مجله پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد هفدهم، شماره اول، ۱۳۸۹
www.gau.ac.ir/journals

ارزیابی تحمل دوازده ژنوتیپ اصلاح‌شده جو در برابر تنش خشکی در شرایط خشک و گرم

بهروز واعظی[۱] و *اسداله احمدی‌خواه[۲]

[۱]مربی پژوهشی مؤسسه تحقیقات دیم، گچساران، استان کهگیلویه و بویراحمد،
[۲]استادیار گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۸۸/۹/۱۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۹/۷/۵

چکیده

تنش خشکی ناشی از کم‌آبی و گرمای آخر دوره رشد، از مشکلات مهم در کشاورزی به‌شمار رفته و یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش عملکرد گیاهان زراعی می‌باشد. به‌منظور بررسی میزان تحمل جو به تنش خشکی، ۱۲ ژنوتیپ اصلاح‌شده جو در منطقه نیمه‌گرمسیر گچساران در دو شرایط آبی و دیم در دو سال زراعی ۱۳۸٦-۱۳۸٤ در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که در شرایط دیم، تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر تمامی خصوصیات اندازه‌گیری شده دچار کاهش نسبی گردیدند. بیش‌ترین کاهش عملکرد مربوط به ژنوتیپ‌های شماره ۵ و ۸ (به‌ترتیب با ۲/٦۰ و ۱/٦۸ تن در هکتار کاهش عملکرد) بود، در حالی‌که ژنوتیپ شماره ۱۰ کم‌ترین تأثیر (۰/۷۷ تن در هکتار کاهش عملکرد) را از شرایط دیم پذیرفت. تجزیه همبستگی نشان داد که عملکرد در شرایط آبی با عملکرد در شرایط دیم، ۰/٦۲۲ همبستگی دارد که بیانگر مفید بودن انجام گزینش برای عملکرد در شرایط مساعد (YP) و تأثیر مثبت آن بر عملکرد در شرایط تنش (YS) می‌باشد. مقایسه شاخص‌های مختلف ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی نشان داد که میان نتایج به‌دست آمده از گروه شاخص‌های ارزیابی حساسیت به خشکی با گروه شاخص‌های ارزیابی

* مسئول مکاتبه: ahmadikhah_a@gau.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

تحمل به خشکی تطابقی وجود ندارد؛ به‌طوری‌که از نظر شاخص‌های سه‌گانه ارزیابی حساسیت به خشکی، شامل تحمل، افت محصول‌دهی و شاخص حساسیت به تنش، ژنوتیپ‌های شماره ۱۰، ۹ و ٤ دارای کم‌ترین حساسیت در برابر خشکی بودند، اما از نظر شاخص‌های چهارگانه ارزیابی تحمل خشکی، شامل میانگین محصول‌دهی، تحمل به تنش، میانگین هندسی محصول‌دهی و میانگین هارمونیک، ژنوتیپ‌های شماره ٥، ٦ و ۱۱ به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی شناخته شدند. برای انتخاب و معرفی بهترین معیار(های) تحمل به خشکی، همبستگی هر یک از شاخص‌های فوق با عملکرد تحت شرایط مساعد و تنش محاسبه گردید. نتایج این تجزیه نشان داد که هیچ‌یک از شاخص‌های سه‌گانه حساسیت به خشکی (شامل TOL، LOS و SSI)، در شرایط دیم با عملکرد دانه همبستگی معنی‌داری نداشتند، این در حالی است که شاخص‌های ارزیابی تحمل به خشکی (شامل MP، STI، GMP و HAR) در هر دو شرایط آبی و دیم با عملکرد همبستگی بسیار معنی‌داری داشتند. بنابراین، استفاده از این چهار شاخص برای ارزیابی تحمل خشکی در برنامه‌های اصلاحی می‌تواند مفیدتر باشد.

واژه‌های کلیدی: جو، شرایط دیم، تنش خشکی، ژنوتیپ‌های پیشرفته

مقدمه

امروزه یک سوم زمین‌های زراعی دنیا با کمبود آب مواجه است و انتظار می‌رود این نسبت تا سال ۲۰۲۵ به‌حدود دو سوم برسد (آنان، ۲۰۰۱). با وجود این‌که آب فراوان‌ترین ماده در سطح زمین است، اما محدودیت در دسترسی به آن موجب کاهش تولید محصولات کشاورزی می‌شود (پاسپیسیلووا و همکاران، ۲۰۰۰). به‌دلیل کمبود منابع آبی، استفاده مؤثر از هر واحد حجم آب[1] در تولید محصول ضروری به‌نظر می‌رسد. میزان بارندگی و پراکنش نامطلوب آن در اراضی گرمسیری و نیمه‌گرمسیری موجب شده تا تنش‌های خشکی و گرما به‌عنوان مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید محصولات زراعی در این مناطق عمل نمایند (سارانگا و همکاران، ۲۰۰۱). تنش خشکی مهم‌ترین تنگنای محیطی است که تولید محصول را در نواحی مختلف دنیا از جمله ایران تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. وقوع خشکی اغلب با دمای بالا نیز همراه است که موجب افزایش تبخیر و تعرق می‌شود و از این‌رو، اثرات زیان‌بار

1- Water Volume Unit

Archive of SID

www.SID.ir

بیش‌تری را به دنبال دارد. حدود ۵۰ درصد از زراعت محصولات مختلف در ایران به‌خاطر کمبـود آب و توزیع نامناسب بارندگی به‌صورت دیم و در نواحی کم‌باران و نیمه‌خشک صورت می‌گیرد (صباغ‌پور و همکاران، ۲۰۰٦).

تنش خشکی بر مقدار آب برگ، فتوسنتز و کارآیی مصرف آب تأثیر می‌گذارد (اِگیلا و همکـاران، ۲۰۰۵). کمبود آب در مراحل مختلف رشد، فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه را تا مرحلـه تـشکیل و پـر شدن دانه محدود و عملکرد دانه را کاهش می‌دهد (هوم، ۲۰۰۰). اما، در صورتی‌که گیاه در دوره رشد زایشی با تنش خشکی مواجه شود، نسبت به دوره رشد رویشی بیش‌تر تحت‌تأثیر قرار می‌گیرد (گـو و همکاران، ۲۰۰۷).

جو با نام علمـی *Hordeum vulgar* L. گیـاهی زراعـی و دیپلوئیـد بـا ۲n=۲x=۱٤ کرومـوزوم می‌باشد. جو یکی از مهم‌ترین و قدیمی‌ترین گیاهان زراعی است که بیش‌تـرین سـازش را نـسبت بـه دیگر گیاهان زراعی در برابر خشکی و در مقایسه با سایر غلات بیش‌ترین مقاومت را به خشکی نشان می‌دهد (هارلن، ۱۹٦۸؛ تاکاهاشی، ۱۹۷۲؛ راسموسون، ۱۹۸۵؛ بوتمر و همکـاران، ۱۹۹۱). جـو بـرای تولید محصول اقتصادی در مقایسه با گندم به آب کم‌تری نیاز دارد و در مناطقی بـا حـداقل بارنـدگی، یعنی از ۲۰۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر به‌عمل می‌آید. بنابراین، جو گیاهی تا حدودی مقاوم به خشکی است که نسبت به شرایط آب و هوایی مختلف سازگاری دارد (دوفینگ و همکاران، ۱۹۹۲؛ ساماراه، ۲۰۰۵).

گروهی از به‌نژادگران گیاهی، عملکرد و پایداری آن را در شرایط تنش، به‌عنوان شاخص گزینش ارقام مقاوم پیشنهاد کرده‌اند، البته باید در نظر داشت که عملکرد بالا در شرایط تنش، به تنهایی نمی‌تواند بیانگر مقاومت به خشکی یک ژنوتیپ باشد، زیرا جنبه فرار از خشکی و یا توانایی ژنوتیپی نیز باید مورد توجه قرار گیرد (فرناندز و همکاران، ۱۹۹٦؛ وانجورا و آپچارچ، ۲۰۰۲).

به عقیده برخی محققان، گزینش برای عملکرد بالا تحت شرایط بدون تنش می‌تواند باعث بهبود عملکرد گیاهان در شرایط تنش شود (فرناندز و همکاران، ۱۹۹٦؛ دنسیچ و همکاران، ۱۹۹٦؛ بلوم، ۱۹۸۸؛ بلوم، ۲۰۰۱)، اما برعکس، گزینش برای تحمل در شرایط تنش غالباً به کاهش عملکرد گیاهان به هنگام کاشت در شرایط بدون تنش منجر می‌شود (اورتیز و همکاران، ۲۰۰۱). در مواردی، گزینش در شرایط بدون تنش برای عملکرد بالا تا حدودی توانست به‌طور غیرمستقیم موجب افزایش عملکرد در شرایط تنش خشکی شود (کاتی‌ولی و همکاران، ۲۰۰۸) که نمونه بارز آن آزادسازی رقم جو

Archive of SID

www.SID.ir

گرافیک بود که برای شرایط آبی اصلاح شد، ولی در شرایط کم‌آبی اکثر نواحی مدیترانه‌ای اروپا نیز دارای عملکرد و پایداری بالایی بود (تامبوسی و همکاران، ۲۰۰۵).

گزارش‌ها نشان می‌دهد که در دیم‌زارهای نیمه‌گرمسیری کشور، خشکی و گرمای انتهای دوره رشد سبب کاهش طول دوره رشد و اختلال در فتوسنتز و جریان انتقال مجدد مواد فتوسنتزی و در نهایت، کاهش وزن دانه می‌شود (محمدی و همکاران، ۲۰۰۸). بروز تنش رطوبتی در انتهای فصل رشد که معمولاً با افزایش شدید دمای محیط همراه است، به‌ویژه در مناطقی که وزش بادهای گرم و خشک در مرحله پر شدن دانه نیز مرسوم است، باعث چروکیدگی و در نتیجه، کاهش وزن دانه‌ها می‌شود. در غلاتی مانند گندم و جو، طول دوره پر شدن دانه و میزان و سرعت انتقال مواد ذخیره شده به دانه‌ها و کارایی فتوسنتز جاری بر این صفت مؤثر است (بلوم، ۱۹۹٦؛ کالدرینی و همکاران، ۱۹۹۹؛ همام، ۲۰۰٤).

پژوهش‌های مختلف روی گیاهان مختلف زراعی نشان می‌دهد که به‌طورکلی در شرایط دیم اکثر ژنوتیپ‌ها از نظر همه ویژگی‌های مورد مطالعه دچار کاهش نسبی می‌گردند (مالدونادو و همکاران، ۲۰۰۳؛ باقری و حیدری‌شریف‌آباد، ۲۰۰۷؛ همام، ۲۰۰٤؛ محمدی و همکاران، ۲۰۰۸؛ آکاش و همکاران، ۲۰۰۹). همام (۲۰۰٤) و باقری و حیدری‌شریف‌آباد (۲۰۰۷) گزارش کردند که در رژیم‌های کاهشی آبیاری خصوصیات مختلف جو از جمله عملکرد و اجزای آن به‌طور معنی‌داری نسبت به شرایط آبیاری کامل کاهش نشان دادند. آکاش و همکاران (۲۰۰۹) با بررسی عملکرد ۵ ژنوتیپ جو زراعی در دو شرایط آبی و دیم نتیجه‌گیری کردند که عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه تمام ارقام مورد بررسی در شرایط دیم کم‌تر از شرایط آبی بود؛ به‌طوری‌که اثر منفی تنش خشکی بر عملکرد بیولوژیک بین ۱۹ تا ٤۵ درصد و بر عملکرد دانه بین ۱۳ تا ۳۷ درصد برآورد گردید. این محققان براساس شاخص حساسیت به تنش (SSI)، رقم موتاه[1] را به‌عنوان یک رقم متحمل به خشکی معرفی کردند.

با توجه به الزام کشور در تأمین نیاز غذایی دام‌های موجود و به‌تبع آن، رفع نیاز غذایی جامعه انسانی و با توجه به شرایط خشک‌سالی چندساله اخیر، شناسایی ارقامی که بتوانند از نظر تولید و مقاومت به خشکی نسبت به ارقام موجود برتری داشته باشند، کاملاً احساس می‌شود. از طرف دیگر، با

1- Mutah

Archive of SID

www.SID.ir

توجه به این‌که هر یک از ویژگی‌های گیاهی مؤثر بر میزان عملکرد و سازگاری با شرایط محیط زراعی، تحت‌تأثیر چندین ژن قرار دارند، بنابراین می‌توان با استفاده از تنوع ژنتیکی، بهترین ارقام را به‌ویژه از لحاظ مقاومت به خشکی و گرما برای مناطق گرمسیر و نیمه‌گرمسیر گزینش کرد.

اهداف ما در این آزمایش عبارت بودند از: ۱) دست‌یابی به ارقام متحمل به خشکی با عملکرد دانه بالا؛ ۲) ارایه مناسب‌ترین شاخص(های) مقاومت به خشکی و گرما در جهت انجام گزینش ارقام و ژنوتیپ‌های متحمل؛ ۳) شناسایی رابطه برخی صفات زراعی با مقاومت به خشکی و ٤) تعیین همبستگی بین صفات مهم زراعی و شاخص‌های مقاومت به خشکی با عملکرد در دو شرایط دیم و آبی.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در دو سال زراعی ۸۵-۱۳۸٤ و ۸٦-۱۳۸۵ در ایستگاه تحقیقات دیم گچساران که جزو مناطق خشک و گرم کشور محسوب می‌شود (با طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۰ دقیقه، عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۱۷ دقیقه و ۷۱۰ متر ارتفاع از سطح دریا) انجام شد. خاک مزرعه آهکی، با بافت سیلتی رسی لومی[1]، اسیدیته (pH) ۷/۳، مواد آلی کم‌تر از ۱ درصد و در حدود ٤۰ درصد کربنات بود. برخی عوامل اقلیمی مؤثر در منطقه پژوهش به‌شرح زیر بودند: حداکثر و حداقل دمای مطلق منطقه به‌ترتیب ٤۸ و ۳/۳- درجه سانتی‌گراد، متوسط حداکثر و حداقل دمای مطلق به‌ترتیب ٤٦ و ۲/٦- درجه سانتی‌گراد، میانگین سالیانه بارندگی درازمدت (متوسط ۳۰ ساله) ٤۷۹/۳ میلی‌متر و زمان وقوع حداکثر بارش، ماه‌های آذر، دی و بهمن (به‌ترتیب ۱۲۹/۵، ۱۸۹/۱ و ۵۵/٤ میلی‌متر) (جدول ۱).

در این بررسی، تعداد ۱۲ ژنوتیپ و لاین اصلاح‌شده جو (لاین‌های به‌دست آمده در پایان برنامه‌های اصلاحی که آماده آزادسازی می‌باشند) (جدول ۲) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در دو سال (۸۵-۱۳۸٤ و ۸٦-۱۳۸۵) مورد ارزیابی قرار گرفتند. لازم به ذکر است که این لاین‌ها برای کاشت در شرایط دیم اصلاح شده‌اند. فاکتور اصلی شامل تیمارهای بدون آبیاری (کاملاً دیم) و آبیاری کامل و فاکتور فرعی شامل ۱۲ عدد لاین اصلاح شده جو بود. هر ژنوتیپ در

1- Silty Clay Loam

Archive of SID

www.SID.ir

یک کرت با ٦ خط به طول ٤/۳۷ متر و فاصله خطوط ۱۷/۵ سانتی‌متر توسط دستگاه بذر کار آزمایشی در اواسط آذر ماه کشت گردید. آماده‌سازی زمین مورد نظر در زمان مناسب و پس از اولین بارندگی مؤثر به‌صورت شخم، دیسک، تسطیح و کودپاشی انجام شد. کودپاشی با توجه به عرف منطقه (۱۲۰ کیلوگرم فسفات تریپل و ۸۰ کیلوگرم اوره در هکتار هم‌زمان با کاشت و ٦۰ کیلوگرم در هکتار اوره در زمان ابتدای آبستنی) انجام شد. با توجه به نتایج تجزیه خاک محل اجرای پژوهش، نیازی به کاربرد کود پتاسیمی نبود، زیرا میزان پتاسیم قابل استفاده برای گیاه بیش‌تر از حد بحرانی ارایه شده (۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) برای غلات دیم (ملکوتی و غیبی، ۱۹۹٦) بود. بذرها قبل از کاشت با قارچ‌کش ویتاواکس تیرام علیه سیاهک پنهان ضدعفونی گردید. مراقبت‌های لازم از قبیل مبارزه با علف‌های هرز در زمان قبل از ساقه رفتن و پنجه‌زنی با علف‌کش 2,4-D در تاریخ مناسب به‌مقدار ۱ تا ۱/۵ لیتر در هکتار انجام شد. برای اعمال تیمار آبی، کرت‌ها به فاصله هر دو هفته یک‌بار آبیاری شدند (در هر بار، آبیاری تا نفوذ کافی آب به منطقه ریشه، یعنی تا عمق ٤۰ سانتی‌متری خاک، انجام گردید).

در طی دوره رشد و نمو، از صفات مهم زراعی و مورفوفیزیولوژیکی از قبیل ارتفاع بوته (PLH) بر حسب سانتی‌متر، تاریخ رسیدن (زودرسی) به‌صورت تعداد روز از اولین بارندگی مؤثر جهت سبز شدن بذور تا رسیدن ۷۰-۵۰ درصد بوته‌ها (DMA)[1] یا زردشدگی محور زیر سنبله‌ها، یادداشت‌برداری گردید. همچنین، تعداد دانه در خوشه (G/S)، وزن خشک برگ پرچم (DW) برحسب گرم، وزن هزاردانه (TKW) برحسب گرم و عملکرد دانه (GY) برحسب گرم در کرت، یادداشت‌برداری گردید. برای تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها از عملکرد تبدیل شده برحسب تن در هکتار استفاده شد. تجزیه‌های آماری ساده و مرکب براساس مدل آماری حاکم بر طرح و تجزیه همبستگی بین صفات مهم زراعی انجام شد. برای ارزیابی حساسیت و مقاومت ژنوتیپ‌های مورد بررسی، شاخص‌هایی از قبیل شاخص حساسیت به تنش (STI)[2]، میانگین محصول‌دهی (MP)، تحمل (TOL)، میانگین هندسی محصول‌دهی (GMP)[3] و میانگین هارمونیک (HAR)[4] استفاده شد.

1- Date to Maturity
2- Stress Succeptibility Index
3- Mean Productivity
4- Harmonic Mean

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- عوامل اقلیمی مختلف در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم گچساران در دوره کاشت جو (مربوط به سال‌های ۸۶-۱۳۸۳). (منبع: ایستگاه هواشناسی مستقر در ایستگاه تحقیقات دیم گچساران).

ماه	میانگین بارندگی (میلی‌متر)				میانگین دما (درجه سانتی گراد)				تبخیر (میلی‌متر)			
	۱۳۸۳-۸۴	۱۳۸۴-۸۵	۱۳۸۵-۸۶	طولانی‌مدت	۱۳۸۳-۸۴	۱۳۸۴-۸۵	۱۳۸۵-۸۶	طولانی‌مدت	۱۳۸۳-۸۴	۱۳۸۴-۸۵	۱۳۸۵-۸۶	طولانی‌مدت
مهر	۰	۰	۰	۳/٤	۲٦/۳	–	–	۲۵/۹	۲۸۹/۱	۲٦٦/۰	۲۷٦/۰	۲٦٤/۳
آبان	۳/۵	۷٤/٤	۳۱/۳	۲۳/۲	۲۰/۸	۱۹/٦	۲۰/۵	۱۹/۸	۱۹۷/۸	۱۸۹/۹	۱۵۲/۸	۱۷۷/٤
آذر	۱۸۱/۳	۳۲/۰	۱۳۳/۱	۱۲۹/۵	۱۲/۹	۱٦/۵	۱۰/۷	۱٤/۵	۸٦/۸	۹۰/٦	۸٤/٤	۷٦/۱
دی	۱۵۹/۸	۲۸۲/۰	٦٤/٤	۱۸۹/۱	۱۰/٦	۱۱/٤	۹/۱	۱۱/۷	۸۱/۷	٦۰/۱	۷۲/۰	٦۲/۵
بهمن	۷۰/۵	۱۰۲/۳	۸٤/۱	۵۵/٤	۱۰/٤	۱۱/۵	۱۳/۳	۱۱/۵	۸۷/۲	۷۱/۷	۱۰۸/۹	۷۸/٦
اسفند	۹۳/۹	۲/۲	۲۹	۳۹/٦	۱۵/۷	۱۵/۱	۱٤/۲	۱۵/۳	۹۲/۵	۱۲۳/٤	۱٤٤/۱	۱۰٦/۰
فروردین	۵/۸	٦۵/۰	۱٦۷/۳	۲۵/٤	۱۸/۳	۱۸/۸	۱۸/٤	۱۹/۰	۱۸۳/۲	۱٤۳/۰	۱۷۰/۹	۱۵۸/۱
اردیبهشت	۰/٤	۲/۸	۲	۱۳/۷	۲۵/۰	۲٤/۵	۲۵/٤	۲۵/۱	۲۹۸/٦	۲۷۸/۰	۳۳۵/۲	۲۷۹/۷
جمع	۵۱۵/۲	۵٦۰/۷	۵۱۱/۲	٤۷۹/۳	–	–	–	–	۱۳۱٦/۹	۱۲۳۳/۷	۱۳٤٤/۲	۱۲۰۲/۷

of SID

www.SID.ir

جدول ۲- ژنوتیپ‌های جوی مورد استفاده در ارزیابی تحمل به تنش خشکی.

ردیف	ژنوتیپ	شجره
۱	8-urbyt-84-2004	Alanda/5/Aths/4/Pro/Toli//Cer *2/Toli/3/5106/6/Avt/. -8G -3 G(7-B-Gachsaran)
۲	9-urbyt-84-2004	Bda/Cr. 115/Pro/Bc/3/Api/Cm67/4/ Giza121/... -9G -2 G(9-B-Gachsaran)
۳	10-urbyt-84-2004	Emir/Nacta//As907/3/Avt_(9-9)ACSAD-1290-6AP-OTR-OAP-6AP-OAP-OAP(11-BNYT-Gachsaran)
٤	11-urbyt-84-2004	Lth/3/Nopal//Prol/11012-2/4/Kabaa-03ICB94-0498-OAP-3AP-OAP-OAP(8-BNYT-Gachsaran)
٥	12-urbyt-84-2004	Himalaya-12/Plaisant ICBH95-0630-OAP-OAP-16AP(6-BNYT-Gachsaran)
٦	16-urbyt-84-2004	MK1272//Manker/Arig8/3/Alanda ICB93-0448-OAP-6AP-OAP(12-BGonbad)
۷	10-urbyt-82-2004-fine	Hyb 85-6//As46/Aths*2
۸	14-urbyt-82-2004-fine	Alanda/Harma-01/7/Gustoe/6/M64-76/Bon//
۹	16-urbyt-82-2004-fine	Zanbaca/3/H.spont.21-3/Arar84//Wi2291/Bgs ICB 94-0314-OAP
۱۰	17urbyt-82-2004-fine	Pld10342//Cr.115/por/3/Bahtima/4/DS
۱۱	(Check)-Izeh.	
۱۲	(Check)-wi2291	

شاخص حساسیت به تنش (SSI) از طریق رابطه‌های زیر محاسبه گردید (فیشر و مائورر، ۱۹۷۸):

$$SI = ۱ - (M_s / M_p) \quad (۱)$$

$$SSI = (۱ - (YS / YP)) / SI \quad (۲)$$

در این فرمول‌ها، M_P: میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش، M_S: میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش، SI: شدت تنش، YS: عملکرد هر ژنوتیپ در شرایط تنش، YP: عملکرد هر ژنوتیپ در شرایط بدون تنش و SSI: شاخص حساسیت به تنش خشکی (فیشر و مائورر، ۱۹۷۸) است. شاخص تحمل (TOL) و میانگین محصول‌دهی (MP) به‌ترتیب از رابطه‌های (۳) و (٤) محاسبه شدند (روزیل و هامبلیم، ۱۹۸۱).

$$TOL = YP - YS \quad (۳)$$

$$MP = (YP + YS) / ۲ \quad (٤)$$

در این فرمول‌ها، YP و YS به‌ترتیب عملکرد هر ژنوتیپ در شرایط بدون تنش و تنش می‌باشند.

Archive of SID

www.SID.ir

شاخص تحمل خشکی (STI)[1] از طریق رابطه (۵) محاسبه شد (فرناندز، ۱۹۹۲).

$$STI = (YP \times YS)/(M_p)^2 \quad (۵)$$

در این فرمول، YP و YS به‌ترتیب میانگین عملکرد هر ژنوتیپ در محیط مساعد و تنش و M_P میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط مساعد می‌باشد. همچنین، شاخص دیگری به‌نام میانگین هندسی محصول‌دهی (GMP)[2] از رابطه (٦) محاسبه گردید (فرناندز، ۱۹۹۲).

$$GMP = [(YS)(YP)]^{0.5} \quad (٦)$$

میانگین هارمونیک (HAR) از رابطه (۷) محاسبه گردید (کنی و کیپینگ، ۱۹٦۲).

$$HAR = \frac{n}{\sum_{i=1}^{n} 1/x_i} \quad (۷)$$

که در آن، n: تعداد محیط‌ها و x_i: میانگین عملکرد ژنوتیپ iام می‌باشد.

پس از آزمون بارتلت، تجزیه واریانس مرکب روی داده‌های آزمایشی دو ساله انجام گردید. ضرایب همبستگی‌های ساده بین صفات مختلف زراعی و شاخص‌های فوق نیز برآورد گردید. برای تجزیه‌های آماری از نرم‌افزار SPSS۱۰ استفاده شد.

نتایج و بحث

آزمون بارتلت نشان داد که خطای آزمایشی به‌دست آمده برای سال اول تفاوت معنی‌داری با خطای آزمایشی سال دوم نداشت (df=۲۰؛ ۱۷/۸٦=χ^2). بنابراین، انجام تجزیه واریانس مرکب روی داده‌های دو ساله میسر بود. تجزیه واریانس مرکب روی صفات مختلف نشان داد که اثر ساده سال، رژیم آبی و ژنوتیپ روی تمامی صفات، بسیار معنی‌دار بود (جدول ۳). اثر متقابل سال × رژیم آبی بر همه صفات به‌جز وزن خشک برگ پرچم معنی‌دار بود. همچنین، اثر متقابل ژنوتیپ × سال بر ارتفاع بوته، طول دوره رسیدن، وزن هزاردانه و تعداد دانه در خوشه معنی‌دار بود. اثر متقابل ژنوتیپ × رژیم آبی بر ارتفاع بوته، طول دوره رسیدن و تعداد دانه در خوشه معنی‌دار بود. اثر متقابل سه‌گانه عوامل فوق نیز بر ارتفاع بوته، طول دوره رسیدن و تعداد دانه در خوشه معنی‌دار بود. با توجه به این نتایج، به‌طور خلاصه می‌توان گفت که تظاهر و کمّیت ویژگی‌های مورد مطالعه تحت‌تأثیر سال، رژیم آبی و

1- Stress Tolerance Index
2- Geometric Mean Productivity

Archive of SID

www.SID.ir

ژنوتیپ بود که این امر بیانگر اهمیت شناسایی یا اصلاح و معرفی واریته‌های سازگار با شرایط منطقه و مناطق مشابه می‌باشد.

بررسی میانگین صفات مختلف برای ۱۲ ژنوتیپ مورد ارزیابی (جدول ٤) نشان داد که لاین‌های شماره ٥، ٦ و ۱۱ بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر و دارای بیش‌ترین میزان عملکرد در شرایط آبی (به‌ترتیب ٥/٥٥، ٥/٢٧ و ٥/١ تن در هکتار) و لاین‌های شماره ۱۱، ۱۰ و ۹ بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر و دارای بیش‌ترین میزان عملکرد در شرایط دیم (به‌ترتیب ۳/۷۲، ۷۱/ ۳ و ۳/٦۷ تن در هکتار) بودند. مقایسه میانگین صفات مختلف در دو شرایط آبی و دیم نشان داد که عملکرد دانه، ارتفاع بوته و وزن خشک برگ پرچم بیش‌ترین تأثیر را از شرایط دیم پذیرفتند (به‌ترتیب حدود ۲۸/۹ درصد، ١٤/٧ درصد و ۱۳/٥ درصد کاهش نسبت به شرایط آبی) که این موضوع با نتایج سایر محققان تطابق دارد (مالدونادو و همکاران، ۲۰۰۳؛ باقری و حیدری‌شریف‌آباد، ۲۰۰۷). بنابراین، به‌نظر می‌رسد که اجزای تشکیل‌دهنده زی‌توده گیاه (شامل ارتفاع بوته و وزن برگ پرچم) از اهمیت خاصی در تأمین عملکرد بالا در شرایط تنش برخوردار باشند. بنابراین، بهبود این خصوصیات برای شرایط مساعد می‌تواند باعث نمود مناسب خود آن‌ها در شرایط تنش و همچنین بهبود عملکرد در شرایط تنش گردد (فرناندز، ۱۹۹۲؛ فرناندز و همکاران، ۱۹۹٦؛ بلوم، ۲۰۰۱).

در مورد ارتفاع بوته، شرایط دیم کم‌ترین تأثیر منفی را بر لاین‌های شماره ۹ و ۱ (به‌ترتیب با ۷/۳ و ۷/۷ سانتی‌متر کاهش نسبت به شرایط آبی) و بیش‌ترین تأثیر را بر لاین‌های شماره ۱۲ و ۳ (به‌ترتیب با ٢٤/٢ و ٢١/٦ سانتی‌متر کاهش نسبت به شرایط آبی) داشت (جدول ۳). در مورد طول دوره رسیدن دانه، شرایط دیم بیش‌ترین تأثیر را بر لاین‌های شماره ٥ و ٨ (به‌ترتیب با ۱۹/۳ و ۱۸/٥ روز کاهش نسبت به شرایط آبی) داشت و موجب زودرسی بیش‌تر آن‌ها شد. در مورد وزن هزاردانه، شرایط دیم بیش‌ترین تأثیر منفی را بر لاین‌های شماره ۹ و ۱ (به‌ترتیب با ٤/٦٠ و ۳/۲۸ گرم افت نسبت به شرایط آبی) داشت. همچنین، شرایط دیم بیش‌ترین تأثیر منفی را بر تعداد دانه در سنبله لاین‌های شماره ۱۱ و ٦ (به‌ترتیب با ۷/٥ و ٥/٩ عدد در سنبله نسبت به شرایط مساعد) داشت. بیش‌ترین کاهش وزن خشک برگ پرچم در شرایط دیم مربوط به لاین‌های شماره ۷، ۳ و ۲ (به‌ترتیب ۰/٤۳، ۰/۲٥ و ۰/۲٤۷ افت) بود. اما، در مورد عملکرد، شرایط دیم بیش‌ترین تأثیر منفی را بر لاین‌های شماره ٥، ۷ و ۸ (به‌ترتیب با ۳۸/۷، ۳۷/۸ و ۳٤/۷ درصد افت در مقایسه با شرایط مساعد) دارا بود؛ این در حالی بود که لاین‌های شماره ۹، ۱۰، و ٤ کم‌ترین تأثیر را از شرایط دیم پذیرفتند (به‌ترتیب با ۱۷/۷، ۱۹/۰ و ۲۲/۳ درصد کاهش عملکرد نسبت به شرایط مساعد).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب ۱۲ ژنوتیپ پیشرفته جو با دو رژیم آبی در دو سال (۱۳۸۵ و ۱۳۸۶) در ایستگاه تحقیقات دیم گچساران.

منبع تغییرات	درجه آزادی	PLH (سانتی متر)	DMA (روز)	TKW (گرم)	G/S	DW (گرم)	GY (r/ha)
سال	۱	٤١٦٢/٤**	١٢١٩/٣**	١٣٢٠/١**	١٣٠/٥**	٦/٢**	٥٢/٣٠١**
آبیاری	۱	٨٠٤٩/١**	٨٦٦٤/٥**	١١٧/٠**	٥٥١/١**	٠/٧**	٦٦/٢٨٧**
ژنوتیپ	۱۱	٧٥٧/٧**	١٤٧٩/٦**	٣٣٦٣/٩**	٢٦٧٧/٩**	٥/٣**	٢٢/٢٤٩**
سال × رژیم آبی	۱	٤٦٦٢/٦**	٨٩٧٧/٦**	٢٥/٢*	٥٤/١**	٠/٠١ns	١٥/٨٠١**
ژنوتیپ × سال	۱۱	٥٤٣/٧*	٣٢٧/٧**	٢٠٧/٥**	٢١٣/٩**	٠/٥ns	٦/٣٩٠ns
ژنوتیپ × رژیم آبی	۱۱	١٠٥٧/٦**	١٥٤/٤**	٧٠/٥ns	١٣١/٥**	٠/٥ns	٥/٤٥٧ns
ژنوتیپ × سال × رژیم آبی	۱۱	٨٩٢/٢**	١٠٢/٣**	١٥/٦ns	٢٠١/٥**	٠/٥ns	٠/٩٤٠ns
خطا	۹٤	٢٢١٧/٢	٢٩٦/١	٤٤٥/٤	٣١٧/٨	٤/١	٥٢/٣٩٢

*، ** و ns به‌ترتیب نشانگر معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵ درصد، یک درصد و عدم معنی‌داری می‌باشند. PLH: ارتفاع بوته به سانتی‌متر، DMA: تاریخ رسیدن (زودرسی) به‌صورت تعداد روز از اولین بارندگی مؤثر جهت سبز شدن بذور تا رسیدن ۵۰ تا ۷۰ درصد بوته‌های داخل کرت بر حسب روز، G/S: تعداد دانه در خوشه، DW: وزن خشک برگ پرچم بر حسب گرم، TKW: وزن هزاردانه بر حسب گرم و GY: عملکرد دانه بر حسب تن در هکتار.

www.SID.ir

به‌طورکلی، در شرایط دیم، تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در تمامی ویژگی‌های اندازه‌گیری شده دچار کاهش نسبی گردیدند که این موضوع با نتایج تحقیقات قبلی (مالدونادو و همکاران، ۲۰۰۳؛ باقری و حیدری‌شریف‌آباد، ۲۰۰۷؛ محمدی و همکاران، ۲۰۰۸؛ اَکاش و همکاران، ۲۰۰۹) مطابقت داشت. به‌عنوان مثال، اَکاش و همکاران (۲۰۰۹) پس از بررسی عملکرد چندین ژنوتیپ جو زراعی در دو شرایط آبی و دیم نتیجه‌گیری کردند که عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه تمام ارقام مورد بررسی در شرایط دیم کم‌تر از شرایط آبی بود؛ به‌طوری‌که اثر منفی تنش خشکی بر عملکرد بیولوژیک بین ۱۹ تا ٤٥ درصد و بر عملکرد دانه بین ۱۳ تا ۳۷ درصد برآورد گردید. همچنین، باقری و حیدری‌شریف‌آباد (۲۰۰۷) گزارش کردند که در رژیم‌های کاهشی آبیاری خصوصیات مختلف جو از جمله عملکرد و اجزای آن به‌طور معنی‌داری نسبت به شرایط آبیاری کامل کاهش نشان دادند.

تجزیه همبستگی ساده میان خصوصیات مختلف (جدول ۵) نشان داد که در شرایط آبی، ارتفاع بوته دارای همبستگی مثبت معنی‌داری با تعداد دانه در سنبله (۰/۷۳) و وزن هزاردانه دارای همبستگی منفی با تعداد دانه در سنبله و طول دوره رسیدن (به‌ترتیب ۰/٦۹- و ۰/٦۷-) بود. این در حالی است که هیچ‌یک از صفات در شرایط آبی با عملکرد همبستگی معنی‌داری نداشتند (جدول ۵). در شرایط دیم، وضعیت کمی متفاوت بود؛ به‌طوری‌که فقط وزن هزاردانه (در جهت منفی) و وزن خشک برگ پرچم (در جهت مثبت) با تعداد دانه در سنبله همبستگی معنی‌داری (به‌ترتیب ۰/۷۵- و ۰/۷۰ در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد) نشان دادند. در این شرایط نیز، رابطه هیچ‌یک از صفات با عملکرد معنی‌دار نبود.

نتایج تجزیه همبستگی بین خصوصیات مختلف در شرایط مساعد و دیم (قسمت خاکستری در جدول ۵) نشان داد که برخی خصوصیات در شرایط دیم با برخی خصوصیات در شرایط آبی همبستگی بالایی داشتند. برای سادگی و درک بهتر این موضوع، ما این رابطه‌ها را به دو دسته همبستگی‌های همگن و غیرهمگن تقسیم کردیم. در همبستگی غیرهمگن، میزان همبستگی دو خصوصیت متفاوت در دو شرایط آبی و دیم بررسی شد و در همبستگی همگن، میزان همبستگی فقط یک خصوصیت با خودش در این دو شرایط برآورد گردید. به‌عنوان مثال، همبستگی ارتفاع بوته در شرایط آبی با تعداد دانه در سنبله و وزن خشک برگ پرچم در شرایط دیم معنی‌دار بود (همبستگی غیرهمگن). همچنین، بین وزن هزاردانه و تعداد دانه در سنبله، همبستگی غیرهمگن معنی‌داری (۰/۷۱) وجود داشت. نکته جالب توجه آن‌که، این دو خصوصیت در هر دو شرایط آبی و دیم نیز (وقتی دو شرایط به‌طور جداگانه در نظر گرفته شدند؛ جدول ۵) همبستگی منفی معنی‌داری (به‌ترتیب ۰/٦۹- و ۰/۷۵-) با هم نشان دادند. وزن خشک برگ پرچم در شرایط مساعد، تنها خصوصیتی بود که با عملکرد در شرایط دیم همبستگی منفی معنی‌دار (۰/٦۹-) نشان داد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٤- مقایسه میانگین صفات ارتفاع بوته، روز تا رسیدگی، وزن هزاردانه، تعداد دانه در سنبله، وزن خشک برگ پرچم و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مختلف در دو شرایط آبی و دیم (داده‌ها متوسط دو سال می‌باشند).

ژنوتیپ	PLH (سانتی‌متر)		DMA (روز)		TKW (گرم)		G/S		DW (گرم)		GY (t/ha)	
	آبی	دیم	آبی	دیم	آبی	دیم	آبی	دیم	آبی	دیم	آبی	دیم
۱	۱۰۳/٤۷^{ab}	۹۵/۷۳^{a}	۱۱۱/۰^{h}	۱۲۷/۸^{el}	٤٤/۳۵^{f}	٤۱/۰۷^{gf}	۵۰/۸۳^{e}	٤۵/۹۷^{d}	۱/۰۰^{cd}	۰/۹۵^{bc}	٤/۳۰^{d}	۳/۱۳^{bc}
۲	۱۰٤/۳۰^{a}	۹۰/۱۷^{b}	۱۱۳/۸^{fg}	۱۲۹/۵^{cd}	۵۳/۷۷^{a}	۵۱/۳۷^{b}	۲۴/۸۷^{e}	۲۲/۸۷^{e}	۱/۲۷^{ab}	۱/۰۲^{b}	٤/۰۲^{d}	۲/۹۳^{cd}
۳	۹۷/۱۳^{d}	۷۳/۵۷^{d}	۱۱۲/۵^{g}	۱۲۷/۸^{ef}	۵۳/۸۰^{a}	۵۱/۹۰^{b}	۲۴/۰۳^{d}	۲۲/۶۰^{e}	۰/۸۵^{de}	۱/۶۰^{e}	٤/۹۷^{abc}	۳/۲۸^{abc}
٤	۱۰۳/۷۷^{ab}	۹۲/٤۳^{ab}	۱۱۵۷/۷^{d}	۱۲۸/۳^{de}	٤۷/۸۰^{cd}	٤۵/۵۳^{de}	۵۳/۳۷^{b}	٤۷/۷۵^{c}	۱/۱۳^{bc}	۱/۱۳^{ab}	۳/۹۵^{d}	۳/۷۰^{bcd}
۵	۱۰۶/۸۰^{a}	۸۸/۹۷^{b}	۱۱۵/۰^{de}	۱۳٤/۳^{b}	٤۱/۳۳^{g}	۳۹/۹۷^{g}	۵۲/۶۳^{b}	٤۶/۷۷^{c}	۰/۹۵^{cd}	۰/۸۵^{cd}	۵/۵۵^{a}	۳/٤۰^{ahc}
۶	۱۰۵/۵۳^{a}	۸۸/۶۳^{b}	۱۱٤/۸^{ef}	۱۲۸/۳^{de}	٤۶/۸۷^{cd}	٤۹/۲۳^{bc}	۵۶/۱۷^{a}	۵۰/۳۰^{b}	۱/۲۲^{b}	۱/۲۲^{a}	۵/۲۷^{ab}	۳/۶۲^{ab}
۷	۱۰۱/۷۷^{bc}	۸٤/۳۳^{c}	۱۲۱/۵^{a}	۱۳۷/۱^{a}	۳۶/٤۷^{h}	۳۶/٤۷^{h}	۵۰/۵۷^{c}	٤۷/۹۰^{c}	۱/٤۰^{a}	۰/۹۷^{bc}	٤/۰۵^{d}	۲/۵۲^{d}
۸	۱۰۱/۸۷^{bc}	۸٤/۲۷^{c}	۱۱۹/۷^{b}	۱۳۸/۲^{a}	٤۶/۹۰^{de}	٤٤/۶۳^{e}	۵۶/۲۰^{a}	۵۲/۲۰^{a}	۱/۲۳^{ab}	۱/۱۵^{ab}	۵/۰۵^{ab}	۳/۳۰^{ab}
۹	۹۶/۶۳^{d}	۸۸/۹۸^{b}	۱۱۲/۰^{g}	۱۲۷/۷e	۵۱/۹۳^{b}	٤۷/۸۷^{c}	۲٤/٤۰^{d}	۲۱/۵۳^{e}	۰/۷۵^{e}	۰/۷۰^{de}	٤/۵۱^{cd}	۳/۷۱^{a}
۱۰	۹۹/٤۰^{cd}	۹۰/۹۷^{b}	۱۱۳/۰^{fg}	۱۲۹^{bcd}	۵۲/۰۷^{ab}	۵۳/۷۸^{a}	۲۲/۶۳^{d}	۲۳/۱۰^{c}	۰/۹۸^{cd}	۰/۸۳^{cd}	٤/۵۳^{cd}	۳/۶۷^{ab}
۱۱	۱۰٤/۰۳^{a}	۹۱/٤۳^{b}	۱۱۷/۷^{c}	۱۳۰/۷^{c}	٤۵/۷۰^{ef}	٤۳/۶۷^{f}	۵۳/٤۰^{b}	٤۵/۹۰^{d}	۰/۹۷^{cd}	۰/۸۸^{cd}	۵/۱۰^{ab}	۳/۷۲^{a}
۱۲	۹۸/۶۳^{cd}	۷٤/٤۲^{d}	۱۱۵/۱^{de}	۱۲۸/۹^{de}	٤۸/۳۳^{cd}	٤۷/۵۷^{c}	۲٤/۳۳^{d}	۲۱/۹۰^{e}	۰/۷۳^{e}	۰/۵۸^{e}	٤/۸۵^{bcd}	۳/۶۰^{ab}
LSD5%	۱۰۱/۹٤	۸۶/۹۹	۱۱۵/۲	۱۰۳/۷	٤۷/۶۹	٤۵/۸۹	۴۱/۳۲	۳۲/۳۲	۱/۰٤	۰/۸۹۸	٤/۷	۳/۳٤
میانگین محیط‌ها	-۱٤/۹۵ (-۱٤/۷٪)**	-۱۵/۵ (-۱۱/۹٪)**			-۱/۸۰ (-۳/۸٪)**		-۳/۹۱ (-۹/۵٪)**		-۰/۱٤ (-۱۳/۵٪)**		-۰/۱۲٤ (-۲۸/۹٪)**	-۱/۳۶ (-۲۸/۹٪)**
تفاوت دو محیط	۰/۸۰۹	۰/۲۹۶			۰/۳۴۳		۰/۳۰۶		۰/۰۳۵		۰/۱۲٤	
S.E												

توضیح: میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، دارای اختلاف معنی‌دار نیستند. PLH: ارتفاع بوته به سانتی‌متر، DMA: تاریخ رسیدن (زودرسی) به‌صورت تعداد روز از اولین بارندگی مؤثر جهت سبز شدن بذور تا رسیدن ۵۰ تا ۷۰ درصد بوته‌های داخل کرت بر حسب روز، G/S: تعداد دانه در سنبله، DW: وزن خشک برگ پرچم بر حسب گرم، TKW: وزن هزاردانه بر حسب گرم و GY: عملکرد دانه بر حسب تن در هکتار، SE: خطای معیار تفاوت میانگین‌های دو محیط. لازم‌های برتر (با توجه به نتیجه بررسی شاخص‌های مختلف که در سطور بعد آمده است) با فونت سیاه نشان داده شده‌اند.

www.SID.ir

همچنین، نتایج تجزیه همبستگی نشان داد که بیش‌تر خصوصیات مورد بررسی دارای همبستگی‌های همگن بودند (اعداد روی قطر بخش خاکستری در جدول ۵)؛ ارتفاع بوته تنها ویژگی مستثنی از این قاعده بود به گونه‌ای که ارتفاع بوته در شرایط آبی رابطه معنی‌داری با خودش در شرایط دیم نشان نداد. بیش‌ترین میزان همبستگی همگن معنی‌دار مربوط به تعداد دانه در سنبله بود (۰/۹۹٦). همچنین، نتایج این تجزیه نشان داد که همبستگی عملکرد دانه در شرایط آبی (GY) با عملکرد دانه در شرایط دیم (GY^S؛ همبستگی همگن) معنی‌دار و برابر ٦۲/۲ درصد بود. این به آن معناست که افزایش عملکرد در شرایط مساعد می‌تواند باعث افزایش عملکرد در شرایط نامساعد گردد. بنابراین، با انجام گزینش برای عملکرد بهتر در شرایط مساعد و بهبود عملکرد پتانسیل (YP) می‌توان انتظار داشت که عملکرد در شرایط تنش (YS) نیز تا حدودی افزایش یابد. این یافته با نظرات (فرناندز و همکاران، ۱۹۹٦؛ دنسیچ و همکاران، ۱۹۹٦؛ بلوم، ۱۹۸۸؛ بلوم، ۲۰۰۱) که معتقد بودند گزینش برای عملکرد بالا در گندم و جو تحت شرایط بدون تنش می‌تواند باعث بهبود عملکرد گیاهان در شرایط تنش شود، تطابق دارد.

برای ارزیابی حساسیت و یا تحمل ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از شاخص‌های مختلفی استفاده شد که در اینجا آن‌ها را به دو دسته شاخص‌های ارزیابی درجه حساسیت در برابر خشکی و شاخص‌های ارزیابی درجه تحمل به خشکی تقسیم می‌نماییم و در زیر به بررسی آن‌ها می‌پردازیم.

الف) شاخص‌های حساسیت در برابر خشکی: این شاخص‌ها شامل TOL، LOS و SSI می‌باشند. هرچه میزان این شاخص‌ها کوچک‌تر باشد، حساسیت به خشکی کم‌تر خواهد بود. با این توصیف، از نظر شاخص TOL، لاین‌های شماره ۹، ۱۰ و ٤ (به‌ترتیب با ۰/۸۰، ۰/۸٦ و ۰/۸۸ تن در هکتار کاهش عملکرد در شرایط دیم نسبت به شرایط آبی) دارای کم‌ترین حساسیت در برابر خشکی بودند. از نظر شاخص LOS نیز همین لاین‌ها (به‌ترتیب با ۱۷/۷، ۱۹ و ۲۲/۳ درصد کاهش عملکرد در شرایط دیم) از کم‌ترین حساسیت در برابر خشکی برخوردار بودند. از نظر شاخص حساسیت به تنش نیز هر سه لاین فوق (به‌ترتیب با ۰/٦۱، ۰/٦٦ و ۰/۷۷) به‌عنوان غیرحساس‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند (جدول ٦). آکاش و همکاران (۲۰۰۹) نیز از شاخص حساسیت به تنش برای رتبه‌بندی چندین ژنوتیپ جو زراعی استفاده کردند و گزارش نمودند که این شاخص در دامنه ۰/۳۳ تا ۱/٤۱ قرار داشت و براساس این شاخص‌ها رقم موتاه را به‌عنوان یک رقم متحمل به خشکی معرفی کردند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵- ضرایب همبستگی‌های ساده میان ویژگی‌های مختلف در شرایط آبی و دیم.

	PLH	DMA	TKW	G/S	DW	GY	PLH^S	DMA^S	TKW^S	G/S^S	DW^S	GY^S
PLH	۱	۰/۲۵۲	−۰/۴۵۱	۰/۷۲۸**	۰/۵۴۷	۰/۱۶۳	۰/۵۶۸	۰/۲۳۱	−۰/۴۷۲	۰/۷۱۸**	۰/۶۶۶*	−۰/۲۱۷
DMA		۱	−۰/۶۶۶*	۰/۴۷۷	۰/۵۶۱	۰/۱۴۲	−۰/۰۸۹	۰/۸۲۹**	−۰/۵۹۳*	۰/۵۲۵	۰/۳۱	−۰/۴۳
TKW			۱	−۰/۶۹۱*	−۰/۳۶۵	−۰/۰۴۷	−۰/۱۶۳	−۰/۶۱۸*	۰/۹۵۹**	−۰/۷۰۸**	−۰/۲۱۱	۰/۴۳۷
G/S				۱	۰/۵۱۵	۰/۲۲۵	۰/۴۲	۰/۵۱۲	−۰/۷۳۹**	۰/۹۹۶**	۰/۶۷۰*	−۰/۱۹۹
DW					۱	−۰/۳۲۶	۰/۲۹۷	۰/۵۷۶*	−۰/۳۴	۰/۵۷	۰/۸۲۲**	−۰/۶۸۵*
GY						۱	−۰/۲۴۵	۰/۰۰۶	−۰/۰۰۳	۰/۱۶	−۰/۱۸۷	۰/۶۲۲*
PLH^S							۱	−۰/۱۸	−۰/۲۱۹	۰/۴۰۷	۰/۵۳۱	۰/۰۱۷
DMA^S								۱	−۰/۵۴۳	۰/۵۴۴	۰/۳۱۸	−۰/۳۷۷
TKW^S									۱	−۰/۷۴۹**	−۰/۲۵۵	۰/۴۳۸
G/S^S										۱	۰/۷۰۲*	−۰/۲۵۸
DW^S											۱	−۰/۳۶۱
GY^S												۱

* و ** نشان‌دهنده معنی‌دار بودن همبستگی‌ها در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد. ویژگی‌های نشان داده شده با علامت S مربوط به شرایط دیم می‌باشند. مستطیل خاکستری نشان‌دهنده ضرایب همبستگی‌های همگن و غیرهمگن (توضیح در متن آمده است) می‌باشد. PLH: ارتفاع بوته به سانتی‌متر، DMA: تاریخ رسیدن (زودرسی) به‌صورت تعداد روز از اولین بارندگی مؤثر جهت سبز شدن بذور تا رسیدن ۵۰ تا ۷۰ درصد بوته‌های داخل کرت بر حسب روز، G/S: تعداد دانه در خوشه، DW: وزن خشک برگ پرچم بر حسب گرم، TKW: وزن هزاردانه بر حسب گرم و GY: عملکرد دانه بر حسب تن در هکتار.

www.SID.ir

جدول ٦- میانگین مقادیر شاخص‌های مختلف ارزیابی تحمل به خشکی لاین‌های آزمایشی جو در سال‌های زراعی ۸٦-۱۳۸٤.

ژنوتیپ	عملکرد آبی (تن/ هکتار)	عملکرد دیم (تن/ هکتار)	TOL (t/ha)	LOS (درصد)	SSI	MP (t/ha)	STI	GMP (t/ha)	HAR (t/ha)
۱	٤/۳۰	۳/۱۳	۱/۱۷	۲۷/۲	۰/۹٤	۳/۷۱۵	۰/٦۱	۳/٦۷	۲/٦۲
۲	٤/۰۲	۳/۹۳	۱/۰۹	۲۷/۱	۰/۹٤	۳/٤۷۵	۰/۵٤	۳/٤۳	۳/۳۹
۳	٤/۹۷	۳/۲۸	۱/٦۹	۳٤/۰	۱/۱۸	٤/۱۲۵	۰/۷٤	٤/۰٤	۳/۹۵
٤	۳/۹۵	۳/۰۷	۰/۸۸	۲۲/۳	۰/۷۷	۳/۵۱۰	۰/۵۵	۳/٤۸	۳/٤۵
۵	۵/۵۵	۳/٤۰	۲/۱۵	۳۸/۷	۱/۳٤	٤./٤۷۵	۰/۸٦	٤/۳٤	٤/۲۲
٦	۵/۲۷	۳/٦۲	۱/٦۵	۳۱/۳	۱/۰۹	٤/٤٤۵	۰/۸۷	٤/۳۷	٤/۲۹
۷	٤/۰۵	۲/۵۲	۱/۵۳	۳۷/۸	۱/۳۱	۳/۲۸۵	۰/٤۷	۳/۱۹	۳/۱۱
۸	۵/۰۵	۳/۳۰	۱/۷۵	۳٤/۷	۱/۲۰	٤/۱۷۵	۰/۷٦	٤/۰۸	۳/۹۹
۹	٤/۵۱	۳/۷۱	۰/۸۰	۱۷/۷	۰/٦۱	٤/۱۱۰	۰/۷٦	٤/۰۹	٤/۰۷
۱۰	٤/۵۳	۳/٦۷	۰/۸٦	۱۹/۰	۰/٦٦	٤/۱۰۰	۰/۷٦	٤/۰۸	٤/۰۵
۱۱	۵/۱۰	۳/۷۲	۱/۳۸	۲۷/۱	۰/۹٤	٤/٤۱۰	۰/۸۷	٤/۳٦	٤/۳۰
۱۲	٤/۸۵	۳/٦۰	۱/۲۵	۲۵/۸	۰/۸۹	٤/۲۲۵	۰/۸۰	٤/۱۸	٤/۱۳

MP: میانگین حسابی، TOL: تفاضل عملکرد در دو شرایط، LOS: کاهش عملکرد بر اثر تنش، SSI: شاخص حساسیت به تنش، STI: شاخص تحمل تنش، GMP: میانگین هندسی و HAR: میانگین هارمونیک. مقادیر تعیین‌کننده درجه حساسیت یا تحمل در کادرهای خاکستری نشان داده شده‌اند.

www.SID.ir

ب) شاخص‌های تحمل به خشکی: این شاخص‌ها شامل MP، STI، GMP و HAR می‌باشند. هرچه مقدار این شاخص‌ها بالاتر باشد، تحمل در برابر خشکی بیش‌تر است (فرناندز و همکاران، ۱۹۹٦؛ دنسیچ و همکاران، ۱۹۹٦؛ بلوم، ۱۹۸۸؛ بلوم، ۲۰۰۱). با این وصف، لاین‌های شماره ۵، ٦ و ۱۱ که بیش‌ترین مقادیر مربوط به این شاخص‌ها را به خود اختصاص دادند، به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی شناخته شدند (جدول ٦).

مقایسه نتایج به‌دست آمده از این دو دسته شاخص‌های ارزیابی حساسیت و یا تحمل ژنوتیپ‌ها نشان داد که میان نتایج آن‌ها از نظر معرفی ژنوتیپ‌های متحمل تطابقی وجود نداشت.

نتایج تجزیه همبستگی شاخص‌های ارزیابی تحمل ژنوتیپ‌ها با یکدیگر و با عملکرد در شرایط آبی و دیم (جدول ۷) نشان داد که هیچ‌یک از شاخص‌های سه‌گانه حساسیت به خشکی (TOL، LOS و SSI) با شاخص‌های چهارگانه تحمل به خشکی (MP، STI، GMP و HAR) همبستگی معنی‌داری نداشتند. این امر علت عدم تطابق بین نتایج این دو دسته شاخص را برای معرفی ژنوتیپ‌های متحمل توجیه می‌کند. بنابراین، می‌توان نتیجه‌گیری نمود که تنها نتایج به‌دست آمده از یکی از این دو دسته شاخص از نظر شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل باید دارای اعتبار کافی باشد. برای سنجش اعتبار هر دسته، از جدول ۷ استفاده شد. براساس این جدول هیچ‌یک از شاخص‌های سه‌گانه حساسیت (TOL، LOS و SSI)، در شرایط دیم با عملکرد دانه همبستگی معنی‌داری نداشتند، اما در شرایط آبی، شاخص TOL فقط دارای همبستگی متوسطی با عملکرد دانه (r=۰/۷۱٤) بود؛ البته خود این شاخص‌ها به‌صورت دو به دو با هم همبستگی معنی‌داری داشتند که در این‌جا اهمیت چندانی ندارد، زیرا آن‌چه یک به‌نژادگر دیم نیاز دارد، یافتن یک شاخص مطلوب دارای همبستگی بالا با عملکرد تحت تنش است تا بتواند به کمک آن، ژنوتیپ‌های مطلوب را برای شرایط تنش گزینش نماید (فرناندز و همکاران، ۱۹۹٦؛ بلوم، ۲۰۰۱). بنابراین، استفاده از این شاخص‌ها نمی‌تواند معیار خوبی برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل باشد. در عوض، شاخص‌های ارزیابی تحمل به خشکی (MP، STI، GMP و HAR) همگی با عملکرد در هر دو شرایط آبی و دیم همبستگی بسیار معنی‌داری داشتند (به‌ترتیب با عملکرد در شرایط آبی: ۰/۹۰۳، ۰/۸۷۵، ۰/۸٦۸ و ۰/۸۲۹ و با عملکرد در شرایط دیم: ۰/۸۸۹، ۰/۹۱۲، ۰/۹۲۱ و ۰/۹٤۸). از سوی دیگر این شاخص‌ها به‌صورت دو به دو نیز با هم همبستگی بسیار بالایی را نشان دادند. بیش‌ترین همبستگی معنی‌دار میان دو شاخص GMP و STI (r=۰/۹۹۹) مشاهده شد. با توجه به این نتایج، برای گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط تنش خشکی، به‌ترتیب می‌توان از شاخص‌های HAR، GMP، STI و MP استفاده نمود، اما از آنجا که

Archive of SID

www.SID.ir

مقادیر همبستگی این شاخص‌ها با عملکرد تحت تنش، بسیار نزدیک به هم می‌باشد، استفاده از هر کدام از آن‌ها کاملاً اختیاری است و می‌تواند مفید واقع شود.

براساس استنتاج فوق، با توجه به این‌که مقادیر شاخص‌های چهارگانه HAR، GMP، STI و MP برای ژنوتیپ‌های شماره ۵، ٦ و ۱۱ در بالاترین حد بود و از طرفی این سه لاین در شرایط آبی نیز بالاترین میزان عملکرد دانه (به‌ترتیب ۵/۵۵، ۵/۲۷ و ۵/۱ تن در هکتار) را به خود اختصاص دادند (جدول ٤)، می‌توان نتیجه‌گیری نمود که این سه لاین، ژنوتیپ‌های پایدار متحمل به خشکی می‌باشند و بنابراین، به‌عنوان لاین‌های پایدار متحمل به خشکی برای مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور نظیر استان‌های جنوبی و مرکزی که بارندگی سالیانه پایین بوده و توزیع آن نامناسب است و همچنین گیاهان با گرمای آخر فصل (مصادف با خوشه‌دهی و پر شدن دانه) مواجه هستند، معرفی می‌شوند. از آنجا که این لاین‌ها از پتانسیل عملکرد خوبی برخوردار هستند، انتظار می‌رود در سال‌های پرباران دارای عملکرد بالایی باشند و در سال‌های کم‌باران نیز نمود خوبی داشته باشند، زیرا نتایج این پژوهش نشان داد که این لاین‌ها در شرایط دیم نیز می‌توانند عملکرد قابل‌قبولی داشته باشند.

جدول ۷- ضرایب همبستگی‌ها میان شاخص‌های مختلف ارزیابی تحمل و حساسیت و عملکرد دانه در دو شرایط آبی و دیم.

شاخص	GY	GY^S	MP	TOL	LOS	SSI	STI	GMP	HAR
GY	۱/۰۰	۰/٦۲۲*	۰/۹۰۳**	۰/۷۱٤**	۰/٤۱۷	۰/٤۱۷	۰/۸۷۵**	۰/۸٦۸**	۰/۸۲۹**
GY^S		۱/۰۰	۰/۸۸۹**	-۰/۰۹۸	-۰/٤٤۳	-۰/٤٤۳	۰/۹۱۲**	۰/۹۲۱**	۰/۹٤۸**
MP			۱/۰۰	۰/۳۵۷	-۰/۰۰٤	-۰/۰۰٤	۰/۹۹۸**	۰/۹۹۷**	۰/۹۸۸**
TOL				۱/۰۰	۰/۹۲۸**	۰/۹۲۸**	۰/۳۰۰	۰/۲۸۳	۰/۲۰۸
LOS					۱/۰۰	۱/۰۰**	-۰/۰٦۲	-۰/۰۸۱	-۰/۱۵۸
SSI						۱/۰۰	-۰/۰٦۲	-۰/۰۸۱	-۰/۱۵۸
STI							۱/۰۰	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۵**
GMP								۱/۰۰	۰/۹۹۷**
HAR									۱/۰۰

* و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن همبستگی‌ها در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد. GY: عملکرد در شرایط آبی برحسب تن در هکتار، GY^S: عملکرد در شرایط دیم برحسب تن در هکتار، MP: میانگین حسابی، TOL: تفاضل عملکرد در دو شرایط، LOS: کاهش عملکرد بر اثر تنش، SSI: شاخص حساسیت به تنش، STI: شاخص تحمل به تنش، GMP: میانگین هندسی محصول‌دهی و HAR: میانگین هارمونیک.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

1.Akash, M.W., Al-abdallat, A.M., Saoub, H.M., and Ayad, J.Y. 2009. Molecular and field comparison of selected barley cultivars for drought tolerance. J. New Seeds, 10: 2. 98-111.
2.Annan, K. 2001. Water for sustainable agriculture in developing regions-more crop for every scarce drop, P 132-133. In: Proceeding of 8th JIRCAS International Symposium, 27-28 November 2001, Epochal Tsukuba, Tsukuba Science City, Japan.
3.Bagheri, A., and Heidari SharifAbad, H. 2007. Effect of drought and salt stresses on yield, yield components, and ion content of hull-less barley (*Hordeum sativum* L.). J. New Agric. Sci. 3: 7. 3-8.
4.Blum, A. 1988. Drought resistance, P 43-76. In: Plant breeding for stress environments. CRC Press, Boca Raton, Florida.
5.Blum, A. 1996. Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilization. Euphytica, 100: 77-83.
6.Blum, A. 1999. Towards standards assays of drought resistance in crop plants. Workshop on molecular approaches for the genetic improvement of cereals for stable production in water limited environment.CIMMYT. Mexico.
7.Blum, A. 2001. Wheat cellular thermo tolerance is related to yield under heat stress. Emph. 117: 117-123.
8.Bothmer, V.R., Jacobsen, N., Baden, C., Jřrgensen, R.B., and Linde-Laursen, I. 1991. An ecogeographical study of the genus *Hordeum*. International Board for Plant Genetic Resources, Rome, 127p.
9.Calderini, D.F., Reynolds, M.P., and Slafer, G.A. 1999. Genetic gains in wheat yield and main physiological changes associated with them during the 20th century, P 145-156. In: Satore, E.H., and Slafer, G.A. (eds.), Wheat: Ecology and Physiology of Yield Determination. Food Product Press, New York.
10.Cattivelli, L., Rizza, F., Badeck, F.W., Mazzucotelli, E., Mastrangelo, A.M., Francia, E., Mar`e, C., Tondelli, A., and Stanca, A.M. 2008. Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. Field Crop Res. 115: 1-14.
11.Dencic, S., Kereski, B., Skoric, D., Kovacevic, L., and Ivanovic, M. 1996. The possibilities of genetic and breeding in increasing of tolerance to drought stress, P 13-23. In: Proceeding of International Symposium of Drought and Plant Production, Lepenski Vir.
12.Dofing, S.M., Berke, T.G., Baenziger, P.S., and Knight, C.W. 1992. Yield and yield component response of barley in subarctic and temperate environment. Can. J. Plant Sci. 72: 663-699.
13.Egilla, J.N., Davies, Jr.F.T., and Boutton, T.W. 2005. Drought stress influences leaf water content, photosynthesis, and water-use efficiency of *Hibiscus rosa-sinensis* at three potassium concentrations. Photosynth, 43: 135-140.

Archive of SID

www.SID.ir

14.Fernandes, C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance, P 257-270. In: Kuo, C.G. (ed.), Adaptation of food crops to temperature and water stress. Shanhua, Taiwane, AVRDC.
15.Fernandes, C.J., Mclnnes, K.J., and Cothren, T.J. 1996. Water status and leaf area production in water and nitrogen stress cotton. Crop Sci. 36: 1224-1233.
16.Fisher, R.A., and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. Grain yield response. Australian J. Agric. Res. 29: 897-912.
17.Guo, P.G., Baum, M., Li, R.H., Grando, S., Varshney, R.K., Valkoun, J., Ceccarelli, S., and Graner, A. 2007. Differentially expressed genes between two barley cultivars contrasting in drought tolerance. Mol. Plant Breed. 5: 2. 181-183.
18.Hamam, K.A.M. 2004. Improving crop varieties of spring barley for drought and heat tolerance with AB-QTL analysis. Ph.D. Thesis. Bonn, Germany, 139p.
19.Harlan, J.R. 1968. On the origin of barley (origin, botany, culture and genetics). Agriculture research service, Pp: 9-31.
20.Hohm, R. 2000. Irrigation management of barley. Available at: http:// www. agric.aov.ab.ca/crops/barley.
21.Kenney, J.F., and Keeping, E.S. 1962. Harmonic Mean, P 57-58. In: Van Nostrand, N.J. (ed.) Mathematics of Statistics. John Wiley Press, Princeton.
22.Malakoti, M.J., and Geibi, M.N. 1996. Determination of nutrient element critical point strategic crops and fertilizer recommendation in Iran. Agriculture Education publication. Tehran, Iran, 97p.
23.Maldonado, C., Squeo, F.A., and Ibacache, E. 2003. Phenotypic response of *Lycopersicon chilense* to water deficit. Revista Chilena De Historia Natural, 76: 129-137.
24.Mohammadi, M., Talei, A., Zeinali, H., Naghavi, M.R., and Baum, M. 2008. Mapping some QTLs controlling drought tolerance in a doubled haploid population. Seedling and Seed, 24: 1-15.
25.Ortiz, R., Ekanayake, I., Mahalakshmi, V., Kamara, A., Menkir, A., Nigam, S.N., Singh, B.B., and Saxena, N.P. 2001. Breeding of drought resistant and water stress tolerant crops. Patancheru, India, 321p.
26.Pospisilova, J., Synkova, H., and Rulcova, J. 2000. Cytokinins and water stress. Biol. Plant. 43: 3. 321-328.
27.Rasmusson, D.C. 1985. Barley. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, Publishers, Madison, Wisconsin, 522p.
28.Rosielle, A.T., and Hambelem, J. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and nonstress environments. Crop Sci. 21: 943-945.
29.Sabaghpour, S.H., Mahmodi, A.A., Saeed, A., Masood, K., and Malhotra, R.S. 2006. Study on chickpea drought tolerance lines under dryland condition of Iran. Indian J. Crop Sci. 1: 1-2. 70-73.

Archive of SID

www.SID.ir

30.Samarah, N.H. 2005. Effects of drought stress on growth and yield of barley. Agron. Sustain. Dev. 25: 145-149.
31.Saranga, Y., Menz, M., Jiang, C.X., Wright, R.J., Yakir, D., and Paterson, A.H. 2001. Genomic dissection of genotype × environment interactions conferring adaptation of cotton to arid conditions. Genome Res. 11: 1988-1995.
32.Takahashi, R. 1972. Non brittle rachis 1 and non brittle rachis 2. Barl. Genet. Newsl, 2: 181-2.
33.Tambussi, E.A., Nogu´es, S., Ferrio, J.P., Voltas, J., and Araus, J.L. 2005. Does a higher yield potential improve barley performance under Mediterranean conditions? A case study. Field Crop Res. 91: 149-160.
34.Wanjura, D.F., and Upcharch, D.R. 2002. Water status response of corn and cotton to altered irrigation. Crop Sci. 43: 321-325.

Archive of SID

www.SID.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Plant Production, Vol. 17(1), 2010
www.gau.ac.ir/journals

Evaluation of drought tolerance of twelve improved barley genotypes in dry and warm condition

B. Vaezi[1] and [*]A. Ahmadikhah[2]

[1]Instructor Research Cereales Rainfed Research Institute, Gachsaran, Kohkilooyeh and Boyerahmad, [2]Assistant Prof., Dept. of Plant Breeding and Biotechnology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Abstract

Drought stress due to water deficit and terminal temperatures is a serious problem in agriculture, and it is one of the most important factors contributing to crop yield loss. To evaluate drought tolerance of barley, 12 advanced barley genotypes were studied in two rainfed and irrigated conditions (in a subtropical region, Gachsaran) in 2006-2007 in a RCB design with three replications. Results revealed that all genotypes showed some loss in all studied characteristics in water deficit stress. The most yield loss due to drought stress was observed for genotypes #5 and #8 (2.6 and 1.68 t ha^{-1}, respectively), while genotype #10 showed the least yield loss (0.77 t ha^{-1}). Correlation analysis showed that yield in irrigated environment was correlated with yield in water deficit condition (r=0.62), indicating that selection for yield in normal conditions (YP) will be desirable and will positively affect yield under drought stress (YS). The comparisons between different evaluation indeces of drought response to drught show that there was not colinearity between the results obtained by two group indeces (sensitivity evaluation indices vs. tolerance evaluation indices) in identification of tolerant genotypes, so that with TOL, LOS and SSI, lines #10, 9 and 4 had least sensitivity, while with MP, STI, GMP and HAR, lines #5, 6 and 11 had highest drought tolerance. To choose and introduce best criteria of drought tolerance, the correlation of above indices with yield under normal and drought stress was evaluated. Results showed that none of sensitivity evaluation indices (TOL, LOS and SSI) had significant correlations with yield under stress, while all tolerance evaluation indices (MP, STI, GMP and HAR) had significant correlations with yield under both conditions, indicating that using these later criteria for evaluation of drught tolearnce will be more desirable in breeding programes.

Keywords: Barley, Rainfed condition, Drought stress, Advanced genotypes

* Corresponding Author; Email: ahmadikhah_a@gau.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir