نشریه علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد دهم، شماره ۱(۳۷)، بهار ۱۳۹۵، صفحه ۱۵۰-۱۳۹

ارزیابی لاین‌های هاپلوئید مضاعف شده جو (*Hordeum vulgare* L.) با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش کم‌آبی

سمیرا اقبالی[۱]، سعید اهری‌زاد[۲*]، مهرداد یارنیا[۳] و معروف خلیلی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۴/۷ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۴/۲/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۲۷

چکیده

به منظور شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش کم‌آبی، تعداد ۴۵ ژنوتیپ شامل ۴۰ لاین هاپلوئید مضاعف شده به همراه پنج رقم جو در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی در سال زراعی ۹۱-۹۰ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی آذربایجان غربی، شهرستان میاندوآب مورد آزمایش قرار گرفتند. اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه مشاهده شد که نشان‌دهنده وجود تنوع ژنتیکی بالا در بین ژنوتیپ‌ها می‌باشد. ژنوتیپ‌های ۳۵، ۲۴، ۲۱ و ۳ در هر دو شرایط آبیاری دارای بیشترین عملکرد دانه بودند. در این مطالعه عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی با استفاده از شاخص‌های تحمل از جمله میانگین بهره‌وری (MP)، شاخص تحمل (TOL)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، حساسیت به تنش (SSI) و تحمل تنش (STI)، ارزیابی شد. بر اساس مقادیر شاخص‌های SSI و TOL ژنوتیپ‌های ۱۳، ۱۶، ۱، ۱۹، ۸ و ۵ به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به تنش کم‌آبی شناخته شدند. ژنوتیپ‌های ۳، ۲۴ و ۳۵ بیشترین مقادیر شاخص‌های سه گانه STI، MP و GMP را داشتند. نتایج حاصل از بررسی همبستگی نشان داد که شاخص‌های STI، MP وGMP بهترین شاخص‌ها برای گزینش و تعیین ژنوتیپ‌های متحمل به تنش کم‌آبی در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی می‌باشند. با بررسی شاخص‌ها و اینکه ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در شرایط آبیاری عادی دارای حداقل کاهش عملکرد در شرایط تنش کم‌آبی باشند، ژنوتیپ‌های ۳، ۲۱، ۲۴ و ۳۵ به عنوان ژنوتیپ‌های برتر آزمایش معرفی شدند.

واژگان کلیدی: تنش کم‌آبی، جو، شاخص‌های تحمل به تنش.

۱- دانش‌آموخته‌ی کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
۲- استاد گروه به‌نژادی و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران (* نگارنده‌ی مسئول) s.aharizad@yahoo.com
۳- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
۴- استادیار دانشگاه پیام نور مهاباد، مهاباد، ایران

مقدمه

جو یکی از مهم‌ترین غلات در سطح جهان و دومین گیاه زراعی کشور است که حدود ۶۰ درصد آن به صورت دیم کاشته می‌شود. همچنین، در بسیاری از نقاط جهان به علت مقاومت در مقابل ناسازگاری‌های محیطی و نیز به دلیل نیاز کمتر رطوبت و تطابق با محیط کشت می‌شود (Behnia, 1994). این گیاه در مقایسه با ذرت و چاودار و نیز یولاف، احتیاج کمتری به آب دارد و نسبت به گرما مقاوم‌تر بوده (Noor Mohammadei, 2008) و به علت داشتن خصوصیاتی نظیر قابلیت سیلو در مرحله ظهور سنبله و پنجه‌زنی و استفاده از آن در صنایع غذایی در نظام‌های کم‌آب جهان از جمله ایران دارای جایگاه ویژه‌ای است (Eskandari, 2007).

خشکی یکی از مهم‌ترین تهدیدهای جهانی برای تولید مواد غذایی است. علاوه بر این تغییرات آب و هوا و افزایش جمعیت جهان ابعاد این مشکل را گسترده‌تر می‌نمایند. یکی از راه‌حل‌های این مشکل ایجاد ارقام جدید با تحمل بیشتر نسبت به تنش کم‌آبی است (Takeda and Matsuoka, 2008). با توجه به این‌که بخش زیادی از اراضی زیر کشت غلات در جهان و از جمله ایران در مناطق خشک و نیمه خشک قرار گرفته است، بنابراین به علت کمبود منابع آب و در نتیجه خشکی محیط عملکرد جو شدیدا کاهش می‌یابد. در مناطق خشک و نیمه خشک، میزان بارندگی کم (معمولا کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر) و توزیع آن از سالی به سال دیگر متغیر و بنابراین پیش بینی میزان و توزیع آن بسیار دشوار است. تحت چنین شرایطی به علت وجود (اثر متقابل ژنوتیب×محیط) عملکرد دانه نیز در سال‌های متوالی نوسانات فراوانی نشان می‌دهد (Ehdaei, 1993). عملکرد دانه در گیاهان مهم‌ترین صفت و افزایش آن هدف اصلی بوده و مورد توجه زیاد اصلاح کنندگان نباتات می‌باشد (Sattar *et al.*, 2003). در اغلب آزمایش‌ها برای گزینش مزرعه‌ای گیاهان زراعی فقط عملکرد دانه مد نظر قرار می‌گیرد در صورتی که برخی پژوهشگران معتقدند برای بازدهی بیشتر در اصلاح ارقام سازگار و برتر در مناطق خشک و نیمه خشک باید شاخص‌هایی را که در شناسایی پایداری ارقام در شرایط تنش خشکی موثرند، شناخت و آن‌ها را علاوه بر عملکرد دانه به عنوان معیارهای انتخاب مورد استفاده قرار داد. در این راستا قابل ذکر است که عملکرد دانه تابع شرایط متعددی نظیر تاریخ کاشت، تراکم، مقدار کود، آبیاری، تیپ رشد، شرایط خاک و آب و هوا است. تغییر در این شرایط، با توجه به اینکه مبنای محاسبه شاخص‌ها، نسبت عملکرد در شرایط تنش کم‌آبی و عادی می‌باشد، مشکل چندانی در انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم و حساس از طریق شاخص‌ها ایجاد نمی‌کند. (Araus *et al.*, 2002; Abdolshahei *et al.*, 2010).

این تحقیق به منظور شناسایی ژنوتیپ‌های جو با عملکرد بالا در دو شرایط تنش کم‌آبی و آبیاری عادی انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش حاضر در سال زراعی ۱۳۹۱-۱۳۹۰ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی آذربایجان غربی، شهرستان میاندوآب اجرا گردید. طول و عرض جغرافیایی محل اجرای آزمایش به ترتیب °۴۶ و '۹ و °۳۶ و '۵۸ و ارتفاع از سطح دریا ۱۳۷۱ متر بود. این منطقه از نظر تقسیمات آب و هوایی کشور دارای رژیم دمایی مزیک (متوسط دمای سالیانه خاک بین ۸ تا ۱۵ درجه سلسیوس) و رژیم دمایی زریک (نیمه خشک) می‌باشد. در این پژوهش ۴۰ لاین هاپلوئید مضاعف شده جو به همراه دو رقم والدینی Morex (متحمل به تنش کم‌آبی، مقاوم به بیماری باکتریایی برگ با عملکرد متوسط) و Steptoe (حساس به تنش کم‌آبی، حساس به بیماری باکتریایی برگ با عملکرد

بالا) و سه رقم نومار، تروپی و WB-7910 به‌عنوان شاهد و در مجموع ۴۵ ژنوتیپ در دو شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی به طور مجزا مورد بررسی قرار گرفتند. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در هر دو شرایط، آبیاری عادی (۹۰ میلی لیتر تبخیر از طشتک کلاس A) و تنش کم‌آبی (۱۸۰ میلی لیتر از طشتک کلاسA) پیاده گردید. هر ژنوتیپ در کرت‌های دو ردیفی به طول ۲/۵ متر و فاصله بین ردیف ۲۰ سانتی‌متر کشت گردید.

پس از رسیدن و برداشت محصول، کل عملکرد دانه هر واحد آزمایشی اندازه‌گیری و بر حسب گرم در متر مربع یادداشت گردید. تجزیه واریانس مرکب داده‌ها پس از آزمون برقراری مفروضات انجام شد. میانگین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه در دو شرایط آبیاری به طور مجزا و با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ مقایسه گردید. شاخص‌های SSI، TOL، MP، GMP و STI بر اساس عملکرد دانه برآورد گردید. در نهایت ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه و شاخص‌ها محاسبه شد. برای تجزیه داده‌ها و رسم نمودارها از نرم افزارهای SPSS، MSTATC و EXCEL استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب در دو شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی نشان داد که بین دو شرایط مورد آزمایش از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۱) که با ملاحظه میانگین‌های مربوطه نشان از کاهش ارزش این صفت در همه ژنوتیپ‌ها در اثر تنش کم‌آبی داشت (جدول۲). اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه وجود داشت که نشان از وجود تنوع ژنتیکی بالا در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی است. اثر متقابل ژنوتیپ × شرایط آبیاری معنی‌دار بود که بیانگر عدم واکنش مشابه ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه در شرایط مختلف آبیاری بود.

مقادیر مربوط به شاخص‌های مقاومت به خشکی TOL، MP، SSI و GMP و عملکرد دانه در شرایط آبیاری عادی (Y_p) و شرایط تنش کم‌آبی (Y_s) برای هر ژنوتیپ در جدول ۲ آمده است. نتایج مقایسه میانگین از نظر عملکرد دانه در شرایط آبیاری عادی نشان داد که ژنوتیپ‌های ۳۵، ۲۴، ۲۱، ۳ و ۱۱ بیشترین میزان عملکرد را دارند که حتی از والد پر محصول Steptoe و نیز ارقام شاهد، عملکرد بیشتری داشتند. در شرایط تنش کم‌آبی ژنوتیپ ۱۳ با بیشترین عملکرد با ژنوتیپ‌های ۳، ۲۱، ۲۴ و ۳۵ اختلافی نداشت. علاوه بر این، تعدادی از ژنوتیپ‌های دیگر به همراه رقم MOREX نیز در گروه ژنوتیپ‌های پر محصول قرار داشتند.

بر اساس شاخص SSI که مقادیر پایین عددی آن نشان‌دهنده تحمل بالاتر رقم نسبت به تنش می‌باشد، ژنوتیپ‌های ۱۳، ۱۶، ۱، ۱۹، ۸، ۵، ۱۰ و رقم MOREX به‌ترتیب به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به تنش شناخته شدند. ارزیابی ژنوتیپ‌ها با استفاده از شاخص SSI، مواد آزمایشی را فقط بر اساس مقاومت و حساسیت به تنش دسته بندی می‌کند و به عبارت دیگر با استفاده از این شاخص می‌توان ژنوتیپ‌های حساس و متحمل به تنش را بدون توجه به پتانسیل عملکرد آن‌ها مشخص نمود (Naderei *et al.*, 2000). مشاهدات فوق بیانگر این حقیقت است که این ژنوتیپ‌ها نه به دلیل تولید عملکرد مناسب در شرایط تنش کم‌آبی، بلکه به علت پایین بودن درصد تغییر عملکرد، توسط این شاخص به عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها به تنش کم‌آبی شناسایی شدند. به گزارش شیری و همکاران (Shiri *et al.*, 2010). استفاده از شاخص SSI برای انتخاب ارقام متحمل یعنی با تغییرات کمتر عملکرد ولی احتمالاً کم بازده در هر دو

شرایط است. بنابراین، بهتر است از شاخص SSI برای حذف ارقام حساس، نه برای انتخاب ارقام متحمل به تنش استفاده کرد. قابل ذکر است که در پژوهش حاضر تعدادی از ژنوتیپ‌های متحمل از نظر شاخص SSI عملکرد بالایی در شرایط تنش داشتند. در شاخص TOL نیز مقادیر عددی پایین، نشان‌دهنده تحمل نسبی ارقام می‌باشد. رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها از نظر این شاخص مشخص کرد که ژنوتیپ‌های ۱۳، ۱، ۱۶، ۱۹، ۵ و ۸ به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل می‌باشند. انتخاب بر اساس شاخص TOL گاهاً موجب انتخاب ژنوتیپ‌های می‌شود که در شرایط آبیاری عادی عملکرد پایینی دارند (Rosiele and Hambelin, 1984). در این پژوهش نتایج دو شاخص SSI و TOL یکسان به دست آمد. از نظر شاخص‌های STI، GMP و MP که مقادیر بالای آنها، نشان‌دهنده متحمل بودن ارقام می‌باشد، ژنوتیپ‌های ۳۵، ۳، ۲۹، ۲۴، ۳۰، ۶، ۱۳، ۲۱، ۱۱، ۳۹ و ۱۵ به‌ترتیب به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به تنش تعیین شدند. استفاده از شاخص MP اغلب منجر به گزینش ارقامی با عملکرد بالا در شرایط آبیاری عادی ولی کم تحمل به شرایط تنش می‌گردد (Rosiele and Hambelin, 1984). در این پژوهش نتایج سه شاخص STI، MP و GMP یکسان به دست آمد. نتایج به‌دست آمده در این پژوهش برای سه شاخص STI، MP و GMP با یافته‌های اکثر محققین مطابقت دارد (Wisei *et al.*, 2010; Pedram and Eyvazi, 2011).

بر اساس روش فرناندز (Fernandes, 1992) ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در چهار گروه A، B، C و D گروه‌بندی شدند (جدول ۳ و نمودار۱). گروه A شامل ۱۶ ژنوتیپ بود که ژنوتیپ‌های ۳، ۲۴ و ۳۵ بیشترین مقادیر شاخص‌های سه گانه STI، MP و GMP را داشتند. از طرفی این ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی عملکرد بالایی را به خود اختصاص دادند. گروه‌های B، C و D به‌ترتیب ۶، ۱۰ و ۱۳ ژنوتیپ را شامل شدند.

مناسب‌ترین شاخص برای گزینش ارقام متحمل به تنش کم‌آبی، شاخصی است که دارای همبستگی بالایی با عملکرد دانه در هر دو شرایط آبیاری عادی و تنش باشد، بنابراین با ارزیابی میزان همبستگی بین شاخص‌های تحمل به تنش کم‌آبی و عملکرد دانه در دو شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی، شناسایی مناسب‌ترین شاخص امکان‌پذیر می‌باشد (Naeemi *et al.*, 2008). ضرایب همبستگی شاخص‌های ارزیابی تحمل ژنوتیپ‌ها با یکدیگر و با عملکرد در شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی (جدول۴) نشان داد که هیچ یک از شاخص‌های SSI و TOL با شاخص‌های STI، MP وGMP همبستگی معنی‌داری ندارند. این امر علت عدم تطابق بین نتایج این دو دسته شاخص را برای معرفی ژنوتیپ‌های متحمل توجیه می‌کند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تنها نتایج به دست آمده از یکی از این دو دسته شاخص از نظر شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل باید دارای اعتبار کافی باشد.

بر اساس نتایج حاصل دو شاخص SSI و TOL همبستگی منفی و نه چندان قوی با عملکرد دانه در شرایط تنش کم‌آبی داشتند. البته بین این دو شاخص همبستگی مثبت و معنی‌داری (r=۰/۹۶۲) وجود داشت. در اصلاح نباتات، یافتن یک شاخص مطلوب با همبستگی بالا با عملکرد دانه در شرایط تنش کم‌آبی دارای اهمیت است، تا بتوان به کمک آن ژنوتیپ‌های مطلوب را برای شرایط تنش گزینش نمود (Fernandez *et al.*, 1996; Blum, 2001 and Naeemi *et al.*, 2008). بنابراین، استفاده از این شاخص‌ها در شرایط آزمایش حاضر نمی‌تواند معیار خوبی برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل باشد. در عوض شاخص‌های MP، GMP و STI همگی با عملکرد دانه در هر دو شرایط آبیاری عادی و تنش

کم‌آبی همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری داشتند. از سوی دیگر سه شاخص با هم نیز همبستگی بسیار بالایی را نشان دادند. بیشترین همبستگی معنی‌دار بین دو شاخص STI و GMP (r=۰/۹۹۷) مشاهده شد. با توجه به نتایج حاصل، برای گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط تنش کم‌آبی، شاخص‌های STI، GMP و MP از اولویت بیشتری برخوردار هستند.

گل‌آبادی و همکاران (Golabadi *et al.*, 2006) با ارزیابی ۱۵۱ خانواده F_3 و F_4 گندم دوروم در شرایط تنش بعد از گلدهی و بدون تنش کم‌آبی گزارش کردند که شاخص‌های STI، MP و GMP با عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار و شاخص‌های SSI و TOL دارای همبستگی منفی و معنی‌دار با عملکرد در شرایط تنش هستند، بنابراین برای شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به کم‌آبی می‌توان بر اساس مقادیر بالای شاخص‌های STI، MP و GMP و مقادیر پایین شاخص‌های SSI و TOL اقدام کرد، که این نتایج با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. طالبی و همکاران (Talebei *et al.*, 2008) و صادق زاده اهری (Sadeghzadeh Aharei, 2006) نیز در مطالعه بر روی لاین‌های گندم دوروم شاخص‌های GMP، MP و STI را به عنوان شاخص‌های مطلوب انتخاب نمودند. خاقانی و همکاران (Khaghanei *et al.*, 2008) نیز گزارش کردند شاخص‌های GMP، STI و MP دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد می‌باشند. جهت گزینش قابل اعتمادتر ژنوتیپ‌های متحمل به تنش کم‌آبی، ارزیابی چند ساله آن‌ها توصیه می‌شود.

نتیجه‌گیری کلی

جمع‌بندی نتایج حاصل از بررسی عملکرد دانه در دو شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی نشان داد که لاین‌های ۳، ۲۱، ۲۴ و ۳۵ متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها به تنش کم‌آبی بوده و به‌عنوان لاین‌های برتر از نظر عملکرد دانه شناسایی شدند. در ضمن شاخص‌های MP، GMP و STI بهترین شاخص برای گزینش و تعیین ژنوتیپ‌های متحمل به تنش کم‌آبی بودند.

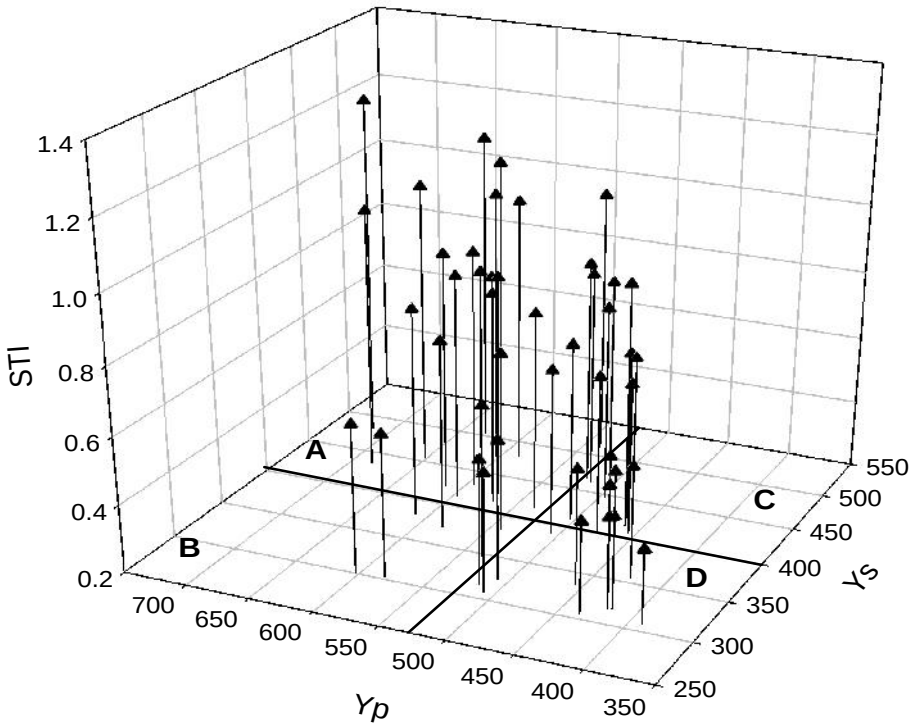
جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه در شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی درژنوتیپ‌های مورد مطالعه جو

Table1- Combined analysis of variance for grain yield in studied genotypes of barley in normal irrigation and water deficit stress

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS
شرایط آبیاری Irrigtation Condition(I)	1	1210962.23**
شرایط / تکرار Replication/(I)	4	16948.09
ژنوتیپ Genotype	44	21910.17**
ژنوتیپ × شرایط Genotype×(I)	44	6751.33**
خطا Erorr	176	2472.81
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)		10.67

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

** significant at 1% probability level



شکل ۱- گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه جو بر اساس شاخص STI

Figure 1- Grouping of studied barley genotypes based on STI index

جدول ۲- مقادیر عملکرد دانه و شاخص‌های تحمل به تنش کم‌آبی در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه جو

Table 2 - Values of grain yield and stress tolerance indices in studied genotypes of barley

ژنوتیپ Genotype	STI	SSI	GMP	MP	TOL	Y_s (g/m^2)	Y_p (g/m^2)
1	0.69	0.32	443.35	443.74	37.36	425.06^{a-i}	462.417^{i-m}
2	0.67	0.63	436.8	438.43	75.53	400.667^{c-m}	476.193^{h-m}
3	1.12	0.8	563.99	567.54	126.83	504.127^{ab}	630.953^{a-d}
4	0.53	0.65	388.84	390.41	69.78	355.517^{g-n}	425.293^{k-m}
5	0.65	0.42	430.61	431.29	48.35	407.11^{b-l}	455.46^{i-m}
6	0.99	0.73	530.87	533.57	107.13	480.007^{a-e}	587.133^{b-g}
7	0.54	1.04	391.55	396.07	119.38	336.383^{i-n}	455.46^{i-m}
8	0.78	0.4	469.89	470.54	49.67	445.71^{a-h}	495.377^{g-l}
9	0.51	0.88	381.22	384.2	95.41	336.49^{i-n}	431.9^{k-m}
10	0.84	0.42	488.95	489.71	54.58	462.423^{a-f}	517^{e-l}
11	0.92	1.35	510.34	521.25	212.16	415.167^{b-k}	627.33^{a-d}
12	0.53	0.8	387.35	389.81	87.28	346.163^{h-n}	433.447^{k-m}
13	0.98	0.17	527.76	527.88	22.36	516.7^{a}	539.063^{c-j}
14	0.86	1.01	493.34	498.63	144.9	426.183^{a-i}	571.08^{b-h}
15	0.91	1.09	507.08	513.54	162.42	432.333^{a-i}	594.75^{b-g}
16	0.82	0.3	484	484.36	37.46	465.633^{a-f}	503.09^{f-l}
17	0.73	1.17	454.68	461.62	159.45	381.89^{e-n}	541.34^{c-i}
18	0.83	1.07	486.36	492.37	153.4	415.67^{b-j}	569.073^{b-h}
19	0.7	0.35	445.5	445.98	41.29	425.33^{a-i}	466.62^{i-m}
20	0.73	0.73	454.38	456.74	92.61	410.43^{b-l}	503.04^{f-l}
21	0.98	1.27	526.72	536.46	203.53	434.693^{a-i}	638.223^{a-c}
22	0.86	1.04	494.16	499.86	150.64	424.543^{a-i}	575.183^{b-g}
23	0.76	1.44	464.74	476.48	210.21	371.37^{f-n}	581.58^{b-g}
24	1.04	1.2	543.28	552.14	196.97	453.65^{a-g}	650.62^{ab}
25	0.61	1.3	417.06	425.19	165.49	342.443^{i-n}	507.937^{f-l}
26	0.55	0.79	395/74	398.15	87.49	354.407^{g-n}	441.893^{j-m}
27	0.69	0.92	444.28	448.1	116.77	389.717^{d-n}	506.483^{f-l}
28	0.47	1.18	364.5	370.19	129.3	305.537^{mn}	434.837^{k-m}
29	1.07	0.76	550.25	553.35	116.89	494.9^{a-c}	611.793^{b-e}
30	1.01	0.85	534.95	538.77	128.21	474.667^{a-e}	602.88^{b-f}
31	0.87	1.08	498.33	504.64	159.12	425.08^{a-i}	584.197^{b-g}
32	0.62	1.91	419.41	441.96	278.71	302.6^{mn}	581.31^{b-g}
33	0.82	1.49	482.01	495.4	228.79	381.007^{e-n}	609.8^{b-e}
34	0.47	0.99	364.76	368.47	104.31	$^{k-n}$316.313	420.62^{lm}
35	1.22	1.3	587.88	599.33	233.16	482.75^{a-d}	715.91^{a}
36	0.55	1.57	395.53	408.01	200.25	^{mn}307.88	508.13^{f-l}
37	0.47	0.95	364.56	367.98	100.1	$^{j-n}$317.93	418.027^{lm}
38	0.42	0.85	346.32	348.79	82.92	^{mn}307.33	390.25^{m}
39	0.91	1.23	508.77	517.54	189.73	$^{a-i}$422.677	612.41^{b-e}
40	0.65	1.4	429.95	440.01	187.12	$^{h-n}$346.447	533.57^{d-j}
Morex	0.86	0.42	493.89	496.67	55.33	$^{a-f}$467	522.333^{e-k}
Stepto	0.64	2	424.89	450.95	302.11	299.89^{n}	602^{b-f}
نومار	0.57	1.55	402.4	414.72	200.66	314.393^{l-n}	515.053^{e-l}
WB-7910	0.87	1.22	496.61	505	183.33	413.333^{b-l}	596.667^{b-f}
تروپی	0.79	0.88	472.57	476.3	118.86	416.863^{b-j}	535.727^{d-j}

Y_p و Y_s به ترتیب عملکرد دانه در شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی

Yp and Ys, respectively, grain yield under normal irrigation and drought stress

جدول ۳- گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه جو براساس شاخص STI (فرناندز، ۱۹۹۲)

Table 3- Grouping of studied barley genotypes based on index STI (Fernandez, 1992)

Group گروه	A	B	C	D
ژنوتیپ Genotype	3, 6, 13, 14, 15, 18, 21, 22, 24, 29, 30, 31, ,35, 39, WB-7910, ترویی	17, 23, 32, 33, 40, Steptoe	1, 2, 5, 8, 10, 11, 16, 19, 20, Morex	4, 7, 9, 12, 25, 26, 27, 28, 34, ,36, 37, 38, نومار

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه جو

Table 4- Correlation coefficient between indices of drought tolerance and grain yield in barley genotypes

	Y_p	Y_s	TOL	MP	GMP	SSI
Y_s	0.541 **					
TOL	0.637 **	-0.304*				
MP	0.904**	0.849**	0.246			
GMP	0.836 **	0.891**	0.16	0.996**		
SSI	0.416 **	-0.536**	0.962**	-0.012	-0.097	
STI	0.803**	0.886**	0.166	0.993**	0.997**	-0.09

Y_p و Y_s به ترتیب عملکرد دانه در شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی

Yp and Ys, grain yield under normal irrigation and water stress conditions, respectively

*و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

* and ** significant at the 5% and 1% probability level, respectively

References منابع مورد استفاده

- Abdolshahei, R., M. Amirei, A.R. Talaei, and B. Yazdei Samadei. 2010. Evaluation of drought tolerance in wheat. *Electronic Journal of Crop Production*. 3(1): 159-171. (In Persian).
- Araus, J.L., G.A. Slafer, M.P. Reynolds, and C. Royo. 2002. Plant breeding and drought in C_3 cereals: What should we breed for? *Annual Botany.* 89: 925-940.
- Behnia, M.R. 1994. Cold cereal. 1st ed. Tehran University Press. 644 pp. (In Persian).
- Blum, A. 2001**.** Wheat cellular thermo tolerance is related to yield under heat stress. *Euphytica*. 117: 117-123.
- Ehdaei, B. 1993. Selection for drought resistance in wheat. Proceeding of the First Iranian Congress of Crop Sciences. 6–9 Sep. Tehran University. Karaj, Iran. (In Persian).
- Eskandari, A. 2007. Check the planting depth, seed yield of three barley genotypes in Maragheh region. *Seed and Plant Journal*. 23: 144-133. (In Persian).
- Fernandez, C.I. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Proceeding of the International Symposium, Taiwan, 13-16 Aug. pp: 257-270.
- Fernandez, C.J., K.J. Mclnnes, and T.J. Cothren. 1996. Water status and leafarea production in water and nitrogen stress cotton. *Crop Science*. 36: 1224-1233.
- Golabadi, M., A. Arzani, and S.A.M. Mirmohamadi Maibody. 2006. Assessment of drought tolerance in segregation population durum wheat. *African Journal of Agricultural Research*. 1: 162-171.
- Khaghani, S., M.R. Bihamta, and F. Rahim. 2008**.** Study of qualitative and quantitative traits in White bean. *Asian Journal of Plant Science*. 7: 563-568. (In Persian).
- Naderei, A., A. Majidei Heravan, A. Hashemei Dezfolei, A. Rezaei, and Gh. Nourmohammadi. 2000. Productivity analysis of indicators of drought tolerance in crops and introduce a new index. *Journal of Seed and Plant*. 4: 390-402. (In Persian).
- Naeemi, M., Gh.A. Akbari, A.H. Shirani Rad, S.A.M. Modares Sanavi, S.A. Sadat Nuri, and H. Jabari. 2008. Evaluation of drought tolerance in different canola cultivars based on stress evaluation indices in terminal growth duration. *Electronic Journal of Crop Production*. 1: 83-98. (In Persian).
- Noor Mohammadi, Gh., S.A. Siadat, and A. Kashani. 2008. Agronomy. Vol. 1 (Cereal). (8th ed.). Shahid Chamran University. Iran. Press. 446 pp. (In Persian).
- Pedram, A., and A. Eyvazi. 2011. Effects of drought on grain yield of barley genotypes temper. *Journal of Research in Agricultural Science*. 13:65-7. (In Persian).
- Rosiele, A.A., and J. Hamblin. 1984. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. *Crop Science*. 21: 943-946.

- Sadegh Zadeh Ahari, D. 2006. Evaluation for tolerance to drought stress in dry land promising durum wheat genotypes. *Iranian Journal of Crop Science*. 8: 30-45. (In Persian).
- Sattar, A., M.A. Chowdhry, and M. Kashif. 2003. Estimation of heritability and genetic grain of some metric traits in six hybrids populations of spring wheat. *Asian Journal of Plant Science*. 2: 495-497. (In Persian).
- Shiri, M., R.T. Aliyev, and R. Choukan. 2010. Water stress effects on combining ability and gene action of yield and genetic properties of drought tolerance indices in maize. *Research Journal of Environmental Sciences*. 4: 75- 82. (In Persian).
- Takeda. S., and M. Matsuoka. 2008. Genetic approaches to crop improvement: responding to environmental and population change. *Nature*. 9: 444-457.
- Talebi, R., F. Fayaz, and A. Mohammad-Naji. 2009. Effective selection criteria for assessing drought stress tolerance in durum wheat (*Tritcum. aestivum*. L). *Plant Physiology*. 35: 64-74. (In Persian).
- Wisei, A., R. Hagh Parast, M. Aghaei, A. Farshadfar, and R. Rajabei. 2010. Evaluation of drought tolerance in barley genotypes (*Hordeum vulgare* L.) using physiological characteristics and indicators of drought tolerance. *Journal of Seed and Plant*. 1: 43-60 . (In Persian).

Evaluating of Drought Tolerance of Doubled Haploid Barley (*Hordeum vulgare* L.) Lines using Toleance Indices

Samira Eghbali[1], Saeid Aharizad[2*], Mehrdad Yarnia[3], and Maarof khalili[4]

Received: June 2014, Revised: 20 May 2015, Accepted: 16 February 2016

Abstract

To identify drought tolerant genotypes from 40 doubled haploid and 5 barley cultivars an experiment in a randomized complete block design with three replications was conducted both at normal irrigation and water deficit stress conditions at the Agricultural Research Station of West Azarbayjan, at Miyandoab during 1390-91 crop years. A significant difference was observed among the genotypes concering grain yield, which indicates a high genetic diversity for this trait among genotypes under study. Genotypes No. 35, 24, 21 and 3 were highest yielders in both irrigation conditions. In this study, during tolerance of genotypes under both stress and normal irrigation conditions, were evaluated by using mean productivity (MP), tolerance (TOL), geometric mean productivity (GMP), stress susceptibility (SSI), and stress tolerance (STI) indices. According SSI and TOL indices genotypes 13, 16, 1, 19, 8 and 5 were identified as tolerant genotypes to water stress. Genotypes 3, 24 and 35 were found to have highest STI, MP and GMP indices. Correlation coefficients indicated that STI, MP and GMP were the best indices to select barley tolerant genotypes to water deficit stress in this study. It was also revealed that genotypes 3, 21, 24 and 35 which were highest yielders under normal irrigation and did have the least reduction in their yield under deficit irrigation. Thus, they can be recommended to the experimental site as the top producers.

Key words: Barley**,** Drought stress, Stress tolerances indices.

1- Former M.Sc. Student in Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
2- Professor, Department of Plant Breeding & Biotechnology, Faculty of agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
3- Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of agriculture, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
4- Assistant Prof., Payam-e- Nour University of Mahabad, Mahabad, Iran.
* *Corresponding Author: s.aharizad@yahoo.com*