مجله پژوهش‌های به زراعی
جلد ۱۴، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۱

مجله پژوهش‌های به زراعی

شناسایی منابع متحمل به تنش گرما در خویشاوندان گندم

یوسف ارشد[۱]، مهدی زهراوی[۱*]، غلامرضا عبادوز[۲]

۱- بانک ژن گیاهی ملی ایران
۲- مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ایران

تاریخ دریافت : ۹۱/۳/۱۳ تاریخ پذیرش : ۹۱/۷/۱۳

چکیده

گونه‌های خویشاوند گندم منابع ژنی ارزشمندی برای تحمل به تنش‌های زیستی و غیرزیستی می‌باشند. به منظور شناسایی نمونه‌های ژنتیکی متحمل به تنش گرما در کلکسیون گندم نان بانک ژن گیاهی ملی ایران، ۵۱۲ توده گندم در اهواز مورد بررسی قرار گرفتند. توده‌های مذکور در قالب دو آزمایش جداگانه در شرایط معمولی و تنش گرما بصورت آگمنت کشت شدند. تنش گرما از طریق تأخیر در کشت اعمال گردید. از بین گونه‌های خویشاوندان گندم مورد بررسی، ۴۶ نمونه ژنتیکی، شامل ۳۲ نمونه گندم دوروم (*T. turgidum* ssp. *durum*)، هشت نمونه گندم تورجیدوم (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)، پنج نمونه گندم کامپکتوم (*T. compactum*) و یک نمونه گندم دیکوکوم (*T. dicoccum*) بقاء یافتند. برخی از صفات مهم زراعی و فنولوژیکی نمونه‌های مذکور اندازه‌گیری شد. مقدار شدت تنش ۰/۷۱ برآورد گردید. بیشترین عملکرد دانه پنج سنبله در شرایط بدون تنش گرما (Yp) و تنش گرما (Ys) به ترتیب متعلق به نمونه‌های ژنتیکی ۴۰ و ۹ (هر دو از زیر گونه دوروم) بود. نمونه ژنتیکی ۳۴ (دوروم) دارای بیشترین مقدار عددی برای شاخص‌های MP، GMP و STI بود. از بین شاخص‌های تحمل به تنش، STI و GMP همبستگی قابل قبولی با Yp و Ys داشتند و به عنوان مناسب‌ترین شاخص‌های تحمل به تنش گرما در نظر گرفته شدند. تأثیر صفات ارزیابی شده بر تغییرات شاخص‌های STI و GMP با استفاده از رگرسیون مرحله‌ای مورد بررسی قرار گرفت. صفات وارد شده در مدل رگرسیون برای هر دو شاخص STI و GMP یکسان و عبارت اند از تعداد دانه در سنبله در شرایط تنش و بدون تنش، وزن صد دانه در شرایط تنش و بدون تنش و قطر ساقه در شرایط تنش بود که اهمیت این صفات را در تحمل به تنش گرما نشان می‌دهد. در هر دو مدل رگرسیون STI و GMP، صفت وزن صد دانه در شرایط تنش دارای بزرگترین ضریب بود و نشان دهنده اهمیت بیشتر آن است. نمونه‌های ژنتیکی در نمودار سه بعدی بر اساس Yp، Ys و STI تفکیک گردیدند. ۱۲ نمونه ژنتیکی شامل نمونه‌های ۲ (دیکوکوئدس)، ۶، ۹، ۱۵، ۲۱، ۳۴، ۴۰، ۴۲ (دوروم)، ۲۲، ۲۸ (تورجیدوم)، ۳ و ۵ (کامپکتوم) در ناحیه A (با Yp و Ys بالاتر) قرار گرفتند و به عنوان متحمل‌ترین نمونه‌ها به تنش گرما شناسایی شدند.

واژه‌های کلیدی: تنش گرما، ژرم‌پلاسم، شاخص تحمل تنش، دوروم، تورجیدوم، کامپکتوم، دیکوکوم

* نگارنده مسئول (mzahravi@spii.ir)

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

گندم (*Triticum* spp.) یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی دنیا از حیث سطح زیر کشت، تولید و تغذیه می‌باشد، به طوری که ۱۹ درصد کالری و ۲۱ درصد پروتیین جمعیت جهان را تأمین می‌نماید (FAO, 2011). اگر چه گندم دارای دامنه سازگاری گسترده‌ای به شرایط متفاوت آب و هوایی است ولی بسیاری از عوامل زیستی و غیر زیستی، عملکرد آن را محدود می‌سازد. تنش گرما یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده محیطی در تولید گندم است (Pradhan *et al*., 2012). حدود هفت میلیون هکتار از کشت گندم در کشورهای در حال توسعه در معرض تنش گرمای پیوسته می‌باشد. تنش گرمای انتهای فصل نیز معضل ۴۰ درصد از نواحی معتدل است که وسعتی معادل ۳۶ میلیون هکتار را در بر می‌گیرد (Reynolds *et al*., 2001). پیش‌بینی می‌شود که گیاهان زارعی در دهه پیش رو، بر اثر پدیده گرم شدن زمین، با روزها و شب‌های گرم‌تری مواجه باشند (Meehl & Tebaldi, 2004).

مرحله زایشی در گندم حساس‌ترین دوره نسبت به دمای بالا می‌باشد. دمای بالا در زمان گرده‌افشانی، سبب کاهش تعداد دانه در سنبله Prasad *et al* (2008), Yang *et al* (2002) و اندازه دانه Stone & Nicolas (1994) Viswanathan & Khanna-Chopra (2001) می‌شود که هر دوی آنها تأثیر زیادی بر عملکرد دانه دارند. کاهش تعداد دانه بطور عمده ناشی از اثر سوء دمای بالا بر اعضاء گل می‌باشد. دمای بالا طی میوز سبب کاهش عملکرد گندم، به دلیل کاهش در تعداد دانه تولید شده، می‌شود. کاهش در اندازه دانه در نتیجه کوتاه‌تر شدن طول دوره پرشدن دانه رخ می‌دهد (Gibson & Paulsen, 1999; Viswanathan & Khanna-Chopra, 2001). اگرچه دمای بالا نرخ پرشدن دانه‌ها را افزایش می‌دهد، اما این افزایش به اندازه‌ای نیست که کاهش طول دوره پرشدن دانه را جبران نماید (Prasad *et al*., 2006). یکی از روش‌های کاهش اثرات سوء تنش گرما تولید ارقام محتمل است (Wahid *et al*., 2007). تنوع ژنتیکی گندم برای اصلاح تحمل به تنش گرمای انتهای فصل محدود است (Trethowan & Mujeeb-Kazi, 2008) و خویشاوندان وحشی گندم منابع نوید بخشی در این رابطه می‌باشند (Ehdaie & Waines, 1992; Khanna-Chopra & Viswanathan, 1999; Zaharieva *et al*., 2001).

گندم دوروم (*T. turgidum* ssp. *durum*) (AABB, 2n=4x=28) پس از گندم نان مهم‌ترین گونه جنس تریتیکوم است و حدود ۶ تا ۸ درصد از کل گندم‌های تولیدی در دنیا را در بر می‌گیرد (Marshall *et al*., 2001). گندم دوروم یکی از قدیمی‌ترین گونه‌های غلات کشت شده در دنیا است (Moragues *et al*., 2007). این گونه حدود ۱۰۰۰۰ سال پیش در منطقه هلال حاصل خیز[1] ظاهر شد. بنظر می‌رسد گندم دوروم از طریق تجمع چندین جهش از گندم امر[2] (*T. dicoccum*) بوجود آمده است (Kihara, 1944). گندم امر به عنوان گونه غالب چند هزار سال در خاورمیانه کشت و زرع می‌شده است. گندم کامپکتوم[3] (*T. compactum*) از گروه گندم‌های هگزاپلوئید بوده که از گونه *T. aestivum* در خاورمیانه بوجود آمده است (یزدی صمدی و عبدمیشانی، ۱۳۷۳).

1 - Fertile Crescent
2 - Emmer
3 - Club wheat

Archive of SID

www.SID.ir

استفاده از صفات معین به عنوان معیار گزینش در برنامه‌های اصلاحی به سهولت ارزیابی، کم هزینه بودن روش غربال، وراثت‌پذیری و همبستگی آنها با تحمل به تنش بستگی دارد (Vijendra, 2000). برای انتخاب گیاهان متحمل به تنش بر اساس عملکرد، شاخص‌های مختلفی پیشنهاد شده است. Fischer & Maurer (1978) شاخص حساسیت به تنش (SSI)، Rosielle & Hamblin (1981) شاخص‌های تحمل (TOL) و شاخص بهره‌وری متوسط (MP) و Fernandez (1992), Kristin *et al* (1997) نیز شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) را پیشنهاد نمودند.

هدف از انجام این تحقیق شناسایی نمونه‌های ژنتیکی متحمل به تنش گرما در خویشاوندان گندم و تعیین شاخص‌ها و صفات مرتبط با تحمل به تنش گرما بود.

مواد و روش‌ها

در سال زراعی ۸۱-۱۳۸۰، ۵۱۲ توده گندم، شامل گندم نان و خویشاوندان آن، به منظور ارزیابی تحمل نسبت به تنش گرما در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اهواز مورد بررسی قرار گرفتند. توده‌های مذکور در قالب دو آزمایش جداگانه در شرایط معمولی و تنش گرما کشت شدند. هر آزمایش به صورت طرح آگمنت با ۱۶ بلوک و هر بلوک مشتمل بر ۳۲ نمونه ژنتیکی به انضمام ارقام شاهد چمران، شوا و لاین ۲۰- سراسری اجرا شد. بذر هر نمونه ژنتیکی در یک ریف به طول ۲/۵ متر و با در نظر گرفتن ۶۰ سانتیمتر فاصله بین ردیف‌ها کشت گردید. تنش گرما از طریق تأخیر در کشت اعمال گردید. بدین منظور در آزمایش شرایط معمولی (بدون تنش گرما) کشت نمونه‌ها در نیمه اول آذر ماه به عنوان تاریخ مناسب انجام شد. کشت نمونه‌ها در آزمایش تنش گرما، در نیمه دوم دی ماه در نظر گرفته شد به طوری که مراحل زایشی و پرشدن دانه مصادف با دمای بالای هوا گردیده و نمونه‌های حساس حذف شدند. از بین گونه‌های خویشاوندان گندم مورد بررسی، ۴۶ نمونه ژنتیکی بقاء یافتند که دارای سنبله و دانه بندی مطلوب بودند (ولی سایر نمونه‌ها نتوانستند دوره رشد و نمو خود را کامل کنند) این نمونه‌ها شامل ۳۲ نمونه گندم دوروم (*T. turgidum* ssp. *durum*)، هشت نمونه گندم تورجیدوم (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)، پنج نمونه گندم کامپکتوم (*T. compactum*) و یک نمونه گندم دیکوکوم (*T. dicoccum*) بودند (جدول ۱). برخی از صفات مهم زراعی و فنولوژیکی در این نمونه‌ها، ارزیابی و با صفات اندازه‌گیری شده در نمونه‌های ژنتیکی متناظر در آزمایش بدون تنش گرما، مقایسه و تجزیه‌های آماری انجام گردید. صفات مورد مطالعه شامل طول سنبله، وزن صد دانه، ارتفاع بوته، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد گلچه درسنبلچه، تعداد دانه در سنبله، تعداد گره در ساقه، تعداد روز تا گل‌دهی، تعداد روز تا رسیدن کامل، طول دوره پرشدن دانه و عملکرد دانه پنج سنبله مطابق با دستورالعمل کمیته بین‌المللی ذخایر توارثی گیاهی IBPGR (1978) با انتخاب ۵ نمونه تصادفی از داخل هر توده، ارزیابی شدند. به منظور محاسبه شاخص‌های تحمل به تنش، وزن دانه پنج سنبله (عملکرد دانه پنج سنبله) هر نمونه ژنتیکی در شرایط تنش و بدون تنش گرما به ترتیب به عنوان Y_s و Y_p در نظر گرفته شد. سپس میانگین عملکرد دانه پنج سنبله تمام نمونه‌های ژنتیکی در محیط تنش ($\overline{Y}_s$) و بدون تنش ($\overline{Y}_p$) محاسبه شد. شدت تنش با استفاده از رابطه

Archive of SID

www.SID.ir

$SI=1-\left(\frac{\overline{Y}_s}{\overline{Y}_p}\right)$ برآورد گردید. شاخص تحمل تن (STI) با استفاده از رابطه ۱ بدست آمد. شاخص حساسیت به تنش (SSI) از طریق رابطه ۲ محاسبه شد. شاخص‌های تحمل (TOL) از رابطه ۳، شاخص بهره‌وری متوسط (MP) از رابطه ۴، شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) از رابطه ۵ و میانگین هارمونیک از رابطه ۶ به دست آمد.

رابطه ۱ $$STI=\frac{(Y_p)(Y_s)}{(\overline{Y}_p)^2}$$

رابطه ۲ $$SSI=\frac{1-\left(\frac{Y_s}{Y_p}\right)}{SI}$$

رابطه ۳ $$TOL=Y_p-Y_s$$

رابطه ۴ $$MP=\frac{Y_s+Y_p}{2}$$

رابطه ۵ $$GMP=\sqrt{(Y_s)(Y_p)}$$

رابطه ۶ $$HM=\frac{2(Y_p.Y_s)}{Y_p+Y_s}$$

رابطه بین شاخص‌های تحمل تنش و عملکرد دانه پنج سنبله در شرایط تنش و بدون تنش با استفاده از تجزیه همبستگی مورد مطالعه قرار گرفت. به منظور بررسی تأثیر سایر صفات ارزیابی شده بر تغییرات شاخص‌های تحمل تنش، تجزیه رگرسیون به روش مرحله‌ای با در نظر گرفتن شاخص‌های تحمل تنش به عنوان متغیر تابع و سایر صفات اندازه‌گیری شده (به جز عملکرد دانه پنج سنبله در شرایط بدون تنش و تنش گرما) به عنوان متغیر مستقل انجام شد. نمونه‌های ژنتیکی بر اساس تظاهر در شرایط تنش و بدون تنش و شاخص تحمل تنش (STI) توسط نمودار سه بعدی تفکیک گردیدند. تفاوت معنی‌دار میانگین صفات ارزیابی شده در گروه‌های چهار گانه تمایز یافته در نمودار سه بعدی با استفاده از تجزیه واریانس مطالعه گردید و خصوصیات نمونه‌های ژنتیکی در هر گروه مورد بررسی قرار گرفت.

تجزیه‌های آماری و ترسیم نمودار توسط نسخه ۱۲ نرم افزار SPSS و محاسبه شاخص‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس ارقام شاهد نشان داد که تفاوت بین بلوک‌ها در طرح آگمنت معنی‌دار نبود، بنابراین نیازی به تصحیح مقادیر صفات اندازه‌گیری شده برای نمونه‌های ژنتیکی نبود.

مقادیر شاخص‌های تحمل به تنش برای ۴۶ نمونه ژنتیکی خویشاوند گندم در جدول ۲ ارائه شده است. مقدار شدت تنش ۰/۷۱ برآورد شد.

بیشترین عملکرد دانه پنج سنبله در شرایط بدون تنش گرما متعلق به نمونه ژنتیکی ۴۰ (دوروم) (۱۲/۳۳ گرم) و بیشترین عملکرد دانه پنج سنبله در شرایط تنش گرما متعلق به نمونه ژنتیکی ۹ (دوروم) (۳/۷۵ گرم) بود. از لحاظ شاخص‌های تحمل به تنش، نمونه ژنتیکی ۳۴ (دوروم) دارای بیشترین مقدار عددی برای شاخص‌های MP (۷/۴۷)، GMP (۵/۹۳) و STI (۰/۵۵) بود. بیشترین مقدار شاخص HM به نمونه ژنتیکی ۹ (دوروم) (۵/۲۵) تعلق داشت. نمونه ژنتیکی ۳۱ (تورجیدوم) دارای کمترین مقدار شاخص‌های TOL (۱/۸۶) و SSI (۰/۵۸) (تحمل بیشتر) بود. Pradhan *et al* (2012) در بررسی تحمل به تنش گرما در گونه‌های *Aegilops* مشاهده نمودند که *A. geniculata* و *A. speltoides* متحمل‌ترین و *A. longissima* حساس‌ترین گونه نسبت به تنش گرما بودند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- مشخصات گونه و مبدأ نمونه‌های ژنتیکی خویشاوند گندم نان بقاءیافته در ارزیابی تحمل به تنش گرما

شماره	کد نمونه ژنتیکی	مبدأ	گونه	شماره	کد نمونه ژنتیکی	مبدأ	گونه
۱	۳۲	آذربایجان شرقی	*T. compactum*	۲۴	۱۵۴۸	کرمانشاه	*T. turgidum* ssp. *durum*
۲	۶۳	آذربایجان شرقی	*T. dicoccoides*	۲۵	۱۶۸۹	مبدا ناشناس	*T. turgidum* ssp. *turgium*
۳	۱۳۲	آذربایجان غربی	*T. compactum*	۲۶	۲۳۵۸	مبدا ناشناس	*T. turgidum* ssp. *durum*
۴	۱۳۸	آذربایجان غربی	*T. compactum*	۲۷	۲۶۲۷	کرمانشاه	*T. turgidum* ssp. *turgium*
۵	۱۴۲	آذربایجان غربی	*T. compactum*	۲۸	۲۶۴۶	کرمانشاه	*T. turgidum* ssp. *turgium*
۶	۴۶۸	مبدا ناشناس	*T. turgidum* ssp. *durum*	۲۹	۲۶۸۱	کردستان	*T. turgidum* ssp. *turgium*
۷	۴۷۶	لرستان	*T. turgidum* ssp. *durum*	۳۰	۲۶۸۳	کردستان	*T. turgidum* ssp. *turgium*
۸	۵۲۴	خوزستان	*T. turgidum* ssp. *durum*	۳۱	۲۶۸۷	کردستان	*T. turgidum* ssp. *turgium*
۹	۵۲۵	خوزستان	*T. turgidum* ssp. *durum*	۳۲	۲۷۰۰	کردستان	*T. turgidum* ssp. *turgium*
۱۰	۵۹۳	کرمانشاه	*T. turgidum* ssp. *durum*	۳۳	۲۸۸۰	مبدا ناشناس	*T. turgidum* ssp. *durum*
۱۱	۶۴۱	لرستان	*T. turgidum* ssp. *durum*	۳۴	۳۰۸۳	خوزستان	*T. turgidum* ssp. *durum*
۱۲	۶۴۲	لرستان	*T. turgidum* ssp. *durum*	۳۵	۳۲۱۱	خوزستان	*T. compactum*
۱۳	۶۴۳	لرستان	*T. turgidum* ssp. *durum*	۳۶	۳۵۵۴	مبدا ناشناس	*T. turgidum* ssp. *durum*
۱۴	۸۶۳	مازندران	*T. turgidum* ssp. *durum*	۳۷	۳۶۳۲	مبدا ناشناس	*T. turgidum* ssp. *durum*
۱۵	۹۶۳	لرستان	*T. turgidum* ssp. *durum*	۳۸	۳۶۳۳	کرمانشاه	*T. turgidum* ssp. *durum*
۱۶	۱۱۳۰	مبدا ناشناس	*T. turgidum* ssp. *durum*	۳۹	۳۶۳۴	کرمانشاه	*T. turgidum* ssp. *durum*
۱۷	۱۱۳۱	مبدا ناشناس	*T. turgidum* ssp. *durum*	۴۰	۳۶۳۷	کرمانشاه	*T. turgidum* ssp. *durum*
۱۸	۱۱۳۷	مبدا ناشناس	*T. turgidum* ssp. *durum*	۴۱	۳۶۳۸	کرمانشاه	*T. turgidum* ssp. *durum*
۱۹	۱۲۵۴	مبدا ناشناس	*T. turgidum* ssp. *durum*	۴۲	۳۶۴۲	کرمانشاه	*T. turgidum* ssp. *durum*
۲۰	۱۲۵۶	مبدا ناشناس	*T. turgidum* ssp. *durum*	۴۳	۳۶۴۹	کرمانشاه	*T. turgidum* ssp. *durum*
۲۱	۱۴۱۲	مبدا ناشناس	*T. turgidum* ssp. *durum*	۴۴	۳۶۵۳	کرمانشاه	*T. turgidum* ssp. *durum*
۲۲	۱۴۳۷	مبدا ناشناس	*T. turgidum* ssp. *turgium*	۴۵	۳۶۵۴	کرمانشاه	*T. turgidum* ssp. *durum*
۲۳	۱۴۷۷	خوزستان	*T. turgidum* ssp. *durum*	۴۶	۳۶۶۱	کرمانشاه	*T. turgidum* ssp. *durum*

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- مقدار عددی شاخص‌های تحمل در ارزیابی نمونه‌های ژنتیکی خویشاوند گندم نان در شرایط تنش گرما

شماره	کد نمونه ژنتیکی	YP	YS	TOL	GMP	SSI	STI	HM	MP
۱	۳۲	۷/۵	۳/۵۵	۳/۹۵	۵/۱۶	۰/۷۵	۰/۴۲	۴/۸۲	۵/۵۳
۲	۶۳	۸/۵۲	۲/۵۴	۵/۹۹	۴/۶۵	۰/۹۹	۰/۳۴	۳/۹۱	۵/۵۳
۳	۱۳۲	۸/۴	۳/۶۹	۴/۷۲	۵/۵۶	۰/۷۹	۰/۴۸	۵/۱۲	۶/۰۴
۴	۱۳۸	۶/۷۴	۱/۵۱	۵/۲۳	۳/۱۹	۱/۱	۰/۱۶	۲/۴۷	۴/۱۳
۵	۱۴۲	۹/۹۳	۲/۳۶	۷/۵۷	۴/۸۴	۱/۰۸	۰/۳۷	۳/۸۲	۶/۱۵
۶	۴۶۸	۱۰/۰۳	۲/۸۴	۷/۲	۵/۳۳	۱/۰۲	۰/۴۴	۴/۴۲	۶/۴۳
۷	۴۷۶	۷/۶۶	۲/۱۸	۵/۴۷	۴/۰۹	۱/۰۱	۰/۲۶	۳/۴	۴/۹۲
۸	۵۲۴	۵/۹۸	۲/۶۹	۳/۲۹	۴/۰۱	۰/۷۸	۰/۲۵	۳/۷۱	۴/۳۳
۹	۵۲۵	۸/۷۶	۳/۷۵	۵/۰۱	۵/۷۳	۰/۸۱	۰/۵۱	۵/۲۵	۶/۲۵
۱۰	۵۹۳	۷/۷۵	۲/۷۳	۵/۰۲	۴/۶	۰/۹۲	۰/۳۳	۴/۰۴	۵/۲۴
۱۱	۶۴۱	۶/۰۲	۱/۹۸	۴/۰۴	۳/۴۶	۰/۹۵	۰/۱۹	۲/۹۸	۴
۱۲	۶۴۲	۵/۴۶	۲/۶	۲/۸۶	۳/۷۷	۰/۷۴	۰/۲۲	۳/۵۳	۴/۰۳
۱۳	۶۴۳	۸/۷۹	۱/۷۶	۷/۰۳	۳/۹۴	۱/۱۳	۰/۲۴	۲/۹۴	۵/۲۸
۱۴	۸۶۳	۴/۶۵	۱/۶۲	۳/۰۴	۲/۷۴	۰/۹۲	۰/۱۲	۲/۴	۳/۱۴
۱۵	۹۶۳	۹/۸۷	۲/۶۵	۷/۲۲	۵/۱۱	۱/۰۴	۰/۴۱	۴/۱۷	۶/۲۶
۱۶	۱۱۳۰	۷/۹۱	۱/۷۶	۶/۱۵	۳/۷۴	۱/۱	۰/۲۲	۲/۸۸	۴/۸۴
۱۷	۱۱۳۱	۵/۵۳	۲/۰۵	۳/۴۸	۳/۳۶	۰/۸۹	۰/۱۸	۲/۹۹	۳/۷۹
۱۸	۱۱۳۷	۵/۸۲	۱/۹	۳/۹۲	۳/۳۲	۰/۹۵	۰/۱۷	۲/۸۶	۳/۸۶
۱۹	۱۲۵۴	۸/۰۸	۱/۳۱	۶/۷۷	۳/۲۶	۱/۱۹	۰/۱۷	۲/۲۶	۴/۷
۲۰	۱۲۵۶	۹/۷۳	۱/۶۴	۸/۰۹	۳/۹۹	۱/۱۸	۰/۲۵	۲/۸	۵/۶۸
۲۱	۱۴۱۲	۹/۰۷	۲/۶۳	۶/۴۴	۴/۸۸	۱/۰۱	۰/۳۷	۴/۰۷	۵/۸۵
۲۲	۱۴۳۷	۸/۳۷	۳/۰۲	۵/۳۵	۵/۰۳	۰/۹۱	۰/۳۹	۴/۴۴	۵/۶۹
۲۳	۱۴۷۷	۷/۷۷	۳/۷	۴/۰۸	۵/۳۶	۰/۷۴	۰/۴۵	۵/۰۱	۵/۷۳
۲۴	۱۵۴۸	۷/۲۶	۲/۹۴	۴/۳۲	۴/۶۲	۰/۸۴	۰/۳۳	۴/۱۸	۵/۱
۲۵	۱۶۸۹	۱۰/۴	۱/۹۶	۸/۴۴	۴/۵۲	۱/۱۵	۰/۳۲	۳/۳	۶/۱۸
۲۶	۲۳۵۸	۸/۷۶	۲/۱۳	۶/۶۳	۴/۳۲	۱/۰۷	۰/۲۹	۳/۴۲	۵/۴۴
۲۷	۲۶۲۷	۶/۳۳	۳/۵۹	۲/۷۴	۴/۷۷	۰/۶۱	۰/۳۶	۴/۵۸	۴/۹۶
۲۸	۲۶۴۶	۱۰/۲۱	۳/۱۵	۷/۰۶	۵/۶۷	۰/۹۸	۰/۵	۴/۸۱	۶/۶۸
۲۹	۲۶۸۱	۷/۳۴	۱/۶۱	۵/۷۴	۳/۴۴	۱/۱۱	۰/۱۸	۲/۶۴	۴/۴۸
۳۰	۲۶۸۳	۷/۱۷	۲/۹۴	۴/۲۳	۴/۵۹	۰/۸۴	۰/۳۳	۴/۱۷	۵/۰۵
۳۱	۲۶۸۷	۴/۵۵	۲/۶۹	۱/۸۶	۳/۵	۰/۵۸	۰/۱۹	۳/۳۸	۳/۶۲
۳۲	۲۷۰۰	۷/۵	۲/۱۷	۵/۳۳	۴/۰۴	۱/۰۱	۰/۲۵	۳/۳۷	۴/۸۴
۳۳	۲۸۸۰	۶/۸۸	۱/۴۵	۵/۴۳	۳/۱۶	۱/۱۲	۰/۱۶	۲/۳۹	۴/۱۷
۳۴	۳۰۸۳	۱۲/۰۲	۲/۹۳	۹/۰۹	۵/۹۳	۱/۰۷	۰/۵۵	۴/۷۱	۷/۴۷
۳۵	۳۲۱۱	۵/۷۸	۱/۷	۴/۰۹	۳/۱۳	۱	۰/۱۵	۲/۶۲	۳/۷۴
۳۶	۳۵۵۴	۵/۷۵	۲/۳۶	۳/۳۸	۳/۶۸	۰/۸۳	۰/۲۱	۳/۳۵	۴/۰۵
۳۷	۳۶۳۲	۹/۶۵	۱/۹۸	۷/۶۷	۴/۳۷	۱/۱۳	۰/۳	۳/۲۸	۵/۸۲
۳۸	۳۶۳۳	۷/۰۷	۲/۰۵	۵/۰۲	۳/۸	۱/۰۱	۰/۲۳	۳/۱۷	۴/۵۶
۳۹	۳۶۳۴	۸/۴۸	۱/۲۳	۷/۲۵	۳/۲۳	۱/۲۱	۰/۱۶	۲/۱۵	۴/۸۵
۴۰	۳۶۳۷	۱۲/۳۳	۲/۵۵	۹/۷۸	۵/۶۱	۱/۱۲	۰/۴۹	۴/۲۳	۷/۴۴
۴۱	۳۶۳۸	۱۰/۲۷	۱/۹۵	۸/۳۲	۴/۴۸	۱/۱۵	۰/۳۱	۳/۲۸	۶/۱۱
۴۲	۳۶۴۲	۹/۴۱	۲/۳۵	۷/۰۶	۴/۷۱	۱/۰۶	۰/۳۵	۳/۷۶	۵/۸۸
۴۳	۳۶۴۹	۹/۵۸	۱/۴۷	۸/۱۱	۳/۷۵	۱/۲	۰/۲۲	۲/۵۵	۵/۵۳
۴۴	۳۶۵۳	۹/۸۹	۲/۰۲	۷/۸۷	۴/۴۶	۱/۱۳	۰/۳۱	۳/۳۵	۵/۹۵
۴۵	۳۶۵۴	۶/۶۳	۱/۷۶	۴/۸۷	۳/۴۲	۱/۰۴	۰/۱۸	۲/۷۹	۴/۲
۴۶	۳۶۶۱	۶/۳۱	۲/۶۵	۳/۶۷	۴/۰۹	۰/۸۲	۰/۲۶	۳/۷۳	۴/۴۸

Archive of SID

www.SID.ir

روابط بین شاخص‌های تحمل به تنش با استفاده از تجزیه همبستگی مورد مطالعه قرار گرفت (جدول ۳). عملکرد دانه پنج سنبله در شرایط بدون تنش گرما (Yp) با عملکرد دانه پنج سنبله در شرایط تنش گرما (Ys) همبستگی نداشت که نشان دهنده این است که کنترل ژنتیکی (ژن‌های مسئول) عملکرد دانه پنج سنبله در شرایط تنش گرما متفاوت از شرایط بدون تنش گرما بوده است، لذا نمونه‌های برتر شناسایی شده را می‌توان به عنوان منابع ژنی برای تحمل به تنش گرما در نظر گرفت. شاخص TOL همبستگی بالایی (۰/۹۴) با Yp داشت، ولی فاقد همبستگی معنی دار با Ys بود. شاخص MP نیز همبستگی بالایی (۰/۹۴) با Yp داشت ولی فاقد همبستگی قوی با Ys (۰/۴۲) بود. برعکس، شاخص HM همبستگی بالایی (۰/۹۷) با Ys داشت ولی فاقد همبستگی قوی با Ys (۰/۳۳) بود. از بین شاخص‌های مورد بررسی فقط STI و GMP همبستگی قابل قبولی با Yp و Ys داشتند، لذا طبق تعریف فرناندز می‌توانند به عنوان مناسب‌ترین شاخص‌های تحمل به تنش گرما در نظر گرفته شوند. مدرسی و همکاران (۱۳۹۰) در ارزیابی تحمل به تنش گرما در ۱۴۴ لاین اینبرد نوترکیب گندم مشاهده نمودند. شاخص‌های GMP، GMP و STI دارای بالاترین همبستگی با عملکرد دانه در شرایط تنش می‌باشند.

جدول ۳- ضرایب همبستگی عملکرد دانه پنج سنبله خویشاوندان گندم در شرایط تنش و بدون تنش گرما با شاخص‌های تحمل به تنش

	Ys	TOL	SSI	MP	GMP	HM	STI
Yp	۰/۰۹	۰/۹۴**	۰/۵۸**	۰/۹۴**	۰/۶۷**	۰/۳۳**	۰/۶۶**
Ys		-۰/۲۷	-۰/۷۳**	۰/۴۲**	۰/۸۴**	۰/۹۷**	۰/۷۹**

به منظور بررسی تأثیر سایر صفات ارزیابی شده بر شاخص‌های تحمل به تنش، از رگرسیون مرحله‌ای استفاده شد که در آن شاخص‌های STI و GMP بطور جداگانه به عنوان متغیرهای تابع و سایر صفات مورد بررسی به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شدند (جدول ۴). صفات وارد شده در مدل رگرسیون برای هر دو شاخص STI و GMP یکسان و عبارت از تعداد دانه در سنبله در شرایط تنش و بدون تنش، وزن صد دانه در شرایط تنش و بدون تنش و قطر ساقه در شرایط تنش بود که اهمیت این صفات را در تحمل به تنش گرما نشان می‌دهد. در هر دو مدل رگرسیون STI و GMP، صفت وزن صد دانه در شرایط تنش دارای بزرگترین ضریب بود و نشان‌دهنده اهمیت بیشتر آن است.

Pradhan *et al* (2012)، Gibson & Paulsen (1999) و Khanna-Chopra & Viswanathan (1999) نیز بر اهمیت صفت وزن دانه به عنوان مهم‌ترین جزء عملکرد دانه در شرایط تنش گرما تأکید نمودند.

پراکنش نمونه‌های ژنتیکی ارزیابی شده در نمودار سه بعدی عملکرد دانه پنج سنبله در شرایط تنش گرما (Yp)، عملکرد دانه پنج سنبله در شرایط بدون تنش گرما (Ys) و شاخص STI مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌های ژنتیکی با مقادیر Yp و Ys بالاتر، در ناحیه A قرار گرفتند. این نمونه‌ها عبارت از ۲ (دیکوکوئدس)، ۶، ۹، ۱۵، ۲۱، ۳۴، ۴۰، ۴۲ (دوروم)، ۲۲، ۲۸ (تورجیدوم)، ۳ و ۵ (کامپکتوم) بودند که طبق تعریف Fernandez (1992) به عنوان متحمل‌ترین نمونه‌ها محسوب می‌شوند. نمونه‌های دارای Yp بالا و Ys پائین در ناحیه B

Archive of SID

www.SID.ir

قرار گرفتند. این نمونه‌ها عبارت از ۱۳، ۲۰، ۲۶، ۳۷، ۳۹، ۴۱، ۴۳، ۴۴ (دوروم) و ۲۵ (تورجیدوم) بودند و دارای سازگاری با شرایط مطلوب (بدون تنش گرما) می‌باشند. نمونه‌های دارای Yp پائین و Ys بالا در ناحیه C واقع شدند. این نمونه‌ها عبارت از ۱ (کامپکتوم)، ۸، ۱۰، ۱۲، ۲۳، ۲۴، ۳۶ و ۴۶ (دوروم) ۲۷، ۳۰ و ۳۱ (تورجیدوم) بودند و دارای سازگاری اختصاصی با شرایط تنش گرما می‌باشند. نمونه‌های دارای Yp و Ys پائین در ناحیه D قرار گرفتند. این نمونه‌ها عبارت از ۴، ۳۵ (کامپکتوم)، ۷، ۱۱، ۱۴، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۳۳، ۳۸ و ۴۵ (دوروم)، ۲۹ و ۳۲ (تورجیدوم) بودند و در هیچ یک از شرایط تنش یا بدون تنش گرما دارای عملکرد مطلوبی نمی‌باشند.

تفاوت نواحی تمایز یافته در نمودار سه بعدی، از نظر شاخص‌های مورد مطالعه و صفات اندازه‌گیری شده، نشان داد، مقایسه میانگین تمام شاخص‌های مورد بررسی در نواحی چهارگانه نمودار سه بعدی دارای تفاوت معنی‌دار بودند که حاکی از مناسب بودن شاخص‌های مورد استفاده در این تحقیق به منظور تمایز نمونه‌های ژنتیکی ارزیابی شده می‌باشد. نواحی چهار گانه مذکور از لحاظ صفات عملکرد دانه پنج سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله، وزن صد دانه ($p<۰/۰۵$)، تعداد گلچه در سنبلچه و تعداد دانه در سنبله ($p<۰/۰۱$) در شرایط بدون تنش و عملکرد دانه پنج سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن صد دانه ($p<۰/۰۱$) در شرایط تنش دارای تفاوت معنی‌دار بودند. نتایج فوق نقش و اهمیت صفات مربوطه در تحمل به تنش گرما را نشان می‌دهد و با نتایج تجزیه رگرسیون مطابقت دارد.

برخی از صفات ارزیابی شده در نمونه‌های ژنتیکی مورد بررسی به تفکیک نواحی تمایز یافته در نمودار سه بعدی در جدول ۵ ارئه شده است. در ناحیه A، نمونه ژنتیکی ۶ از نظر صفات طول سنبله (۱۶ سانتیمتر)، وزن صد دانه (۳/۶ گرم) و ارتفاع بوته (۸۵ سانتیمتر) دارای مقدار بیشتری نسبت به سایر نمونه‌ها بود. همچنین نمونه ژنتیکی ۳ از لحاظ صفات ارتفاع بوته (۸۵ سانتیمتر)، تعداد دانه در سنبله (۲۶) و تعداد روز تا رسیدن کامل (۱۴۰ روز) در زمره برترین نمونه‌ها بود. در ناحیه B، نمونه ژنتیکی ۱۳ از نظر صفات طول سنبله (۱۴ سانتیمتر)، ارتفاع بوته (۸۰ سانتیمتر) و تعداد روز تا رسیدن کامل (۱۴۶ روز) دارای مقدار بیشتری نسبت به سایر صفات بود. نمونه ژنتیکی ۳۹ از نظر صفت تعداد دانه در سنبله (۱۸) و نمونه ژنتیکی ۴۴ از لحاظ صفت وزن صد دانه (۳/۲ گرم) برتر بودند. در ناحیه C، نمونه ژنتیکی ۱ دارای ارتفاع بوته (۸۰ سانتیمتر) و تعداد دانه در سنبله (۲۶) بیشتری بود. نمونه ژنتیکی ۲۴ از نظر صفت طول سنبله (۱۵ سانتیمتر) و نمونه ژنتیکی ۲۷ از لحاظ صفت وزن صد دانه (۳/۶ گرم) دارای مقدار بیشتری بودند.

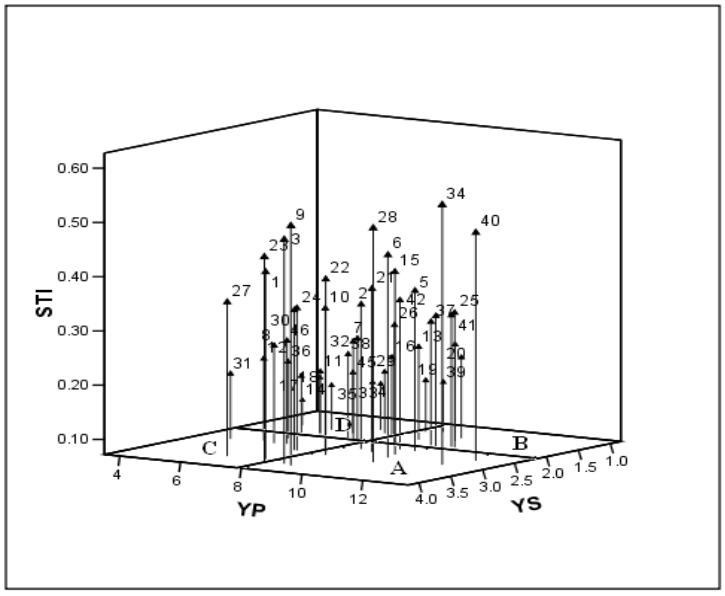
به طور کلی نتایج تحقیق نشان دهنده اهمیت ژرم پلاسم خویشاوند گندم در تحمل به تنش گرما بود. نمونه‌های برتر شناسایی شده در این تحقیق را می‌توان به عنوان منابع ژنتیکی تحمل به گرما در برنامه‌های اصلاحی مورد استفاده قرار داد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴- ضرایب رگرسیون مرحله‌ای برای شاخص‌های تحمل تنش STI و GMP در ارزیابی خویشاوندان گندم در شرایط تنش گرما

متغیر تابع	متغیر مستقل	اشتباه استاندارد	ضریب	ضریب تبیین
STI				۰/۹۷
	عرض از مبدأ	۰/۰۴	-۰/۹۲	
	تعداد دانه در سنبله در شرایط تنش	۰/۰۰۰۴	۰/۰۲	
	وزن صد دانه در شرایط تنش	۰/۰۰۶	۰/۱	
	تعداد دانه در سنبله در شرایط بدون تنش	۰/۰۰	۰/۰۱	
	وزن صد دانه در شرایط بدون تنش	۰/۰۵	۰/۰۶	
	قطر ساقه در شرایط تنش	۰/۰۰۹	۰/۰۲	
GMP				۰/۹۹
	عرض از مبدأ	۰/۴۴	-۴/۵۸	
	وزن صد دانه در شرایط تنش	۰/۰۳	۰/۸	
	تعداد دانه در سنبله در شرایط تنش	۰/۰۰۴	۰/۱۳	
	تعداد دانه در سنبله در شرایط بدون تنش	۰/۰۰۲	۰/۰۶	
	وزن صد دانه در شرایط بدون تنش	۰/۰۰۳	۰/۴۶	
	قطر ساقه در شرایط تنش	۰/۰۴	۰/۱	



شکل ۱- تفکیک خویشاوندان گندم در نمودار سه بعدی عملکرد دانه پنج سنبله در شرایط تنش گرما (Yp)، عملکرد دانه پنج سنبله در شرایط بدون تنش گرما (Ys) و شاخص تحمل تنش STI

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵- مقادیر برخی از صفات ارزیابی شده در شرایط تنش گرما به تفکیک نواحی تمایز یافته در نمودار سه بعدی مربوط به خویشاوندان گندم

ناحیه در نمودار سه بعدی	شماره	کد نمونه ژنتیکی	وزن صد دانه (گرم)	تعداد دانه در سنبله	طول سنبله (سانتیمتر)	ارتفاع بوته (سانتیمتر)	تعداد روز تا رسیدن کامل
A							
	۲	۶۳	۲/۳	۲۱	۱۲	۸۰	۱۴۲
	۳	۱۳۲	۲/۷	۲۶	۱۲	۸۵	۱۴۰
	۵	۱۴۲	۳	۱۵	۱۵	۸۵	۱۴۳
	۶	۴۶۸	۳/۶	۱۵	۱۶	۸۵	۱۴۳
	۹	۵۲۵	۳/۴	۲۱	۱۶	۸۵	۱۴۳
	۱۵	۹۶۳	۳/۶	۱۴	۱۳	۷۰	۱۴۳
	۲۱	۱۴۱۲	۲/۵	۲۰	۱۰	۶۰	۱۴۰
	۲۲	۱۴۳۷	۲/۵	۲۳	۱۱	۶۰	۱۴۶
	۲۸	۲۶۴۶	۳	۲۰	۱۴	۵۴	۱۴۳
	۳۴	۳۰۸۳	۳/۱	۱۸	۱۲	۵۰	۱۴۳
	۴۰	۳۶۳۷	۲/۷	۱۸	۱۰	۵۶	۱۴۶
	۴۲	۳۶۴۲	۳/۲	۱۴	۸	۵۵	۱۴۳
B							
	۱۳	۶۴۳	۲/۸	۱۲	۱۴	۸۰	۱۴۶
	۱۹	۱۲۵۴	۲/۵	۱۰	۱۰	۷۵	۱۴۲
	۲۰	۱۲۵۶	۲/۴	۱۳	۱۲	۶۵	۱۴۰
	۲۵	۱۶۸۹	۲/۲	۱۷	۱۲	۶۵	۱۴۳
	۲۶	۲۳۵۸	۲/۷	۱۵	۷	۶۳	۱۳۶
	۳۷	۳۶۳۲	۲/۹	۱۳	۵	۵۷	۱۴۳
	۳۹	۳۶۳۴	۱/۳	۱۸	۱۲	۵۵	۱۴۳
	۴۱	۳۶۳۸	۳/۱	۱۲	۱۲	۵۴	۱۴۰
	۴۳	۳۶۴۹	۲/۸	۱۰	۱۳	۶۰	۱۴۶
	۴۴	۳۶۵۳	۳/۲	۱۲	۱۰	۵۴	۱۴۲
C							
	۱	۳۲	۲/۶	۲۶	۱۲	۸۰	۱۴۳
	۸	۵۲۴	۳/۲	۱۶	۱۳	۷۵	۱۴۳
	۱۰	۵۹۳	۲/۶	۲۰	۱۴	۷۵	۱۳۸
	۱۲	۶۴۲	۳/۱	۱۶	۸	۷۰	۱۴۶
	۲۳	۱۴۷۷	۳/۲	۲۲	۸	۶۵	۱۴۶
	۲۴	۱۵۴۸	۲/۸	۲۰	۱۵	۶۰	۱۴۳
	۲۷	۲۶۲۷	۳/۶	۱۹	۱۱	۶۰	۱۴۳
	۳۰	۲۶۸۳	۳/۵	۱۶	۷	۵۵	۱۴۰
	۳۱	۲۶۸۷	۲/۷	۱۹	۷	۴۵	۱۴۰
	۳۶	۳۵۵۴	۳	۱۵	۱۱	۵۵	۱۴۲
	۴۶	۳۶۶۱	۲/۸	۱۸	۱۳	۵۱	۱۴۶

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

مدرسی م.، و. محمـدی ، ع. زالـی و م. مـردی ۱۳۹۰. بررسی شاخص‌های تحمـل تـنش گرمـا در گندم، مجله علوم گیاهان زراعـی ایـران. ۴۲: ۴۷۴-۴۶۵.

یزدی صـمدی، ب.، و س. عبدمیشـانی. ۱۳۷۳. اصلاح گیاهان زراعی، مرکز نشر دانشگاهی.

Ehdaie, B. and J. G. Waines. 1992. Heat resistance in wild *Triticum* and *Aegilops*. J. Genet. Breed. 46: 221–228.

FAO. 2011. FAOSTAT. Available at http://faostat.fao.org/

Fernandez, G. C. 1992. Effective selection criteria for assessing stress tolerance. In Kuo, C. G. (Ed.), Proceedings of the International Symposium on "Adaptation of vegetables and other food crops in temperature and water stress. AVRDC Publication. Tainan. Taiwan. pp. 257-270.

Fischer R. A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield response. Aust. J. Agric. Res. 29: 897-912.

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

International Board for Plant Genetic Resources. 1978. Descriptors for wheat and Aegilops. IBPGR, Rome, Italy.

Khanna-Chopra, R. and C. Viswanathan. 1999. Evaluation of heat stress tolerance in irrigated environment of *T. aestivum* and related species. I. Stability in yield and yield components. Euphytica .106: 169–180.

Kihara, H. 1944. Discovery of the DD-analyzer, one of the ancestors of *Triticum vulgare* (in Japanese). Agric. Hortic. 19: 13-14.

Kristin A. S., R. A. Serna, F. I. Perez, B. C. Enriquez, J. A. A. Gallegos, P. R. Vallejo, N. Wassimi, and J. D. Kelley. 1997. Improving common bean performance under drought stress. Crop Sci. 27: 43-50.

Marshall, D. R., P. Langridge, and R. Appels. 2001. Wheat breeding in new century-preface. Australian J. Agric Res. 52:1-4.

Meehl, G. A. and C. Tebaldi. 2004. More intense, more frequent, and longer lasting heat waves in the 21st century. Science .305: 994–997.

Moragues, M., M. Moralejo, M. E. Sorrells, and C. Royo. 2007. Dispersal of durum wheat [*Triticum turgidum* L. ssp. *turgidum* convar. durum (Desf.) MacKey] landraces across the Mediterranean basin assessed by AFLPs and microsatellites. Genet. Resour. Crop. Evol. 54: 1133–1144.

Pradhan, G. P., P. V. V. Prasad, A. K. Fritz, M. B. Kirkham, B. S. Gill. 2012. High temperature tolerance in *Aegilops* species and its potential transfer to wheat. Crop Sci. 292-304

Prasad, P. V. V., K. J. Boote, L. H. Allen, J. E. Sheehy, and J. M. G. Thomas. 2006. Species, ecotype and cultivar diff erences in spikelet fertility and harvest index of rice in response to high temperature stress. Field Crops Res. 95: 398–411.

Prasad, P. V. V., S. R. Pisipati, Z. Ristic, U. Bukovnik, and A. K. Fritz. 2008. Impact of nighttime temperature on physiology and growth of spring wheat. Crop Sci. 48: 2372–2380.

Archive of SID

www.SID.ir

Viswanathan, C. and R. Khanna-Chopra. 2001. Effect of heat stress on grain growth, starch synthesis and protein synthesis in grains of wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties diff ering in grain weight stability. J. Agron. Crop Sci. 186: 1–7.

Wahid, A., S. Gelani, M. Ashraf, and M. Foolad. 2007. Heat tolerance in plants: An overview. Environ. Exp. Bot. 61:199–223.

Yang, J., R. G. Sears, B. S. Gill, and G. M. Paulsen. 2002. Growth and senescence characteristics associated with tolerance of wheat alien amphiploids to high temperature under controlled conditions. Euphytica .126: 185–193.

Zaharieva, M., E. Gaulin, M. Havaux, E. Acevedo, and P. Monneveux. 2001. Drought and heat responses in the wild wheat relative *Aegilops geniculata* Roth: Potential interest for wheat improvement. Crop Sci. 41: 1321–1329.

Reynolds, M. P., S. Nagarajan, M. A. Razzaque, and O. A. A. Ageeb. 2001. Heat Tolerance. In M. P. Reynolds, J. I. Ortiz-Monasterio, and A. McNab (Eds.), Application of Physiology in Wheat Breeding. Mexico, D. F. CIMMY.

Rosielle, A. A. and J. Hamblin. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non - stress environments. Crop Sci. 21: 943 - 946.

Stone, P. J. and M. E. Nicolas. 1994. Wheat cultivars vary widely in their responses of grain yield and quality to short periods of postanthesis heat stress. Aust. J. Plant Physiol. 21: 887–900.

Trethowan, R. M. and A. Mujeeb-Kazi. 2008. Novel germplasm resources for improving environmental stress tolerance of hexaploid wheat. Crop Sci. 48: 1255–1265.

Vijendra Das, L. D. 2000. Problem facing plant breeding. CBS Publishers. 896 pp.

Archive of SID

www.SID.ir