

اثر تنش گرمای انتهای فصل بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه و ارزیابی شاخص‌های تحمل تنش در جو (*Hordeum vulgare* L.)

وحید باوی^{۱*} و بهروز واعظی^۲

۱، ۲، مربی و استادیار ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم گچساران

(تاریخ دریافت: ۸۸/۶/۲۵ - تاریخ تصویب: ۹۱/۳/۳۱)

چکیده

اثر تنش گرمای انتهای فصل بر عملکرد و اجزای عملکرد در ۱۱ رگه جو ارسالی از مرکز تحقیقات ایکاردا و یک رقم شاهد منطقه (ایذه) طی دو سال (۸۶-۱۳۸۴) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم گچساران مورد ارزیابی قرار گرفت. هر رگه در یک کرت شش خطی و در دو تاریخ، کاشت رایج منطقه (اواسط آذرماه) و دیرکاشتی (اواخر دی‌ماه) و در سه تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی کشت گردید. نتایج نشان داد که تنش گرمای ناشی از اعمال دیرکاشتی به صورت معنی‌داری میانگین دوسالانه تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه و عملکرد دانه را به ترتیب به میزان ۲/۲۵، ۳/۶، ۳/۳ و ۸/۳۴ درصد کاهش داد ولی طول دوره پرشدن دانه کاهش معنی‌داری نداشت. تعداد روز تا سنبله-دهی بیشترین همبستگی معنی‌دار (۰/۶۵-) را با عملکرد در شرایط تنش نشان داد. شاخص-های میانگین محصول‌دهی (MP)، میانگین هندسی محصول‌دهی (GMP) و شاخص تحمل تنش (STI) که در هر دو شرایط تنش و طبیعی همبستگی مثبت، معنی‌دار و بسیار بالاتری با عملکرد داشتند، مناسب‌ترین شاخص‌ها در شناسایی رگه‌های متحمل به گرما و پرمحصول در هردو شرایط طبیعی و تنش گرما بودند. بر اساس نتایج دوساله می‌توان رگه ۶ را با بیشترین مقدار برای شاخص‌های STI، GMP و MP و بالاترین عملکرد دانه، به عنوان رگه متحمل به شرایط تنش گرما جهت کشت در مناطق گرمسیری معرفی نمود.

واژه های کلیدی: تنش گرما، جو، عملکرد، شاخص‌های تحمل تنش

مقدمه

جو با نام علمی هوردئوم ولگار (*Hordeum vulgare* L.) یکی از مهم‌ترین و قدیمی‌ترین گیاهان زراعی است که نسبت به دیگر غلات تحمل بیشتری به شرایط خشکی و گرما دارد (Nourmohammadi et al., 1998). جو همانند دیگر غلات تامین‌کننده نیاز غذایی بشر و حیوانات می‌باشد و از زمان‌های قدیم برای تولید مالت مدنظر بوده است (Rasmusson, 1985; Anonymous,)

(1999). محصولات زراعی اغلب در نواحی گرمسیری در طول دوره رشد و نمو خود خصوصاً در مراحل گرده‌افشانی و پرشدن دانه با تنش گرما مواجه می‌شوند و حتی در شرایط آبیاری معمول نیز عملکرد آنها کاهش می‌یابد (Garcia del Moral et al., 2003; Bavei et al., 2011). اگرچه کاشت به موقع (هنگامیکه شرایط به لحاظ دمایی هوا و رطوبت خاک مناسب است) از اهمیت بالایی در کاهش میزان خسارت برخوردار است، کشاورزان به

دلایلی از قبیل وضعیت آب و هوا، توپوگرافی منطقه و زمان برداشت محصول قبلی مجبور به تأخیر در کشت می‌شوند (Bavei et al., 2011).

تنش گرما باعث آفتاب سوختگی برگ‌ها و ساقه‌ها، پیری و ریزش زودرس برگ‌ها، کاهش رشد اندام هوایی و ریشه، در مرحله گرده‌افشانی، کاهش میزان گلدهی، سقط و عدم تکامل دانه (Boyle et al., 1991) و کاهش میزان تولید ماده خشک می‌گردد (Giaveno & Ferrero, 2003; Cooper et al., 1994; Christen et al., 1995; Vollenweider & Gunthardt-Georg, 2005; Bavei et al., 2011). گرمای بالاتر از آستانه تحمل گیاه فرایندهای فیزیولوژیکی را مختل نموده و طول مراحل نمو را کوتاه‌تر و نهایتاً عملکرد را کاهش می‌دهد. شاید بتوان دلیل این موضوع را کاهش میزان فتوسنتز بعد از گرده‌افشانی و انتقال مجدد مواد ساخته شده دانست (Shakiba, 1996). Modarresi & Menshaw (2007) et al. (2010) کاهش وزن هزار دانه را در اثر تنش گرمایی در مرحله‌ی زایشی و پرشدن دانه گزارش نمودند. Savin et al. (1996) در یک آزمایش مزرعه‌ای نشان دادند که اعمال تیمار تنش گرمای 40°C به میزان شش ساعت در روز به مدت پنج روز (۱۷ روز بعد از گلدهی) وزن دانه را در جو به میزان ۱۴ تا ۲۵ درصد کاهش داد. در این بررسی در اثر تنش گرما نسبت نشاسته در دانه کاهش و نسبت نیترژن افزایش یافت. Savin & Nicolas, (1999) برای تعیین اثر زمان اعمال دوره‌های کوتاه مدت تنش گرمایی 40°C برای شش ساعت در روز به مدت پنج روز متوالی بر وزن دانه جو آزمایشی انجام دادند که طی آن مشخص شد وزن دانه بیشترین حساسیت را به تنش گرما در اوایل دوره پر شدن دانه و کمترین حساسیت را به تنش در اواسط و اواخر دوره دارد. در گیاهان مشابه نظیر گندم نیز بررسی‌هایی انجام شده است. به طوری که تحمل 242 رگه گندم (دوروم و نان) به درجه حرارت بالا با اعمال سه تاریخ کشت مورد ارزیابی قرار گرفت و تغییرات قابل ملاحظه‌ای در تعداد، وزن و در نهایت عملکرد دانه مشاهده گردید.

پایین بودن متوسط تعداد دانه در سنبله و وزن دانه حاکی از ضرورت تشخیص ارقامی بود که قادر باشند تحت تنش‌های گرمایی، عملکرد دانه بیشتری داشته باشند (Sisodia et al., 1979). همچنین Modarresi et

al. (2010) گزارش نمودند که تنش گرمایی باعث کاهش عملکرد دانه، طول دوره پرشدن دانه، وزن هزار دانه و تعداد دانه در خوشه گندم به ترتیب به میزان $46/63$ ، $20/42$ ، $20/61$ و $11/77$ درصد شد که این کاهش‌ها در رگه‌های متحمل به تنش کمتر از رگه‌های حساس بود.

برای اصلاح گیاهان متحمل به تنش برخی از محققان گزینش ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش را توصیه می‌کنند (Rajaram & Van Ginkle, 2001; Betran et al., 2003) و گروهی نیز گزینش در شرایط تنش را مطلوب می‌دانند (Ceccarelli & Grando, 1994; Rathjen, 1994).

ولی بیشتر محققین بر گزینش ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط تنش و بدون تنش تأکید دارند. Ceccarelli et al. (1998) و Sio-Se Mardeh et al. (2006) بیان نمودند که انتخاب براساس عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط تنش و بدون تنش باعث انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در شرایط تنش می‌گردد. انتخاب ژنوتیپ‌ها در دو محیط تنش و بدون تنش باعث تجمع آلل‌های مطلوب شده و ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالاتر انتخاب می‌شوند (Richard, 1996).

برای ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌های مختلف تحت تنش‌های محیطی مختلف و نیز تعیین تحمل و حساسیت آن‌ها شاخص‌های مختلفی ارائه شده است (Fernandez, 1992; Fisher & Maurer, 1978; Rosielle & Hamblin, 1981). (Rosielle & Hamblin, 1981) اختلاف بین عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط تنش و بدون تنش را TOL^1 نامیده و به‌عنوان شاخص تحمل تنش معرفی کردند. در ارزیابی ژنوتیپ‌ها با استفاده از شاخص TOL ، مقدار زیادتر این شاخص نشانه حساسیت ژنوتیپ به تنش می‌باشد، بنابراین انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس مقادیر کمتر این شاخص است. شاخص میانگین محصول دهی^۲ (MP) نیز که توسط این دو ارائه گردید، به‌صورت متوسط جمع جبری عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط تنش و بدون تنش تعریف می‌شود. با استفاده از شاخص‌های MP و TOL امکان

1. Tolerance index

2. Mean productivity

رشد) انجام گرفت. ایستگاه گچساران در طول جغرافیائی ۵۰ درجه و ۵۰ دقیقه، عرض جغرافیائی ۳۰ درجه و ۱۷ دقیقه و ۷۱۰ متر ارتفاع از سطح آزاد دریاها در جنوب استان کهگیلویه و بویراحمد قرار دارد. خاک منطقه انجام تحقیق آهکی عمیق، با بافت لومی رسی سیلتی، اسیدیته (pH) ۷/۳، مواد آلی کمتر از ۱ درصد و میزان کربنات در حدود ۴۰ درصد بود.

در این بررسی ۱۱ رگه جو تهیه شده از مرکز تحقیقات بین‌المللی محصولات برای مناطق خشک (ایکاردا) و یک رقم مورد استفاده در منطقه (رقم ایذه) به عنوان شاهد (جدول ۱) طی دو سال (۸۶-۱۳۸۴) در قالب طرح بلوک کامل تصادفی و در سه تکرار مورد آزمایش قرار گرفتند. رگه‌های مورد استفاده در این تحقیق، رگه‌های برتر و انتخابی از آزمایشات پیشرفته مقایسات عملکرد در شرایط دیم منطقه بودند. رقم مورد استفاده به‌عنوان شاهد نیز یکی از ارقام برتر دیم منطقه بود که به‌صورت گسترده در منطقه مورد مطالعه و مناطق با خصوصیات مشابه کشت می‌شود. هر رگه در یک کرت شش خطی به طول ۴/۳۷ متر و فاصله ۱۷/۵ سانتی متر از همدیگر توسط دستگاه بذارکار آزمایشات غلات در دو تاریخ اواسط آذر ماه، زمان رایج منطقه (شرایط طبیعی) و اواخر دی‌ماه، دیرکاشتی (شرایط تنش) در دو آزمایش جداگانه کشت گردید. انتخاب تاریخ کشت مذکور (اواخر دی‌ماه) به این دلیل بود که رگه‌ها در مراحل زایشی و پرشدن دانه با تنش گرما مواجه شوند (شکل ۱).

به‌دلیل پراکنش بسیار نامناسب بارندگی بعد از کاشت خصوصاً در سال اول انجام آزمایش، پس از کشت در سال اول پنج نوبت آبیاری و در سال دوم سه نوبت آبیاری به‌صورت کرتی و با توجه به درصد رطوبت حجمی خاک و عمق آب آبیاری انجام شد. مراقبت‌های لازم از قبیل مبارزه با علف‌های هرز در زمان قبل از به ساقه رفتن و پنجه زنی با سم شیمیائی توفوردی در تاریخ مناسب به مقدار ۲-۲/۵ لیتر در هکتار انجام شد. صفات مورد بررسی در این تحقیق عبارت بودند از تعداد روز از زمان کاشت تا ۵۰٪ سنبله دهی، تعداد روز از کاشت تا رسیدن فیزیولوژیکی، طول دوره پرشدن دانه،

تفکیک ژنوتیپ‌هایی که تحت شرایط تنش هم عملکرد نسبی بالاتری دارند نسبت به ژنوتیپ‌هایی که فقط در شرایط مطلوب عملکرد بالایی دارند، وجود دارد (Sio-Se Mardeh et al., 2006; Talebi et al., 2009; Fernandez Karimizadeh & Mohammadi, 2011). (1992) شاخص تحمل تنش^۱ (STI) را به‌عنوان معیاری برای انتخاب ارقام پیشنهاد نمود، مقادیر بالای STI نشان‌دهنده تحمل بالای تنش و عملکرد بالقوه زیاد است و بیان نمودند که ارقامی با STI بالا، در هر دو شرایط تنش و بدون تنش عملکرد بالایی دارند. شاخص دیگری که توسط Fernandez (1992) و Kristin et al. (1997) ارائه شد، میانگین هندسی محصول دهی^۲ (GMP) بود که این شاخص در مقایسه با MP در تفکیک ژنوتیپ‌ها قدرت بیشتری دارد. Fisher & Maurer (1978) شاخص حساسیت به تنش^۳ (SSI) را پیشنهاد نمودند که مقدار کمتر SSI نشان‌دهنده تغییرات کمتر عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط تنش نسبت به شرایط مطلوب و در نتیجه پایداری بیشتر آن ژنوتیپ است.

با توجه به این‌که بخش وسیعی از اراضی زیر کشت در ایران در اقلیم گرم و نیمه خشک واقع شده‌اند، شناسایی ارقام متحمل به خشکی و گرما و همچنین معیارهای مناسب گزینش برای این شرایط ضروری به‌نظر می‌رسد. اعمال تاریخ‌های کشت مناسب برای اجتناب از دماهای بالا در اواخر فصل زراعی، در غلات دانه ریز می‌تواند اثر درجه حرارت بالا را بر عملکرد گیاه تعدیل نماید (Osteron et al., 1993). هدف از انجام این تحقیق علاوه بر بررسی اثر تنش گرمای انتهایی بر عملکرد و اجزاء عملکرد در رگه‌های جو، ارزیابی و معرفی مناسب‌ترین شاخص‌ها جهت شناسایی رگه‌های متحمل به تنش بوده است.

مواد و روش‌ها

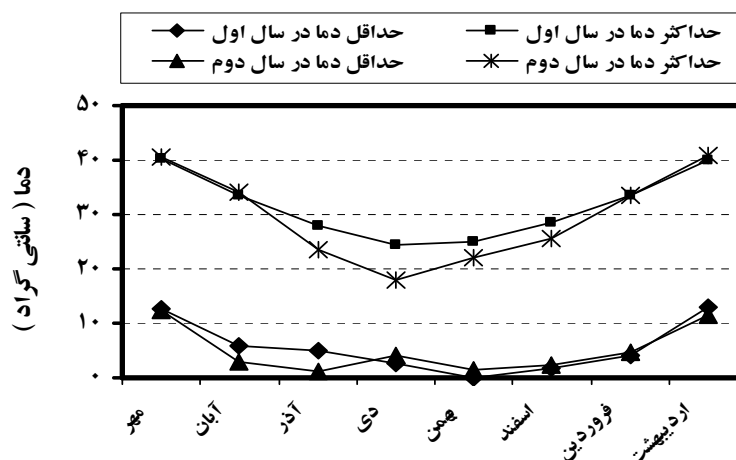
این تحقیق در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم گچساران (به‌عنوان یک منطقه گرمسیری و دارای بارندگی کم و یا بدون بارندگی در اواسط بهار تا آخردوره

1. Stress Tolerance Index
2. Geometric Mean Productivity
3. Stress Susceptibility Index

تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه.

جدول ۱- رگه‌های جو ارزیابی شده، منشأ، شجره و ردیف سنبله آن‌ها

ردیف سنبله	شجره	منشاء	رگه
۶ ردیفه	Alanda/5/Aths/4/Pro/Toli//Cer *2/Toli/3/5106/6/Avt/. -8G -3 G	ICARDA	۱
۲ ردیفه	Bda/Cr. 115/Pro/Bc/3/Api/Cm67/4/ Giza121/... -9G -2 G	ICARDA	۲
۲ ردیفه	Emir/Nacta//As907/3/Avt_(9-9)ACSAD-1290-6AP-OTR-OAP-6AP-OAP-OAP	ICARDA	۳
۶ ردیفه	Lth/3/Nopal//Prol/11012-2/4/Kabaa-03ICB94-0498-OAP-3AP-OAP-OAP	ICARDA	۴
۶ ردیفه	Himalaya-12/Plaisant ICBH95-0630-OAP-OAP-16AP	ICARDA	۵
۶ ردیفه	MK1272//Manker/Arig8/3/Alanda ICB93-0448-OAP-6AP-OAP	ICARDA	۶
۶ ردیفه	Hyb 85-6//As46/Aths*2	ICARDA	۷
۶ ردیفه	Alanda/Harma-01/7/Gustoe/6/M64-76/Bon....	ICARDA	۸
۲ ردیفه	Zanbaca/3/H.spont.21-3/Arar84//Wi2291/Bgs ICB 94-0314-OAP	ICARDA	۹
۲ ردیفه	Pld10342//Cr.115/por/3/Bahtima/4/DS	ICARDA	۱۰
۲ ردیفه	wi2291	ICARDA	۱۱
۶ ردیفه	Izeh. - (CONTROL)	Iran	۱۲



شکل ۱- وضعیت دمایی منطقه اجرای آزمایش طی ۲ سال زراعی (۸۶-۱۳۸۴)

$$GMP = \sqrt{(Ys)(Yp)} \quad (۴)$$

$$STI = \frac{(Yp)(Ys)}{(\bar{Yp})^2} \quad (۵)$$

$$HM = \frac{2(Yp - Ys)}{Yp + Ys} \quad (۶)$$

در روابط مذکور Ys ، Yp و \bar{Yp} عبارتند از:

Ys = عملکرد ژنوتیپ در شرایط تنش

Yp = عملکرد ژنوتیپ در شرایط بدون تنش

\bar{Ys} = میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش

\bar{Yp} = میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش

همچنین شاخص‌های مختلف تحمل و حساسیت به تنش شامل شاخص حساسیت به تنش (SSI)، شاخص تحمل روزیل و هامبلین (TOL)، متوسط محصول دهی (MP)، میانگین هندسی محصول دهی (GMP)، شاخص تحمل تنش (STI) و میانگین همسازه (HM) از طریق روابط زیر محاسبه شدند:

$$SSI = \frac{1 - (Ys/Yp)}{1 - (\bar{Ys}/\bar{Yp})} \quad (۱)$$

$$TOL = Yp - Ys \quad (۲)$$

$$MP = \frac{(Yp + Ys)}{2} \quad (۳)$$

نیمه اول آذرماه به دلیل وضعیت مناسب آب و هوایی (دمای هوا حدود ۲۶-۲۴ درجه سانتی‌گراد) و رطوبت مناسب خاک صورت می‌گیرد. در کشت به موقع (شرایط طبیعی) متوسط دمای هوا در هنگام ورود گیاه به مرحله زایشی (نیمه دوم اسفندماه) حدود ۲۸ درجه سانتی-گراد بود. در طول مرحله پرشدن دانه (حدوداً از اواخر اسفند تا اواسط اردیبهشت) و در مرحله رسیدن فیزیولوژیکی متوسط دمای هوا به ترتیب حدود ۳۳ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد بود. اما در شرایط دیرکاشتی (تنش گرمایی)، متوسط دمای هوا در مرحله کاشت (اواخر دیماه) حدود ۲۵-۱۸ درجه سانتی‌گراد، در هنگام سنبله دهی (اواسط فروردین‌ماه) حدود ۳۵ درجه، در طول دوره پرشدن دانه (از اواخر فروردین تا اواخر اردیبهشت) حدود ۴۰-۳۸ درجه و در هنگام رسیدن فیزیولوژیکی ۴۳-۴۰ درجه سانتی‌گراد بود.

تعداد روز تا سنبله‌دهی، تعداد روز تا رسیدن فیزیولوژیکی و دوره پرشدن دانه

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که همه اثرات برای صفت روز تا سنبله‌دهی و رسیدن فیزیولوژیکی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲).

تجزیه واریانس ساده و مرکب، مقایسه میانگین صفات، همبستگی بین عملکرد دانه و صفات و همبستگی شاخص‌های محاسبه شده، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی شاخص‌های تحمل تنش و رسم نمودار بای‌پلات (Farshadfar & Sutka, 2002; Golestani & Pakniyat, 2007; Shiri et al., 2010) با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و STATGRAPH انجام شد.

نتایج و بحث

شرایط اقلیمی منطقه در طول سال‌های انجام آزمایش

متوسط بارش ۳۰ ساله در منطقه مورد مطالعه حدود ۴۵۰ میلی‌متر، مقدار بارندگی ثبت شده در ایستگاه گچساران در سال زراعی ۸۵-۸۴ در حدود ۵۶۰/۷ میلی‌متر بود که از این مقدار ۹۰/۳ میلی‌متر قبل از کاشت و مابقی بعد از کاشت نازل گردید. برای سال زراعی ۸۶-۸۵ مقدار بارندگی در حدود ۵۱۱/۲ میلی‌متر بود که ۳۴/۷ میلی‌متر قبل از کاشت و مابقی بعد از کاشت نازل گردید.

معمولاً کاشت غلات در منطقه جنوب غرب ایران در

جدول ۲- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس مرکب صفات مورد بررسی در جو طی دو سال (۸۶-۱۳۸۴)

منابع تغییر	درجه آزادی	روز تا سنبله‌دهی	روز تا رسیدن	طول دوره پرشدن دانه	سنبله در متر مربع	دانه در سنبله	وزن هزاردانه	عملکرد
سال	۱	۶۳۲۰/۲۵**	۶۱۶۲/۲۵**	۱/۰ ^{ns}	۱۶۲۲۴/۴۵**	۲۶۹/۵۶**	۴۰۳/۶۷**	۷/۴۵**
تاریخ کاشت	۱	۱۰۶/۷۷**	۴۶۹۲/۲۵**	۳۳۸۳/۳۶**	۴۲۲۹۴/۹۲**	۱۵۳۲/۵۹**	۶۸۳/۳۹**	۱۰۱/۲۳**
سال × تاریخ	۱	۲۸۵۶۱/۰۰**	۲۶۶۲۲/۳۶**	۳۴/۰۳**	۹۹۳۱۱/۴۲**	۴۱۶/۷۷**	۴۶۰/۴۶**	۲۲/۶۵**
خطای اول	۸	۶/۵۵	۱/۰۵	۴/۲۳	۹۱۰۵/۵۲	۸/۸۰	۸/۹۸	۱/۰۹
رگه	۱۱	۷۹/۶۱**	۹۴/۸۹**	۳۳/۶۵**	۹۷۶۵۹/۷۱**	۲۲۳۶/۸۳**	۲۸۳/۳۳**	۲/۴۷**
سال × رگه	۱۱	۱۳/۳۸**	۱۱/۸۴**	۱۱/۷۸**	۵۳۰۴/۶۵**	۳۲/۳۲**	۱۷/۶۰**	۰/۴۳ ^{ns}
تاریخ کاشت × رگه	۱۱	۱۶/۰۳**	۱۶/۹۰**	۸/۳۹*	۴۲۶۲/۵۲**	۶۷/۰۵**	۱۵/۱۲**	۰/۸۷**
سال × تاریخ کاشت × رگه	۱۱	۱۲/۷۷**	۱۰/۴۳**	۱۳/۶۶**	۴۲۴۲/۹۹**	۶۴/۲۰**	۹/۴۷*	۰/۵۰ ^{ns}
خطای دوم	۸۸	۳/۸۷	۱/۵۴	۴/۴۱	۱۷۰۰/۴۷	۶/۲۴	۴/۲۳	۰/۲۹
ضریب تغییرات (درصد)		۲/۰۵	۰/۹۷	۶/۷۱	۱۵/۲۵	۶/۵۸	۴/۵۲	۱۲/۹۷

*, ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیر معنی‌دار

گیاهان زراعی در نواحی تحت تنش دارند (Bavei et al., 2011). زیرا تأثیر تنش‌های غیر زیستی در گیاهانی که مراحل رشد و نمو آنها سازگاری ضعیفی با شرایط

زمان سنبله‌دهی و رسیدن فیزیولوژیکی از مهمترین صفات مرتبط با سازگاری رگه‌های مختلف با محیط‌های بخصوص هستند که نقش مهمی در میزان عملکرد

محیطی و اقلیمی منطقه دارند بسیار شدیدتر خواهد بود (Kouressy et al., 2008). مقایسه دمای هوا در دو شرایط طبیعی و دیرکاشتی (شرایط تنش گرما) مشخص نمود که در شرایط تنش، دمای هوا در مرحله زایشی و پرشدن دانه حدود ۸-۶ درجه سانتی‌گراد نسبت به دمای هوا در این مرحله در شرایط طبیعی بیشتر بود که این افزایش دما منجر به کاهش تعداد روز تا سنبله‌دهی و رسیدن رگه‌ها شد. سرعت بیشتر دریافت واحدهای دمایی مورد نیاز رگه‌ها جهت تکمیل مراحل رشدی و وارد شدن به مرحله زایشی و رسیدن موجب کاهش

تعداد روز تا سنبله‌دهی و رسیدن در شرایط تنش گرمایی می‌شود (Bavei et al., 2011). این نتایج با مشاهدات (Slafer & Nachit & Ketata (1987) و Whitechurch (2001) مبنی بر کاهش تعداد روز تا سنبله‌دهی و رسیدن با افزایش درجه حرارت محیط همخوانی داشت.

برای شرایط بدون تنش دامنه تعداد روز تا سنبله دهی از ۹۲ روز برای رگه ۶ تا ۱۰۰ روز برای رگه ۷ و دامنه تعداد روز تا رسیدن دانه از ۱۱۷ روز برای رگه ۹ تا ۱۲۶ روز برای رگه ۷ در نوسان بود (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات زراعی ۱۲ رگه جو در شرایط طبیعی و تنش گرما

شماره رگه	شرایط طبیعی		شرایط تنش												
	روز تا سنبله دهی	روز تا رسیدن پرشدن دانه (روز)	عملکرد (t/ha)	سنبله در متر مربع (g)	وزن هزاردانه (g)	دانه در سنبله در متر مربع (g)	طول دوره پرشدن دانه (روز)	روز تا رسیدن	روز تا سنبله دهی	عملکرد (t/ha)	سنبله در متر مربع (g)	وزن هزاردانه (g)	دانه در سنبله در متر مربع (g)	درصد کاهش عملکرد نسبت به شرایط طبیعی	درصد اختلاف عملکرد با شاهد
۱	۹۳ de	۱۲۱ d	۳/۵۳ bcd	۴۵ bc	۴۲/۱ e	۱۸۶ d	۲۸ bc	۱۱۹ de	۹۲ c	۳/۵۳ bcd	۴۵ bc	۴۲/۱ e	۱۸۶ d	۲۸ bc	۱۹/۱۷۵
۲	۹۷ b	۱۲۲cd	۳/۲۸ def	۲۲ d	۴۸/۶ ab	۳۰۶ c	۲۵ d	۱۲۰ cd	۹۵ ab	۳/۲۸ def	۲۲ d	۴۸/۶ ab	۳۰۶ c	۲۵ d	۸/۱۴
۳	۹۳ de	۱۱۸ ef	۳/۵۸ bed	۲۳ d	۴۴/۸ cd	۳۴۷ a	۲۵ d	۱۱۷ fg	۹۳ bc	۳/۵۸ bed	۲۳ d	۴۴/۸ cd	۳۴۷ a	۲۵ d	۲۲/۹۵
۴	۹۶ bc	۱۲۱d	۲/۹۲ f	۴۸ b	۴۱/۹ e	۱۴۵ f	۲۵ d	۱۱۹ de	۹۳ bc	۲/۹۲ f	۴۸ b	۴۱/۹ e	۱۴۵ f	۲۵ d	۲/۸۵
۵	۹۵ bed	۱۲۴ b	۳/۳۱ cde	۴۸ b	۳۹/۶ f	۱۷۴ de	۲۹ ab	۱۲۱ bc	۹۲ c	۳/۳۱ cde	۴۸ b	۳۹/۶ f	۱۷۴ de	۲۹ ab	۲۲/۸۵
۶	۹۲ e	۱۲۳ bc	۴/۰۹ a	۵۳ a	۴۷/۹ ab	۱۶۱ ef	۳۱ a	۱۱۹ de	۹۳ bc	۴/۰۹ a	۵۳ a	۴۷/۹ ab	۱۶۱ ef	۳۱ a	۶۷/۸۴
۷	۱۰۰ a	۱۲۶ a	۲/۲۳ g	۴۵ bc	۳۲/۱ g	۱۵۴ f	۲۶ cd	۱۲۳ a	۹۷ a	۲/۲۳ g	۴۵ bc	۳۲/۱ g	۱۵۴ f	۲۶ cd	-۴/۵۶
۸	۹۶ bc	۱۲۳ bc	۳/۸۲ ab	۴۵ bc	۴۲/۹ de	۱۹۳ d	۲۷ bcd	۱۲۲ ab	۹۳ bc	۳/۸۲ ab	۴۵ bc	۴۲/۹ de	۱۹۳ d	۲۷ bcd	۳۶/۷۶
۹	۹۲ e	۱۱۷ f	۳/۴۰ cde	۲۲ d	۴۶/۶ bc	۳۲۲ ab	۲۵ d	۱۱۴ h	۹۱ c	۳/۴۰ cde	۲۲ d	۴۶/۶ bc	۳۲۲ ab	۲۵ d	۲۱/۱۹
۱۰	۹۴ cde	۱۱۹ e	۳/۶۷ bc	۲۳ d	۴۹/۳ a	۳۲۳ bc	۲۵ d	۱۱۶ g	۹۱ c	۳/۶۷ bc	۲۳ d	۴۹/۳ a	۳۲۳ bc	۲۵ d	۲۶/۷۲
۱۱	۹۴cde	۱۱۹ e	۳/۰۷ ef	۲۱ d	۴۴/۴ cd	۳۲۹ ab	۲۷ bcd	۱۱۸ ef	۹۱ c	۳/۰۷ ef	۲۱ d	۴۴/۴ cd	۳۲۹ ab	۲۷ bcd	۱۷/۱۳
۱۲	۹۵ bed	۱۲۱ d	۲/۹۱ f	۴۳ c	۳۹/۱ f	۱۷۳ de	۲۶ cd	۱۲۰ cd	۹۱ c	۲/۹۱ f	۴۳ c	۳۹/۱ f	۱۷۳ de	۲۶ cd	۰

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰.۵٪ می‌باشد

کمترین تعداد روز تا سنبله دهی برای شرایط تنش مربوط به رگه‌های ۹، ۱۲ و ۱۱ و بیشترین تعداد روز برای رگه ۷ بود. کمترین و بیشترین تعداد روز تا رسیدن در شرایط تنش به ترتیب مربوط به رگه‌های ۹ و ۷ بود. زود سنبله‌دهی باعث افزایش دوره پرشدن دانه و بهبود عملکرد می‌شود. به این دلیل که در زمان بعد از گرده‌افشانی، سهم ذخیره مواد در دانه در افزایش میزان عملکرد افزایش می‌یابد (Bidinger et al., 1977). بر اساس مشاهدات (Araus et al., 2003)، بیش از ۸۸ درصد از ماده خشک دانه در شرایط تنش در سه هفته اول بعد از گرده‌افشانی تجمع می‌یابد.

همبستگی بسیار ضعیفی میان تعداد روز تا سنبله دهی و رسیدن با عملکرد دانه در شرایط طبیعی مشاهده شد (جدول ۴) درحالی‌که در شرایط تنش، عملکرد دانه یک همبستگی نسبتاً بالا و منفی با روز تا سنبله دهی ($r = -0.65^*$) و با روز تا رسیدن ($r = -0.30^{ns}$) نشان داد. طول مراحل مختلف نمو گیاه زراعی از نظر سازگاری زراعی_ اکولوژیکی در شرایط تنش بسیار با اهمیت است و با توجه به همبستگی بالای تعداد روز تا سنبله‌دهی با عملکرد دانه می‌توان این صفت را به‌عنوان یکی از شاخص‌های مهم فنولوژیکی جهت شناسایی رگه‌های متحمل به تنش گرما معرفی نمود. Bidinger

زودسنبله‌دهی و زودرسی به دلیل فرار گیاه از تنش در مرحله زایشی در کاهش افت عملکرد بسیار مؤثر خواهد بود.

et al. (1977) و Bavei et al. (2011) بیان نمودند که در شرایط دیرکاشتی که گرمای انتهای فصل از مهمترین عوامل محدودکننده تولید محصول در غلات است،

جدول ۴- همبستگی صفات ارزیابی شده با عملکرد دانه در جو

دوره پرشدن دانه	روز تا رسیدن	روز تا سنبله-دهی	سنبله در متر مربع	دانه در سنبله	وزن هزار دانه	
۰/۴۱*	۰/۰۱ ^{ns}	-۰/۱۱ ^{ns}	۰/۲۳ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۷۷ ^{**}	عملکرد دانه در شرایط طبیعی
۰/۱۲ ^{ns}	-۰/۳۰ ^{ns}	-۰/۶۵*	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۳۴*	۰/۲۶ ^{ns}	عملکرد دانه در شرایط تنش

*, ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪، ۱٪ و غیر معنی‌دار

سریعاً افزایش می‌یابد و فتوسنز برگ پرچم قادر به جبران تنفس نیست و عدم تراز تنفسی تولید- مصرف منجر به عدم یا کاهش ذخیره مواد نشاسته‌ای در اندوسپرم می‌شود (Sial et al., 2005). همبستگی عملکرد و طول دوره پرشدن دانه در شرایط طبیعی مثبت و معنی‌دار بود (در سطح احتمال ۵٪) که نشان داد در شرایط طبیعی که تنش گرما عامل محدودکننده عملکرد نیست، بیوسنتز و ذخیره مواد نشاسته‌ای در اندوسپرم در خلال دوره پرشدن دانه بخوبی صورت گرفته است.

تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه

برای صفت تعداد سنبله در متر مربع تمامی اثرات در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بودند (جدول ۲). بطور کلی تعداد سنبله در واحد سطح در رگه‌های دوردیفه در هر دو شرایط طبیعی و تنش نسبت به رگه‌های شش ردیفه بیشتر بود (جدول ۳). در توجیه این نتیجه می‌توان گفت که ظرفیت تولید پنجه در رگه‌های دوردیفه برای جبران ظرفیت کمتر تعداد دانه در سنبله نسبت به رگه‌های شش ردیفه، بیشتر است (Garcia del Moral et al., 2003; Vaezi et al., 2010; Bavei et al., 2011) میان رگه‌های دوردیفه، رگه‌های شماره ۳، ۹ و ۱۲ بیشترین تعداد سنبله در واحد سطح را در شرایط طبیعی داشتند و در شرایط تنش، بیشترین تعداد سنبله در واحد سطح مربوط به رگه‌های ۱۱ و ۹ بود (جدول ۳). در شرایط طبیعی از میان رگه‌های شش ردیفه، بیشترین تعداد سنبله در متر مربع متعلق به رگه‌های ۸، ۱، ۵ و ۱۲ و در شرایط تنش متعلق به رگه‌های ۵ و ۶

این نتایج با مشاهدات Ceccarelli et al. (1998) و Sial et al. (2005) مبنی بر عدم وجود همبستگی میان روز تا سنبله دهی و عملکرد دانه جو در شرایط طبیعی و وجود همبستگی منفی و معنی‌دار میان تعداد روز تا سنبله دهی و عملکرد دانه در شرایط تنش گرما همخوانی داشت.

برای طول دوره پرشدن دانه تنها اثر سال و اثر متقابل تاریخ کاشت در رگه معنی‌دار نشدند (جدول ۲). بطور کلی در این تحقیق، طول دوره پرشدن دانه در اثر تنش کاهش معنی‌داری نداشت هرچند که از این نظر میان رگه‌ها تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۳). در شرایط طبیعی رگه‌های شماره ۶ و ۱ و در شرایط تنش رگه‌های ۵، ۸، ۱۲، ۱ و ۱۱ طولانی‌ترین طول دوره پرشدن دانه را داشتند. نتایج این بررسی نشان داد که در هر رگه میزان کاهش تعداد روز تا رسیدن متناسب با کاهش تعداد روز تا سنبله‌دهی بود و به همین دلیل تفاوتی در طول دوره پرشدن دانه در دو شرایط طبیعی و تنش وجود نداشت. بنابراین می‌توان گفت که کاهش وزن هزاردانه و نهایتاً کاهش عملکرد دانه در شرایط دیرکاشتی بیشتر ناشی از کاهش سنتز مواد نشاسته‌ای در دانه در اثر تنش گرمایی بود تا اینکه در اثر کوتاه شدن طول دوره پرشدن دانه باشد. بیوسنتز مواد نشاسته‌ای در اندوسپرم دانه به شدت تحت تأثیر تنش گرما کاهش یافته و وزن هزاردانه نیز متعاقباً کاهش می‌یابد (Keeling et al., 1993; Jenner, 1994). همبستگی معنی‌داری میان عملکرد دانه و طول دوره پرشدن دانه در شرایط تنش مشاهده نشد (جدول ۴). در شرایط تنش گرما، تنفس گیاه در خلال پرشدن دانه

بیشترین تعداد دانه در سنبله را داشتند و در شرایط طبیعی رگه ۶ (شش ردیفه‌ها) بیشترین تعداد دانه در سنبله را داشت. هرچند که اختلاف معنی‌داری در میان دو ردیفه‌ها چه در شرایط تنش و چه در شرایط طبیعی وجود نداشت (جدول ۳). کمترین تعداد دانه در شرایط تنش برای شش ردیفه‌ها متعلق به رگه ۱۲ بود. Cao et al. (2009) گزارش نمودند که تنش گرمایی در زمان سنبله دهی موجب کاهش باروری دانه‌گرفته و سنبلیچه‌ها و کاهش عملکرد دانه برنج شد که این کاهش در ژنوتیپ‌های حساس نسبت به ژنوتیپ‌های متحمل به تنش گرمایی بسیار بیشتر بود. Boyle et al. (1991) دیرکاشتی را باعث کوتاه شدن دوره زایشی و سقط دانه (در اثر تنش گرما در دوره زایشی) و در نهایت کاهش عملکرد گیاه دانستند.

بیشترین وزن هزار دانه مربوط به رگه ۶، ۱۰ و ۳ (در شرایط تنش) و رگه ۱۰، ۲ و ۶ در شرایط طبیعی بود. کمترین وزن هزار دانه هم در شرایط تنش و هم شرایط مطلوب متعلق به رگه ۷ بود. اثر تنش بر کاهش متوسط وزن هزاردانه به میزان ۳/۶٪ برآورد شد.

در شرایط طبیعی، همبستگی عملکرد دانه و وزن هزاردانه بسیار معنی‌دار (در سطح احتمال ۱٪) و بیشتر از همبستگی عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله بود در حالیکه در شرایط تنش، همبستگی عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله معنی‌دار (در سطح احتمال ۵٪) و بیشتر از همبستگی عملکرد دانه و وزن هزاردانه شد (جدول ۴). Menshawy (2007) در بررسی اثر دیرکاشتی بر گندم نان مشاهده نمود که در شرایط دیرکاشتی، میزان عملکرد در اثر کوتاه شدن دوره پر شدن دانه و کاهش وزن دانه، کاهش چشمگیری یافت. در این تحقیق میزان کاهش عملکرد دانه، بیشتر ناشی از کاهش در تعداد دانه در سنبله بود تا در اثر کاهش وزن هزار دانه در حالیکه Savin et al. (1996) در مطالعات خود نشان دادند که مهم‌ترین اثر زیان‌آور درجه حرارت بالا، کاهش نهایی وزن دانه در جو بود. همچنین Modarresi et al. (2010) کاهش عملکرد دانه گندم در شرایط تنش گرمایی را بیشتر تحت تأثیر کاهش در وزن هزار دانه دانستند تا در اثر کاهش تعداد دانه در خوشه. بر اساس این نتایج می‌توان گفت که در انتخاب رگه‌های متحمل به شرایط

بود. تنش گرما در شرایط دیرکاشتی بطور متوسط باعث کاهش تعداد سنبله در متر مربع به میزان ۲/۲۵ درصد نسبت به شرایط طبیعی شد که از میان همه رگه‌ها، رگه‌های شماره ۵ و ۶ کمترین میزان کاهش در تعداد سنبله در متر مربع را داشتند. Arisnabarreta & Miralles (2008) گزارش نمودند که کاهش در تعداد سنبله‌ها در نتیجه شرایط نامساعد محیطی منجر به کاهش تعداد دانه در واحد سطح و کاهش عملکرد دانه شد. حفظ ظرفیت تولید تعداد سنبله در واحد سطح و کاهش کمتر تعداد سنبله در شرایط تنش، می‌تواند نشان‌دهنده تحمل بیشتر این رگه‌ها در شرایط تنش باشد. Garcia del Moral et al. (2003) بیان نمودند که رگه‌هایی که در مرحله سنبله دهی نسبت به شرایط تنش گرمایی متحمل‌تر بودند، توانایی بیشتری در ذخیره انرژی و تولید پنجه‌های بارور و در نتیجه تعداد بیشتری سنبله در واحد سطح داشتند.

همبستگی عملکرد دانه و تعداد سنبله در واحد سطح در هیچ‌یک از شرایط انجام این تحقیق معنی‌دار نشد (جدول ۴). در توجیه این نتیجه می‌توان گفت که تیپ‌های دوردیفه که ذاتاً تعداد سنبله در واحد سطح بیشتری نسبت به تیپ‌های شش ردیفه دارند، در این تحقیق عملکرد کمتری نسبت به تیپ‌های شش ردیفه داشتند که باعث عدم معنی‌داری همبستگی عملکرد دانه و تعداد سنبله در واحد سطح شد. محاسبه همبستگی عملکرد دانه و تعداد سنبله در واحد سطح در تیپ‌ها بصورت جداگانه این موضوع را تأیید نمود بطوریکه این همبستگی در شرایط تنش گرما بسیار معنی‌دار بود (** $r = 0.79$ برای رگه‌های دوردیفه و ** $r = 0.78$ برای رگه‌های شش ردیفه). این نتایج با مشاهدات Garcia del Moral et al. (2003) و Bavei et al. (2011) مطابقت داشت.

نتایج تجزیه واریانس برای تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه نشان داد که همه اثرات معنی‌دار شدند (جدول ۲). تنش گرما باعث کاهش تعداد دانه در سنبله به میزان ۳/۶٪ برای دو سال شد که با مشاهدات Cooper et al. (1994) و Christen et al. (1995) مطابقت داشت. بر حسب دو و شش ردیفه بودن رگه‌ها، رگه ۱۰ (دو ردیفه‌ها) و رگه ۶ (شش ردیفه‌ها) در شرایط تنش

تعداد دانه در سنبله، ۲۹ درصدی در وزن هزار دانه و نهایتاً کاهش ۷۸ درصدی عملکرد دانه در گندم نان شد. Tawfelis (2006) در ارزیابی ژنوتیپ‌های مختلف گندم، اختلاف معنی‌دار را در عملکرد و اجزاء عملکرد در بین ژنوتیپ‌های مختلف هم در شرایط طبیعی و هم در شرایط تنش گرما مشاهده کرد.

با توجه به متوسط کاهش عملکرد دانه (۱۱۶۰ کیلوگرم در هکتار) در شرایط تنش گرما نسبت به شرایط طبیعی، مشخص شد که تقریباً به ازای هر روز دیرکاشتی، عملکرد دانه حدود ۳۵ کیلوگرم در هکتار کاهش یافته است. لذا مدیریت مناسب مزرعه از جمله اعمال تاریخ کاشت مناسب در حصول عملکرد مناسب مؤثر خواهد بود.

ارزیابی شاخص‌های تحمل تنش

با توجه به میانگین‌های حسابی و هندسی عملکرد رگه‌ها و شاخص تحمل به گرما (STI) در جدول ۵ مشخص شد که انتخاب بر اساس این شاخص‌ها منجر به انتخاب رگه‌هایی با عملکرد دانه بالاتر در هر دو شرایط شد. Rosielle & Hamblin (1981) نیز این خصوصیت را برای شاخص‌های فوق گزارش کردند. برای تنش گرما رگه ۶ و به دنبال آن رگه ۸ با بالاترین ضریب فرزندز و فیشر در گروه رگه‌های مقاوم به گرما قرار گرفتند که نتایج حاصله با نتایج دو سال آزمایش (به صورت مجزا) مطابقت کامل داشت. بیشترین ضریب تحمل گرما برای رگه ۶ ($STI=1/22$) و کمترین حساسیت به گرما (SSI) متعلق به رگه‌های ۷، ۶ و ۵ بود. به لحاظ متوسط هندسی و حسابی و همسازه نیز رگه‌های ۶ و ۸ بالاترین مقادیر را داشتند. Fernandez (1992) ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو شرایط (تنش و طبیعی) را در گروه A، ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه بالا در شرایط طبیعی را در گروه B، ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه مناسب در شرایط تنش را در گروه C و در نهایت ژنوتیپ‌هایی با عملکرد دانه کم در هر دو شرایط را در گروه D قرار داد. بر همین اساس، در این تحقیق رگه‌های ۶ و ۸ با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و طبیعی در گروه A، رگه‌های ۱، ۲، ۳، ۵، ۹، ۱۰ و ۱۱ با عملکرد دانه بالا تنها در شرایط طبیعی در گروه B و رگه‌های ۴، ۷ و ۱۲ با عملکرد کم در هر دو شرایط تنش و طبیعی در گروه D

تنش گرما، تعداد سنبله در واحد سطح و تعداد دانه در سنبله در میان اجزای عملکرد از اهمیت بیشتری برخوردار بودند و می‌توانند به عنوان شاخص‌های زراعی جهت شناسایی رگه‌های مقاوم به تنش استفاده شوند.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه برای شرایط تنش و بدون تنش (جدول ۲) نشان داد که همه اثرات بجز اثر متقابل سال در رگه و اثر متقابل سال در تاریخ کاشت در رگه معنی‌دار شدند. اثر تنش گرما باعث کاهش عملکرد دانه (به طور متوسط) از ۳۳۲۰ کیلوگرم در هکتار به ۲۱۶۰ کیلوگرم در هکتار گردید (در حدود ۳۴/۸٪ کاهش). این میزان کاهش در عملکرد دانه تقریباً معادل مجموع کاهش در تعداد سنبله در واحد سطح (۲۵/۲٪)، کاهش در تعداد دانه در سنبله (۶/۳٪) و کاهش در وزن هزارانه (۳/۶٪) بود.

کمترین کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش مربوط به رگه شماره ۷ بود و رگه‌های شماره ۵، ۹ و ۶ نیز کاهش عملکرد کمتری نسبت به سایر رگه‌ها داشتند. بیشترین کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش مربوط به رگه‌های ۱، ۲، ۱۰ و ۳ بود (جدول ۳). اگرچه رگه شماره ۷ کمترین کاهش عملکرد را در شرایط تنش نشان داد ولی به دلیل عملکرد کم در شرایط طبیعی رگه مناسبی برای استفاده در شرایط تنش گرما نمی‌باشد. زیرا از نظر به-نژادی، رگه‌ای جهت استفاده در شرایط تنش مناسب است که علاوه بر کمترین کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش، عملکرد مناسبی نیز در شرایط طبیعی داشته باشد (Bavei et al., 2011). نتایج دو ساله این تحقیق نشان داد که رگه ۶ به ترتیب با عملکرد دانه ۴/۰۹ و ۳/۳ تن در هکتار در شرایط طبیعی و تنش، بیشترین میزان عملکرد را در میان رگه‌ها داشت که نسبت به متوسط کل رگه‌ها به ترتیب به میزان ۷۷۲ و ۱۱۴۰ کیلوگرم در هکتار در شرایط طبیعی و تنش عملکرد دانه بیشتری داشت اگرچه در شرایط طبیعی اختلاف معنی‌داری بین رگه‌های ۶ و ۸ مشاهده نشد. در شرایط تنش، رگه شماره ۱۲ (ایذه) کمترین میزان عملکرد را داشت. Gibson & Paulsen (1999) دریافته‌اند که افزایش دمای شب و روز از ۲۰ درجه به ۳۵ درجه سانتیگراد در زمان ۱۰ روز بعد از گرده‌افشانی، باعث کاهش ۶۳ درصدی

نشد. (Modhej & Behdarvandi 2006) گزارش نمودند که ژنوتیپ‌های جو و گندم دارای عملکرد بالاتری در هر دو شرایط طبیعی و تنش گرما، مقدار STI بالاتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشتند.

قرار گرفتند. به لحاظ شاخص TOL، رگه‌های ۷، ۵ و ۶ کمترین مقدار را به خود اختصاص دادند. اگرچه رگه ۷ کمترین مقدار SSI و TOL را داشت اما از طرفی به علت پایین بودن عملکرد دانه در هر دو محیط، رگه مناسبی برای شرایط تنش گرما تشخیص داده

جدول ۵- میانگین‌های عملکرد دانه در شرایط طبیعی (Yp) و شرایط تنش گرما (Ys) و شاخص‌های تحمل تنش در ۱۲ رگه جو

رگه	Ys (۱۳۸۴-۸۶)	Yp (۱۳۸۴-۸۶)	TOL	SI	SSI	MP	STI	GMP	HM
۱	۱۹۹۹	۳۵۳۴	۱۵۳۵	۱/۲۴	۱/۲۴	۲۷۶۶	۰/۶۴	۲۶۵۸	۲۵۵۳
۲	۱۷۵۱	۳۲۸۵	۱۵۳۳	۱/۳۴	۱/۳۴	۲۵۱۸	۰/۵۲	۲۳۹۸	۲۲۸۴
۳	۲۰۷۷	۳۵۸۶	۱۵۰۹	۱/۲۰	۱/۲۰	۲۸۳۱	۰/۶۷	۲۷۲۹	۲۶۳۰
۴	۱۷۷۹	۲۹۲۸	۱۱۴۹	۱/۱۲	۱/۱۲	۲۳۵۳	۰/۴۷	۲۲۸۲	۲۲۱۳
۵	۲۵۶۹	۳۳۱۵	۷۴۵	۰/۶۴	۰/۶۴	۲۹۴۲	۰/۷۷	۲۹۱۹	۲۸۹۵
۶	۳۳۰۱	۴۰۹۴	۷۹۲	۰/۵۵	۰/۵۵	۳۶۹۸	۱/۲۲	۳۶۷۶	۳۶۵۵
۷	۱۹۳۴	۲۲۳۱	۲۹۶	۰/۳۸	۰/۳۸	۲۰۸۲	۰/۳۹	۲۰۷۷	۲۰۷۲
۸	۲۴۰۸	۳۸۱۹	۱۴۱۱	۱/۰۶	۱/۰۶	۳۱۱۴	۰/۸۳	۳۰۳۳	۲۹۵۴
۹	۲۶۲۱	۳۴۰۶	۱۲۸۵	۱/۰۸	۱/۰۸	۲۷۶۴	۰/۶۵	۲۶۸۸	۲۶۱۴
۱۰	۲۱۵۵	۳۶۷۰	۱۵۱۵	۱/۱۸	۱/۱۸	۲۹۱۳	۰/۷۱	۲۸۱۲	۲۷۱۶
۱۱	۲۱۷۹	۳۰۷۰	۸۹۱	۰/۸۳	۰/۸۳	۲۶۲۵	۰/۶۰	۲۵۸۷	۲۵۴۹
۱۲	۱۶۹۲	۲۹۱۰	۱۲۱۸	۱/۲۰	۱/۲۰	۲۳۰۱	۰/۴۴	۲۲۱۹	۲۱۴۰

Ys: عملکرد دانه در شرایط تنش، Yp: عملکرد دانه در شرایط طبیعی، TOL: ضریب تحمل، SI: ضریب تنش، SSI: ضریب فیشر، MP: متوسط حسابی، STI: ضریب فرناندز، GMP: میانگین هندسی و HM: میانگین همسازه

(Fernandez, 1992). این امر به دلیل ویژگی میانگین حسابی بوده که در صورت اختلاف نسبتاً زیاد بین Yp و Ys، حاصل آن به سمت بالا اریب پیدا میکند. اما شاخص STI بر مبنای میانگین هندسی طراحی شده است و با توجه با ساختار رابطه، حساسیت کمتری به مقادیر بسیار متفاوت Yp و Ys دارد.

(Sio-Se Mardeh et al. (2006), Talebi et al. (2009) و (Karimizadeh & Mohammadi (2011) گزارش نمودند که انتخاب بر اساس TOL منجر به انتخاب رگه‌هایی شد که در شرایط تنش عملکرد خوبی داشتند ولی در شرایط طبیعی از عملکرد مطلوبی برخوردار نبودند. نتایج این تحقیق نشان داد که انتخاب براساس شاخص‌های STI، GMP و MP برای گزینش رگه‌ها در هر دو شرایط طبیعی و تنش مناسب‌تر بود. (Golabadi et al. (2006), Karimizadeh & Sio-Se Mardeh et al. (2006) و (Mohammadi (2010) نیز بیان نمودند که انتخاب بر اساس شاخص‌های STI، MP و GMP منجر به انتخاب

آن‌ها همچنین اعلام کردند که انتخاب بر اساس شاخص SSI منجر به انتخاب ژنوتیپ‌هایی شد که در شرایط تنش پایداری عملکرد بیشتری داشتند در حالیکه در شرایط طبیعی از عملکرد مطلوبی برخوردار نبودند.

محاسبه شاخص‌های تحمل تنش نشان داد که بر اساس شاخص STI، رگه‌ای که در هر دو شرایط عملکرد بالایی داشت (رگه ۶) را شناسایی گردید. (Tarineghad (1998) در ارزیابی ارقام مختلف گندم مشاهده نمود که شاخص STI نشان‌دهنده تحمل نسبی به تنش و پتانسیل عملکرد بیشتر و در جداسازی ژنوتیپ‌های پرمحصول و پایدار، مؤثرتر از سایر شاخص‌ها بود. شاخص‌های MP و GMP نیز تا حدودی در شناسایی این ارقام و رگه‌ها موفق بودند ولی شاخص‌های SSI و TOL نتوانستند ارقام را به خوبی از هم تفکیک نمایند. گزینش بر اساس MP منجر به بهبود عملکرد دانه در محیط تنش و بدون تنش شده ولی قادر به تفکیک گروه A از B نیست

حسابی، متوسط هندسی و همسازه عملکرد و شاخص تحمل تنش (STI) همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ داشت (جدول ۶).

رگه‌های متحمل به تنش و دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و طبیعی شده است. عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش گرما (Ys) و طبیعی (Yp) با متوسط

جدول ۶- همبستگی بین عملکرد دانه جو در شرایط طبیعی (Yp)، شرایط تنش گرما (Ys) و شاخص‌های تحمل تنش

Yp	MP	TOL	SSI	STI	GMP	HM	
۰/۶۳**	۰/۸۸**	-۰/۲۹ ^{ns}	-۰/۲۹ ^{ns}	۰/۸۷**	۰/۹۲**	۰/۹۵**	Ys
	۰/۹۱**	۰/۵۵ ^{ns}	۰/۵۵ ^{ns}	۰/۸۸**	۰/۸۷**	۰/۸۲**	Yp
		۰/۱۷ ^{ns}	۰/۱۷ ^{ns}	۰/۷۳**	۰/۹۹**	۰/۹۸**	MP
			۱/۰۰**	-۰/۳۴ ^{ns}	۰/۰۸ ^{ns}	۰/۰۰ ^{ns}	TOL
				-۰/۳۴ ^{ns}	۰/۰۸ ^{ns}	۰/۰۰ ^{ns}	SSI
					۰/۷۸**	۰/۸۱**	STI
						۰/۹۹**	GMP

Ys: عملکرد دانه در شرایط تنش، Yp: عملکرد دانه در شرایط طبیعی، MP: متوسط حسابی، TOL: ضریب تحمل، SSI: ضریب فیشر، STI: ضریب فرناندز، GMP: میانگین هندسی و HM: میانگین همسازه
*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪، ۱٪ و غیر معنی‌دار

دو شاخص منطقی به نظر می‌رسد. نکته مهم در جدول ۶ این است که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه در شرایط طبیعی و تنش (۰/۶۳**) وجود داشت که بیانگر تغییرات هم‌جهت عملکرد دانه تحت دو شرایط فوق می‌باشد.

بررسی رابطه بین شاخص‌های کمی تحمل و عملکرد دانه با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در شرایط تنش و بدون تنش

استفاده از شاخص‌های تحمل می‌تواند اطلاعات خوبی را در زمینه شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش فراهم کند ولی بررسی همبستگی میان شاخص‌ها تنها رابطه خطی میان دو شاخص یا صفت مورد نظر را مشخص می‌سازد. بنابراین استفاده از یک روش تکمیلی مثل تجزیه بای‌پلات می‌تواند در مقایسه یکجا و همزمان ژنوتیپ‌ها در دو محیط تنش و طبیعی به لحاظ صفات یا شاخص‌های مورد نظر بسیار مفید باشد (Nazari & Pakniyat, 2010).

جهت بررسی رابطه بین شاخص‌های کمی تحمل به تنش و عملکرد دانه در شرایط مطلوب و عملکرد دانه در شرایط تنش از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و یک نمودار چندمتغیره موسوم به بای‌پلات استفاده شد. با استفاده از

وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار میان STI، GMP و عملکرد در شرایط تنش (Ys) در ذرت (Farshadfar & Karimizadeh & Sutka, 2002)، گندم دوروم (Mohammadi, 2010; Talebi et al., 2009) و در جو (Bavei et al., 2011) نیز گزارش شده است. Karami et al. (2006) در بررسی ۲۶ رقم جو دریافتند که شاخص‌های STI، GMP و MP بهترین شاخص‌هایی هستند که می‌توانند ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا تحت هر دو شرایط تنش و بدون تنش را از سایر ژنوتیپ‌ها متمایز کنند و همچنین این شاخص‌ها با عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش و طبیعی همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری نشان دادند. Aminian et al. (2006) در لوبیای معمولی و Pourdad et al. (2008) در گلرنگ بهاره بین سه شاخص STI، MP و GMP با عملکرد همبستگی بالایی در هر دو محیط تنش و بدون تنش گزارش نمودند. Daneshian et al. (2006) در بررسی ارقام جو همبستگی بالا و مثبتی بین شاخص‌های STI و GMP را با عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و بین چهار شاخص STI، MP، GMP و TOL با عملکرد در شرایط تنش گزارش نمودند. شاخص TOL با شاخص حساسیت SSI رابطه کاملاً مثبتی (۱/۰) داشت که با توجه به نوع رابطه

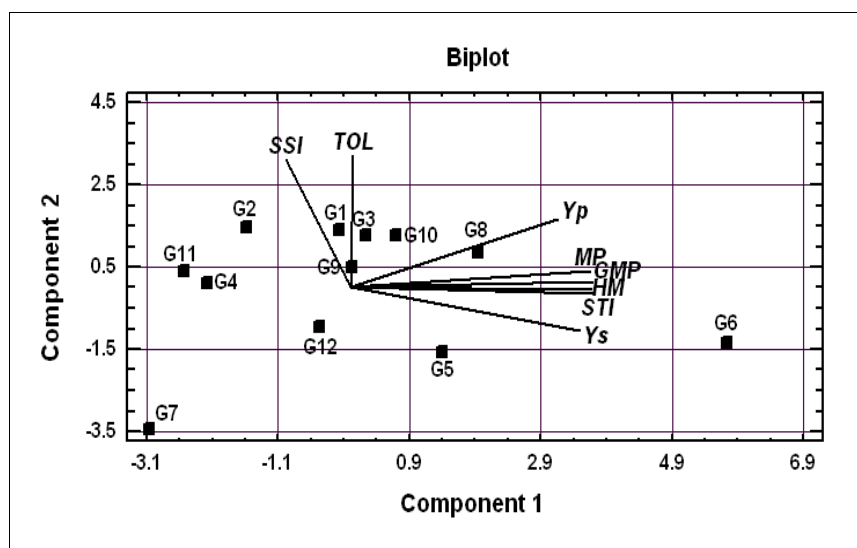
تجزیه به مؤلفه‌های اصلی مشخص شد که دو مؤلفه اول در مجموع ۹۹/۷۴ درصد از تغییرات موجود بین شاخص‌ها را توجیه نمودند (جدول ۷).

جدول ۷- درصد واریانس شده، واریانس جمعی و ضرایب بردار ویژه برای عملکرد دانه جو در دو شرایط محیطی و شاخص‌های مختلف در سال‌های ۸۶-۱۳۸۴

مؤلفه	درصد واریانس	واریانس جمعی	YP	YS	SSI	TOL	MP	STI	GMP	HM
۱	۷۰/۹۲۶	۷۰/۹۲۶	۰/۳۶۰	۰/۳۹۶	-۰/۱۱۱	۰/۰۰۴	۰/۴۱۶	۰/۴۱۸	۰/۴۱۹	۰/۴۱۹
۲	۲۸/۸۲۴	۹۹/۷۴۹	۰/۳۳۷	-۰/۲۱۴	۰/۶۳۲	۰/۶۵۷	۰/۰۸۴	-۰/۰۱۱	۰/۰۲۷	-۰/۰۲۶
۳	۰/۱۹۷	۹۹/۹۴۶	-۰/۲۶۳	۰/۱۶۰	۰/۷۳۶	-۰/۵۰۴	-۰/۰۶۹	۰/۳۱۸	-۰/۰۱۳	۰/۰۳۹
۴	۰/۰۵۱	۹۹/۹۹۷	-۰/۰۱۱	-۰/۱۶۵	-۰/۲۰۳	۰/۱۷۰	-۰/۰۹۳	۰/۸۳۰	-۰/۲۴۶	-۰/۳۷۹

مؤلفه اول درصد بالایی از کل تغییرات را شامل می‌شود (۷۰/۹۲ درصد). عملکرد در شرایط تنش و طبیعی و شاخص‌های *MP*، *GMP*، *HM* و *STI* در محدوده این مؤلفه قرار گرفتند (شکل ۳) و بنابراین، این مؤلفه عملکرد بالقوه و تحمل تنش گرما نام‌گذاری شد.

استفاده از این دو مؤلفه و چشم‌پوشی از سایر مؤلفه‌ها، تنها موجب از دست رفتن بخش ناچیزی از تغییرات شده و بدین لحاظ ترسیم بای‌پلات براساس دو مؤلفه اول و دوم صورت گرفت. در فضای بای‌پلات رگه‌ها در گروه‌های مشخصی قرار گرفتند که مرتبط با میانگین عملکرد و تحمل آن‌ها به تنش بود. جدول ۷ نشان می‌دهد که



شکل ۳- بای‌پلات حاصل از دو مؤلفه اول تجزیه به مؤلفه‌های اصلی شاخص‌های کمی تحمل به تنش گرمایی، *Yp* و *Ys* در جو

با شاخص‌های *SSI* و *TOL* هم‌بستگی مثبت و بالایی داشت. بنابراین، این مؤلفه را می‌توان مؤلفه حساسیت به تنش گرما نام‌گذاری کرد. زیرا این مؤلفه قادر به جداسازی رگه‌هایی با مقادیر بالای *SSI* و *TOL* و عملکرد پایین در شرایط تنش بود. با توجه به دو مؤلفه اول و دوم، ژنوتیپ‌ها در گروه‌های مشخص قرار گرفتند

این مؤلفه، رگه‌های دارای پتانسیل عملکرد بالا و متحمل به گرما را از رگه‌هایی با میانگین عملکرد پایین و حساس جدا کرد. رگه‌های انتخاب شده براساس این مؤلفه دارای *SSI* و *TOL* پایین بودند. دومین مؤلفه ۲۸/۸۲ درصد از تغییرات کل داده‌ها را تفسیر نموده و با عملکرد در شرایط تنش، *HM* و *STI* هم‌بستگی منفی و

می‌توان این نحوه توزیع رگه‌ها در فضای بای‌پلات را حاکی از وجود تنوع ژنتیکی رگه‌ها نسبت به تنش دانست. همچنین، نمودار بای‌پلات زاویه بین شاخص‌های انتخابی MP، GMP، HAR و STI را حاده نشان می‌دهد که دلالت بر وجود هم‌بستگی بالا بین این شاخص‌هاست (شکل ۳). وجود هم‌بستگی بالا بین دو شاخص SSI و TOL نسبت به سایر شاخص‌ها نیز در نمودار بای‌پلات مشهود بود.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد که تنش گرمای ناشی از اعمال دیرکاشتی به‌صورت معنی‌داری میانگین دوسالانه تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه و عملکرد دانه را به‌ترتیب به‌میزان ۲/۲۵، ۳/۶، ۳/۶ و ۸/۳۴ درصد کاهش داد ولی طول دوره پرشدن دانه کاهش معنی‌داری نداشت. در این تحقیق میزان کاهش عملکرد دانه، بیشتر ناشی از کاهش در تعداد دانه در سنبله بود تا در اثر کاهش وزن هزار دانه و تعداد سنبله در متر مربع. بر اساس نتایج جدول هم‌بستگی، تعداد روز تا سنبله‌دهی بهترین شاخص فنولوژیکی مقاومت به تنش گرما بود.

دیرکاشتی باعث شد که دوره‌ی زایشی و پرشدن دانه تحت تأثیر تنش قرار گیرد که منجر به کاهش تعداد دانه و وزن دانه و در نهایت عملکرد دانه شد. می‌توان دوره‌ی پر شدن دانه را با اتخاذ روش‌های مدیریتی (به‌طور مثال انتخاب تاریخ کاشت مناسب به منظور تأمین نیازهای حرارتی و دمایی در جهت طی شدن مراحل رشد رویشی و زایشی به‌نحو بهینه) برای کاهش تأثیر عوامل تنش، بهبود بخشید. بر اساس نتایج حاصل از ارزیابی شاخص‌های تحمل تنش می‌توان نتیجه گرفت که نتیجه‌ی انتخاب براساس شاخص‌های STI، GMP و MP برای بهبود عملکرد دانه و گزینش رگه‌ها در هر دو شرایط مناسب‌تر بود. از بررسی دو ساله برای ارزیابی اثرات تنش گرما بر روی عملکرد دانه و همچنین با توجه به نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل شاخص‌های تحمل تنش و تجزیه بای‌پلات، می‌توان رگه ۶ را با ۶۷/۸۴٪ برتری عملکرد دانه نسبت به شاهد ایزه (جدول ۳) به‌عنوان رگه متحمل به شرایط تنش گرمای جهت کشت در مناطق گرمسیری معرفی نمود.

که مرتبط با میانگین عملکرد دانه و تحمل به تنش آن‌ها بود. نمودار بای‌پلات (شکل ۳) نشان داد که رگه‌های شماره ۶ و ۸ دارای مقدار بیشتر مؤلفه اول و مقادیر کمتر مؤلفه دوم و در مجاورت بردارهای مربوط به شاخص‌های مهم تحمل به تنش یعنی MP، GMP، HM و STI قرار داشتند. همچنین، ژنوتیپ ۶ در مقایسه با شاخص‌های مهم تحمل به گرما به Ys تمایل بیشتری داشت و این نشان داد که عملکرد بالای آن در شرایط تنش به‌علت تحمل بیشتر این رگه به تنش گرما بود. (Nazari & Pakniyat (2010) نیز بیان نمودند که رگه‌هایی که دارای مقادیر بیشتر مؤلفه مربوط به عملکرد بالقوه و تحمل تنش (مؤلفه اول) و مقادیر کمتر مؤلفه حساسیت به تنش (مؤلفه دوم) بودند از عملکرد بالاتری در هر دو شرایط تنش و طبیعی برخوردار بودند.

رگه‌های شماره ۱، ۲، ۴، ۹، ۱۲ و ۱۱ در مجاورت بردارهای مربوط به شاخص‌های مهم تحمل به تنش قرار نداشتند و بیش‌تر به سمت بردارهای SSI و TOL تمایل داشتند. بنابراین این رگه‌ها، رگه‌های حساس به تنش گرما می‌باشند. رگه‌های شماره ۳ و ۱۰ در بین شاخص‌های مهم تحمل به تنش و شاخص حساسیت به تنش (SSI) قرار داشتند. بنابراین این رگه‌ها نیمه‌حساس به گرما بودند. رگه شماره ۷ دارای Yp و Ys پایینی بود و به هیچکدام از شاخص‌ها تمایل نشان نداد.

(Talebi et al. (2009), Farshadfar & Sutka (2002) و (Karimizadeh & Mohammadi (2011) نیز نتایج مشابهی را در گیاهان زراعی مختلف یافتند. آن‌ها گزارش نمودند که رگه‌های با عملکرد بالا در شرایط تنش و برتر از لحاظ شاخص‌های تحمل تنش (MP، GMP و STI)، در ناحیه مربوط به مؤلفه عملکرد بالا در شرایط تنش و در در مجاورت بردارهای مربوط به این شاخص‌ها قرار گرفتند.

در بررسی ۲۴ ژنوتیپ گندم تحت شرایط تنش با رسم نمودار بای‌پلات، (Yousefi-Azar & Rezayi (2007 مشاهده نمودند که ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط تنش و برتر از لحاظ شاخص‌های مرتبط با تحمل تنش (MP، GMP، HAR و STI)، در مجاورت بردارهای مربوط به این شاخص‌ها و در ناحیه مربوط به مؤلفه عملکرد بالا در شرایط تنش قرار گرفتند. به‌طورکلی،

REFERENCES

1. Aminian, R., Khoddambashi-Emami, M. & Yadegari, M. (2006). Study on correlations between different traits and drought tolerance indices in common bean. In: Proceedings of the 9th Iranian Agronomy and Plant Breeding Conference. 25-26 Sep., Abooreyhan Pardis, Tehran University, Tehran, Iran, (In Farsi).
2. Anonymous. (1999). *IRAN/ICARDA Collaborative project*. Barley improvement Maragheh, Islamic Republic of IRAN, pp 32-33.
3. Araus, J. L., Bort, J., Steduto, P., Villegas, D. & Royo, C. (2003). Breeding cereal for Mediterranean conditions: ecophysiological clues for biotechnology application. *Annals of Applied Biology*, 142, 129-141.
4. Arisnabarreta, S. & Miralles, D. J. (2008). Critical period for grain number establishment of near isogenic lines of two- and six-rowed barley. *Field Crops Research*, 107, 196-202.
5. Bavei, v., Vaezi, B., Abdipour, M., Kamali, M.R.J. & Roustaii, M. (2011). Screening of tolerant spring barleys for terminal heat stress: Different importance of yield components in barleys with different row type. *International Journal of Plant Breeding and Genetic*, 5(3), 175-193.
6. Betran, F. J., Beck, D., Banziger, M. & Edmeades, G. O. (2003). Genetic analysis of inbred and hybrid grain yield under stress and non-stress environments in tropical maize. *Crop Science*, 43, 807-817.
7. Bidinger, F., Musgrave, R. B. & Fischer, R. A. (1977). Contribution of stored preanthesis assimilates to grain yield in wheat and barley. *Nature*, 270, 431-433.
8. Boyle, M. G., Boyer, J.S. & Morgan, P.W. (1991). Stem infusion of maize plants. *Crop Science*, 31, 1241-1245.
9. Cao, Y. Y., Duan, H., Yang, L. N., Wang, Z. Q., Liu, L. J. & Yang, J. C. (2009). Effect of high temperature during heading and early grain filling on grain yield of *indica* rice cultivars differing in heat-tolerance and its physiological mechanism. *Acta Agronomica Sinica*, 35(3), 512-521.
10. Ceccarelli, S. & Grando, S. (1991). Selection environment and environmental sensitivity in barley. *Euphytica*, 57, 157- 167.
11. Ceccarelli, S., Grando, S. & Impiglia, A. (1998). Choice of selection strategy in breeding barley for stress environments. *Euphytica*, 103, 307-318.
12. Christen, O., Sieling, K., Richter-Harder, H. & Hanus, H. (1995). Effects of temporary water stress before anthesis on growth, development and grain yield of spring wheat. *European Journal of Agronomy*, 4, 27-36.
13. Cooper, M., Byth, D. E. & Woodruff, D. (1994). An investigation of the grain yield adaptation of advanced CIMMYT wheat lines to water stress environments in Queensland. I. Crop physiological analysis. *Australian Journal of Agricultural Research*, 45, 965-984.
14. Daneshian, J., Ghalebi, S. & Jonoubi, P. (2006). Evaluation of responses of yield and drought susceptibility and tolerance indices in barley. In: Proceedings of the 9th Iranian Agronomy and Plant Breeding Conference. 25-26 Sep, Abooreyhan Pardis, Tehran University, Tehran, Iran, (In Farsi).
15. Farshadfar, E. & Sutka, J. (2002). Multivariate analysis of drought tolerance in wheat substitution lines. *Cereal Research Communications*, 31, 33-39.
16. Fernandes, G. C. (1992). Proceedings of the International on Adaptation of Vegetables and other Food Crop to Temperature Water Stress, In Kuo, C. G. (Ed.), *Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance*. (pp. 257-270). Taiwan.
17. Fisher, R. A. & Maurer, R. (1978). Drought resistance in spring wheat cultivars. Grain yield response. *Australian Journal of Agricultural Research*, 29, 897-912.
18. Garcia del Moral, L. F., Rharrabti, Y., Villegas, D. & Royo, C. (2003). Evaluation of grain yield and its components in durum wheat under Mediterranean conditions: an ontogenic approach. *Agronomy Journal*, 95, 266-274.
19. Giaveno, C. & Ferrero, J. (2003). Introduction of tropical maize genotypes to increase silage production in the central area of Santa Fe, Argentina. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 3, 89-94.
20. Gibson, L. R. & Paulsen, G. M. (1999). Yield components of wheat grown under high temperature stress during reproductive growth. *Crop Science*, 39, 1841-1846.
21. Golabadi, M., Arzani, A., Maibody, S. A. M. (2006). Assessment of drought tolerance in segregating populations in durum wheat. *African Journal of Agricultural Research*, 5, 162-171.
22. Golestani, M. & Pakniyat, H. (2007). Evaluation of Drought Tolerance Indices in Sesame Lines. *Journal of Science & Technology of Agriculture & Natural Resources*, 41(1), 141-149. (In Farsi).
23. Jenner, C. F. (1994). Starch synthesis in kernels of wheat under high temperature conditions. *Australian Journal of Plant Physiology*, 21, 791-806.

24. Karami, A., Ghanadha, M. R., Naghavi, M. R. & Mardi, M. (2006). Screening of drought tolerant barleys. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 2, 371-379. (In Farsi).
25. Karimizadeh, R. & Mohammadi, M. (2011). Association of canopy temperature depression with yield of durum wheat genotypes under supplementary irrigated and rainfed conditions. *Australian Journal of Crop Science*, 5(2), 138-146.
26. Keeling, P. L., Bacon, P. J. & Holt, D. C. (1993). Elevated temperature reduces starch deposition in wheat endosperm by reducing the activity of soluble starch synthase. *Planta*, 191, 342-348.
27. Kouressy, M., Dingkuhn, M., Vaksman, M., Ciement-Vidal, A. & Chantereau, J. (2008). Potential contribution of dwarf and leaf longevity traits to yield improvement in photoperiod sensitive sorghum. *European Journal of Agronomy*, 28, 195-109.
28. Kristin, A. S., Serena, R. R., Perez, F. I. Enriquez, B. C. Gallegos, A. A. Vallejo, P. R. Wassimi, N. & Kelley, J. D. (1997). Improving common bean performance under drought stress. *Crop Science*, 37, 43-50.
29. Menshawy, A. M. M. (2007). Evaluation of some early bread wheat genotypes under different sowing dates: 1. Earliness characters. Fifth plant breeding conference (May). *Egyptian Journal of Plant Breeding*, 11, 25-40.
30. 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.
31. Modhej, A. & Behdarvandi, B. (2006). Effect of heat stress after anthesis on source limitation of wheat and barley genotypes. 24th Annual Meeting of ESCB, Belgium. pp. 28.
32. Nachit, M. M. & Ketata, H. (1987). Selection for heat in durum wheat (*T. turgidum* L. var *durum*). In: *Proceeding of the International Symposium on Improving Winter Cereals under Temperature and Salinity*. Spain, pp. 26-29.
33. Nazari, L. & Pakniyat, H. (2010). Assessment of drought tolerance in barley genotypes. *Journal of Applied Science*, 10(2), 151-156.
34. Nourmohammadi, G. A. Siadat, A. & Kashani, A. (1998). *Cereal Farming*. Shahid Chamran University of Ahvaz Press, Ahvaz, Iran, (Vol. 1), pp. 200. (In Farsi).
35. Osteron, E. J., Ceccarelli, S. Peacock, J. M. & Van-Osteron, E. J. (1993). Yield response of barley to rainfall and temperature in Mediterranean environments. *Journal of Agricultural Science*, 121, 307-313.
36. Pourdad, S. S., Alizadeh, K., Azizineghad, R., Shariati, A., Eskandari, M., Khiavi, M. & Nabati, E. (2008). Multivariate analysis of drought tolerance in spring safflower. *Journal of Science & Technology of Agriculture & Natural Resources*, 45, 403-415. (In Farsi).
37. Rajaram, S. & Van Ginkle, M. (2001) 50 years of international wheat breeding in Mexico. In Bonjean, A. P. & Angus, W. J. (Ed.), *The World Wheat Book, A History of Wheat Breeding*, (pp. 579-604). Lavoisier Publishing, Paris, France.
38. Rasmusson, D. C. (1985). *Barley*, American Society of Agronomy, Crop Science. Society of America, Soil Science Society of America, Publishers, Madison, Wisconsin, pp. 522.
39. Rathjen, A. J. (1994). The biological basis of genotype - environment interaction, In: *Proceedings of the Seventh Assembly of the Wheat Breeding Society of Australia*. Adelaide, Australia.
40. Richard, R. A. (1996). Defining selection criteria to improve yield under drought. *Plant Growth Regulation*, 20, 157-166.
41. Rosielle, A. A. & Hamblin, J. (1981). Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Science*, 21, 943-945.
42. Savin, R. & Nicolas, M. E. (1999). Effect of timing of heat stress and drought on growth and quality of barley grains. *Australian Journal of Agricultural Research*, 50, 357-364.
43. Savin, R., Stone, P. J. & Nicolas, M. E. (1996). Response of grain growth and malting quality of barley to short periods of high temperature in field studies using portable chambers. *Australian Journal of Agricultural Research*, 47, 465-477.
44. Shakiba, M. R. (1996). Contribution of internode reserves to grain yield in a tall and semi-dwarf spring wheat. *Journal of Genetic and Breeding*, 50, 91-100.
45. Shiri, M., Choukan, R. & Aliyev, R. T. (2010). Drought tolerance evaluation of maize hybrids using biplot method. *Trends in Applied Sciences Research*, 5(2), 129-137.
46. Sial, M. A., Arain, M. A. Khanzada, A. Naqvi, M. H. Dahot, M. U. and Nizamani, N. A. (2005). Yield and quality parameters of wheat genotypes as affected by sowing dates and high temperature stress. *Pakistan Journal of Botany*, 37, 575-584.
47. 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.

48. Sisodia, N. S., Singh, K. P. & Sheopuria, R. R. (1979) Variability for high temperature tolerance in wheat. In Gupta, (Ed.), *Crop Improvement, Stress Tolerance*. (pp. 163-188). U.S. Oxford-IBH Publishing. New Delhi, India.
49. Slafer, G. A. & Whitechurch, E. M. (2001) Manipulating wheat development to improve adaptation. In Reynolds, M. P., Ortiz-Monasterio, J. I. & Nab, A. M. C. (Ed.), *Application of Physiology in Wheat Breeding*, (pp. 160-170). Mexico, DF: CIMMYT.
50. Talebi, R., Fayaz, F., Naji, A. M. (2009). Effective selection criteria for assessing drought stress tolerance in durum wheat (*Triticum Durum* desf). *Genetic and applied plant physiology*, 35, 64-67.
51. Tarineghad, A. (1998). *Evaluation of responses of winter wheat landraces to irrigate and drought conditions*. M.Sc. Dissertation of Plant Breeding, University of Tabriz, Iran. (In Farsi).
52. Tawfelis, M. B. (2006). Stability parameters of some bread wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) in new and old lands under Upper Egypt. *Egyptian Journal of Plant Breeding*, 10, 223-246.
53. Vaezi, B., Bavei, V., Shiran, B. & Rahmani-Moghadam, N. (2010). Different Contributions of Yield Components to Grain Yield in Two- and Six-row Barley Genotypes under Terminal Heat Stress. *International Journal of Applied Agricultural Research*, 5(3), 385-400.
54. Vollenweider, P. & Gunthardt-Goerg, M.S. (2005). Diagnosis of abiotic and biotic stress factors using the visible symptoms in foliage. *Environmental Pollutions*, 137, 455-465.
55. Yousefi-Azar, M. & Rezayi, A. M. (2007). Evaluation of Drought Tolerance in wheat Lines. *Journal of Science & Technology of Agriculture & Natural Resources*, 42(1), 113-121. (In Farsi).