



ارزیابی ژنوتیپ‌های امید بخش جو در شرایط خشکی انتهایی فصل

حمید تجلی^{*۱}

۱- محقق مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۹/۲۶ تاریخ پذیرش: ۹۸/۲/۵

چکیده

به منظور بررسی تاثیر تنش خشکی پایان فصل بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص‌های ارزیابی تنش در ۱۹ لاین امیدبخش جو، دو آزمایش مجزا در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی بیرجند در سال زراعی ۸۹-۸۸ به اجرا درآمد. برای اعمال تنش خشکی پس از ۵۰ درصد ظهور سنبله‌ها آبیاری تا برداشت قطع گردید، اما در شرایط نرمال آبیاری تا پایان دوره رشدی انجام شد. صفت‌هایی از قبیل عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، طول سنبله و پدانکل و ارتفاع بوته اندازه گیری شد. عکس العمل لاین‌های جو در دو شرایط متفاوت بود. تنش خشکی موجب کاهش عملکرد و اجزای عملکرد شد. همچنین شاخص‌های MP، GMP، HARM، SSI، TOL و STI مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد لاین‌های ۱۱، ۱۳، ۱۵، ۱۸ و ۱۹ مقاومترین لاین‌ها در دو شرایط بهینه و تنش و لاین‌های ۲، ۵ و ۷ دارای عملکرد خوبی در شرایط بهینه می باشند. شاخص‌های MP، GMP، HARM و STI همبستگی بالایی با عملکرد دانه تحت شرایط آبیاری و تنش نشان دادند که با توجه به رابطه و همبستگی بین شاخص‌های مقاومت به خشکی، به عنوان مناسب ترین شاخص‌ها در هر دو شرایط بودند.

واژه های کلیدی: تنش خشکی، جو، عملکرد

* نگارنده مسئول (hamidtajali@yahoo.com)

مقدمه

در به نژادی گیاهان زراعی برای شرایط تنش، انتخاب محیط (محیط‌های) مناسب جهت گزینش ژنوتیپ‌های مطلوب از اهمیت زیادی برخوردار است. با توجه به خسارات قابل توجهی که در سال‌های اخیر از تنش‌های محیطی (گرما، سرما، خشکی و...) به محصولات زراعی (از جمله غلات) وارد شده است، ارزیابی واکنش گیاهان زراعی به تنش‌های محیطی بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Passioura, 2007). در این زمینه عملکرد دانه و پایداری آن در مناطق متعددی که تنش‌های محیطی وجود دارد، بعنوان معیار مهمی در گزینش و معرفی ارقام مورد استفاده قرار گرفته است (Rajaram & Van Ginkle, 2007). تحمل به تنش خشکی در گیاهان حاصل فرآیندهای مختلف فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی و فنولوژیکی است که به تنهایی و یا در ترکیب با هم، واکنش گیاه را در مقابل تنش خشکی تعیین می‌نمایند (Passioura, 2007). به همین دلیل در برنامه‌های به نژادی برای گزینش ژنوتیپ‌های مناسب، از روش‌های متعددی بسته به زمان وقوع تنش (ابتدای فصل رشد یا اواخر فصل) استفاده می‌شود. ارزیابی ژنوتیپ‌ها در محیط بدون تنش (شرایط مطلوب)، گزینش تحت شرایط تنش کامل و گزینش توأم تحت هر دو شرایط سه راهکار عمده ای هستند که برای انتخاب ارقام متحمل

به تنش پیشنهاد شده (Rajaram & Van Ginkle, 2001) (Pierre *et al* (2008) گزارش کردند که تنش آبی در مرحله پر شدن دانه در ۹ لاین گندم نان، باعث کاهش عملکرد، وزن هزار دانه و ضخامت دانه آن‌ها شد. (Gooding *et al* (2003) در آزمایش شدت و زمان اعمال تنش خشکی در گندم گزارش دادند که تنش خشکی با کوتاه کردن دوره پر شدن دانه باعث کاهش عملکرد دانه و وزن هزار دانه و بیشترین تأثیر آن نیز در دوره پر شدن دانه، بین روزهای اول تا چهاردهم بعد از گرده افشانی می باشد. محمدی و همکاران (۱۳۸۵) گزارش کردند تنش خشکی باعث کاهش کلیه صفات مورد ارزیابی خصوصاً عملکرد دانه شد. ایشان گزارش کردند ارتفاع زیاد و طول پدانکل بدلیل فراهم آوردن منبعی برای انتقال مجدد مواد و همچنین سطح فتوسنتز کننده در تحمل به خشکی دخالت دارند. شاخص‌های تحمل به تنش^۱ (STI)، بهره وری متوسط^۲ (MP) و میانگین هندسی بهره وری^۳ (GMP)، همبستگی بالائی با عملکرد دانه و شاخص برداشت در شرایط آبی و دیم نشان داد که می توان از این شاخص‌ها برای گزینش ارقام متحمل استفاده کرد محققان مختلف آزمایشاتی تحت هر دو شرایط انجام داده و در نهایت به این نتیجه رسیده اند که رقمی مطلوب و پایدار است که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش بهترین پاسخ را بدهد.

حساسیت نسبی ارقام به خشکی را می‌توان از مقایسه مقادیر SSI آن‌ها تعیین نمود. Fischer & Maurer (1978) نیز شاخص حساسیت به تنش (SSI) را برای ارزیابی ارقام متحمل پیشنهاد دادند. شاخص تحمل^۵ (TOL) و بهره‌وری متوسط (MP) توسط Rosielle & Hamblin (1987) به منظور انتخاب ارقام متحمل به تنش ارائه شدند؛ آن‌ها اظهار داشتند که انتخاب معیار گزینش به هدف اصلاحگر بستگی دارد. اگر افزایش عملکرد در شرایط تنش مدنظر باشد، شاخص تحمل (TOL) می‌تواند مفید باشد، اما اگر افزایش عملکرد در هر دو محیط عادی و تنش مورد نظر اصلاحگر باشد، بهتر است گزینش بر اساس شاخص بهره‌وری متوسط (MP) انجام شود. در بررسی Sio-Se *et al* (2006) Mardeh که برای ارزیابی مقاومت به خشکی ۱۱ رقم گندم نان انجام شده بود، مشخص شد که انتخاب ارقام براساس شاخص تحمل (TOL) موجب کاهش عملکرد در شرایط عادی می‌شود. شاخص‌های تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) نیز توسط فرناندز برای شناسایی لاین‌هایی که در هر دو شرایط عادی و تنش عملکرد مطلوبی تولید می‌کنند، پیشنهاد شدند. محققین در بررسی این شاخص‌ها به این نتیجه رسیدند که کارآمدی شاخص‌های انتخاب، به شدت تنش محیط و هدف بستگی دارد. شاخص حساسیت به تنش

Golparyar *et al* (2007) شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک را مهمترین صفات در تحمل به تنش خشکی دانستند. Fernandez (1992) ژنوتیپ‌ها را بر اساس عملکرد در شرایط محیطی تنش دار و بدون تنش به چهار گروه تقسیم بندی می‌کنند که عبارتند از: ۱- ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط، برتر بوده و عملکرد دانه بیشتری دارند (گروه A)، ۲- ژنوتیپ‌هایی که فقط در محیط مطلوب برتر بوده و در محیط تنش جزء ژنوتیپ‌های با عملکرد پائین هستند (گروه B)، ۳- ژنوتیپ‌های که در محیط تنش دار دارای عملکرد نسبتاً بالا بوده و چنانچه تحت محیط بدون تنش قرار گیرند در گروه ارقام دارای عملکرد پائین قرار می‌گیرند (گروه C) و ۴- ژنوتیپ‌هایی با عملکرد پائین در هر دو محیط بدون تنش و تنش دار (گروه D). هفت شاخص کمی تحمل به خشکی توسط محققین مختلف، معرفی و بکار گرفته شده‌اند که هر یک از این شاخص‌ها دارای مزایا و معایبی هستند. فرناندز در معرفی شاخص‌های کمی تحمل به خشکی اظهار می‌دارد که هر چقدر عملکرد یک ژنوتیپ در محیط خشک (Ys) به عملکرد در شرایط نرمال (Yp) نزدیکتر باشد، حساسیت رقم به خشکی کمتر بوده و در نتیجه مقدار شاخص نسبت افت عملکرد (Yt) و به تبع آن شاخص حساسیت به تنش^۴ (SSI) آن رقم کوچکتر می‌شود. (Fernandez, 1992) تحمل یا

۲۰ کیلومتری جاده بیرجند- خوسف با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۲ دقیقه و طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۵۹ دقیقه و ارتفاع ۱۳۸۱ متر از سطح دریا به مرحله اجرا در آمد. بارندگی در طول فصل زراعی ۱۵۸/۱ میلی متر بوده است. در این آزمایش تعداد ۱۹ ژنوتیپ پیشرفته جو به همراه شاهد (نصرت) مورد استفاده قرار گرفتند. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در دو شرایط خشکی انتهای فصل و شرایط نرمال مورد بررسی قرار گرفت. زمین انتخابی در سال قبل از اجرای آیش بود نتایج تجزیه خاک محل آزمایش طرح در جدول ۱ آمده است.

(SSI) برای اصلاح تحت تنش‌هایی با شدت کم مناسب می‌باشد، در صورتی شاخص‌های STI، MP و GMP برای تنش‌هایی با شدت بالا پیشنهاد می‌شوند.

این تحقیق به منظور بررسی تنش خشکی آخر فصل بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی خصوصیت‌های لاین‌های امید بخش جو و کارایی شاخص‌های تحمل به تنش خشکی و همچنین یافتن لاین‌های جو متحمل به تنش خشکی انتهای فصل انجام شده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۸۸-۸۹ در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی بیرجند واقع در

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک

عمق خاک (سانتی متر)	اسیدی ته	هدایت الکتریکی ds/m	ازت کل. %	فسفر قابل جذب mg/kg	پتاسیم قابل جذب mg/kg	آهن قابل جذب mg/Kg	مس قابل جذب mg/Kg	روی قابل جذب mg/Kg	منگنز قابل جذب mg/kg	بافت خاک
۰-۳۰	۸/۳۹	۲/۳۸	۰/۰۳۶	۶/۳۶	۲۵۸/۲	۲/۱۸	۰/۴۴	۰/۳۹	۵/۱۲	لومی رسی

۱۰۰ کیلوگرم در تاریخ ساقه رفتن ۸۸/۱۱/۱۸ مصرف شد. در شرایط مطلوب رطوبتی بر طبق عرف معمول آبیاری بطریق نشتی انجام شد و سعی شد گیاه در مراحل حساس نمو با تنش رطوبت مواجه نشود. در شرایط تنش رطوبتی انتهایی، آبیاری از مرحله ۵۰ درصد ظهور سنبله (گرده افشانی) در تاریخ ۸۹/۱/۸ تا انتهای دوره رشد (مرحله رسیدگی کامل) قطع

کاشت در تاریخ ۸۸/۸/۱۸ انجام شد، هر لاین بر روی ۶ ردیف به فاصله ۲۰ سانتیمتر به طول ۶ متر کشت شد که مساحت کاشت هر کرت ۷/۲ متر مربع بود. کود مورد نیاز بر اساس آزمون خاک قبل از کاشت ۱۰۰ کیلو گرم سوپر فسفات تریپل، ۱۰۰ کیلو گرم سولفات پتاسیم و ۵۰ کیلوگرم اوره و ۵۰ کیلوگرم گوگرد مصرف شد. کود سرک اوره به میزان

برداشت هر کرت ۶ مترمربع بود پس از خرمکوبی عملکرد دانه و وزن هزاره، به دقت توزین شد. تعداد روز تا ظهور سنبله از اولین آبیاری تا بیش از ۵۰ درصد ظهور سنبله و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی محاسبه از یازده دی ماه اول سال میلادی می باشد. شاخص‌های کمی مقاومت به تنش به شرح زیر محاسبه گردید:

$$SI = 1 - \frac{\bar{Y}_S}{\bar{Y}_P} \quad (\text{شدت تنش})$$

$$SSI = \frac{Y_r}{SI} = \frac{1 - \frac{Y_s}{Y_p}}{1 - \frac{\bar{Y}_s}{\bar{Y}_p}} \quad (\text{شاخص حساسیت به تنش})$$

$$TOL = Y_p - Y_s \quad (\text{شاخص تحمل})$$

$$STI = \frac{(Y_p)(Y_s)}{(\bar{Y}_p)^2} \quad (\text{شاخص تحمل به تنش})$$

$$MP = \frac{(Y_p + Y_s)}{2} \quad (\text{شاخص بهره وری متوسط})$$

$$GMP = \sqrt{Y_p \times Y_s} \quad (\text{شاخص میانگین هندسی بهره وری})$$

$$HARM = \frac{2(Y_p)(Y_s)}{(Y_p + Y_s)} \quad (\text{میانگین هارمونیک})$$

استفاده از نرم افزار STATISTICA، نمودار سه بعدی هر یک از لاین‌ها در محدوده‌های A، B، C و D ترسیم گردید.

نتایج و بحث

عملکرد و اجزای عملکرد دانه

تجزیه واریانس عملکرد، و اجزای عملکرد دانه و صفت‌های مورفولوژیکی گیاه در شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی در (جداول ۲ و ۴) نشان داده شده است. نتایج مقایسه میانگین

شد و قبل از آن، آبیاری همانند شرایط مطلوب رطوبتی انجام شد. برای اندازه گیری ارتفاع بوته، طول سنبله، طول پدانکل و تعداد دانه در سنبله قبل از برداشت از هر کرت ۵ بوته بطور تصادفی انتخاب و اندازه گیری‌های مورد نظر انجام شد. برداشت در تاریخ ۸۹/۳/۱ انجام و از هر کرت نیم متر از ابتدا و انتها (به خاطر کم کردن اثر حاشیه) حذف گردید و مساحت

(۱۹۷۸) Fischer and Maurer

(۱۹۷۸) Fischer and Maurer

(۱۹۸۷) Rosielle and Hamblin

(۱۹۹۲) Fernandez

(۱۹۸۷) Rosielle and Hamblin

(۱۹۹۲) Fernandez

(۱۹۹۲) Fernandez

در روابط فوق، \bar{Y}_p و \bar{Y}_s به ترتیب میانگین عملکرد دانه کلیه ارقام در شرایط آبیاری و تنش خشکی می باشد. در پایان پس از تعیین عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش، شاخص‌های MP، GMP، TOL، STI و SSI محاسبه شده و با استفاده از نرم افزار SAS، برای تجزیه واریانس و همبستگی بین شاخص‌ها برای تعیین بهترین شاخص محاسبه گردید و از آزمون چند دامنه ای دانکن برای مقایسه میانگین‌ها در سطح ۵ درصد استفاده شد. با

(جداول ۳ و ۵). بنابراین نتایج، وزن هزار دانه در شرایط تنش خشکی انتهای فصل می تواند یکی از مهمترین معیارهای انتخاب در تحمل به خشکی انتهای فصل مد نظر قرار گیرد زیرا تعداد دانه در سنبله قبل از ظهور سنبله تکوین یافته و خشکی انتهای فصل تاثیری بر آن ندارد ولی با کوتاه شدن دوره پر شدن دانه باعث کاهش وزن دانه می‌شود. پیر و همکاران گزارش کردند که تنش آبی در مرحله پر شدن دانه در ۹ لاین گندم نان، باعث کاهش عملکرد، وزن هزار دانه و ضخامت دانه آنها شد (Gooding et al و Pierre et al (2008) در آزمایش شدت و زمان اعمال تنش خشکی در گندم گزارش دادند که تنش خشکی با کوتاه کردن دوره پر شدن دانه باعث کاهش عملکرد دانه و وزن هزار دانه و بیشترین تأثیر آن نیز در دوره پر شدن دانه، بین روزهای اول تا چهاردهم بعد از گرده افشانی می باشد که با نتایج حاصل از این آزمایش مطابقت دارند.

لاین‌ها در شرایط آبیاری نرمال و خشکی، تنوع بین لاین‌ها را از نظر عملکرد دانه نشان می دهد و لاین شماره ۱۱، ۱۳، ۱۵ و ۱۹ به ترتیب با میانگین عملکردهای ۴/۳، ۴/۱، ۴/۲ و ۴/۲ تن در هکتار، در شرایط تنش خشکی انتهای فصل و لاین شماره ۱۱، ۱۲، ۱۵، ۱۳ و ۱۸ بترتیب با میانگین عملکردهای ۴/۸۶، ۴/۵۴، ۴/۷، ۴/۴ و ۴/۶۷ تن در هکتار در شرایط نرمال نسبت به بقیه لاین‌ها و شاهد (۱ و ۲۰) دارای عملکرد بیشتری بودند (جداول ۳ و ۵).
تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه در شرایط تنش خشکی به ترتیب در سطح ۱ و ۵ درصد اختلاف معنی دار نشان داشتند، ولی در شرایط نرمال اختلافی مشاهده نشد (جداول ۲ و ۴).
در شرایط تنش خشکی لاین‌های ۳، ۵، ۱۳، ۱۵ و ۱۷ بترتیب با وزن هزاردانه ۴۵/۶، ۵۰/۶، ۴۳/۹، ۵۰/۵ و ۴۴/۳ گرم دارای وزن هزار دانه بیشتری نسبت به بقیه لاین‌ها بودند. در شرایط تنش خشکی تعداد دانه در سنبله لاین‌های ۱۰ و ۱۶ به ترتیب با داشتن ۵۷/۴ و ۵۶ دانه در سنبله دارای بیشترین تعداد دانه در سنبله بود

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در شرایط نرمال

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		روز تا ظهور سنبله	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	ارتفاع بوته	طول سنبله	طول پدانکل	تعداد دانه در سنبله
تکرار	۲	۵/۷۱	۴۷/۲۱	۷۸۴/۹۷	۱/۰۱	۱۹۷/۶۳	۶۸۶/۸۹
ژنوتیپ	۱۹	۲۵/۸۶**	۵/۳۷ ns	۲۵۱/۹۳ ns	۰/۷۵**	۹/۲۴ ns	۱۲۰/۶۴ ns
خطا	۳۸	۳/۶۱	۴/۵۸	۱۳۴/۲۶	۰/۲۷	۶/۶۸	۸۲/۶۳
ضریب تغییرات (%)	-	۲/۴۴	۱/۷۰	۱۲/۵۰	۹/۶۲	۹/۲۱	۲۰/۳۸

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و ns عدم معنی داری می باشد

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در شرایط نرمال

ژنوتیپ	روز تا ظهور سنبله	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	ارتفاع بوته (سانتیمتر)	طول سنبله (سانتیمتر)	طول پدانکل (سانتیمتر)	تعداد دانه در خوشه	عملکرد دانه (تن در هکتار)
۱	۸۰ abcd	۱۲۷/۳ ab	۱۰۱/۴ a	۵/۵۶ bcd	۳۰/۴ a	۴۴/۳ a	۴/۶ a
۲	۷۷/۶ cdefg	۱۲۴/۶ ab	۹۷/۵ a	۵/۳۵ bcd	۲۴/۹ c	۴۹/۸ a	۴/۴ abc
۳	۸۱/۶ ab	۱۲۳/۳ b	۹۵/۱ a	۴/۸۲ cd	۲۸/۹ abc	۳۹/۸ a	۴/۳ abc
۴	۷۴/۶ gh	۱۲۶ ab	۹۵/۵ a	۴/۶۳ d	۲۶/۱ abc	۵۱ a	۴/۲ abcd
۵	۷۹ abcde	۱۲۵ ab	۱۰۴/۶ a	۶/۱۸ ab	۲۷/۸ abc	۴۱/۸ a	۴/۳ abc
۶	۸۲/۰ a	۱۲۷/۶ a	۹۷/۲ a	۶/۸ a	۲۶/۲ abc	۲۴/۱ b	۳/۸ bcd
۷	۷۶/۰ efg	۱۲۷/۰ ab	۸۵/۰۲ ab	۵/۷۲ bc	۲۸/۲ abc	۳۹/۹ a	۴/۳ abcd
۸	۷۵/۰ fgh	۱۲۴/۰ ab ab	۹۱/۴ a	۵/۴۳ bcd	۲۷/۴ abc	۴۶/۴ a	۳/۷ cd
۹	۷۵/۰ fgh	۱۲۳/۶ ab	۶۴/۷ b	۵/۲۳ bcd	۲۷/۴ abc	۴۶/۲ a	۳/۸ bcd
۱۰	۷۵/۰ fgh	۱۲۶/۳ ab	۹۳/۵ a	۵/۶۳ bcd	۲۸/۳ abc	۴۹/۱ a	۴/۳ abcd
۱۱	۷۸/۳ bcdefg	۱۲۷/۳ ab	۹۰/۴ a	۵/۷۵ bc	۲۷/۲ abc	۴۵/۲ a	۴/۸ a
۱۲	۷۷/۳ defg	۱۲۵/۳ ab	۸۸/۸ a	۵/۵۶ bcd	۲۶/۵ abc	۴۷/۵ a	۴/۵ ab
۱۳	۷۶/۶ defg	۱۲۷/۶ a	۸۷/۱ ab	۴/۷۹ cd	۳۰/۷ a	۵۲/۸ a	۴/۵ ab
۱۴	۸۱/۰ abc	۱۲۶/۳ ab	۱۰۱/۶ a	۵/۵۴ bcd	۳۰/۶ a	۴۴/۱ a	۴/۲ abcd
۱۵	۷۸/۶ abcdef	۱۲۶/۳ ab	۹۴/۴ a	۴/۹ cd	۳۰/۲ ab	۴۱/۸ a	۴/۷ a
۱۶	۷۴/۶ gh	۱۲۴/۶ ab	۹۴/۳ a	۵/۷۰ bc	۲۸/۹ abc	۴۱/۳ a	۳/۶ cd
۱۷	۷۲/۰ h	۱۲۵/۶ ab	۹۱/۷ a	۵/۷۲ bc	۲۹/۸ abc	۴۷/۶ a	۳/۵ d
۱۸	۸۲/۰ a	۱۲۵ ab	۹۳/۲ a	۵/۳۷ bcd	۲۷/۱ abc	۴۱/۱ a	۴/۷ a
۱۹	۸۱/۳ ab	۱۲۷ ab	۸۴/۹ ab	۵/۱۴ cd	۲۵/۲ bc	۴۴ a	۴/۴ abc
۲۰	۷۶/۳ efg	۱۲۵ ab	۹۹/۶ a	۵/۱۵ bcd	۲۸/۵ abc	۵۳/۵ a	۴/۵ ab

اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی داری بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد نمی باشند.

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در شرایط تنش خشکی

میانگین مربعات									
منابع تغییر	درجه آزادی	روز تا ظهور سنبله	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	ارتفاع بوته	طول سنبله	طول پدانکل	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد دانه
تکرار	۲	۲/۲۱	۹۰/۳۵	۱۱۳۴/۴	۱/۴۵	۳۷/۴۹	۱/۲۸	۹۳/۴۵	۳/۹۱
ژنوتیپ	۱۹	۲۷/۹۱**	۶/۷۳*	۱۲۱/۸**	۱/۴۹**	۱۴/۶۴*	۱۱۳/۱**	۶۴/۴۶*	۰/۲۸**
خطا	۳۸	۰/۷۴	۳/۳۱	۴۴/۵۸	۰/۴۴	۷/۰۶	۲۸/۳۸	۳۱/۷۱	۰/۰۸
ضریب تغییرات (%)	-	۱/۰۸	۱/۵۰	۶/۸۲	۱۲/۰۶	۸/۳۴	۱۱/۵۳	۱۳/۶۴	۷/۸۶

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و NS عدم معنی داری می باشد

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در شرایط تنش خشکی

ژنوتیپ	روز تا ظهور سنبله	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	ارتفاع بوته (سانتیمتر)	طول سنبله (سانتیمتر)	طول پدانکل (سانتیمتر)	تعداد دانه در خوشه	عملکرد دانه (تن در هکتار)
۱	۸۲/۶ ab	۱۲۲/۳ abc	۱۰۴/۴ abc	۵/۴ bcdef	۳۰/۸ abcde	۴۳/۶ cd	۳/۶ cdefg
۲	۷۹/۳ cd	۱۲۲ abcd	۹۴/۹ bcdef	۵/۳ bcdefg	۳۰/۱ bcde	۴۶/۵ bcd	۳/۵ efg
۳	۸۴ a	۱۲۱/۳ abcde	۱۰۲/۸ abcd	۴/۱ g	۳۲/۳ abcde	۴۰/۸ cd	۳/۸ abcdefg
۴	۷۵/۶ h	۱۱۸/۳ e	۹۷/۸ bcdef	۴/۷ defg	۳۱/۳ abcde	۴۷/۴ abcd	۳/۶ cdefg
۵	۸۰ c	۱۲۲/۳ abc	۱۰۲/۴ abcd	۶/۶ ab	۳۲/۸ abcde	۴۷/۳ abcd	۳/۴ efg
۶	۸۴ a	۱۲۲/۳ abc	۹۷/۶ bcdef	۶/۹ a	۲۹/۹ cde	۲۷/۲ e	۳/۳ fg
۷	۷۸/۳ de	۱۲۲ abcd	۸۸/۷ ef	۴/۹ cdefg	۳۲/۱ abcde	۴۶/۸ bcd	۳/۳ g
۸	۷۵/۳ h	۱۲۰/۳ bcde	۹۵/۳ bcdef	۶/۲ abc	۳۲/۳ abcde	۴۹/۴ abcd	۳/۵ defg
۹	۷۶/۶ fgh	۱۱۸/۶ de	۹۳ cdef	۵/۹ abcd	۲۹/۳ de	۴۴/۸ cd	۳/۳ fg
۱۰	۷۶/۳ gh	۱۲۰/۳ bcde	۹۸/۱ bcdef	۵/۸ abcde	۳۱/۱ abcde	۵۷/۴ a	۴ abcde
۱۱	۸۲ b	۱۲۲/۶ abc	۹۴/۱ cdef	۵/۴ bcdefg	۳۱/۲ abcde	۴۶/۲ bcd	۴/۳ a
۱۲	۷۷/۶ efg	۱۲۱/۳ abcde	۱۰۲/۵ abcd	۵/۵ bcdefg	۳۵/۹ a	۵۰/۴ abc	۳/۹ abcdef
۱۳	۷۵/۶ h	۱۲۲ abcd	۹۰/۸ def	۴/۵ efg	۲۸/۳ e	۴۵/۲ cd	۴/۱ abcd
۱۴	۸۲ b	۱۲۴ a	۱۰۰/۸ abcde	۵/۶ abcdef	۳۳/۹ abcd	۴۸/۳ abcd	۴ abcde
۱۵	۷۸/۳ de	۱۲۳ ab	۱۰۷/۴ ab	۴/۵۶ fg	۳۴/۹ abc	۳۹/۷ d	۴/۲ ab
۱۶	۷۶ h	۱۱۹/۳ cde	۱۱۱/۲ a	۶ abc	۳۵/۳ ab	۵۶ ab	۳/۷ bcdefg
۱۷	۷۶/۳ gh	۱۱۹/۳ cde	۹۹/۴ abcde	۵/۶ abcdef	۳۳/۹ abcd	۴۴/۴ cd	۳/۴ efg
۱۸	۸۲/۶ ab	۱۲۲ abcd	۸۵/۲ f	۵/۵ bcdefg	۳۲/۷ abcde	۴۴/۶ cd	۳/۸ abcdefg
۱۹	۸۲/۶ ab	۱۲۱/۳ abcde	۹۳/۷ cdef	۵/۹ abcd	۲۸/۵ e	۴۷/۳ abcd	۴/۱ abc
۲۰	۷۸ def	۱۲۱ abcde	۹۵/۲ bcdef	۵/۱ cdefg	۲۹/۵ de	۴۹/۴ abcd	۳/۷ bcdefg

اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی داری بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد نمی باشند.

صفات مورفولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که در شرایط تنش خشکی لاین‌ها از نظر ارتفاع بوته، طول سنبله، طول پدانکل، تعداد روز تا ظهور سنبله در سطح ۱ درصد و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار نشان می‌دهند. در شرایط نرمال لاین‌ها از نظر طول سنبله و تعداد روز تا ظهور سنبله در سطح ۱ درصد اختلاف دارند (جدول ۲ و ۴). در شرایط تنش خشکی لاین شماره ۱۶ با ارتفاع ۱۱۱/۲ سانتی‌متر بیشترین، و لاین شماره ۱۸ با ارتفاع ۸۵/۲ سانتی‌متر دارای کمترین ارتفاع بودند. لاین‌های ۱۵، ۱۲ و ۱۶ بترتیب با ۳۵/۹، ۳۴/۹ و ۳۵/۳ سانتی‌متر دارای بیشترین طول پدانکل بودند. محمدی و همکاران (۱۳۸۵) گزارش کردند تنش خشکی باعث کاهش کلیه صفات مورد ارزیابی خصوصاً عملکرد دانه شد. ایشان گزارش کردند ارتفاع زیاد و طول پدانکل بدلیل فراهم آوردن منبعی برای انتقال مجدد مواد همچنین سطح فتوسنتز کننده در تحمل به خشکی دخالت دارند. بیشترین طول سنبله در هر دو شرایط مربوط به لاین شماره ۶ بود (جدول ۳ و ۵). لاین‌های دارای عملکرد بالا در شرایط تنش جزء لاین‌های بوده‌اند که طول دوره رشدی طولانی تری داشتند (اهدایی، ۱۳۷۷).

شاخص‌های تحمل به تنش

در این آزمایش، شدت تنش (SI) برابر ۰/۱۲ برآورد شد. مقادیر عملکرد دانه در شرایط بدون تنش (Yp) و عملکرد دانه در شرایط تنش (Ys) و شاخص‌های ارزیابی تحمل به خشکی لاین‌های مورد مطالعه در (جدول ۶) آمده است. بر اساس شاخص حساسیت به تنش (SSI) که مقادیر پائین عددی آن نشان‌دهنده تحمل بالاتر رقم نسبت به تنش می‌باشد چوکان و همکاران (۲۰۰۶)، لاین‌های شماره ۱۶، ۱۴ و ۸ به ترتیب با عملکردهای ۳/۴، ۴/۰ و ۳/۵ تن در هکتار، به عنوان ارقام متحمل به تنش و لاین‌های شماره ۱ و ۷ با میانگین عملکردهای ۳/۶۰ و ۳/۳۰ تن در هکتار به عنوان حساس‌ترین لاین‌ها شناخته شدند. در شاخص تحمل (TOL) نیز مقادیر عددی پائین، نشان‌دهنده تحمل نسبی ارقام می‌باشد؛ رتبه بندی لاین‌ها از نظر این شاخص نیز مشخص کرد که لاین‌های ۸، ۱۶ و ۱۴، لاین‌های متحمل می‌باشند (جدول ۶). برتری این سه لاین از نظر شاخص‌های TOL و SSI نه به دلیل تولید عملکرد مناسب در شرایط تنش، بلکه صرفاً به دلیل پائین بودن درصد تغییرات عملکرد، توسط این شاخص‌ها به عنوان متحمل‌ترین لاین‌ها به تنش معرفی شدند و از آنجائیکه پائین بودن درصد تغییرات به عنوان یک فاکتور مقاومت به تنش، بیشتر ارزش فیزیولوژیکی دارد تا زراعی، می‌توان نتیجه

هکتار به عنوان لاین‌های متحمل به تنش تعیین شدند (جدول ۶).

استفاده از شاخص بهره‌وری متوسط (MP) که مقادیر بالای عددی آن نشان دهنده تحمل نسبی به تنش می باشد، اغلب منجر به گزینش ارقامی با عملکرد بالا در شرایط عادی ولی کم تحمل به شرایط تنش می گردد. در این بررسی، شاخص MP، لاین‌های ۱۱، ۱۳، ۱۵، ۱۸ و ۱۹ را به عنوان ارقام متحمل به تنش شناسایی کرد (جدول ۶). بنابراین شاخص MP گزینش را بسوی ارقام پربازده در هر دو شرایط دارای تنش و بدون تنش سوق می دهد. نتایج بررسی با نتایج احمدزاده که اعلام نمود شاخص MP در گزینش ارقام متحمل به تنش نسبت به شاخص های SSI و TOL بهتر عمل می کند کاملاً مطابقت دارد (احمدزاده، ۱۹۹۷). با استفاده از شاخص میانگین هارمونیک (HARM) که مقادیر بالای عددی آن نشان دهنده تحمل نسبی به تنش می باشد، لاین‌های ۱۱، ۱۳ و ۱۵ به عنوان لاین‌های متحمل به تنش معرفی گردیدند (جدول ۶).

مناسبترین شاخص برای گزینش ارقام متحمل به تنش، شاخصی است که دارای همبستگی نسبتاً بالایی با عملکرد دانه در هر دو شرایط بدون تنش و تنش باشد بنابراین با ارزیابی میزان همبستگی بین شاخص‌های تحمل به تنش و عملکرد دانه در دو محیط بدون تنش و

گرفت که انتخاب بر اساس شاخص حساسیت به تنش (SSI) و تحمل به تنش (TOL) باعث گزینش ارقامی با عملکرد به نسبت پائین در محیط عادی و عملکرد پائین در محیط دارای تنش می گردد که چنین ارقامی مطابق با گزارش‌های تقوایی و همکاران (۱۳۸۶) و Schnider *et al* (1997) به علت عملکرد پائین، از نظر زراعی نامطلوب می باشند. همچنین در مورد شاخص تحمل (TOL) مشخص شده که پائین بودن مقدار این شاخص الزاماً به دلیل بالا بودن عملکرد رقم در محیط تنش نمی باشد چرا که ممکن است عملکرد رقمی در شرایط عادی پائین باشد و در شرایط تنش نیز با افت عملکرد کمتری همراه باشد که باعث کوچک شدن شاخص تحمل (TOL) شود و در نتیجه این رقم به عنوان رقم متحمل معرفی گردد (مقدم و هادیزاده، ۲۰۰۲). دلایل ذکر شده در لاین‌های ۸ و ۱۶ به درستی صدق می کند.

نمودار سه بعدی پراکنش ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش و شاخص تحمل به تنش (STI) در (شکل ۱) نشان داده شده است. از نظر شاخص تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) که مقادیر بالای شاخص، نشان دهنده متحمل‌تر بودن ارقام می باشد، لاین‌های ۱۱، ۱۳، ۱۵، ۱۸ و ۱۹ به ترتیب با عملکردهای ۴/۳۰، ۴/۱۴، ۴/۲۳، ۳/۸۸ و ۴/۱۶ تن در

شاخص TOL و SSI ارتباط منفی و غیرمعنی داری داشت. عملکرد دانه در شرایط بدون تنش (Yp) با شاخص‌های MP، GMP، HARM و STI، همبستگی مثبت و معنی دار در سطح احتمال یک درصد و با شاخص‌های SSI و TOL، همبستگی معنی داری در سطح ۵ درصد نشان داد (جدول ۷).

تنش، شناسایی مناسبترین شاخص امکانپذیر می‌باشد نعیمی و همکاران (۱۳۸۷). نتایج حاصل از بررسی همبستگی بین شاخص‌های ذکر شده و عملکرد دانه در شرایط آبیاری کامل و تنش در (جدول ۷) آمده است. عملکرد در شرایط تنش (Ys) با شاخص‌های HARM، STI، GMP و MP همبستگی مثبت و معنی داری در سطح احتمال یک درصد و با

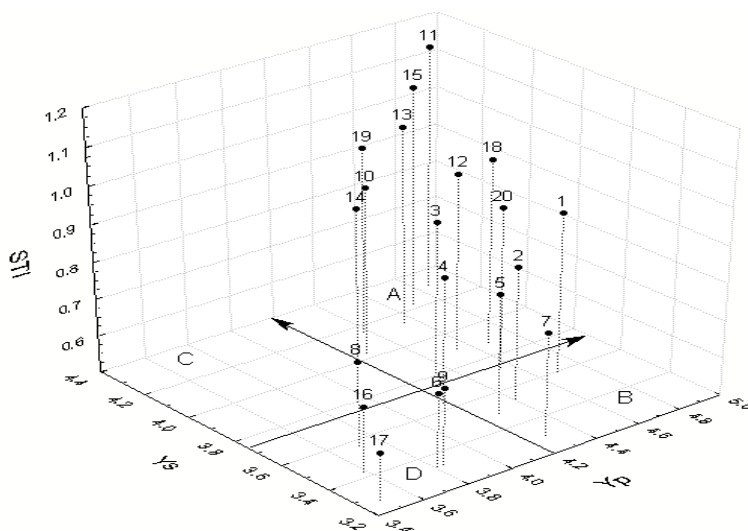
جدول ۶- شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی ارقام و لاین‌های جو در آزمایش تحمل به خشکی انتهای فصل

ارقام و لاین‌ها	Ys	Yp	MP	HARM	SSI	TOL	STI	GMP
۱	۳/۶۰	۴/۶۹	۴/۱۴	۴/۰۷	۱/۹۶	۱/۰۹	۰/۹۳	۴/۱۱
۲	۳/۵۳	۴/۴۰	۳/۹۷	۳/۹۲	۱/۶۸	۰/۸۷	۰/۸۶	۳/۹۵
۳	۳/۸۱	۴/۳۴	۴/۰۷	۴/۰۵	۱/۰۳	۰/۵۳	۰/۹۱	۴/۰۶
۴	۳/۶۴	۴/۱۸	۳/۹۱	۳/۸۹	۱/۱۰	۰/۵۴	۰/۸۴	۳/۹۰
۵	۳/۴۹	۴/۲۷	۳/۸۸	۳/۸۴	۱/۵۵	۰/۷۸	۰/۸۲	۳/۸۶
۶	۳/۳۳	۳/۸۱	۳/۵۷	۳/۵۵	۱/۰۶	۰/۴۸	۰/۷۰	۳/۵۶
۷	۳/۳۰	۴/۲۷	۳/۷۹	۳/۷۲	۱/۹۳	۰/۹۷	۰/۷۸	۳/۷۶
۸	۳/۵۷	۳/۷۱	۳/۶۴	۳/۶۴	۰/۳۲	۰/۱۴	۰/۷۳	۳/۶۴
۹	۳/۳۳	۳/۸۴	۳/۵۹	۳/۵۷	۱/۱۱	۰/۵۱	۰/۷۰	۳/۵۸
۱۰	۴/۰۴	۴/۲۶	۴/۱۵	۴/۱۵	۰/۴۴	۰/۲۲	۰/۹۵	۴/۱۵
۱۱	۴/۳۱	۴/۸۶	۴/۵۸	۴/۵۷	۰/۹۶	۰/۵۵	۱/۱۵	۴/۵۷
۱۲	۳/۹۰	۴/۵۴	۴/۲۲	۴/۲۰	۱/۱۹	۰/۶۴	۰/۹۷	۴/۲۱
۱۳	۴/۱۴	۴/۵۵	۴/۳۴	۴/۳۳	۰/۷۶	۰/۴۱	۱/۰۳	۴/۳۴
۱۴	۴/۰۰	۴/۱۸	۴/۰۹	۴/۰۹	۰/۳۶	۰/۱۸	۰/۹۲	۴/۰۹
۱۵	۴/۲۳	۴/۶۹	۴/۴۶	۴/۴۵	۰/۸۴	۰/۴۶	۱/۰۹	۴/۴۵
۱۶	۳/۴۳	۳/۵۸	۳/۵۱	۳/۵۱	۰/۳۶	۰/۱۵	۰/۶۸	۳/۵۱
۱۷	۳/۲۷	۳/۴۸	۳/۳۸	۳/۳۷	۰/۵۲	۰/۲۱	۰/۶۳	۳/۳۸
۱۸	۳/۸۸	۴/۶۷	۴/۲۸	۴/۲۴	۱/۴۴	۰/۸۰	۱/۰۰	۴/۲۶
۱۹	۴/۱۶	۴/۳۸	۴/۲۷	۴/۲۶	۰/۴۳	۰/۲۲	۱/۰۰	۴/۲۷
۲۰	۳/۷۲	۴/۵۵	۴/۱۴	۴/۱۰	۱/۵۳	۰/۸۲	۰/۹۳	۴/۱۲

جدول ۷- همبستگی بین شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی و عملکرد دانه در دو شرایط

GMP	STI	TOL	SSI	HARM	MP	Yp	Ys	
							۱/۰۰	Ys
						۱/۰۰	۰/۶۹**	Yp
					۱/۰۰	۰/۹۳**	۰/۹۰**	MP
				۱/۰۰	۰/۹۹**	۰/۹۱**	۰/۹۳**	HARM
			۱/۰۰	۰/۰۵ ns	۰/۱۱ ns	۰/۴۶*	-۰/۳۱ ns	SSI
		۱/۰۰	۰/۹۹**	۰/۱۶ ns	۰/۲۲ ns	۰/۵۵*	-۰/۲۰ ns	TOL
	۱/۰۰	۰/۱۸ ns	۰/۰۷ ns	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۰/۹۱**	۰/۹۲**	STI
۱/۰۰	۰/۹۹**	۰/۱۹ ns	۰/۰۸ ns	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۰/۹۲**	۰/۹۱**	GMP

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و یک درصد و ns عدم معنی داری می باشد.



شکل ۱- پراکنش ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش و شاخص STI

لاین‌های متحمل به تنش خشکی آخر فصل در بین لاین‌های جو می باشند. لاین‌های ۱۱، ۱۳، ۱۵، ۱۸ و ۱۹ نیز توسط شاخص‌های مختلف به عنوان متحمل ترین لاین‌ها به تنش خشکی آخر فصل شناسایی گردیدند.

جمع بندی نتایج حاصل از بررسی همبستگی عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی انتهای فصل و بدون تنش با شاخص‌های تحمل به خشکی در این پژوهش نشان می دهد که شاخص‌های HARM، STI، GMP و MP بهترین شاخص‌ها برای گزینش و تعیین

Choukan, R., T. Taherkhani, M.R. Ghannadha, and M. Khodarahmi.

2006. Evaluation of drought tolerance in grain maize inbred lines using drought tolerance indices. *Iran. J. Agric. Sci*, 8(1): 79-89.

Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant 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*, Publication, Tainan, Taiwan.

Fischer, R.A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. Part 1: grain yield response. *Aust. J. Agr. Res.* 29: 897- 912.

Golparyar, R., M.R. Ghanadha, A.A. Zali, A. Ahmadi, E. Majidi Harvan, and A. Ghasemi Pirbalooti. 2007. Factor analysis of morphological and morpho-physiological traits in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under drought and non-drought stress conditions. *Pajouhesh & Sazandegi*. 72: 52-59.

Gooding, M.J., R.H. Ellis, P.R. Shewry, and J.D. Schofield. 2003. Effects of restricted water availability and increased temperature on grain filling, drying and quality of water wheat. *J. of cereal Sci.* 37: 295-309.

Moghaddam, A. and M.H. Hadizade., 2002. Response of corn (*Zea mays* L.) hybrids and their parental lines to drought using different stress tolerance indices. *Plant Seed J.* 18(3): 255-272.

Passioura, J. 2007. The drought environment: Physical, biological and agricultural perspectives. *J. Exp. Bot.* 58: 113-117.

منابع

اهدایی، ب. ۱۳۷۷. تغییرات ژنتیکی برای ذخیره ساقه و انتقال آن به گندم در گندم بهاره تحت شرایط خشکی انتهایی. مجموعه مقالات کلیدی پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، کرج. ص ۱۸۷.

تقوایی، م.، م. چائی چی، ف. شریف زاده، و ع. احمدی. ۱۳۸۶. ارزیابی تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد و شاخص‌های مقاومت به خشکی در رقم‌های لخت و پوشش دار جو. *مجله علوم کشاورزی ایران*. ۳۸ (۱): ۶۷-۷۸.

محمدی، ع.، ا. مجیدی، م.ر. بی همتا، و ح. شریف آباد. ۱۳۸۵. ارزیابی تنش خشکی بر روی خصوصیات زراعی مورفولوژیکی در تعدادی از ارقام گندم. *پژوهش و سازندگی*. ۷۳ (۳): ۱۹۲-۱۸۴.

نعیمی، م.، غ. اکبری، ا.ح. شیرانی راد، ع.م. مدرس ثانوی، ا.ح. نوری، و ح. جباری. ۱۳۸۷. ارزیابی تحمل به خشکی در ارقام مختلف کلزا بر اساس شاخص‌های ارزیابی تنش در انتهای فصل رشد. *مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی*. ۱ (۳): ۹۸-۸۳.

Ahamadzadeh, A. 1997. The determination of the best drought tolerance indices in corn elite lines. M.Sc. Thesis. Faculty of Agriculture, the University of Tehran. PP: 90-150.

- Sio-Se Mardeh, A., A. Ahmadi, K. Poustini, and V. Mohammadi.** 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditioning. *Field Crop Res.* 98: 222-229.
- Schnider, K.A., R. Rosales-Serna, F. Ibarra-Perez, B. Cazares-Enriques, J.A. Acosta- Gallegos, P. Ramirez-Allejo, N. Wassimi, and J.D. Kelly.** 1997. Improving common bean performance under drought stress. *Crop Sci.* 37: 43-50.
- Trethowan, R.M. and M. Reynolds.** 2007. Drought resistance: Genetic approaches for improving productivity under stress. In: Buck H. R. et al. (Eds): *Wheat Production in Stressed Environments*, Springer Pub., the Netherlands. PP: 289-299.
- Pierre, C.S., J. Petersona, A. Rossa, J. Ohma, M. Verhoerena, M. Larsona, and B. Hoefera.** 2008. White wheat grain quality changes with genotype, nitrogen fertilization, and water stress. *Agronomy Journal.* 100: 414-420.
- Rajaram. S. and M. Van Ginkle.** 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 pub., Paris, France. pp: 579-604.
- Rosielle, A.A. and J. Hamblin.** 1987. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Sci.* 21: 943.946.

Evaluation of promising barley genotypes under terminal drought stress conditions

H. Tajali^{1*}

1. Agricultural research center, Razavi khorasan Province, Iran.

Abstract

In order to study the effects of terminal season drought stress on yield, yield components and drought indices of 19 promising genotypes of barley, two separate experiments in randomized complete blocks design with three replications was conducted at the Agriculture Research Center of Birjand during 2009-2010 growing season. To enforce drought stress experiment, irrigation stopped after the 50% of heading stage until harvest, and in the normal condition experiment, irrigation followed to the last growth stage. Grain yield, number of seed per spike, grain weight, spike and peduncle lengths and plant height were measured. The reactions of barley lines were different in the two conditions. Drought stress leads to reduction of yield and yield components. Also, MP, GMP, HARM, SSI, TOL and STI indices estimated. Lines No. 11, 13, 15, 18 and 19 were the most tolerant in both control and stress circumstances and lines No. 2, 5 and 7 have a good yield in the control condition. MP, GMP, HARM and STI had a high correlation with grain yield under both conditions, which considering to the correlation between all tolerance indices to drought, were the best indices in both conditions.

Key words: Barley, Drought stress, Yield,

* Corresponding author (hamidtajali@yahoo.com)