نشریه زراعت شماره ۱۰۷، تابستان ۱۳۹۴

(پژوهش و سازندگی)

بررسی تنش خشکی انتهای فصل بر عملکرد و اجزای عملکرد و تعیین بهترین شاخص تحمل در لاین های امید بخش جو

- محمد حسین صابری، استادیار پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی (نویسنده مسئول)
- حمیدرضا نیکخواه، عضو هیئت علمی موسسه اصلاح و تهیه نهال وبذر کرج
- حمید تجی ، کارشناس خبره مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی
- الیاس آرزمجو، کارشناس ارشد زراعت مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی

تاریخ دریافت: تیر ماه ۱۳۹۲ تاریخ پذیرش: مهر ماه ۱۳۹۲

تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۵۱۶۰۹۴۱۷

پست الکترونیک نویسنده مسئول: saberi196@gmail.com

چکیده

به منظور بررسی تاثیر تنش خشکی پایان فصل بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص های ارزیابی تنش در ۱۹ لاین امیدبخش جو، دو آزمایش مجزا در قالب طرح بلوک های 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 سنبله ها آبیاری تا برداشت قطع گردید، اما در شرایط نرمال آبیاری تا پایان دوره رشدی انجام شد. صفت هایی از قبیل عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، طول سنبله و پدانکل و ارتفاع بوته اندازه گیری شد. عکس العمل لاین های جو در دو شرایط متفاوت بود. تنش خشکی موجب کاهش عملکرد و اجزای عملکرد شد. همچنین شاخص های MP، GMP، HARM، SSI، TOL و STI مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد لاین های ۱۱، ۱۳، ۱۵، ۱۸ و ۱۹ مقاومترین لاین ها در دو شرایط بهینه و تنش و لاین های ۲، ۵ و ۷ دارای عملکرد خوبی در شرایط بهینه می باشند. شاخص های 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 شاخص های مقاومت به خشکی، به عنوان مناسب ترین شاخص ها در هر دو شرایط بودند.

کلمات کلیدی: تنش خشکی، شاخص های تنش، عملکرد، جو

Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No:107 pp: 124-132

Effects of terminal season drought stress on yield and choosing best tolerance indices in promising lines of Barley

By:

- *M.H. Saberi, (Corresponding Author; Tel: 09151609417), Scientific Staff of agriculture and natural resources research center of Southern Khorasan*
- *H.R. Nikkhah, Scientific Staff of Seed and Plant Improvement Institute of Karaj*
- *H. Tajalli, Researcher of Agriculture and natural resources research center of Southern Khorasan*
- *E. Arazmjo, M.Sc. Agronomy, agriculture and natural resources research center of Southern Khorasan*

Received: July 2013 **Accepted: October 2013**

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 block 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: Drought stress, Stress indices, Yield, Barley

مقدمه

در به نژادی گیاهان زراعی برای شرایط تنش، انتخاب محیط (محیط های) مناسب جهت گزینش ژنوتیپ های مطلوب از اهمیت زیادی برخوردار است. با توجه به خسارات قابل توجهی که در سال های اخیر از تنش های محیطی (گرما، سرما، خشکی و... به محصولات زراعی (از جمله غلات) وارد شده است، ارزیابی واکنش گیاهان زراعی به تنش های محیطی بسیار مورد توجه قرار گرفته است Passioura (۲۰۰۷). در این زمینه عملکرد دانه و پایداری آن در مناطق متعددی که تنش های محیطی وجود دارد، بعنوان معیار مهمی در گزینش و معرفی ارقام مورد استفاده قرار گرفته است Rajaram and Van Ginkle (۲۰۰۷). 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 می نمایند Passioura (۲۰۰۷). به همین دلیل در برنامه های به نژادی برای گزینش ژنوتیپ های مناسب، از روش های متعددی بسته به زمان وقوع تنش (ابتدای فصل رشد یا اواخر فصل) استفاده می شود. ارزیابی ژنوتیپ ها در محیط بدون تنش (شرایط مطلوب)، گزینش تحت شرایط تنش کامل و گزینش توام تحت هر دو شرایط سه راهکار عمده ای هستند که برای انتخاب ارقام متحمل به تنش پیشنهاد شده Rajaram and Van Ginkle (۲۰۰۱).

Pierre و همکاران(۲۰۰۸) 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 و همکاران (۲۰۰۳) 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 خصوصا 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. شاخص های 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 شاخص ها 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 هردو شرایط تنش و بدون تنش بهترین پاسخ را بدهد. Golparyar و همکاران

(۲۰۰۷) شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک را مهمترین صفات در تحمل به تنش خشکی دانستند.

Fernandez (۱۹۹۲) ژنوتیپ ها را بر اساس عملکرد در شرایط محیطی تنش دار و بدون تنش به چهار گروه تقسیم بندی می کنند که عبارتند از: ۱- ژنوتیپ هایی که در هر دو محیط، برتر بوده و عملکرد دانه بیشتری دارند (گروه A)، ۲- ژنوتیپ هایی که فقط در محیط مطلوب برتر بوده و در محیط تنش جزء ژنوتیپ های با عملکرد پائین هستند (گروه B)، ۳- ژنوتیپ های 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 می گیرند (گروه C) و ۴- ژنوتیپ هایی با عملکرد پائین در هر دو محیط بدون تنش و تنش دار (گروه D). هفت شاخص کمّی تحمل به خشکی توسط محققین مختلف، معرفی و بکار گرفته شده اند که هر یک از این شاخص ها دارای مزایا و معایبی هستند. فرناندز در معرفی شاخص های کمّی تحمل به خشکی اظهار می دارد 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 (Yr) و به تبع آن شاخص حساسیت به تنش[۴] (SSI) آن رقم کوچکتر می شود. Fer-nandez (۱۹۹۲) تحمل یا حساسیت نسبی ارقام به خشکی را می توان از مقایسه مقادیر SSI آنها تعیین نمود.

Fischer and Maurer (۱۹۷۸) نیز شاخص حساسیت به تنش (SSI) را برای ارزیابی ارقام متحمل پیشنهاد دادند. شاخص تحمل[۵] (TOL) و بهره وری متوسط (MP) توسط Rosielle and Hamblin (۱۹۸۷) 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) می تواند مفید باشد، اما اگر افزایش عملکرد در هر دو محیط عادی و تنش مورد نظر اصلاحگر باشد، بهتر است گزینش بر اساس شاخص بهره وری متوسط(MP)انجام شود. در بررسی سی و سه مرده و همکاران (۲۰۰۶) 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 می شود. شاخص های تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی بهره وری (GMP) نیز توسط فرناندز برای شناسایی لاین هایی که در هر دو شرایط عادی و تنش عملکرد مطلوبی تولید می کنند، پیشنهاد شدند. محققین در بررسی این شاخص ها به این نتیجه رسیدند که کارآمدی شاخص های انتخاب، به شدت تنش محیط و هدف بستگی دارد. شاخص حساسیت به تنش(SSI)برای اصلاح تحت تنش هایی با شدت کم مناسب می باشد، در صورتی شاخص های STI ،MP و GMP برای تنش هایی با شدت بالا پیشنهاد می شوندسی و سه مرده و همکاران (۲۰۰۶).

این تحقیق به منظور بررسی تنش خشکی آخر فصل بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی خصوصیت های لاین های امیدبخش جو و کارایی شاخص های تحمل به تنش خشکی و همچنین یافتن لاین های جو متحمل به تنش خشکی انتهای فصل انجام شده است.

مواد و روش ها

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

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 ۱۰۰کیلوگرم 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 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 برداشت هر کرت ۶ مترمربع بود پس از خرمنکوبی عملکرد دانه و وزن هزار، به دقت توزین شد. تعدار 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. شاخص های کمّی مقاومت به تنش به شرح زیر محاسبه گردید:

(شدت تنش) $SI = 1 - \frac{\bar{Y}_S}{\bar{Y}_P}$	(۱۹۷۸) Fischer and Maurer	
(شاخص حساسیت به تنش) $SSI = \frac{Y_r}{SI} = \frac{1 - \frac{Y_s}{Y_p}}{1 - \frac{\bar{Y}_s}{\bar{Y}_p}}$	(۱۹۷۸) Fischer and Maurer	
(شاخص تحمل) $TOL = Yp - Ys$	(۱۹۸۷) Rosielle and Hamblin	
(شاخص تحمل به تنش) $STI = \frac{(Y_P)(Ys)}{(\bar{Y}_p)^2}$	(۱۹۹۲) Fernandez	
(شاخص بهره وری متوسط) $MP = \frac{(Y_P + Y_S)}{2}$	(۱۹۸۷) Rosielle and Hamblin	
(شاخص میانگین هندسی بهره وری) $GMP = \sqrt{Y_P \times Y_S}$	(۱۹۹۲) Fernandez	
(میانگین هارمونیک) $HARM = \frac{2(Y_P)(Ys)}{(Y_P + Ys)}$	(۱۹۹۲) Fernandez	

در روابط فوق، $\overline{Y}_p$ و $\overline{Y}_s$ 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، شاخص های MP، GMP، TOL، STI و SSI محاسبه شده و با استفاده از نرم افزار SAS، برای تجزیه واریانس و همبستگی بین شاخص ها برای تعیین بهترین شاخص محاسبه گردیدو از آزمون چند دامنه ای دانکن برای مقایسه میانگین ها در سطح ۵درصد استفاده شد. با استفاده از نرم افزار STATISTICA، نمودار سه بعدی هر یک از لاین ها در محدوده های A، B، C و D ترسیم گردید.

نتایج و بحث

عملکرد و اجزاء عملکرد دانه

تجزیه واریانس عملکرد، و اجزای عملکرد دانه و صفت های مورفولوژیکی گیاه در شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی در (جداول ۲ و ۴) نشان داده شده است. نتایج مقایسه میانگین لاین ها در شرایط آبیاری نرمال و خشکی، تنوع بین لاین ها 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 لاین ها و شاهد (۱ و۲۰) 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 لاین های 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 لاین ها بودند. در شرایط تنش خشکی تعداد دانه در سنبله لاین های ۱۰ و ۱۶ به ترتیب با داشتن ۵۷/۴ و ۵۶ دانه در سنبله دارای بیشترین تعداد دانه در سنبله بود (جداول ۳ و ۵). بنابراین نتایج، وزن هزار دانه در شرایط تنش خشکی انتهای فصل می تواند یکی از مهمترین معیار های 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 می شود. 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 Pierre و همکاران (۲۰۰۸) Gooding و همکاران (۲۰۰۳) 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.

صفات مورفوفنولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان می دهد که در شرایط تنش خشکی لاین ها 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 معنی دار نشان می دهند. در شرایط نرمال لاین ها از نظر طول سنبله و تعداد روز تا ظهور سنبله در سطح ۱ درصد اختلاف دارند (جداول ۲ و ۴). در شرایط تنش خشکی لاین شماره ۱۶ با ارتفاع ۱۱۱/۲ سانتی متر بیشترین، و لاین شماره ۱۸ با ارتفاع ۸۵/۲ سانتی متر دارای کمترین ارتفاع بودند. لاین های ۱۵، ۱۲ و ۱۶ بترتیب با ۳۵/۹، ۳۴/۹ و ۳۵/۳ سانتی متردارای 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 و 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). لاین های دارای عملکرد بالا در شرایط تنش جزء لاین های بوده اند که طول دوره رشدی طولانی تری داشتند اهدایی (۱۳۷۷).

جدول۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک

عمق خاک (سانتی متر)	اسیدیته	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

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	وزن هزار دانه	عملکرد دانه
تکرار	۲	۵/۷۱	۴۷/۲۱	۷۸۴/۹۷	۱/۰۱	۱۹۷/۶۳	۶۸۶/۸۹	۷۲/۸۶	۰/۶۵
ژنوتیپ	۱۹	۲۵/۸۶**	۵/۳۷ ns	۲۵۱/۹۳ ns	۰/۷۵**	۹/۲۴ ns	۱۲۰/۶۴ ns	۳۰/۹۳ ns	۰/۴۶**
خطا	۳۸	۳/۶۱	۴/۵۸	۱۳۴/۲۶	۰/۲۷	۶/۶۸	۸۲/۶۳	۲۱/۹۸	۰/۲۸
ضریب تغییرات	-	۲/۴۴	۱/۷۰	۱۲/۵۰	۹/۶۲	۹/۲۱	۲۰/۳۸	۱۰/۸۱	۹/۸۳

* 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 a	۱۲۷/۶ a	۹۷/۲ a	۶/۸ a	۲۶/۲ abc	۲۴/۱ b	۳/۸ bcd
۷	۷۶ efg	۱۲۷ ab	۸۵/۰۲ ab	۵/۷۲ bc	۲۸/۲ abc	۳۹/۹ a	۴/۳ abcd
۸	۷۵ fgh	۱۲۴ ab ab	۹۱/۴ a	۵/۴۳ bcd	۲۷/۴ abc	۴۶/۴ a	۳/۷ cd
۹	۷۵ fgh	۱۲۳/۶ ab	۶۴/۷ b	۵/۲۳ bcd	۲۷/۴ abc	۴۶/۲ a	۳/۸ bcd
۱۰	۷۵ 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 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 h	۱۲۵/۶ ab	۹۱/۷ a	۵/۷۲ bc	۲۹/۸ abc	۴۷/۶ a	۳/۵ d
۱۸	۸۲ 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 نمی‌باشند.

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

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		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	۳/۶ cdefg
۵	۸۰ c	۱۲۲/۳ abc	۱۰۳/۴ abcd	۶/۶ ab	۳۲/۸ abcde	۴۷/۳	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	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	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	۴/۱ abc
۲۰	۷۸ def	۱۲۱ abcde	۹۵/۲ bcdef	۵/۱ cdefg	۲۹/۵ de	۴۹/۴	۳/۷ bcdefg

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

شاخص های 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 شاخص های ارزیابی تحمل به خشکی لاین های مورد مطالعه در (جدول ۶) آمده است. بر اساس شاخص حساسیت به تنش (SSI) که مقادیر پائین عددی آن نشان دهنده تحمل بالاتر رقم نسبت به تنش می باشد چوکان و همکاران (۲۰۰۶)، لاین های 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 لاین های شماره ۱ و ۷ با میانگین عملکردهای ۳/۶۰ و ۳/۳۰ تن در هکتار به عنوان حساس ترین لاین ها شناخته شدند. در شاخص تحمل (TOL) نیز مقادیر عددی پائین، نشان دهنده تحمل نسبی ارقام می باشد؛ رتبه بندی لاین ها از نظر این شاخص نیز مشخص کرد که لاین های ۸، ۱۶ و ۱۴، لاین های متحمل می باشند (جدول ۶). برتری این سه لاین از نظر شاخص های TOL و SSI نه به دلیل تولید عملکرد مناسب در شرایط تنش، بلکه صرفاً به دلیل پائین بودن درصد تغییرات عملکرد، توسط این شاخص ها به عنوان متحمل ترین لاین ها به تنش معرفی شدند و از آنجائیکه پائین بودن درصد تغییرات به عنوان یک فاکتور مقاومت به تنش، بیشتر ارزش فیزیولوژیکی دارد تا زراعی، می توان نتیجه 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 گزارش های تقوایی و همکاران (۱۳۸۶) و Schnider و همکاران (۱۹۹۷) 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 لاین های ۸ و۱۶ به درستی صدق می کند.

نمودار سه بعدی پراکنش ژنوتیپ ها 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 بهره وری (GMP) که مقادیر با لای شاخص، نشان دهنده متحمل تر بودن ارقام می باشد، لاین های ۱۱،۱۳، ۱۵،۱۸ و ۱۹ به ترتیب با عملکردهای ۴/۳۰، ۴/۱۴، ۴/۲۳، ۳/۸۸ و ۴/۱۶ تن در هکتار به عنوان لاین های متحمل به تنش تعیین شدند (جدول ۶).

استفاده از شاخص بهره وری 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، لاین های 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 کاملا مطابقت دارد (احمدزاده، ۱۹۹۷). با استفاده از شاخص میانگین هارمونیک (HARM) که مقادیر بالای عددی آن نشان دهنده تحمل نسبی به تنش می باشد، لاین های ۱۱، ۱۳ و ۱۵ به عنوان لاین های 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 شاخص های تحمل به تنش و عملکرد دانه در دو محیط بدون تنش و تنش، شناسایی مناسبترین شاخص امکانپذیر می باشد نعیمی و همکاران، (۱۳۸۷). نتایج حاصل از بررسی همبستگی بین شاخص های ذکر شده و عملکرد دانه در شرایط آبیاری کامل و تنش در (جدول ۷) آمده است. عملکرد در شرایط تنش (Ys) با شاخص های HARM، STI، GMP و MP همبستگی مثبت و معنی داری در سطح احتمال یک درصد و با شاخص TOLوSSI ارتباط منفی و غیرمعنی داری داشت. عملکرد دانه در شرایط بدون تنش (Yp) با شاخص های MP، GMP، HARM و STI، همبستگی مثبت و معنی دار در سطح احتمال یک درصد و با شاخص های SSI و TOL، همبستگی معنی داری در سطح ۵ درصد نشان داد (جدول ۷). جمع بندی نتایج حاصل از بررسی همبستگی عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی انتهای فصل و بدون تنش با شاخص های تحمل به خشکی در این پژوهش نشان می دهد که شاخص های HARM، STI، GMP و MP بهترین شاخص ها برای گزینش و تعیین لاین های متحمل به تنش خشکی آخر فصل در بین لاین های جو می باشند. لاین های ۱۱، ۱۳، ۱۵، ۱۸ و ۱۹ نیز توسط شاخص های مختلف به عنوان متحمل ترین لاین ها به تنش خشکی آخر فصل شناسایی گردیدند.

سپاسگزاری

از موسسه تحقیقات اصلاح وتهیه نهال وبذر بخاطر تامین هزینه های پروژه و مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی بدلیل همکاری وتا مین امکانات تشکر می شود.

پاورقی ها

1- Stress Tolerance Index

2 -Mean Productivity

3 -Geometric Mean Productivity

4 -Stress Susceptibility Index

5 -Stress Tolerance

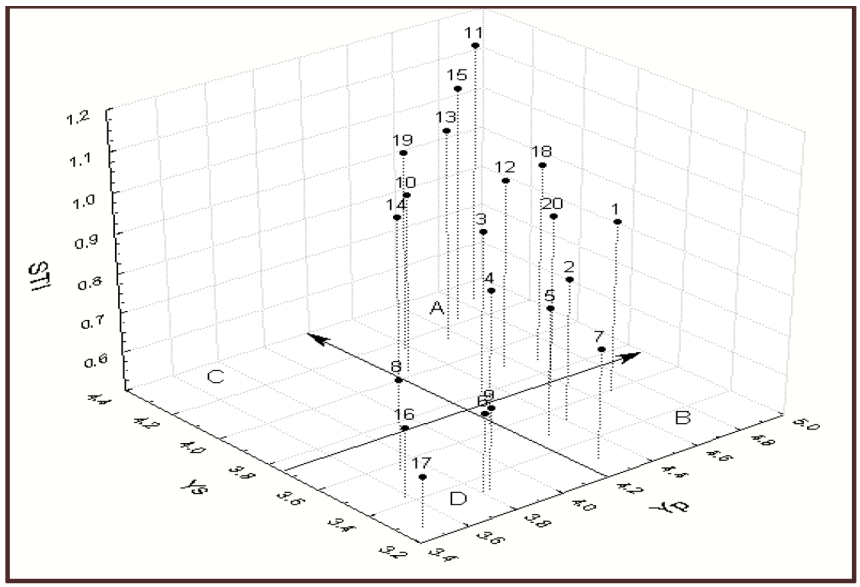
جدول ۶- شاخص های تحمل و حساسیت به خشکی ارقام و لاین های جو در آزمایش تحمل به خشکی انتهای فصل

ارقام و لاین ها	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 شاخص های تحمل و حساسیت به خشکی و عملکرد دانه در دو شرایط

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

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



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

منابع مورد استفاده

۱. 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.

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

۳. محمدی، ع.، مجیدی، ۱.، بی همتا، م.ر. و شریف آباد، ح. ۱۳۸۵. ارزیابی تنش خشکی بر روی خصوصیات زراعی مورفولوژیکی در تعدادی از ارقام گندم. پژوهش و سازندگی، ۷۳ (۳): ۱۹۲-۱۸۴.

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

5. 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.

6. Choukan, R., Taherkhani, T., Ghannadha, M.R. and Khodarahmi, M. 2006. Evaluation of drought tolerance in grain maize inbred lines using drought tolerance indices. *Iran. J. Agric. Sci,* 8(1): 79-89.

7. 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.

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

9. Golparyar, R., Ghanadha, M.R., Zali, A.A., Ahmadi, A., Harvan, E.M. and Ghasemi pirbalooti, A. 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.
10. Gooding, M.J., Ellis, R.H., Shewry, P.R. and Schofield, J.D. 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.
11. Moghaddam, A., and Hadizade, M.H. 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 (In Persian).
12. Passioura, J. 2007. The drought environment: Physical, biological and agricultural perspectives. *J. Exp. Bot,* 58: 113–117.
13. Pierre, C.S., Petersona, J., Rossa, A., Ohma, J., Verhoerena, M., Larsona, M. and Hoefera, B. 2008. White wheat grain quality changes with genotype, nitrogen fertilization, and water stress. *Agron. J,* 100: 414-420.
14. Rajaram. S. and 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 pub., Paris, France, pp: 579-604.
15. Rosielle, A.A. and Hamblin, J. 1987. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Sci,* 21: 943.946.
16. Sio-Se Mardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K., and Mohammadi, V. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditioning. *Field Crop Res*, 98: 222-229.
17. Schnider, K.A., Rosales-Serna, R., Ibarra-Perez, F., Cazares-Enriques, B., Acosta- Gallegos, J.A., Ramirez-Allejo, P., Wassimi, N., and Kelly, J.D. 1997. Improving common bean performance under drought stress. *Crop Sci*, 37: 43-50.
18. Trethowan, R.M. and Reynolds, M. 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.
19.
20.