مجله علوم گیاهان زراعی ایران
دوره ۴۲، شماره ۳، ۱۳۹۰ (۴۷۴-۴۶۵)

بررسی شاخص‌های تحمل تنش گرما در گندم

محمد مدرسی[۱]، ولی اله محمدی[۲]*، عباسعلی زالی[۳] و محسن مردی[۴]
۱، استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ۲، ۳، استادیار و استاد پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۴، دانشیار بخش ژنومیکس پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران
(تاریخ دریافت: ۸۸/۴/۳ - تاریخ تصویب: ۹۰/۱/۳۱)

چکیده

به دلیل پدیده گرم شدن جهانی در دهه‌های اخیر تبدیل به یکی از عوامل مهم کاهش عملکرد گندم در مناطق خشک و نیمه خشک شده در نتیجه، ایجاد ارقام متحمل به گرما را اجتناب‌ناپذیر نموده است. به منظور بررسی شاخص‌های تحمل گرما در گندم، ۱۴۴ لاین اینبرد نوترکیب حاصل از تلاقی کاز (متحمل) و مانتنا (حساس به گرما) به همراه دو والد و تعدادی از ارقام تجاری به مدت دو سال (۸۶-۱۳۸۵ و ۸۷-۱۳۸۶) در قالب طرح لاتیس مستطیل ۱۲x۱۳ در دو تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه خلیج فارس بوشهر (واقع در منطقه گرم-برازجان) در دو تاریخ کاشت طبیعی و تأخیری (تنش گرما) کشت شدند. ارتفاع گیاه، طول پدانکل، طول سنبله، تعداد سنبلچه، تعداد دانه در سنبله، طول دوره پر شدن دانه و وزن هزاردانه و عملکرد دانه صفات مورد اندازه‌گیری بودند. هشت شاخص تحمل تنش شامل شاخص حساسیت به تنش گرما (SSI)، تحمل (TOL)، میانگین هندسی تولید (GMP)، میانگین حسابی (MP)، شاخص تحمل گرما (STI)، شاخص پایداری عملکرد (YSI)، شاخص عملکرد (YI) و شاخص اندازه برتری (Pi) بر اساس عملکرد دانه و سایر صفات مرتبط با عملکرد تحت شرایط طبیعی و تنش گرما مورد محاسبه قرار گرفتند. بالاترین همبستگی‌های حاصل با عملکرد تحت شرایط تنش مربوط به سه شاخص YI، GMP و STI بود که به ترتیب ۱، ۰/۹۳ و ۰/۹۲ به دست آمدند. نتایج نشان‌دهنده همبستگی بالا و هم‌جهت بین شاخص‌های GMP، STI، P و MP با عملکرد در هر دو شرایط طبیعی و تنش بود. روند این همبستگی‌ها برای شاخص‌های مذکور در حالتی که بر اساس دوره پر شدن دانه و طول پدانکل محاسبه شدند نیز مشابه عملکرد به دست آمده بود که نشان‌دهنده اهمیت این دو صفت و شاخص‌های مذکور جهت تشخیص ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو شرایط طبیعی و تنش و کارایی آنها در غربالگری تحمل گرما در گندم می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تنش گرما، شاخص‌های تحمل، عملکرد، دوره پر شدن دانه، طول پدانکل.

مقدمه

تولید غذای مورد نیاز جهان به شدت توسط تنش‌های محیطی محدود می‌شود و یافتن مکان بدون تنش که گیاهان بتوانند به سطح پتانسیل عملکردی خود برسند بسیار مشکل است. تخمین زده شده است که ۹۰ درصد اراضی قابل کشت جهان در معرض یک یا

* نویسنده مسئول: ولی‌اله محمدی تلفن: ۰۹۱۲-۱۹۶۱۶۷۴ E-mail: vmohammadi@ut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

چند تنش قرار دارند (Leopold, 1990; Reynolds et al., 2001). تنش‌های غیرزنده به عنوان منبع اصلی (۷۱ درصد) کاهش‌دهنده عملکرد به شمار می‌روند (Hussain, 2006). تنش پیوسته گرما در حدود ۷ میلیون هکتار از مناطق کشت کشورهای در حال توسعه رخ می‌دهد و تنش گرمای انتهای فصل در بیش از ۴۰ درصد مناطق معتدل معمول است که حدود ۳۶ میلیون هکتار از اراضی گندم را شامل می‌شود معمول است (Reynolds, 2001). دمای بالای دائمی یا موقت باعث تغییرات ظاهری، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در گیاهان شده و رشد و نمو گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و در نهایت منجر به کاهش شدید عملکرد اقتصادی گیاه می‌شود (Wahid et al., 2007). از مجموع پتانسیل کاهش عملکرد توسط تنش‌های غیرزنده، ۱۷ درصد مربوط به خشکی، ۲۰ درصد شوری، ۴۰ درصد دمای بالا(گرما)، ۱۵درصد دمای پایین و ۸ درصد مربوط به سایر عوامل می‌باشد (Ashraf & Harris, 2005). تنش پیوسته گرما تحت عنوان میانگین دمای روزانه بالاتر از ۱۷/۵ درجه سانتیگراد در سردترین ماه فصل تعریف می‌شود که در بیش از ۵۰ کشور (معادل ۲۰ میلیون تن گندم در سال) معمول است. براساس ارزیابی سازمان جهانی تحقیقات کشاورزی، تنش گرما به عنوان اولویت برتر تحقیقاتی در بسیاری از مناطق دنیا تعیین شده است (Reynolds et al., 2001). تولید گندم را می‌توان از طریق ایجاد ارقامی که ظرفیت عملکرد بالاتری در تنش‌های مختلف از جمله گرما دارند افزایش داد (Inamullah et al., 2006). این موضوع از اهداف درازمدت به‌نژادگران گیاهی بوده است (Porch, 2006) و موفقیت در این امر زمانی حاصل می‌شود که تنوع ژنتیکی مطلوبی در اختیار باشد (Akram et al., 2008). برای اصلاح گیاهان زراعی در جهت تحمل گرما، شناخت پاسخ‌های فیزیولوژیکی گیاه به دمای بالا، ساز و کارهای تحمل گرما و راهبردهای ممکن برای بهبود تحمل گرما در گیاه ضروری است (Wahid et al., 2007). تحمل گرما صفتی کمی و پیچیده بوده و انتخاب مستقیم برای آن موفقیت چندانی در بر نخواهد داشت. علیرغم وجود تنوع تحمل به گرما در گندم‌های اهلی و خویشاوندان وحشی آنها، اصلاح نباتات در ایجاد ارقام مقاوم چندان موفق نبوده است (Yang et al., 2002). با وجود اینکه مطالعاتی نیز جهت ارزیابی و تشریح ژنتیک و فیزیولوژی واکنش به دمای بالا در گندم شروع شده است اما برای ارزیابی تحمل دمای بالا نیازمند شاخص‌های مبتنی بر عملکرد و صفات وابسته به آن می‌باشد. تاکنون تعداد بسیار اندکی شاخص برای ارزیابی تنش گرما در گیاهان معرفی شده است (Porch, 2006; Wahid et al., 2007). یکی از آنها شاخص تنش گرما در پنبه بوده که فقط بر اساس دمای برگ می‌باشد (Burke et al., 1990). برای تمایز ژنوتیپ‌های متحمل به تنش چندین شاخص بر پایه عملکرد محیط‌های تنش و طبیعی گزارش شده که ممکن است برای غربال تحمل گرما کاربرد بیشتری داشته باشد (Huang, 2000; Porch, 2006). میانگین هندسی[1] (GM) و شاخص تحمل تنش[2] (STI) برای مقایسه کارایی و تعیین اختلافات ژنوتیپی در چند سال یا مکان استفاده شده است (Fernandez, 1992). شاخص STI برای تعیین ژنوتیپ‌هایی که تحت هر دو شرایط تنش و طبیعی خوب کارایی دارند توسعه یافته است. Fernandez (1992) ژنوتیپ‌ها را بر اساس واکنش عملکردیشان نسبت به شرایط تنش به چهار گروه تقسیم می‌نماید: ۱) ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بالا تحت هر دو شرایط طبیعی و تنش (گروه A)؛ ۲) ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا تحت شرایط طبیعی (گروه B)؛ ۳) ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا تحت شرایط تنش (گروه C) و ۴) ژنوتیپ‌های با عملکرد پایین در هر دو شرایط (گروه D). مسئله این است که اصلاح برای شرایط تنش‌دار بایستی براساس انتخاب در هر دو محیط تنش و طبیعی باشد یا انتخاب در محیط تنش؟ در این مورد بعضی محققین (Richards, R.A. 1996; Van Ginkel et al., 1998; Rajaram & Van Ginkle, 2001) معتقد به انتخاب تحت شرایط مطلوب می‌باشند در حالی که انتخاب تحت شرایط تنش (Ceccarelli, 1987; Ceccarelli & Grando, 1991; Rathjen, 1994) نیز بسیار توصیه شده است. بعضی از محققین (Fisher & Maurer, 1978; Clarke et al., 1992; Fernandez,

1. Geometric mean productivity
2. Stress tolerance index

Archive of SID

www.SID.ir

1992; Nasir Ud-Din et al., 1992; Rajaram & Van Ginkle, 2001) حد وسط را انتخاب کرده‌اند و معتقدند که انتخاب باید تحت هر دو شرایط طبیعی و تنش انجام گیرد. شاخص حساسیت به تنش[1] (SSI)، (Fisher & Maurer, 1978) نسبتی است از عملکرد ژنوتیپی تحت شرایط تنش و طبیعی که برای تعیین شدت هر آزمایش تعدیل شده است و مشخص شده است که با عملکرد و دمای کانوپی در گندم همبستگی دارد (Rashid et al., 1999) و از آنجایی که کاهش عملکرد ژنوتیپ‌های دارای SSI کمتر از یک در شرایط تنش از مقدار میانگین کاهش عملکرد همه ژنوتیپ‌ها کمتر است نسبت به تنش مورد مطالعه متحمل می‌باشند (Fisher & Maurer, 1978; Bruckner & Frohberg, 1987). بر اساس پیشنهاد Khanna-Chopra & Viswanathan (1999) با استفاده از شاخص SSI می‌توان ژنوتیپ‌ها را به سه گروه متحمل (SSI≤0.5) و نسبتاً متحمل (SSI > 0.5 ≤ 1) و حساس (SSI>1) طبقه‌بندی نمود. شاخص‌های تولید متوسط[2] (MP) و تحمل[3] (TOL) نیز از دیگر شاخص‌هایی هستند که برای تمایز تحمل ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد هر دو محیط تنش و طبیعی مورد استفاده قرار می‌گیرند (McCaig & Clarke, 1982; Hossain et al., 1990). بزرگترین مقدار TOL گویای بزرگترین مقدار کاهش عملکرد تحت شرایط تنش و بیشترین حساسیت به تنش می‌باشد (Sio-Se Mardeh et al., 2006). اندازه برتری[4] (P) یکی دیگر از شاخص‌های پیشنهادی (Lin et al., 1986) است که عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف را مقایسه می‌نماید. این روش ژنوتیپ‌های با بالاترین عملکرد در هر محیطی را شناسایی و به عنوان نقطه مرجع مورد بهره برداری قرار می‌دهد. ژنوتیپی که بیشترین اختلاف عملکردی با نقطه مرجع داشته باشد مقدار P بالاتری به خود اختصاص می‌دهد. شاخص‌های پیشنهادی دیگر شامل شاخص پایداری عملکرد[5] (YSI)، (Bouslama & Schapaugh, 1984) و شاخص عملکرد[6] (YI)، (Gavuzzi et al., 1997) است که به ترتیب جهت ارزیابی و غربال ژنوتیپ‌های متحمل به گرما و خشکی در سویا و غلات زمستانه مورد استفاده قرار گرفته اند.

علیرغم ضرورت شناسایی شاخص‌های غربال تحمل گرما، تاکنون تعداد بسیار اندکی شاخص‌های کارآمد جهت غربالگری تحمل تنش گرما در بین گیاهان خصوصا گندم توسعه یافته است (Porch, 2006). علاوه بر این، اختلافات موجود بین نتایج مطالعات گلخانه ای و مزرعه‌ای (Gibson & Paulsen, 1999) و پایین بودن انطباق نتایج مذکور، ضرورت انجام مطالعات تحمل گرما در شرایط طبیعی و کاربردی را بیش از پیش نمایان می‌نماید. این تحقیق با هدف ارزیابی شاخص‌های مختلف، تعیین روابط آنها با عملکرد و اجزای عملکرد گندم در شرایط طبیعی و تنش گرما در شرایط مزرعه انجام گردید.

مواد و روش‌ها

۱۴۴ لاین اینبرد نوترکیب F_9 حاصل از تلاقی کاز[7] و مانتنا[8] به همراه دو والد، دو رقم شاهد بین‌المللی و ۸ رقم از ارقام تجاری مورد استفاده قرار گرفت. دلیل انتخاب کاز و مانتنا به عنوان والد، خصوصیات متفاوت آنها از نظر تحمل گرما و سایر صفات مرتبط با آن در ارزیابی‌های اولیه بوده است (Mohammadi et al., 2004). رقم کاز در مرکز بین المللی سیمیت معرفی شده و متحمل به گرما می‌باشد و لاین مانتنا که در ایالت مانتنای آمریکا ایجاد شده حساس به گرماست. لاین‌های اینبرد مورد استفاده تا نسل F_6 به روش نتاج تک بذر به دست آمده و سپس در ادامه به صورت بالک تکثیر شدند (Butler et al., 2005).

مواد آزمایشی در قالب طرح لاتیس مستطیل ۱۳×۱۲ در دو تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه خلیج‌فارس بوشهر واقع در برازجان کشت شدند. آزمایش به مدت دو سال در سال‌های زراعی ۸۶-۱۳۸۵ و ۸۷-۱۳۸۶ انجام گرفت. کاشت

1. Stress Susceptibility Index
2. Mean productivity
3. Tolerance
4. Superiority measure
5. Yield stability index
6. Yield index
7. Kauz
8. Montana

Archive of SID

www.SID.ir

لاین‌های مورد نظر در دو تاریخ کاشت طبیعی (۱۵ آبان) و تنش (۱۵ بهمن) در دو تکرار انجام شد به نحوی که دوره پر شدن تاریخ کاشت دوم به دمای بسیار بالاتر از دمای مطلوب رشد و نمو گندم برخورد نماید. هر لاین در چهار خط ۲/۵ متری با فاصله بوته ۲ سانتی‌متر (۱۲۵ بذر سالم برای یک خط) کاشته شد. از آنجا که صفات ارتفاع گیاه، طول پدانکل، طول سنبله، تعداد سنبلچه، تعداد دانه در سنبله، طول دوره پر شدن دانه و وزن هزاردانه از جمله صفات زراعی مهم متأثر از تنش گرمایی و مرتبط با تحمل به گرما بوده و دارای نقش بسیار مهمی در عملکرد می‌باشند (Mohammadi et al., 2004; Modarresi et al., 2010) از اینرو علاوه بر عملکرد، صفات فوق الذکر نیز تحت شرایط طبیعی و تنش گرما اندازه‌گیری شدند.

برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل گرما براساس عملکرد و همچنین صفات مرتبط با عملکرد بطور جداگانه، شاخص‌های ذیل مورد بررسی قرار گرفت:

۱. تحمل تنش:

$$TOL=Yp-Ys$$

که در آن Yp اندازه صفت مود نظر هر ژنوتیپ در شرایط عادی و Ys اندازه صفت مورد نظر هر ژنوتیپ در شرایط تنش است (McCaig & Clarke, 1982; Hossain et al., 1990).

۲. میانگین حسابی (McCaig & Clarke, 1982; Hossain et al., 1990):

$$MP=(Yp+Ys)/2$$

۳. میانگین هندسی (Fernandez, 1992):

$$GMP=\sqrt{Yp\times Ys}$$

۴. شاخص تحمل تنش (Fernandez, 1992):

$$STI=(Yp\times Ys)/\overline{Yp2}$$

۵. شاخص حساسیت به تنش:

$$SSI=1-(Ys/Yp)/D$$

که در آن D (شدت تنش) از رابطه $D=1-(\overline{Ys}/\overline{Yp})$ محاسبه می‌شود و $\overline{Yp}$ و $\overline{Ys}$ میانگین صفت مورد نظر (عملکرد در حالتی که شاخص بر اساس عملکرد محاسبه می‌شود) در همه ژنوتیپ‌ها به ترتیب در شرایط طبیعی و تنش می‌باشد (Fisher & Maurer, 1978).

۶. شاخص پایداری عملکرد (Bouslama & Schapaugh, 1984):

$$YSI=Ys/Yp$$

۷. شاخص عملکرد (Gavuzzi et al., 1997):

$$YI=Ys/\overline{Ys}$$

۸. شاخص برتری (Lin et al., 1986; Clarke et al., 1992)

$$Pi=\sum_{j=1}^{n}(Xij-Mj)^2/(2n)$$

که n تعداد محیط، X_{ij} صفت مورد نظر در i امین ژنوتیپ در j امین محیط و M_j حداکثر مقدار صفت مورد نظر در j امین مکان می‌باشد.

تجزیه واریانس داده‌های فنوتیپی، مقایسه میانگین بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن و همچنین محاسبه ضرایب همبستگی خطی پیرسون با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام گردید. محاسبات شاخص‌ها براساس فرمول‌های یاد شده با کمک نرم‌افزار Excel صورت گرفت.

نتایج و بحث

از آنجا که آزمایش در قالب طرح لاتیس انجام شده بود، نتایج حاصله در ابتدا بر اساس طرح مذکور مورد تجزیه قرار گرفت و با توجه به اینکه بلوک‌های طرح لاتیس معنی‌دار نبوده و کارایی آن مساوی و حتی مواردی کمتر از طرح بلوک‌های کامل تصادفی بود، تجزیه مرکب داده‌ها بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. نتایج تجزیه مرکب داده‌ها (جدول ۱) برای صفات عملکرد دانه، طول پدانکل، دوره پر شدن دانه، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، طول سنبله، ارتفاع گیاه و تعداد سنبلچه در سنبله حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها و محیط‌های آزمایش (طبیعی و تنش) برای تمامی صفات مورد بررسی بود. اثر متقابل سال×ژنوتیپ و ژنوتیپ×شرایط دمایی بسیار معنی‌دار بودند. میانگین و دامنه صفات مختلف در والدین و لاین‌های نوترکیب (جدول۲) نیز گویای تفاوت و تنوع بین آنها بوده که به وسیله نتایج جدول واریانس، معنی‌دار بودن این اختلافات نیز اثبات می‌گردد. برای مثال دوره پر شدن دانه در والد کاز (متحمل به گرما) در هر دو شرایط طبیعی و تنش در هر دو سال نسبت به

Archive of SID

www.SID.ir

والد مانتنا (حساس) طولانی‌تر و این اختلاف در سطح یک درصد معنی‌دار بوده است. پارامترهای عملکردی والد حساس نیز تحت شرایط تنش گرمایی به مقدار بیشتری تحت تأثیر منفی قرار گرفت. وجود این اختلافات معنی‌دار نشان‌دهنده واکنش متفاوت ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در برابر تنش گرما از محیطی به محیط دیگر و از سالی به سال دیگر می‌باشد. مقادیر بالای وراثت‌پذیری صفات (جدول۲) نیز تأییدکننده قابلیت اعتماد صفات مذکور برای تشکیل شاخص جهت غربالگری ژنوتیپ‌ها می‌باشد.

میانگین عملکرد والد حساس، متحمل، لاین‌های اینبرد نوترکیب و کل جمعیت در شرایط طبیعی به ترتیب ۴/۲۶، ۵/۱۰، ۴/۳۱ و ۴/۳۳ و در شرایط تنش به ترتیب ۱/۴۴، ۴/۵۰، ۲/۲۵ و ۲/۳۱ تن در هکتار به دست آمد. در این آزمایش میانگین عملکرد طبیعی بیش از ۱/۵ برابر میانگین عملکرد شرایط تنش گرما بود. بر اساس عملکرد دو ساله تحت شرایط تنش و طبیعی شدت تنش (D) معادل ۰/۴۷ به دست آمد. در این شدت تنش، همبستگی بین عملکرد شرایط طبیعی و تنش برابر با ۰/۴۸ به دست آمد. مقادیر شاخص‌ها (بر اساس عملکرد، دوره پر شدن دانه و طول پدانکل) برای والدین (جدول ۳) نیز همانند اختلاف مشاهده شده در مورد عملکرد و صفات دیگر بسته به نوع صفت و نوع شاخص، اختلاف دو یا بعضا چندبرابری مشاهده شد. به عنوان مثال مقادیر شاخص‌های SSI، GMP، STI و P بر مبنای عملکرد در مورد والد متحمل (کاز) به ترتیب برابر با ۰/۲۵، ۴/۷۹، ۱/۲۲ و ۲/۱۹ اما مقادیر همین شاخص‌ها در مورد والد حساس (مانتنا) به ترتیب ۱/۴۲، ۲/۴۸، ۰/۳۳ و ۸/۰۲ به دست آمد که همگی مؤید قرار گرفتن والد کاز به عنوان ژنوتیپ متحمل و و والد مانتنا به عنوان ژنوتیپ حساس به تنش گرما و توانمندی شاخص‌های مذکور در غربالگری ژنوتیپ‌ها می‌باشد. بر اساس نتایج Sio-Se Mardeh et al. (2006) بزرگترین مقدار TOL گویای بزرگترین مقدار کاهش عملکرد تحت

جدول ۱- میانگین صفات عملکرد دانه، طول پدانکل، دوره پر شدن دانه، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، طول سنبله، ارتفاع گیاه و تعداد سنبلچه در سنبله در گندم

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	طول پدانکل	دوره پر شدن دانه	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	طول سنبله	ارتفاع گیاه	تعداد سنبلچه در سنبله
سال	۱	۵/۸۴**	۱۰۲/۴۳**	۶۰۷/۸۹**	۹۹۴/۲۱**	۴۲/۸۷**	۷۸۰/۱۱**	۱۷۶۹۹/۱۲**	۱۵۴**
شرایط دمایی	۱	۱۲۶۹/۹۲**	۸۳۵۹/۴۹**	۱۲۱۹۳/۷۵**	۴۷۵۰۴/۳۱**	۱۳۰۳۵/۵۱**	۷۵۹۹۸/۵۴**	۱۱۴۸۸۷/۴۵**	۲۲۶۳/۶۹**
سال × دما	۱	۰/۰۱ns	۰/۰۹ns	۱/۳۵ns	۰/۶۳ns	۰/۰۱ns	۰/۷۸ns	۰/۰۱ns	۰/۰۱ns
بلوک در سال و منطقه	۱	۰/۱۶	۴/۲۷	۵۳/۷۹	۳۸/۱۰	۰/۱۵	۱۰۸/۰۹	۶۹/۸۲	۰/۷۲
ژنوتیپ	۱۵۵	۶/۱۴**	۴۵/۲۲**	۶۵/۱۱**	۴۰۵/۳۸**	۱۱۲/۸۶**	۲۲۰۴/۹۴**	۱۴۷۸/۷۶**	۴۷/۴۷**
ژنوتیپ × سال	۱۵۵	۰/۱۰**	۱/۰۲**	۲/۶۴**	۱۲/۰۱**	۰/۳۹**	۱۰/۴۷**	۳۲/۶۵**	۱/۷۶**
ژنوتیپ × دما	۱۵۵	۲/۱۷**	۱۰/۷۳**	۱۰/۸۶**	۷۹**	۲۱/۹۵**	۱۴۰/۰۹**	۱۱۱/۶۶**	۲/۲۱**
ژنوتیپ × سال × دما	۱۵۵	۰/۰۱ns	۰/۰۳ns	۰/۱۰ns	۰/۰۶ns	۰/۰۱ns	۰/۱۷ns	۲۲/۰۳**	۰/۳۳**
خطا	۶۲۰	۰/۰۱	۰/۱۴	۰/۶۱	۰/۴۸	۰/۰۱	۱/۱۲	۰/۹۹	۰/۰۳

*، ** به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد، ns: عدم اختلاف معنی‌دار.

جدول ۲- میانگین صفات والدین و لاین‌های نوترکیب و وراثت‌پذیری صفات عملکرد دانه، طول پدانکل، دوره پر شدن دانه، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، طول سنبله، ارتفاع گیاه و تعداد سنبلچه در سنبله در گندم

صفات	دوره پر شدن دانه		وزن هزاردانه		تعداد دانه در سنبله		عملکرد دانه		طول سنبله		ارتفاع گیاه		طول پدانکل		تعداد سنبلچه در سنبله	
	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش
کاز	۳۲	۲۶/۵۰*	۳۵/۱۵	۲۹/۳۵**	۵۷	۵۱/۰۵*	۵/۱۰	۴/۵۰*	۹۴/۲۳	۸۹/۲۸*	۷۷/۸۴	۵۸/۰۹*	۲۷/۹۵	۲۶/۴۱*	۲۱	۱۹*
مانتنا	۲۷/۵۰	۲۱**	۳۱/۰۲	۲۱/۷۸**	۶۱/۸۰	۵۰/۱۰*	۴/۲۶	۱/۴۴**	۱۲۶/۱۵	۱۰۶/۰۸*	۹۰/۵۹	۶۴/۹۲**	۲۵/۲۵	۱۸**	۲۵	۱۹**
لاین‌های نوترکیب	۳۰/۵۷	۲۴/۲۵**	۳۰/۸۵	۲۴/۴۱**	۵۲/۶۷	۳۹/۹۴**	۴/۳۱	۲/۲۵**	۱۱۷/۶۶	۱۰۱/۸۷**	۹۱/۶۸	۷۲/۵۰**	۲۵/۵۸	۲۰/۰۲**	۲۳	۲۰/۳۴**
وراثت‌پذیری عمومی	۷۹/۴۳		۸۰/۲۱		۷۷/۵۶		۶۲/۹۷		۹۳/۱۸		۹۱/۷۳		۷۴/۰۷		۹۲/۳۳	

*، ** به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد در مقایسه با شرایط نرمال.

Archive of SID

www.SID.ir

شرایط تنش و بیشترین حساسیت به تنش می‌باشد. در تحقیق حاضر نیز مقادیر ۰/۶۰ و ۲/۸۲ به ترتیب برای والد متحمل و حساس به دست آمد که این اختلاف بیش از چهار برابری موید نتایج مطالعات قبلی در این زمینه می‌باشد. شاخص SSI به خوبی تمایز بین والدین و سایر ژنوتیپ‌ها را مشخص نموده است. همانگونه که انتظار می‌رفت ژنوتیپ‌های دارای SSI کمتر از یک (والد کاز، مقدار ۰/۲۵) از آنجایی که کاهش عملکرد آنها تحت شرایط تنش (۰/۶ تن‌درهکتار) از مقدار میانگین کاهش عملکرد همه ژنوتیپ‌ها (به طور متوسط معادل ۲/۰۲ تن در هکتار) کمتر است نسبت به تنش مورد مطالعه متحمل می‌باشند و با نتایج Fisher & Maurer (1978)، Bruckner & Frohberg (1987) و Sio-Se Mardeh et al. (2006) در مورد تنش خشکی مطابقت دارد.

جدول ۳- مقادیر شاخص‌های SSI، GM، STI، TOL، MP، P، YI و YSI بر مبنای عملکرد و سایر صفات مورد اندازه‌گیری مرتبط با عملکرد برای والدین در گندم

مبنای شاخص	SSI		GM		STI		TOL		MP		P		YI		YSI	
	کاز	مانتنا	کاز	مانتنا	کاز	مانتنا	کاز	مانتنا	کاز	مانتنا	کاز	مانتنا	کاز	مانتنا	کاز	مانتنا
عملکرد	۰/۲۵	۱/۴۲	۴/۷۹	۲/۴۸	۱/۲۲	۰/۳۳	۰/۶۰	۲/۸۲	۴/۸۰	۲/۸۵	۲/۱۹	۸/۰۲	۱/۹۵	۰/۶۲	۰/۸۸	۰/۳۴
طول پدانکل	۰/۲۶	۱/۳۴	۲۷/۱۷	۲۱/۳۲	۱/۱۲	۰/۶۹	۱/۵۴	۷/۲۵	۲۷/۱۸	۲۱/۶۳	۱۲/۷۸	۵۱/۱۵	۱/۳۱	۰/۸۹	۰/۹۴	۰/۷۱
دوره پر شدن دانه	۰/۸۴	۱/۱۶	۲۹/۱۲	۲۴/۰۳	۰/۹۰	۰/۶۲	۵/۵	۶/۵	۲۹/۲۵	۲۴/۲۵	۱۵۰/۳۱	۲۴۰/۹۴	۱/۰۹	۰/۸۶	۰/۸۳	۰/۷۶
وزن هزاردانه	۰/۸۰	۱/۴۵	۳۲/۱۲	۲۵/۹۹	۱/۰۵	۰/۶۹	۵/۸۰	۹/۲۵	۳۲/۲۵	۲۶/۴۰	۶۸/۰۵	۱۵۲/۹۱	۱/۱۸	۰/۸۷	۰/۸۴	۰/۷۰
تعداد دانه در سنبله	۰/۴۴	۰/۸۰	۵۳/۹۴	۵۵/۶۴	۱/۰۷	۱/۱۳	۵/۹۵	۱۱/۷۰	۵۴/۰۳	۵۵/۹۵	۶۵/۰۴	۳۷/۵۶	۱/۲۸	۱/۲۵	۰/۹۰	۰/۸۱
ارتفاع گیاه	۱/۰۶	۱/۰۱	۶۷/۴۵	۸۱/۶۳	۰/۵۵	۰/۸۰	۱۷/۱۳	۱۹/۵۰	۶۸/۱۹	۸۲/۲۱	۱۰۳۰/۴۹	۴۹۰/۸۶	۰/۸۲	۱	۰/۷۸	۰/۷۹
طول سنبله	۰/۳۹	۱/۱۹	۹۱/۷۲	۱۱۵/۶۸	۰/۶۲	۰/۹۸	۴/۹۵	۲۰/۰۸	۹۱/۷۵	۱۱۶/۱۱	۱۸۴۹/۷۶	۶۴۸/۴۲	۰/۸۸	۱/۰۵	۰/۹۵	۰/۸۴
تعداد سنبلچه	۰/۸۱	۲/۰۳	۱۹/۹۷	۲۱/۷۹	۰/۷۶	۰/۹۱	۲	۶	۲۰	۲۲	۲۸/۴۲	۱۶/۴۲	۰/۹۴	۰/۹۴	۰/۹۰	۰/۷۶

همبستگی بین شاخص‌ها (بر اساس عملکرد و همچنین بر مبنای سایر صفات) و عملکرد در شرایط تنش و طبیعی (جدول۴) محاسبه گردید. بالاترین همبستگی‌های به دست آمده مربوط به سه شاخص YI، GMP و STI با عملکرد تحت شرایط تنش بود که به ترتیب ۱، ۰/۹۳ و ۰/۹۲ می‌باشد. همبستگی بالا و مثبت بین شاخص‌های GMP، STI و MP با عملکرد در هر دو شرایط طبیعی و تنش بیانگر هم جهت و مفید بودن بودن تأثیر استفاده از این شاخص‌ها برای انتخاب تحت شرایط طبیعی و تنش می‌باشد و انتظار می‌رود که ژنوتیپ‌های اتنخاب شده بر اساس این شاخص‌ها عملکرد مطلوبی در هر دو شرایط را داشته باشند. همچنان که Hohls (2001) بیان می‌کند انتخاب برای MP باعث افزایش عملکرد در هر دو شرایط تنش و طبیعی خواهد شد مگر آنکه همبستگی بین عملکرد تحت شرایط طبیعی و تنش به شدت منفی و در جهت عکس یکدیگر باشد. در این تحقیق نیز به دلیل عدم وقوع چنین شرایطی و همبستگی همسو و بالای این شاخص با عملکرد طبیعی و تنش می‌توان به اهمیت و کارایی آن اشاره نمود. در این تحقیق لاین‌های با عملکرد بالا، مقدار MP بالایی را در هر دو محیط تنش و طبیعی به خود اختصاص داده‌اند. شاخص اندازه برتری (P) همبستگی منفی و بالایی با عملکرد تحت هر دو شرایط طبیعی و تنش داشت و از آنجا که ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو شرایط حداقل اختلاف با بیشینه عملکرد را دارند، لذا ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا کمترین مقدار اندازه برتری (پایین‌ترین یا بهترین رتبه) را به خود اختصاص می‌دهند و انتظار می‌رود با انتخاب ژنوتیپ‌های با مقدار P پایین به ژنوتیپ‌هایی دست یافت که در هر دو شرایط عملکرد خوبی از خود بروز می‌دهند. نکته جالب توجه در مورد شاخص P این است که در زمانی که از صفاتی که همبستگی منفی با عملکرد دارند (مثل طول سنبله و تعداد سنبلچه) جهت تشکیل این شاخص استفاده می‌شود جهت همبستگی این شاخص با عملکرد در هر دو شرایط مثبت به دست می‌آید. روند همبستگی عملکرد در هر دو شرایط طبیعی و تنش با شاخص‌های GMP، STI، MP و P محاسبه شده که بر اساس دوره پر شدن دانه و طول پدانکل، مشابه نتایج شاخص‌های مذکور در حالتی است که بر اساس عملکرد تشکیل شده اند. این موضوع نشان‌دهنده اهمیت این دو صفت و

Archive of SID

www.SID.ir

شاخص‌های مذکور جهت تشخیص ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو شرایط طبیعی و تنش و کاربرد آنها در مطالعات بررسی و غربالگری تحمل گرما در گندم می‌باشد.

جدول ۴- ضرایب همبستگی عملکرد با شاخص‌های SSI، GM، STI، TOL، MP، P، YI و YSI مورد محاسبه بر مبنای عملکرد و سایر صفات مرتبط با عملکرد تحت شرایط طبیعی و تنش در گندم

مبنای شاخص	SSI		GM		STI		TOL	
	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش
عملکرد	۰/۱۵*	-۰/۷۷**	۰/۷۶**	۰/۹۳**	۰/۷۴**	۰/۹۲**	۰/۵۷**	-۰/۴۵**
طول پدانکل	۰/۵۰**	-۰/۱۴ns	۰/۶۴**	۰/۶۲**	۰/۶۳**	۰/۶۲**	۰/۶۴**	-۰/۰۲ns
دوره پر شدن دانه	۰/۲۵**	-۰/۲۳**	۰/۵۴**	۰/۵۹**	۰/۵۰**	۰/۵۶**	۰/۳۹**	۰/۰۷ns
وزن هزاردانه	-۰/۰۹ns	-۰/۳۳**	۰/۳۴**	۰/۲۷**	۰/۳۳**	۰/۲۶**	-۰/۰۱ns	-۰/۲۸**
تعداد دانه در سنبله	-۰/۰۶ns	-۰/۴۷**	-۰/۱۴ns	۰/۲۶**	-۰/۱۳ns	۰/۲۷**	-۰/۱۲ns	-۰/۴۴**
ارتفاع گیاه	۰/۲۴**	-۰/۰۲ns	-/۰۱ns	-۰/۱۷*	-۰/۱۲ns	-۰/۱۸*	۰/۱۹*	-۰/۰۸ns
طول سنبله	۰/۱۱ns	-۰/۱۲ns	-۰/۲۰**	-۰/۲۸**	-۰/۱۹*	-۰/۲۸**	۰/۰۳ns	-۰/۱۸*
تعداد سنبلچه	۰/۲۰**	۰/۱۱ns	-۰/۲۷**	-۰/۳۴**	-۰/۲۷**	-۰/۳۴**	۰/۱۳ns	۰/۰۳ns

*، ** به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد، ns: عدم اختلاف معنی‌دار.

ادامه جدول ۴- ضرایب همبستگی عملکرد با شاخص‌های MP، P، YI و YSI مورد محاسبه بر مبنای عملکرد و سایر صفات مرتبط با عملکرد تحت شرایط طبیعی و تنش در گندم

مبنای شاخص	MP		P		YI		YSI	
	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش
عملکرد	۰/۸۷**	۰/۸۵**	-۰/۸۶**	-۰/۸۳**	۰/۴۸**	۱**	-۰/۱۵ns	۰/۷۷**
طول پدانکل	۰/۶۸**	۰/۶۲**	-۰/۶۷**	-۰/۵۸**	۰/۳۴**	۰/۶۰**	-۰/۵۰**	۰/۱۴ns
دوره پر شدن دانه	۰/۵۶**	۰/۵۹**	-۰/۶۷**	-۰/۶۱**	۰/۳۹**	۰/۶۰**	-۰/۲۵**	۰/۲۳**
وزن هزاردانه	۰/۳۵**	۰/۲۵**	-۰/۳۷**	-۰/۲۶**	۰/۳۱**	۰/۳۳**	۰/۰۹ns	۰/۳۳**
تعداد دانه در سنبله	-۰/۱۵ns	۰/۲۳**	۰/۱۴ns	-۰/۱۸*	-/۰۹ns	۰/۳۸**	/۰۶ns	۰/۴۷**
ارتفاع گیاه	-۰/۰۹ns	-۰/۱۷*	۰/۰۷ns	۰/۱۴ns	-۰/۱۶*	-۰/۱۶*	-۰/۲۴**	۰/۰۲ns
طول سنبله	-۰/۱۹**	-۰/۲۹**	۰/۲۲**	۰/۲۸**	-۰/۲۲**	-۰/۲۶**	-۰/۱۱ns	۰/۱۲ns
تعداد سنبلچه	-۰/۲۷**	-۰/۳۴**	۰/۲۸**	۰/۳۲**	-۰/۲۹**	-۰/۳۳**	-۰/۲۰**	-۰/۱۱ns

*، ** به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد، ns: عدم اختلاف معنی‌دار.

همبستگی مثبت بین TOL و SSI بر اساس عملکرد دانه تحت شرایط طبیعی و همبستگی منفی بین این شاخص با عملکرد تحت شرایط تنش نشان می‌دهد که انتخاب بر اساس این شاخص موجب کاهش عملکرد تحت شرایط طبیعی خواهد شد. در این تحقیق نیز لاین‌های با عملکرد بالاتر در شرایط تنش مقادیر کمتری از این شاخص را به خود اختصاص داده‌اند. نتایج مشابهی به وسیله Rosielle & Hamblin (1981)، Clarke et al. (1984) و Sio-Se Mardeh et al. (2006) برای خشکی گزارش شده است. همبستگی منفی بین این شاخص و طول پر شدن دانه، طول پدانکل و تعداد دانه در سنبله در شرایط تنش (جدول ۵) گویای توانایی این صفات در افزایش عملکرد لاین‌ها در شرایط تنش و کاهش حساسیت ژنوتیپ‌ها است. مشابه چنین نتایجی توسط Fernandez (1992) و Sio-Se Mardeh et al. (2006) در ارتباط با تنش خشکی گزارش شده است. روند همبستگی در مورد شاخص YSI برعکس مورد ذکر شده در مورد TOL و SSI می‌باشد اما همبستگی منفی بین این شاخص با عملکرد در شرایط طبیعی بسیار کمتر بوده و معنی‌دار نیز نمی‌باشد به نحوی که انتخاب بر اساس این شاخص موجب انتخاب لاین‌های متحمل در شرایط تنش می‌گردد که این ژنوتیپ‌ها ممکن است عملکرد نسبتاً پایینی در شرایط طبیعی به خود اختصاص دهند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵- همبستگی شاخص‌های SSI، GM، STI، TOL، MP، P، YI و YSI بر اساس عملکرد با سایر صفات مورد مطالعه

شاخص‌ها	عملکرد دانه		طول پدانکل		دوره پر شدن دانه		وزن هزاردانه	
	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش
HSI	۰/۱۵*	-۰/۷۷**	-۰/۰۱ns	-۰/۴۳**	-۰/۱۰ns	-۰/۳۹**	۰/۰۲ns	-۰/۱۷*
GM	۰/۷۶**	۰/۹۳**	۰/۷۳**	۰/۵۸**	۰/۶۲**	۰/۶۰**	۰/۱۱ns	۰/۳۱**
HTI	۰/۷۴**	۰/۹۲**	۰/۷۰**	۰/۵۶**	۰/۶۱**	۰/۶۰**	۰/۰۸ns	۰/۲۷**
TOL	۰/۵۷**	-۰/۴۵**	۰/۳۸**	-۰/۲۱**	۰/۱۸*	-۰/۱۷*	۰/۰۷ns	۰/۰۱ns
MP	۰/۸۷**	۰/۸۵**	۰/۸۰**	۰/۵۴**	۰/۶۶**	۰/۵۷**	۰/۱۲ns	۰/۳۱**
P	-۰/۸۶**	-۰/۸۳**	-۰/۸۰**	-۰/۵۴**	-۰/۶۴**	-۰/۵۴**	-۰/۱۵ns	-۰/۳۳**
YI	۰/۴۸**	۱**	۰/۵۲**	۰/۶۰**	۰/۴۹**	۰/۶۰**	۰/۰۷ns	۰/۲۸**
YSI	-۰/۱۵ns	۰/۷۷**	۰/۰۱ns	۰/۴۳**	۰/۱۰ns	۰/۳۹**	-۰/۰۲ns	۰/۱۷*

*، ** به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد، ns: عدم اختلاف معنی‌دار.

ادامه جدول ۵- همبستگی شاخص‌های SSI، GM، STI، TOL، MP، P، YI و YSI بر اساس عملکرد با سایر صفات مورد مطالعه

شاخص‌ها	تعداد دانه در سنبله		ارتفاع گیاه		طول سنبله		تعداد سنبلچه	
	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش
HSI	-۰/۱۲ns	-۰/۴۵**	۰/۱۳ns	۰/۰۶ns	۰/۲۳**	۰/۱۵ns	-۰/۰۵ns	-۰/۰۲ns
GM	-۰/۰۶ns	۰/۲۱**	-۰/۱۳ns	-۰/۱۹*	-۰/۲۹**	-۰/۲۹**	-۰/۱۷*	-۰/۲۱**
HTI	-۰/۰۲ns	۰/۲۲**	-۰/۱۵ns	-۰/۱۹*	-۰/۲۷**	-۰/۲۷**	-۰/۱۶*	-۰/۲۰**
TOL	-۰/۲۲**	-۰/۴۲**	۰/۱۲ns	-۰/۰۱ns	۰/۱۱ns	۰/۰۲ns	-۰/۱۳ns	-۰/۱۱ns
MP	-۰/۱۰ns	۰/۱۳ns	-۰/۱۲ns	-۰/۱۹*	-۰/۲۷**	-۰/۲۸**	-۰/۲۰**	-۰/۲۲**
P	۰/۱۲ns	-۰/۱۲ns	۰/۱۰ns	۰/۱۸*	۰/۲۸**	۰/۲۹**	۰/۲۱**	۰/۲۲**
YI	۰/۰۳ns	۰/۳۴**	-۰/۱۷*	-۰/۱۶*	-۰/۳۰**	-۰/۲۶**	-۰/۱۱ns	-۰/۱۴ns
YSI	۰/۱۲ns	۰/۴۵**	-۰/۱۳ns	-۰/۰۶ns	-۰/۲۳**	-۰/۱۵*	۰/۰۵ns	۰/۰۲ns

*، ** به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد، ns: عدم اختلاف معنی‌دار.

شاخص YI با عملکرد تحت شرایط تنش همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد. این شاخص توسط Gavuzzi et al. (1997) پیشنهاد شده است و ژنوتیپ‌ها را فقط براساس عملکرد تحت شرایط تنش رتبه‌بندی می‌کند، بنابراین جهت انتخاب ژنوتیپ‌های گروه A کاربرد ندارد. شاخص YSI عملکرد تحت شرایط تنش را نسبت به عملکرد طبیعی هر ژنوتیپ مورد ارزیابی قرار می‌دهد و می‌بایست شاخص تحمل تنش مناسبی باشد و ژنوتیپ‌های با مقدار بالای YSI انتظار می‌رود که عملکرد بالایی تحت هر دو شرایط طبیعی و تنش از خود بروز دهند. در این مطالعه همبستگی مثبت و بالایی بین عملکرد تنش و این شاخص به دست آمد و همبستگی بین این شاخص و عملکرد طبیعی منفی اما معنی‌دار نبود، لذا ژنوتیپ‌های دارای مقدار بالای YSI عملکرد بالایی در شرایط تنش گرما و عملکرد نسبتاً پایینی در شرایط طبیعی داشتند.

در مجموع می‌توان گفت که شاخص‌های GMP، STI و MP قادر به تشخیص ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا تحت هر دو شرایط طبیعی و تنش (شرایط گرمایی بوشهر) می‌باشند. البته لازم به ذکر است که کارایی شاخص‌ها به شدت تنش وارده بستگی دارد و نتایج کاربرد هر کدام از شاخص‌های مذکور در شدت‌های ملایم تا بسیار شدید می‌تواند متفاوت باشد (Sio-Se Mardeh et al., 2006). Blum (1996) و Panthuwan et al. (2002) نیز معتقدند که فقط تحت شرایط تنش ملایم است که ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط طبیعی توانایی بروز عملکرد مناسب تحت شرایط تنش را دارا می‌باشند و در صورتیکه شدت تنش زیاد باشد جهت انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط تنش می‌بایستی انتخاب را در همان محیط تنش انجام داد. از آنجا که هدف از شاخص‌ها کاربرد آنها در غربال ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش است و بسته به شرایط اقلیمی

Archive of SID

www.SID.ir

مناطق مختلف شدت‌های تنش متفاوتی اعمال می‌گردد، لذا پیشنهاد می‌گردد نتایج حاصله و کارایی شاخص‌های مورد بررسی در این آزمایش در شدت‌های تنش متفاوت مورد آزمون مجدد قرار گیرد.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به اینکه شاخص‌های GMP، STI و MP در بر اساس عملکرد یا صفات بسیار مهم مرتبط با عملکرد از جمله دوره پر شدن دانه و طول پدانکل تشکیل شدند در هر دو شرایط طبیعی و تنش از همبستگی بالا و قابل توجهی برخوردار بودند می‌توان به عنوان نتیجه کلی ذکر نمود که این شاخص‌ها قابلیت غربالگری ژنوتیپ‌ها به منظور افزایش عملکرد دانه گندم خصوصاً در شرایط تنش گرما را دارند، لذا در این پژوهش به عنوان شاخص‌های معتبر و کاربردی معرفی می‌شود.

REFERENCES

1. Akram Z., Ajmal, S. & Munir, M. (2008). Estimation of correlation coefficient among some yield parameters of wheat under rainfed conditions. *Pak J Bot*, 40(4), 1777-1781.
2. Ashraf, M. & Harris, P. J. C. (2005). *Abiotic stresses: plant resistance through breeding and molecular approaches*. The Haworth Press, New York, pp, 725.
3. Blum, A. (1996). Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. *Plant Growth Regul*, 20, 135–148.
4. Bouslama, M. & Schapaugh, W. T. (1984). Stress tolerance in soybean. Part 1: evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. *Crop Sci*, 24, 933-937.
5. Bruckner, P. L. & Frohberg, R. C. (1987). Stress tolerance and adaptation in spring wheat. *Crop Sci*, 27, 31–36.
6. Burke, J. J., Hatfield, J. L. & Wanjura, D. F. (1990). A thermal index from cotton. *Agron J*, 82, 526-530.
7. Butler, J. D., Byrne, P. F., Mohammadi, V., Chapman, P. L. & Haley, S. D. (2005). Agronomic performance of Rht alleles in a spring wheat population across a range of moisture levels. *Crop Sci*, 45, 939-947.
8. Ceccarelli, S. (1987). Yield potential and drought tolerance of segregating populations of barley in contrasting environments. *Euphytica*, 40, 197-205.
9. Ceccarelli, S. & Grando, S. (1991). Selection environment and environmental sensitivity in barley. *Euphytica*, 57, 157-167.
10. Clarke, J. M., De Pauw, R. M. & Townley-Smith, T. M. (1992). Evaluation of methods for quantification of drought tolerance in wheat. *Crop Science*, 32, 728-732.
11. Clarke, J. M., Towenley-Smith, T. M., McCaig, T. N. & Green, D. G. (1984). Growth analysis of spring wheat cultivars of varying drought resistance. *Crop Science*, 24, 537-541.
12. Fernandez, C. G. J. (1992). Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: C. G. Kuo, (Ed.). *Adaptation of food crops to temperature and water stress*. (pp. 257-270). AVRDC, Shanhua, Taiwan.
13. Fisher, R. A. & Maurer, R. (1978). Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Aust J Agric Res*, 29, 897-912.
14. Gavuzzi, P., Rizza, F., Palumbo, M., Campaline, R. G., Ricciardi, G. L. & Borghi, B. (1997). Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. *Canadian Journal of Plant Science*, 77, 523–531.
15. Gibson, L. R. & Paulsen, G. M. (1999). Yield components of wheat grown under high temperature stress during reproductive growth. *Crop Science*, 39, 1841–1846.
16. Hohls, T. (2001). Conditions under which selection for mean productivity, tolerance to environmental stress, or stability should be used to improve yield across a range of contrasting environments. *Euphytica*, 120, 235-245.
17. Huang, B. (2000). Role of root morphological and physiological characteristics in drought resistance of plants. In: R. E. Wilkinson (Ed.), *Plant–environment interactions*. Marcel Dekker Inc., New York, pp. 39-64.
18. Hossain, A. B. S., Sears, A. G., Cox, T. S. & Paulsen, G. M. (1990). Desiccation tolerance and its relationship to assimilate partitioning in winter wheat. *Crop Science*, 30, 622-627.
19. Hussain, S. S. (2006). Molecular breeding for abiotic stress tolerance: drought perspective. *Proc Pakistan Acad Sci*, 43(3), 189-210.
20. Inamullah, H., Ahmad, F., Sirajuddin, M., Hassan, G. & Gul, R. (2006). Diallel analysis of the inheritance pattern of agronomic traits of bread wheat. *Pak J Bot*, 38(4), 1169-1175.
21. Khanna-Chopra, R. & Viswanathan, C. (1999). Evaluation of heat stress tolerance in irrigated environment of *T. aestivum* and related species. I. Stability in yield and yield components. *Euphytica*,

Archive of SID

www.SID.ir

106, 169-180.
22. Leopold, A. C. (1990). Coping with desiccation. In: R. G. Alscher, and J. R. Cumming, (Eds.), *Stress response in plants: adaptation and acclimation mechanisms*. (pp, 37-56). Wiley-Liss, New York.
23. Lin, C. S., Binns, M. R. & Lefkovitch, L. P. (1986). Stability analysis: where do we stand? *Crop Science*, 26, 894-900.
24. Mc Caig, T. N. & Clarke, J. M. (1982). Seasonal changes in nonstructural carbohydrate levels of wheat and oats grown in semiarid environment. *Crop Science*, 22, 963-970.
25. Modarresi, M., Mohammadi, V., Zali, A. & Mardi, M. (2010). Response of wheat yield and yield related traits to high temperature. *Cereal Research Communications*, 38(1), 23-31.
26. Mohammadi, V., Qannadha, M. R., Zali, A. A. & Yazdi-Samadi, B. (2004). Effect of Post Anthesis Heat Stress on Head Traits of Wheat. *International Journal of Agriculture & Biology*, 1, 42-44.
27. Nasir Ud-Din, Carver, B. F. & Clutte, A. C. (1992). Genetic analysis and selection for wheat yield in drought-stressed and irrigated environments. *Euphytica*, 62, 89-96.
28. Panthuwan, G., Fokai, S., Cooper, M., Rajatasereekul, S. & O'Toole, J. C. (2002). Yield response of rice genotypes to different types of drought under rainfed lowlands. Part 1: grain yield and yield components. *Field Crop Res*, 41, 45-54.
29. Porch, T. G. (2006). Application of stress indices for heat tolerance screening of common bean. *Journal of Agronomy & Crop Science*, 192, 390-394.
30. Rajaram, S. & Van Ginkle, M. (2001). Mexico, 50 years of international wheat breeding. In: Bonjean, A. P., Angus, W. J. (Eds.). *The world wheat book: A history of wheat breeding*. Lavoisier Publishing, Paris, France, pp, 579–604.
31. Rashid, A., Stark, J. C., Tanveer, A. & Mustafa, T. (1999). Use of canopy temperature measurements as a screening tool for drought tolerance in spring wheat. *J Agron Crop Sci*, 182, 213-237.
32. Rathjen, A. J. (1994). The biological basis of genotype - environment interaction: its definition and management. In: Proceedings of *the 7th assembly of the wheat breeding society of Australia*. Adelaide, Australia.
33. Reynolds, M. P., Ortiz-Monasterio, J. I. & McNab, A. (2001). *Application of Physiology in Wheat Breeding*. Mexico, D.F., CIMMYT.
34. Richards, R. A. (1996). Defining selection criteria to improve yield under drought. *Plant Growth Regul*, 20, 157-166.
35. Rosielle, A. A. & Hamblin, J. (1981). Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. *Crop Science*, 21, 943-946.
36. Sio-Se Mardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K. & Mohammadi, V. (2006). Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. *Field Crops Research*, 98, 222-229.
37. Van Ginkel, M., Calhoun, D. S., Gebeyehu, G., Miranda, A., Tian-you, C., Pargas Lara, R., Trethowan, R. M., Sayre, K., Crossa, L. & Rajaram, S. (1998). Plant traits related to yield of wheat in early, late, or continuous drought conditions. *Euphytica*, 100, 109-121.
38. Wahid, A., Gelani, S., Ashraf, M. & Foolad, M. R. (2007). Heat tolerance in plants: An Overview. *Environmental and Experimental Botany*, 61, 199-223.
39. Yang, J., Sears, R. G., Gill, B. S. & Paulsen, G. M. (2002). Growth and senescence characteristics associated with tolerance of wheat-alien amphiploids to high temperature under controlled conditions. *Euphytica*, 126, 185-193.

Archive of SID

www.SID.ir