	4412	702	1.24	84	1423	473	1.42	67
Karim	4492	2193	1	51	3428	915	1.08	73	993	733	0.56	26
Veenak	4053	827	1.56	80	4293	228	1.39	95	1485	633	1.22	57
Kavir	3463	1598	1.06	54	4790	1135	1.12	76	1505	618	1.25	59
Shiroodi	4302	2493	0.82	42	4545	1598	0.95	65	813	657	0.41	19
Arta	3580	1820	0.96	49	4205	940	1.14	78	1283	622	1.10	53
Roshan	4302	2007	1.05	53	3187	830	1.09	74	1448	823	0.92	43
N-92-7	4787	2518	0.93	47	5007	3193	0.53	36	930	520	0.94	44
N-87-20	4033	2915	0.54	28	4932	1498	1.02	70	1437	767	0.99	47
Stress severity		0.51				0.68				0.47		

ها بسیار معنی دار است که حاکی از تاثیر تنش گرما بر روی تظاهر این صفت در همه ژنوتیپ ها است (شکل ۲). با وجود کاهش محتوای نسبی آب برگ در نتیجه اعمال تنش (۸۴/۶۱ درصد)، نسبت به شرایط بدون تنش (۹۴/۴۸ درصد)، این کاهش معنی دار نبود (جدول ۷). اختلاف میانگین محتوای نسبی آب برگ بین دو شرایط تنش و بدون تنش، فقط در ژنوتیپ های آر تا و N-87-20 معنی دار شد و در بقیه ژنوتیپ ها، این اختلاف معنی دار نبود (شکل ۲). در این آزمایش هم مانند کشت تاخیری و گلخانه پلاستیکی، ژنوتیپ ها در پاسخ به تنش گرما، از لحاظ دمای تاج پوشش، تنوع زیادی نشان دادند. میزان افزایش دمای تاج پوشش در ژنوتیپ های متحمل نسبت به ژنوتیپ های حساس، تحت تنش گرما، کمتر بود. بنابراین با توجه به تنوع بالا و وجود اختلاف بسیار معنی دار بین دو شرایط در روش اعمال تنش گرما به وسیله گلخانه، این صفت از کارآمدی خوبی برای انتخاب ژنوتیپ ها برخوردار است. تنوع تغییرات محتوای نسبی آب برگ بین ژنوتیپ ها و دو شرایط زیاد نبود و این صفت در این آزمایش، کارایی خوبی برای غربالگری ژنوتیپ ها نداشت. نتایج حاصل از این آزمایش، حاکی از کاهش بسیار معنی دار عملکرد ژنوتیپ ها، تحت تنش گرما، نسبت به شرایط بدون تنش و همچنین افزایش معنی دار دمای تاج پوشش در شرایط تنش گرما نسبت به شرایط بدون تنش است (جدول ۷) به طوری که میانگین عملکرد ژنوتیپ ها در

در آزمایش اعمال تنش به وسیله گلخانه پلاستیکی، میانگین عملکرد ژنوتیپ ها در شرایط تنش گلخانه (۱۳۹۰ کیلو گرم در هکتار)، کاهش بسیار معنی داری نسبت به شرایط بدون تنش (۴۳۸۳ کیلو گرم در هکتار) نشان داد (جدول ۷). مقایسه میانگین عملکرد هر یک از ژنوتیپ ها، در دو شرایط تنش گرما و بدون تنش در شکل ۲ نشان داده شده و نشان می دهد که ژنوتیپ های کاز و N-92-7 در هر دو شرایط، بالاترین میانگین عملکرد دانه را داشتند و هر سه ژنوتیپ در گروه متحمل به گرما بودند (جدول ۳ ، ۴ و ۲). دو رقم وری ناک و بم، کمترین میانگین عملکرد را تحت تنش گرما داشتند و بر اساس جدول های ۳ و ۴، حساس به گرما بودند. اختلاف میانگین عملکرد در دو شرایط بدون تنش و تنش گرما در همه ژنوتیپ ها در این آزمایش، بسیار معنی دار بود (شکل ۲). میانگین دمای تاج پوشش نیز در اثر تنش گرما، افزایش معنی داری یافت و از ۲۳/۸۷ در شرایط بدون تنش، به ۲۷/۹۶ درجه سانتیگراد رسیده بود (جدول ۷). تحت تنش گرما، رقم کاز، کمترین میانگین دمای تاج پوشش را در بین ژنوتیپ ها داشت که طبق جدال های ۳ و ۴ رقم مقاوم به تنش گرمات در حالی که بالاترین میانگین دمای تاج پوشش، مربوط به ارقام وری ناک و بم بود که هر دو در زمره ارقام حساس به گرما قرار دارند (جدال های ۳ و ۴). ملاحظه می شود که اختلاف بین میانگین دمای تاج پوشش در دو شرایط تنش و بدون تنش در همه ژنوتیپ

تاج پوشش در شرایط تنش گرما، در ارقام وری ناک و بم(حساس) مشاهده شد. اختلاف میانگین دمای تاج پوشش در همه ژنوتیپها بین دو شرایط تنش و بدون تنش معنی دار بود (شکل ۳). نتایج این آزمایش نیز برای صفات دمای تاج پوشش و محتوای نسبی آب برگ، همانند نتایج آزمایش گلخانه بود به طوری که بین ژنوتیپ تحت تنش گرما، تنوع در تظاهر دمای تاج پوشش، بالا بود و این تنوع در مقایسه میانگین صفت در دو شرایط وجود دارد. بنابراین دمای تاج پوشش در این آزمایش هم، یک صفت کارآمد برای غربالگری ژنوتیپها، تحت تنش گرما تشخیص داده شد. تنوع تغییرات محتوای نسبی آب برگ بین ژنوتیپها و دو شرایط، زیاد و معنی دار نبود و این صفت در این آزمایش، کارآمدی مناسبی برای غربالگری ژنوتیپها نداشت.

نتایج حاصل از این آزمایش، حاکی از کاهش بسیار معنی دار عملکرد ژنوتیپها، تحت تنش گرما، نسبت به شرایط بدون تنش و همچنین افزایش معنی دار دمای تاج پوشش در شرایط تنش گرما، نسبت به شرایط بدون تنش بود (جدول ۷) به طوری که میانگین عملکرد ژنوتیپها در شرایط تنش گرما، ۶۹۵ کیلوگرم در هکتار بود و کاهش ۶۱۱ کیلوگرمی نسبت به میانگین عملکرد در شرایط بدون تنش (۱۳۰۶ کیلوگرم) نشان داد. میانگین دمای تاج پوشش ژنوتیپها در شرایط تنش گرما، ۶/۱۰ درجه سانتیگراد، در مقایسه با شرایط بدون تنش، افزایش داشت و از ۲۵/۰۳ درجه سانتیگراد، به ۳۱/۱۳ درجه سانتیگراد رسید (جدول ۷). این نتایج، در راستای نتایج محققین دیگر (Hossain et al., 2011; Ugarte et al., 2007) بود.

شرایط تنش گرما، معادل ۲۰۳۷ کیلوگرم در هکتار بود و کاهش ۲۰۸۰ کیلوگرمی نسبت به میانگین عملکرد در شرایط بدون تنش (۴۱۱۷ کیلوگرم) نشان داد. میانگین دمای تاج پوشش ژنوتیپها در شرایط تنش گرما، ۲/۶۴ درجه سانتیگراد افزایش در مقایسه با شرایط بدون تنش داشت و از ۱۹/۲۳ درجه سانتیگراد به ۲۱/۸۷ درجه سانتیگراد رسید (جدول ۷). این نتایج در راستای نتایج محققین دیگر (Hossain et al., 2011; Ugarte et al., 2007) بود. در این آزمایش نیز همبستگی بین عملکرد با دمای تاج پوشش و محتوای نسبی آب برگ تحت تنش گرما، به ترتیب  $r = -0.42$  و  $r = 0.49$  ولی غیر معنی دار بود (جدول ۸). با این وجود، تحت تنش گرما، با افزایش دمای تاج پوشش، عملکرد دانه ژنوتیپها کاهش یافت و ژنوتیپهایی که دارای محتوای نسبی آب برگ بیشتری بودند، عملکرد دانه بالاتری داشتند. در آزمایش اعمال تنش گرمای طبیعی و نصب سایبان، تاثیر گرما بر عملکرد و دمای تاج پوشش معنی دار بود به طوری که میانگین عملکرد، از ۱۳۰۶ کیلوگرم در هکتار در شرایط بدون تنش، به ۶۹۵ کیلوگرم در هکتار تنزل یافت و دمای تاج پوشش، از ۲۵/۰۳ درجه سانتیگراد در شرایط بدون تنش، به ۳۱/۱۳ درجه سانتیگراد افزایش یافت (جدول ۷). تغییر محتوای نسبی آب برگ با وجود کاهش آن در شرایط تنش، معنی دار نبود (جدول ۷). در شکل ۳، تاثیر تنش گرما روی عملکرد دانه، دمای تاج پوشش و محتوای نسبی آب برگ، در آزمایش گرمای طبیعی مزرعه و نصب سایبان در دو سال آزمایش (۱۳۹۵-۹۶) دیده شد. اختلاف بین عملکرد دانه هر یک از ژنوتیپها در دو شرایط تنش و بدون تنش، بسیار معنی دار بود و بیشترین کاهش عملکرد در رقم بم مشاهده شد (شکل ۳). بالاترین میانگین دمای

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد ژنوتیپهای متحمل و حساس، تحت تنش گرما در سه آزمایش مختلف بر اساس آزمون t

Table 4- Mean comparison of the yield of tolerant and sensitive genotypes under heat stress in three experiments based on T test

Genotype	Response	Late sowing		Plastic greenhouse		Field temperature	
		Yeild(kg/h)	Group mean	Yeild(kg/h)	Group mean	Yeild(kg/h)	Group mean
kauz	tolerant	3020	2677**	2860	2550**	827	668 <sup>ns</sup>
shirodi		2493		1598		657	
N-92-7		2518		3193		520	
Bam	sensitive	928	1316	702	615	473	613
Veenak		827		228		633	
Karim		2193		915		733	

\*\* و ns: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد و غیر معنی دار

\*\* and ns: significant at 1% probability level and not significant



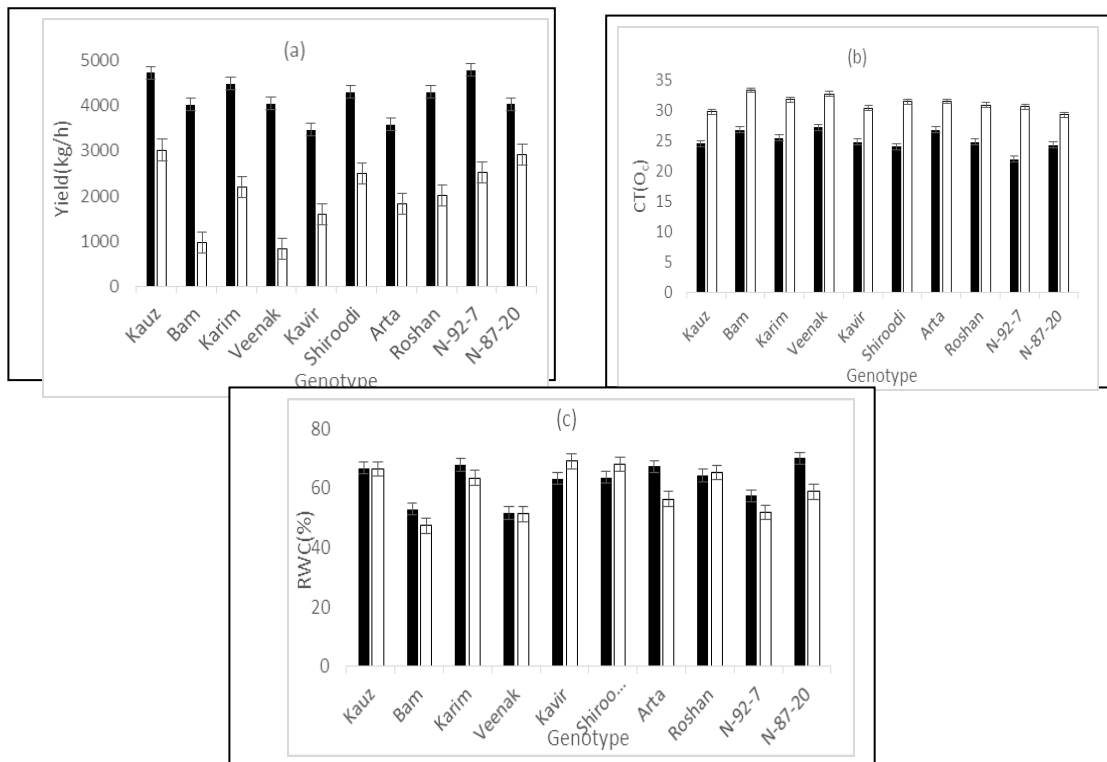
جدول ۵ - مقایسه میانگین دمای تاج پوشش ژنوتیپ‌های متحمل و حساس، تحت تنش گرما در سه آزمایش بر اساس آزمون t

Table 5- Mean comparison of the canopy temperature of tolerant and sensitive genotypes under heat stress in three experiments based on T test

Genotype	Response	Late sowing		Plastic greenhouse		Field temperature	
		Canopy temperature	Group mean	Canopy temperature	Group mean	Canopy temperature	Group mean
kauz	tolerant	18.92	20.72 <sup>*</sup>	26.95	27.49 <sup>**</sup>	29.73	30.67 <sup>ns</sup>
shirodi		21.32		27.88		31.43	
N-92-7		21.93		27.63		30.85	
Bam	sensitive	23.88	24.28	30.72	30.27	30.33	31.58
Veenak		25.90		30.02		32.65	
Karim		23.07		30.08		31.75	

\*\* و \* : به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و غیر معنی دار

\*\* , \* and ns: significant at 1 % and 5% probability levels and not significant



شکل ۱- تاثیر تنش گرما روی عملکرد دانه (الف)، دمای تاج پوشش (ب) و محتوای نسبی آب برگ (ج) در آزمایش کشت تاخیری در دو سال آزمایش (۱۳۹۵-۹۶). ستون مشکی، شرایط بدون تنش و ستون های تو خالی، شرایط تنش را نشان می دهند.

Fig.1 Effect of heat stress on yield (a), canopy temperature (b) and relative water content (c) at late sowing experiment, during 2 years (2014-2015). The black and white columns are non-stressed and stressed conditions, respectively.

جدول ۶- مقایسه میانگین محتوای نسبی آب برگ ژنوتیپ‌های متحمل و حساس، تحت تنش گرما در سه آزمایش بر اساس آزمون t

Table 6- Mean comparison of the relative water content of tolerant and sensitive genotypes under heat stress in three experiments based on T test

Genotype	Response	Late sowing		Plastic greenhouse		Field temperature	
		Relative water content%	Group mean	Relative water content%	Group mean	Relative water content%	Group mean
kauz	tolerant	77.89	73.47 <sup>ns</sup>	89.20	85.48 <sup>ns</sup>	66.45	66.63 <sup>*</sup>
shirodi		70.93		79.87		68.11	
N-92-7		72.40		87.38		65.34	
Bam	sensitive	52.89	62.63	77.21	82.39	47.23	54.02
Veenak		54.59		82.01		51.27	
Karim		80.41		87.95		63.46	

\* و ns: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و غیر معنی دار

\* and ns: significant at 5% probability level and not significant

جدول ۷ - مقایسه میانگین عملکرد، دمای تاج پوشش و محتوای نسبی آب برگ در سه آزمایش مختلف

Table 7- Mean comparison of the yield, canopy temperature and relative water content in three different experiments

Trials	Late sowing		Plastic greenhouse		Field temperature	
	Non- stress	stressed	Non- stress	stressed	Non- stress	stressed
Yield(kg/h)	4117	2037**	4383	1390**	1306	695**
canopy temperature(o.c)	19.23	21.78*	23.87	27.96**	25.03	31.13**
Relative water content%	82.48	73.07**	94.48	84.61 <sup>ns</sup>	59.83	59.81 <sup>ns</sup>

\*\*،\* و ns: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و غیر معنی دار

\*\*،\* and ns: significant at 1 and 5% probability levels and not significant

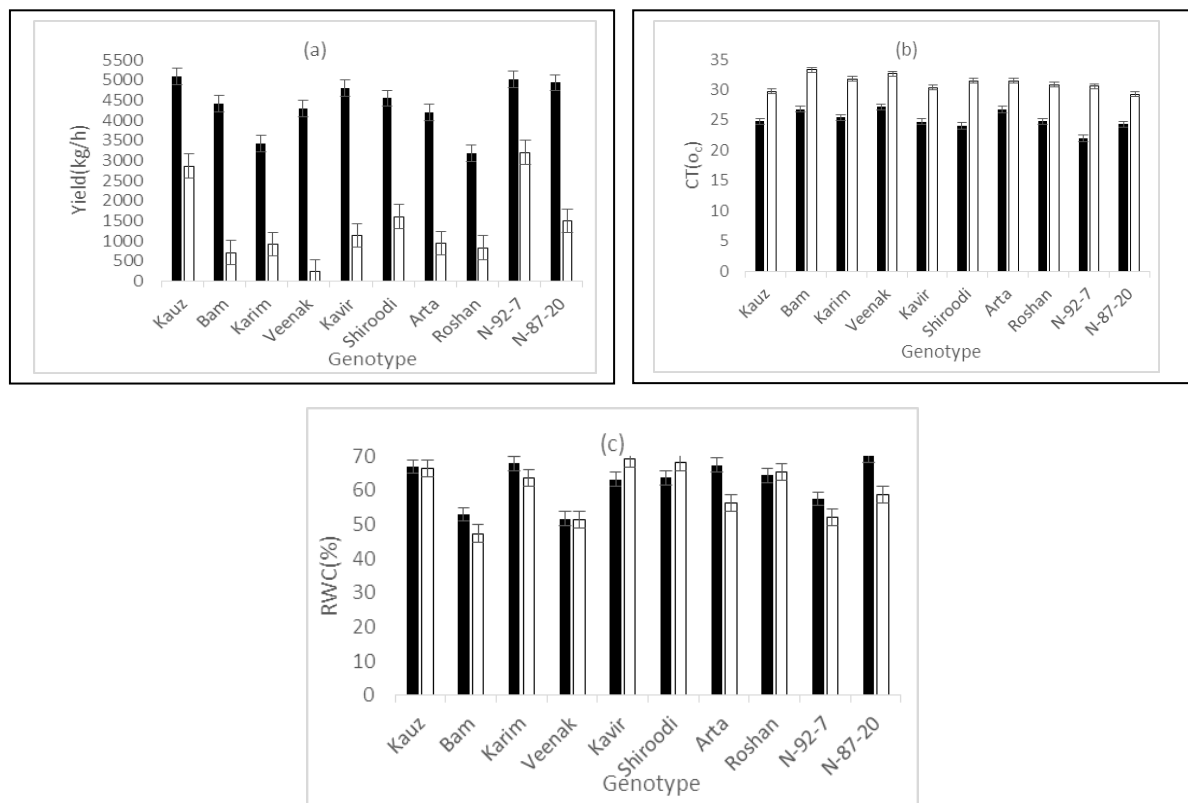
جدول ۸- همبستگی دمای تاج پوشش و محتوای نسبی آب برگ با عملکرد، در شرایط بدون تنش و تنش در سه آزمایش

Table 8- Correlation between canopy temperature and relative water content with yield in non-stressed and stressed conditions in three experiments

Experiments	Canopy temperature		Relative water content	
	Non- stress	stressed	Non- stress	stressed
	stress		stress	
Sowing late	0.10 <sup>ns</sup>	-0.71*	0.39 <sup>ns</sup>	0.64*
Plastic greenhouse	0.31 <sup>ns</sup>	-0.43 <sup>ns</sup>	0.63*	0.49 <sup>ns</sup>
Field temperature	0.04 <sup>ns</sup>	-0.27 <sup>ns</sup>	-0.27 <sup>ns</sup>	-0.12 <sup>ns</sup>

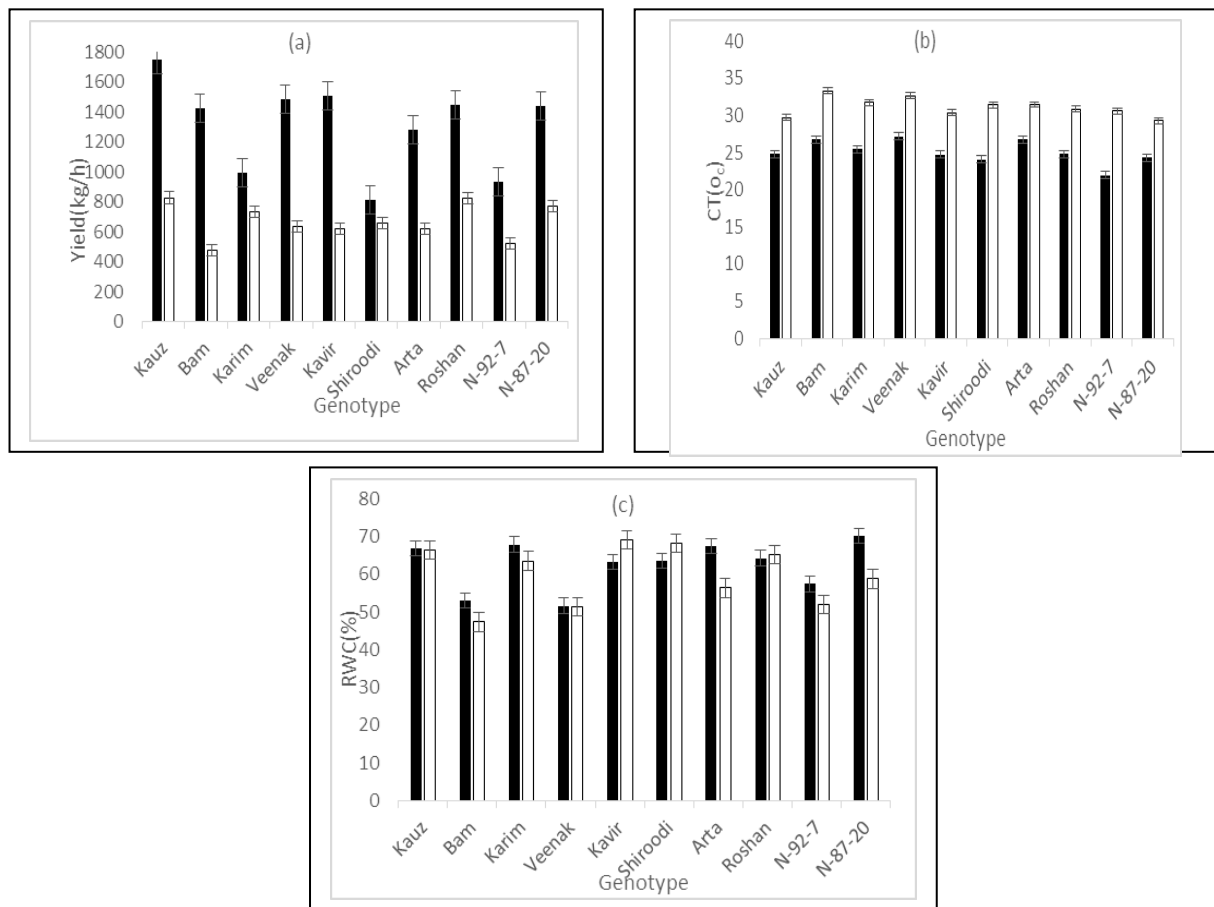
\* و ns: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و غیر معنی دار

\* and ns: significant at 5% probability level and not significant



شکل ۲- تاثیر تنش گرما روی عملکرد دانه (الف)، دمای تاج پوشش (ب) و محتوای نسبی آب برگ (ج) در آزمایش گلخانه پلاستیکی در دو سال آزمایش (۱۳۹۵-۹۶) (ستون مشکی شرایط بدون تنش و ستون های تو خالی شرایط تنش را نشان می دهند).

Fig. 2- Effect of heat stress on yield (a), canopy temperature (b) and relative water content (c) at plastic greenhouse experiment during 2 years (2014-2015). The black and white columns are non-stressed and stressed conditions, respectively.



شکل ۳- تاثیر تنش گرما روی عملکرد دانه (الف)، دمای تاج پوشش (ب) و محتوای نسبی آب برگ (ج) در آزمایش گرمای طبیعی مزرعه و نصب سایبان در دو سال آزمایش (۱۳۹۵-۹۶). ستون مشکی، شرایط بدون تش و ستون های تو خالی، شرایط تنش را نشان می دهند.

Fig. 3- Effect of heat stress on yield (a), canopy temperature (b) and relative water content (c) at field temperature experiment during 2 years (2014-2015). The black and white columns are non-stressed and stressed conditions, respectively.

بالای بین دمای تاج پوشش و عملکرد دانه، میانگین دمای تاج پوشش در گروه ژنوتیپ‌های متحمل و حساس، کاملاً متفاوت بود که بیانگر کارایی این صفت، در غربالگری ژنوتیپ‌های مقاوم بود. تنوع ژنتیکی بالایی بین ژنوتیپ‌ها، از لحاظ دمای تاج پوشش و محتوای نسبی آب برگ، تحت تنش گرما وجود داشت که نشان می‌دهد این دو صفت، برای بهبود تحمل تنش گرما، در اصلاح گندم، نقش مهمی دارند.

### نتیجه گیری کلی

در مجموع، نتایج این پژوهش نشان داد که در آزمایش اعمال تنش در کشت تاخیری گندم، همبستگی بالایی بین دمای تاج پوشش و محتوای نسبی آب برگ با عملکرد دانه، تحت تنش گرما وجود داشت. این ارتباط بین صفات فوق و عملکرد دانه در آزمایش اعمال تنش با گلخانه پلاستیکی و تنش گرمای طبیعی مزرعه و نصب سایبان نیز به‌طور کلی صادق بود؛ هرچند مقادیر همبستگی‌ها معنی‌دار نبود. علاوه بر همبستگی نسبتاً

### REFERENCES

1. Amani, I., Fischer, R. A. & Reynolds, M. P. (1996). Canopy temperature depression associated with yield of irrigated spring wheat cultivars in a hot 785 Climate. *Crop Science*, 176, 119–129.
2. Asseng S, Foster, I. & Turner N C. (2011). The impact of temperature variability on wheat yields. *Global Change Biology*, 17, 997–1012.

3. Barr, H. D. & Weatherley, P. E. (1962). A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficit in leaves. *Australian Journal of Biology*, 15,413-428.
4. Bilge, B., Yildirim, M., Barutclar, C. & Genc, I. (2008). Effect of canopy temperature depression on grain yield and yield components in bread and durum wheat. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 36 (1), 34-37.
5. Blum, A. (1998). Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilisation. *Euphytica*, 100 (1-3), 77-83
6. Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. & Basra, S. M. A. (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*, 29,185-212.
7. Farooq M., Bramley H., Palta J. A. & Siddique K. H. M. (2011). Heat Stress in Wheat during Reproductive and Grain-Filling Phases. Critical Reviews. *Plant Sciences*, 30,491- 507.
8. Fisher, R. A. & Maurer, R. (1978). Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research*, 29, 897-912.
9. Gibson, L. R. & Paulsen, G. M. (1999). Yield components of wheat grown under high temperature stress during reproductive growth. *Crop Science*, 39(6), 1841-1846.
11. Hakim, M. A., Hossain, A., Jaime, A., Silva, T. D., Zvolinsky, V. P. & Khan, M. M. (2012). Yield, Protein and Starch Content of Twenty Wheat (*Triticum aestivum* L.) Genotypes Exposed to High Temperature under Late Sowing Conditions. *Journa of Scientific Research*, 4, 477-89.
12. Hall, A. E. (1992). Breeding for Heat Tolerance. *Plant Breeding Reviews*, 10, 129-168.
13. Halford, N. G. (2009). New insightson the effects of heat stresson crops. *Experience Botanicals*, 60, 4215-4216.
14. Hossain, M.A.Z. Sarker, M.A. Hakim, M.V. Lozovskaya. & V.P. Z. volinsky. (2011). Effect of temperature on yield and some agronomic characters of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) genotyps. *Agricultural Research Innovation. & Technology*, 1 (1&2), 44-54
15. IPCC. (2007). *Intergovernmental panel on Climate Change*. fourth assessment report: Climate change.
16. Jalal-Kamali, M. R. & Duveiller, E. (2008). Wheat Production and Research in Iran: A Success Story. P. 5458. In M.P., Reynolds, J., Pietragalla. & H.J. Braun (Eds.) *proceeding of the International Symposium on Wheat Yield Potential: Challenges to International Wheat Breeding*. CIMMYT. D.F. Mexico.
17. Khan M. B., Hussain M., Raza, A., Farooq S. & Jabran K. (2015). Seed priming with CaCl<sub>2</sub> and ridge planting for improved drought resistance in maize. *Turkish Journal of Agriculture & Forestry*, 39, 193-203.
18. Machado, S. & Paulsen, G. M. (2001). Combined effects of drought and high temperature on water relations of wheat and sorghum. *Plant and Soil*, 233, 179-187.
19. Mohammadi, V., Ghannadha, M. R., Zali, A. A. & Yazdi-Samadi, B. (2004). Effect of post anthesis heat stress on head traits of wheat. *International Journal of Agriculture and Biology*, 6(1), 42-44
20. Olivares-Villegas, J. J., Reynolds, M. P. & McDonald, G. K. (2007). Drought-adaptive attributes in the Seri/Babax hexaploid wheat population. *Plant Biology*, 34, 189-203.
21. Pastori, G. M. & Foyer, C. H. (2002). Common components, networks and pathways of cross-tolerance to stress. The central role of “redox” and abscisic acid-mediated controls. *Plant Physiology*, 129, 460-468.
22. Pinto, R. S., Mathew, p., Renold, M. P., Mathew, K. L., McIntyre, c. L., Olivers-Villegas, J. J. & Chapman, S. C. (2010).Heat and drought adaptive QTL in a wheat population designed to minimize confounding agronomic effects. *Theoretical and Applied Genetics*,121,1001-1021.
23. Radhika, S. & Thind, K.. (2013). Various agronomic traits as affected by sowing date ediated heat stress conditions. *Agriculture and Crop Sciences*, 57(2), 76-78.
24. Reynolds, M. P., Balota, M., Delgado, M. I. B., Amani, I. & Fischer, R. A. (1994). Physiological and morphological traits associated with spring wheat yield under hot, irrigated conditions. *Australian Journal of Plant Physiology*, 21, 717-730.
25. Reynolds, M. P., Singh, R. P., Ibrahim, O. A., Ageeb, A. & Quick, J. S. (1998). Evaluating physiological traits to complement empirical selection for wheat in warm environments. *Euphytica*, 100,84-95.
26. Reynolds, M. P., Nagarajan, S., Razzaque, M. A. & Ageeb, O. A. A. (2001). *Breeding for adaptation to environmental factors: heat tolerance*. In: Reynolds MP, Ortiz- MonasterioJI, McNabA (eds) *Application of physiology in wheat breeding*, pp, 124-135. CIMMYT, Mexico.
27. Reynolds, M. P. & Trethowan, R.M. (2007). *Physiological interventions in breeding for adaptation to abiotic stress*, pp, 129-146. CIMMYT, Mexico.

28. Savicka, M. & Skute, N. (2012). Some morphological, physiological and biochemical characteristics of wheat seedling *Triticum aestivum* L. organs after high-temperature treatment. *Ekologija*, 58(1), 9-21.
29. Ugarte, C., Calderini, D. F. & Slafer, G. A. (2007). Grain weight and grain number responsiveness to pre-anthesis temperature in wheat, barley and triticale. *Field Crop Research*, 100, 240-8.
30. Wahid, A., Gelani, S., Ashraf, M. & Foolad, M. R. (2007). Heat tolerance in plants: an overview. *Environmental and Experimental Botany*, 61, 199-223.