

ارزیابی لاین‌های حاصل از تلاقی بین گونه‌ای در دو زمینه ژنتیکی متفاوت در جو تحت رژیم‌های مختلف آبی

مهسا ذی‌کنی^۱، محمدمهدی مجیدی^{۲*}، محمد براتی^۳، امیرحسین اوسیوند^۴ و دانیال سرفراز^۴

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۳/۲۱)

چکیده

اهلی‌سازی و انتخاب طی دوران تکاملی، سطح تنوع ژنتیکی را در جو کاهش داده است. تلاقی‌های بین گونه‌ای یکی از ارزشمندترین روش‌ها برای بازگرداندن بخشی از تنوع از دست رفته است. این مطالعه با هدف بررسی تنوع ژنتیکی و غربالگری لاین‌های مطلوب برای تحمل به کم‌آبی در نسل F_۳ حاصل از تلاقی یک رقم زراعی (ریحان ۰۳) با دو نمونه جو وحشی اسپانتانوم (HSP۴۵ و HSP۲۱) انجام شد. بدین منظور ۱۶۲ لاین (۸۱ لاین از هر تلاقی) در سه محیط عدم تنش، تنش کم‌آبی متوسط و تنش کم‌آبی شدید برای عملکرد، صفات فنولوژیک و مورفولوژیک ارزیابی شدند. نتایج نشان داد که در هر دو جمعیت بیشترین و کمترین میزان تنوع به ترتیب مربوط به تعداد دانه در سنبله و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک بود. نتایج مقایسه دو جمعیت نشان داد که در محیط تنش متوسط نتایج حاصل از تلاقی جو اهلی با جو وحشی HSP۴۵ میانگین صفات ارتفاع بوته و وزن صد دانه کمتر از جمعیت HSP۲۱ بود و در بقیه صفات تفاوتی نداشت. در محیط تنش شدید نتایج حاصل از تلاقی رقم ریحان ۰۳ با جو وحشی HSP۴۵ میانگین صفات طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه افزایش معنی‌داری و برای صفت وزن صد دانه کاهش معنی‌دار نسبت به جمعیت دیگر داشت. نتایج ضرایب همبستگی در نتایج حاصل از تلاقی با هر دو والد HSP۲۱ و HSP۴۵ در تنش متوسط و تنش شدید مشخص کرد که بین عملکرد دانه و صفات ارتفاع بوته، عملکرد بیولوژیک، شاخص تحمل به کم‌آبی (STI) و شاخص پایداری عملکرد (YSI) همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. بیشترین عملکرد دانه در نتایج حاصل از تلاقی جو اهلی با والد وحشی HSP۲۱ در شرایط عدم تنش و تنش کم‌آبی متوسط به ژنوتیپ ۵۸۴ و در تنش کم‌آبی شدید به ژنوتیپ ۵۹۲ و بیشترین عملکرد دانه در نتایج حاصل از تلاقی جو اهلی با والد وحشی HSP۴۵ در سه محیط رطوبتی به ترتیب در ژنوتیپ‌های ۶۸۹، ۶۷۱ و ۷۱۵ بود. با بهره‌گیری از ترسیم نمودار بای‌پلات و غربالگری ژنوتیپ‌ها با استفاده از شاخص‌های تحمل به خشکی، لاین‌های پرتولید در هر دو محیط عدم تنش و کم‌آبی برای استفاده در مطالعات بعدی شناسایی شدند.

واژه‌های کلیدی: تنش کم‌آبی، غربالگری، آگمنت، تنوع ژنتیکی، جو وحشی اسپانتانوم

۱، ۲، ۳ و ۴. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استاد، دانشجوی سابق دکتری و دانشجویان سابق کارشناسی، گروه زراعت و اصلاح نباتات،

دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: majidi@iut.ac.ir

مقدمه

جو زراعی با نام علمی *Hordeum vulgare* L. متعلق به قبیله *Triticeae* از خانواده گندمیان (*Poaceae*) و چهارمین غله مهم در دنیا پس از گندم، ذرت و برنج است (۱۴). عملکرد گیاهان زراعی تحت تأثیر ساختار ژنتیکی گیاه، شرایط محیطی و برهم‌کنش آنهاست. اگرچه همه تنش‌های زنده و غیر زنده از عوامل مهم کاهش تولید محسوب می‌شوند (۵) ولی مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد و عملکرد گیاهان زراعی تنش کم‌آبی است (۱۹). هدف از تهیه ارقامی متحمل به کم‌آبی معرفی ارقام است که به‌طور نسبی در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها تنش را بهتر تحمل کرده و در شرایط یکسان افت عملکرد کمتری داشته باشند (۲۰). اگرچه عملکرد دانه و اجزای آن به‌عنوان معیار اصلی برای بهبود ژنتیکی و برنامه‌های اصلاحی در شرایط تنش استفاده می‌شود (۱۲) با این وجود با بررسی عملکرد گیاه در شرایط معمول الزماً نمی‌توان عملکرد گیاه تنش‌یافته را تخمین زد به همین علت پیشنهاد می‌شود از شاخص‌های عملکرد خشکی استفاده شود (۱۰). انتخاب محیط تنش و ژرم‌پلاسم مناسب از عوامل مهم در اصلاح ژنتیکی صفات زراعی و مقاومت به تنش‌های محیطی هستند (۱۳ و ۲۲). باهاری و همکاران (۲) گزارش کردند تنش کم‌آبی در گیاه جو بهاره صفات ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. بر اساس گزارش فیاض (۷) عملکرد بیولوژیک در گیاه تریتیکاله به‌علت کاهش ارتفاع بوته و میزان رشد در اثر تنش کم‌آبی کاهش می‌یابد.

جو وحشی اسپانتانوم، به‌عنوان نزدیک‌ترین خویشاوند جو زراعی، از پتانسیل بالایی برای برگرداندن بخشی از تنوع ژنتیکی از دست رفته در جو زراعی (در اثر تکامل و انتخاب طی سالیان متمادی) برخوردار است (۱۷). از طرفی پدیده محدود شدن پایه ژنتیکی جو زراعی در اثر اصلاح نباتات، سبب آسیب‌پذیری ژنتیکی بیشتر آن در برابر تنش‌های محیطی شده است. جو اسپانتانوم در نواحی خشک ایران به‌ویژه نواحی غربی در امتداد

رشته کوه‌های زاگرس پراکنده است و احتمال می‌رود دارای ژن‌های منحصر به فرد و آلل‌های تضمین‌کننده تحمل به کم‌آبی باشد که در صورت شناسایی می‌تواند به جو زراعی انتقال داده شوند (۱۵ و ۲۳) نمونه‌های ایرانی جو وحشی اسپانتانوم در مقایسه با ژنوتیپ‌های غیر بومی کمتر مطالعه شده‌اند. یک روش کارآمد برای انتقال این صفات از گونه‌های وحشی به گونه‌های زراعی تلاقی‌های بین گونه‌ای است. با استفاده از این روش میزان تنوع ژنتیکی افزایش می‌یابد که از این تنوع می‌توان به‌منظور پیشبرد برنامه‌های به‌نژادی که از طریق صفات مورفولوژیکی، میسر می‌شود استفاده کرد. گلینتون و همکاران در آزمایشی گزارش کردند که ژرم‌پلاسم جو وحشی به‌عنوان منبعی غنی از ژن‌های جدید است که با شناسایی موفق و ورود صفت مونوژنیک از جو وحشی به جو زراعی می‌توان کیفیت مالت، تحمل به تنش کم‌آبی و پایداری را در جو زراعی افزایش داد (۶). هادجیکریستودولوا (۹) تلاقی‌های وسیعی را بین نمونه‌های جو وحشی با ارقام جو زراعی دو و شش‌ردیفه انجام داد و لاین‌های اینبرد حاصل از تلاقی‌ها را در شرایط دیم ارزیابی کرد. وی موفق شد لاین‌هایی را ایجاد کند که از نظر صفاتی مانند عملکرد دانه، شاخص برداشت، وزن هزار دانه و زودرسی دارای وضعیت مطلوب‌تری نسبت به ارقام زراعی باشند. مطالعات قبلی روی ژرم‌پلاسم ایرانی جو وحشی نشان داد که جوهای اسپانتانوم ویژگی‌های مطلوبی از نظر صفات مرتبط با ریشه، عملکرد و اجزای عملکرد، زودرسی، تعداد دانه در سنبله و صفات فیزیولوژیک از خود نشان دادند که می‌تواند در کنار ژنوتیپ‌های دارای ویژگی‌های مطلوب از سایر مناطق دنیا در برنامه‌های اصلاحی استفاده شوند (۳). در ادامه لازم است که نسل‌های در حال تفرق از نظر ویژگی‌های مهم و ترکیبی والدین به‌ویژه تحمل به تنش کم‌آبی در سه محیط رطوبتی بررسی شوند. بنابراین اهداف این پژوهش عبارتند از: ۱) بررسی تنوع ژنتیکی در لاین‌های F_3 حاصل از تلاقی جو زراعی با دو جو وحشی اسپانتانوم، ۲) مقایسه بین نتایج حاصل از تلاقی جو زراعی با نمونه‌های

مزرعه (MAD) به ترتیب ۵۰ و ۸۰ درصد صورت گرفت. در زمان شروع اعمال تیمارهای تنش، رطوبت خاک در عمق‌های توسعه ریشه (عمق‌های صفر تا ۲۰ سانتی‌متر، ۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متر و ۴۰ تا ۶۰ سانتی‌متر) اندازه‌گیری شدند و مقدار آب آبیاری برای تأمین کمبود رطوبت خاک تا حد ظرفیت زراعی مزرعه تعیین و سپس در هر دو تیمار آبیاری اعمال شد. برای تعیین زمان آبیاری دوم و بعد در هر تیمار به منظور کاهش تعداد نمونه‌گیری رطوبت خاک، از روش پیش‌بینی با استفاده از اندازه‌گیری تبخیر و تعرق تجمعی استفاده شد. به طوری که پس از هر آبیاری مقدار تجمعی تبخیر و تعرق (ETc) با استفاده از داده‌های هواشناسی نجف آباد (جدول ۱) و رابطه فائو پنمن مانیتث با اعمال ضریب گیاهی جو (برابر با یک) طی دوره رشد محاسبه شد (۱) و زمانی که مقدار تبخیر و تعرق تجمعی به عمق مجاز تخلیه رطوبت از عمق توسعه ریشه (Id) در تیمار مورد نظر رسید، آبیاری انجام شد. عمق مجاز تخلیه رطوبت از عمق توسعه ریشه از رابطه زیر محاسبه شد:

$$I_d = (FC - PWP) \times D \times B \times MAD \quad (1)$$

I_d عمق آب مجاز برای تخلیه در تیمار مورد نظر (میلی‌متر)، FC رطوبت وزنی خاک در حد ظرفیت زراعی (درصد) (متوسط برای لایه‌های مختلف خاک)، PWP رطوبت وزنی خاک در حد پژمردگی دائم (درصد) (متوسط برای لایه‌های مختلف خاک)، D عمق فعال توسعه ریشه (میلی‌متر) و B چگالی ظاهری خاک در ناحیه توسعه ریشه (۱/۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب) بودند. بنابراین زمان آبیاری برای تیمارهای مختلف متفاوت بود لیکن مقدار آبی که به تیمارهای مختلف در یک دوره آبیاری داده می‌شد یکسان و برابر با کمبود آب خاک تا حد FC در تیمار عدم تنش بود که مقدار آن از رابطه زیر محاسبه شد:

$$I = (\theta_{Fc} - \theta_{iri}) \times D \times B \quad (2)$$

در رابطه بالا θ_{iri} متوسط رطوبت وزنی خاک در عمق توسعه ریشه مربوط به زمان آبیاری در تیمار عدم تنش (درصد)،

متفاوت جو وحشی (اثر زمینه ژنتیکی گونه وحشی) و (۳) غربالگری و گزینش ژنوتیپ‌های دارای ویژگی‌های مطلوب زراعی و تحمل بالا به سطوح مختلف تنش کم‌آبی در نتاج حاصل از تلاقی جو اهلی و وحشی جهت ایجاد نسل‌های پیشرفته‌تر

مواد و روش‌ها

مواد ژنتیکی مورد استفاده، مکان و نحوه انجام آزمایش

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در ۴۰ کیلومتری جنوب غربی اصفهان در منطقه لورک نجف‌آباد انجام پذیرفت. ژنوتیپ‌های مورد کشت در مزرعه شامل ۱۶۲ لاین F_۳ متعلق به دو جمعیت حاصل از تلاقی بین جو زراعی رقم ریحان ۰۳ با دو جو وحشی اسپانتانوم Hsp۲۱ (با منشأ ترکمنستان و بذر سیاه) و Hsp۴۵ (با منشأ ایران) بودند، به طوری که ۸۱ لاین حاصل از تلاقی هر نمونه جو وحشی با جو زراعی تهیه شد. جمعیت‌ها در آبان‌ماه سال ۱۳۹۴ در سه محیط عدم تنش (شاهد: آبیاری پس از ۵۰ درصد تخلیه رطوبتی)، تنش کم‌آبی متوسط (آبیاری پس از ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی) و تنش شدید (قطع آبیاری پس از استقرار) در قالب طرح آگمنت شامل شش بلوک و چهار رقم شاهد در هر بلوک (در هر محیط یک طرح آگمنت) ارزیابی شدند. ارقام شاهد شامل رقم ریحان ۰۳، نصرت، یک رقم بومی جو دو ردیفه سیاه و یک رقم بومی شش‌ردیفه بودند. هر واحد آزمایشی دو خط کاشت با فاصله ۲۰ و طول ۶۰ سانتی‌متر بود و فواصل بین واحدها ۳۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در این پژوهش تمامی کرت‌ها از زمان کاشت (۸ آبان) تا مرحله استقرار کامل بوته‌ها (اواسط اسفندماه) از نظر آبیاری و اعمال مدیریت‌های زراعی به صورت یکسان در نظر گرفته شدند. بعد از استقرار کامل بوته‌ها برای اعمال تنش شدید قطع کامل آبیاری صورت گرفت. آبیاری محیط‌های عدم تنش (شاهد) و تنش متوسط بر اساس ضریب مدیریت

جدول ۱. داده‌های هواشناسی در سال زراعی ۹۵-۹۴

ماه	بارش بر حسب (میلی‌متر)	کمینه دما بر حسب (درجه سانتی‌گراد)	بیشینه دما بر حسب (درجه سانتی‌گراد)
مهر	۱۴/۷	۷/۴	۳۱/۸
آبان	۰	-۱/۴	۲۰/۲
آذر	۱۷/۹	-۵/۲	۲۱/۸
دی	۲/۸	-۵/۸	۱۷/۴
بهمن	۰/۴	-۵/۲	۲۳/۴
اسفند	۱۴	۰	۲۳/۴
فروردین	۲۶/۸	۲/۸	۳۰/۴
اردیبهشت	۳/۴	۹/۸	۳۴/۴
خرداد	۰	۱۵	۳۸/۶
میانگین	۸/۸۸	۱/۹۳	۲۶/۸۲

شرایط بدون تنش را نشان می‌دهند.

تجزیه آماری داده‌ها

تجزیه واریانس برای ارقام شاهد در سه محیط رطوبتی به صورت جداگانه با استفاده از نرم‌افزار SAS v9.4 صورت گرفت و سپس تصحیح میانگین هر یک از بلوک‌ها در صورت نیاز اعمال شد. میانگین‌های تصحیح شده برای استخراج آماره‌های توصیفی، شاخص‌های تحمل به کم‌آبی و مقایسه میانگین صفات مختلف به روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۰/۰۵ با استفاده از نرم‌افزار SAS استفاده شد. به منظور برآورد ارتباط شاخص تحمل به تنش و شاخص پایداری به عملکرد با یکدیگر و برآورد رابطه بین صفات از ضرایب همبستگی استفاده شد. برای ترسیم بای‌پلات و پراکنش ژنوتیپ‌ها از نرم‌افزار Statgraphics استفاده شد. از تجزیه به مؤلفه‌ها اصلی نیز به منظور کاهش حجم ابعاد داده‌ها، تحلیل و تفسیر الگوهای پراکنندگی در بین داده‌ها استفاده شد.

نتایج و بحث

آماره‌های توصیفی و میزان تنوع

نتیجه آماره‌های توصیفی صفات مشاهده شده در نتایج حاصل از

I عمق خالص آبیاری (میلی‌متر)، θ_{Fc} رطوبت وزنی خاک در حد ظرفیت زراعی (درصد)، D عمق فعال توسعه ریشه (میلی‌متر) و B چگالی ظاهری خاک در ناحیه توسعه ریشه (۱/۴) گرم بر سانتی‌متر مکعب) است.

صفات مورد بررسی و چگونگی اندازه‌گیری

صفات فنولوژیک (روز تا سنبله‌دهی و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک) به همراه صفات مورفولوژیک شامل ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله، طول سنبله، وزن صد دانه بر اساس میانگین ۱۰-۵ بوته به صورت تصادفی از هر واحد آزمایشی (پلات) استفاده شد. عملکرد دانه که وزن کل دانه‌های برداشت شده در هر پلات بود. با توجه به اینکه در این مطالعه ژنوتیپ‌ها در سه محیط رطوبتی بررسی شدند، شاخص تحمل به تنش (۸) (STI) و شاخص پایداری عملکرد (۴) (YSI) به منظور ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌ها به تنش کم‌آبی طبق فرمول‌های زیر برای هر سطح تنش به صورت جداگانه محاسبه شد.

$$STI = (Y_p \times Y_s) / Y_{mp}^2 \quad (3)$$

$$YSI = Y_s / Y_p \quad (4)$$

در این فرمول‌ها Y_p و Y_s به ترتیب عملکرد هر ژنوتیپ در شرایط تنش، بدون تنش و Y_{mp} میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در

جدول ۲. آماره‌های توصیفی در ۸۱ لاین حاصل از تلاقی رقم ریحان ۰۳ با جو وحشی HSP۲۱ در سه محیط رطوبتی عدم تنش، تنش کم آبی

متوسط و تنش کم آبی شدید

متغیر	کمینه	بیشینه	دامنه تغییرات	میانگین	انحراف معیار	ضریب تنوع فنوتیپی
عدم تنش						
روز تا ظهور سنبله	۱۴۱	۱۵۸	۱۷	۱۴۹/۹۰	۳/۵۶	۲/۳۷
روز تا رسیدگی	۱۹۸	۲۰۸	۱۰	۲۰۳/۸۳	۲/۶۴	۱/۲۹
ارتفاع گیاه (cm)	۷۶	۱۱۵	۳۹	۹۳/۸۰	۸/۲۱	۸/۷۶
طول سنبله (cm)	۴/۵۰	۹/۱۰	۴/۶۰	۶/۹۰	۱/۰۱	۱۴/۷۶
تعداد دانه در سنبله	۲۰	۷۵	۵۵	۳۹/۰۵	۱۵/۴۷	۳۹/۶۳
عملکرد بیولوژیک (g/m ^۲)	۶۶۹	۲۴۴۸	۱۷۷۹	۱۲۰۰/۵۵	۳۲۹/۹۳	۲۷/۴۸
وزن صد دانه (g)	۱/۸۹	۵/۱۸	۳/۲۹	۳/۵۲	۰/۷۷	۲۲/۰۴
عملکرد دانه (g/m ^۲)	۲۵۰/۸۳	۱۱۷۴/۵۹	۹۲۳/۷۶	۵۱۱/۸۷	۱۷۰/۳۴	۳۳/۲۷
شاخص برداشت	۰/۲۱	۰/۷۷	۰/۵۵	۰/۴۲	۰/۰۶	۱۴/۸۲
تنش کم آبی متوسط						
روز تا ظهور سنبله	۱۴۳	۱۵۴	۱۱	۱۴۸/۹۰	۲/۸۵	۱/۹۱
روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	۱۹۸	۲۰۷	۹	۲۰۱/۴۱	۲/۳۰	۱/۱۴
ارتفاع گیاه (cm)	۴۱	۹۷	۵۶	۶۳/۹۵	۱۰/۵۷	۱۶/۵۳
طول سنبله (cm)	۳	۸	۵	۵/۶۸	۱/۰۶	۱۸/۶۷
تعداد دانه در سنبله	۱۴	۶۳	۴۹	۳۲/۶۴	۱۳/۱۵	۴۰/۲۹
عملکرد بیولوژیک (g/m ^۲)	۳۹۳	۱۵۵۱	۱۱۵۸	۷۴۷/۹۲	۲۱۵/۴۹	۲۸/۸۱
وزن صد دانه (g)	۱/۹۶	۵/۵۴	۳/۵۸	۳/۱۸	۰/۶۸	۲۱/۵۴
عملکرد دانه (g/m ^۲)	۱۱۹/۰۷	۵۲۴/۷۹	۴۰۵/۷۲	۲۸۳/۶۲	۹۰/۰۴	۳۱/۷۴
شاخص برداشت	۰/۲۶	۰/۵۰	۰/۲۳	۰/۳۷	۰/۰۵	۱۵/۵۸
YSI	۰/۲۱	۱/۱۹	۰/۹۷	۰/۵۸	۰/۱۹	۳۳/۱۱
STI	۰/۱۹	۱/۶۱	۱/۴۲	۰/۵۷	۰/۲۸	۴۹/۹۳
تنش کم آبی شدید						
روز تا ظهور سنبله	۱۴۳	۱۵۵	۱۲	۱۴۹/۰۳	۲/۷۰	۱/۸۱
روز تا رسیدگی	۱۹۳	۲۰۱	۸	۱۹۷/۱۲	۲/۰۵	۱/۰۴
ارتفاع گیاه (cm)	۳۲	۷۵	۴۳	۴۸/۳۰	۸/۴۹	۱۷/۵۹
طول سنبله (cm)	۳/۵۰	۸/۱۰	۴/۶۰	۵/۶۹	۰/۸۹	۱۵/۷۷
تعداد دانه در سنبله	۱۴	۶۶	۵۲	۳۱/۶۸	۱۳/۴۲	۴۲/۳۸
عملکرد بیولوژیک (g/m ^۲)	۲۱۳	۱۰۲۹	۸۱۶	۵۷۵/۶۲	۱۷۲/۷۵	۳۰/۰۱
وزن صد دانه (g)	۲/۱۷	۴/۲۹	۲/۱۲	۳/۱۵	۰/۴۷	۱۵/۰۲
عملکرد دانه (g/m ^۲)	۷۳/۳۵	۴۴۵/۵۶	۳۷۲/۲۱	۲۱۳/۹۵	۷۳/۰۱	۳۴/۱۲
شاخص برداشت	۰/۲۰	۰/۵۷	۰/۳۷	۰/۳۷	۰/۰۶	۱۶/۸۸
YSI	۰/۱۴	۰/۹۹	۰/۸۵	۰/۴۴	۰/۱۵	۳۶/۱۸
STI	۰/۱۳	۰/۹۵	۰/۸۲	۰/۴۲	۰/۲۰	۴۷/۲۲

ضریب تنوع فنوتیپی به ترتیب برای صفت روز تا رسیدگی و تعداد دانه در سنبله بود (جدول ۲ و ۳). ضریب تنوع بالایی برای

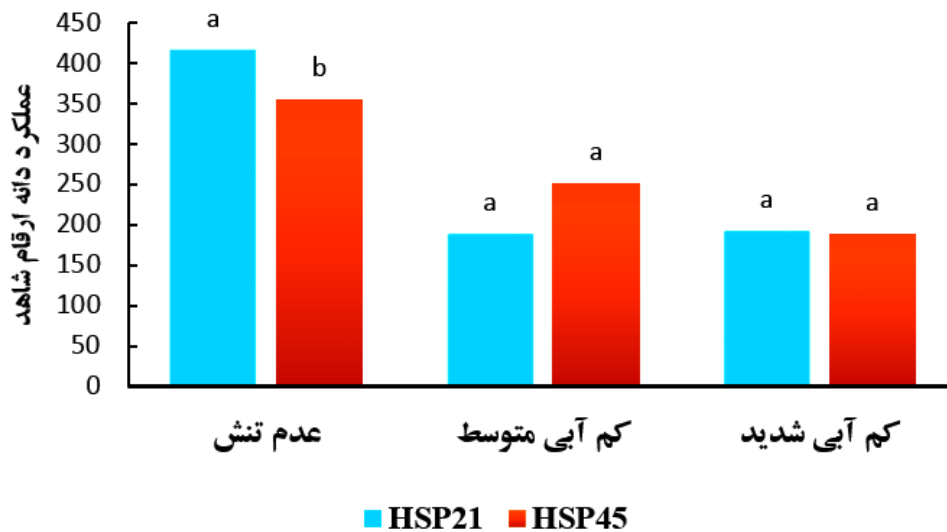
تلاقی جو زراعی ریحان ۰۳ با دو جو وحشی (Hsp۲۱) و ۴۵ (Hsp) نشان داد که در هر دو جمعیت کمترین و بیشترین

جدول ۳. آماره‌های توصیفی در ۸۱ لاین حاصل از تلاقی رقم ریحان ۰۳ با جو وحشی HSP۴۵ در سه محیط رطوبتی عدم تنش، تنش کم آبی متوسط و تنش کم آبی شدید

متغیر	کمینه	بیشینه	دامنه تغییرات	میانگین	انحراف معیار	ضریب تنوع فنوتیپی
عدم تنش						
روز تا ظهور سنبله	۱۴۳	۱۵۶	۱۳	۱۴۹/۷۵	۳/۱۵	۲/۱۰
روز تا رسیدگی	۱۹۸	۲۱۰	۱۲	۲۰۶/۰۳	۲/۱۷	۱/۰۵
ارتفاع گیاه (cm)	۳۶/۶۰	۱۱۴/۱۰	۵۰/۵۰	۸۹/۳۵	۱۰/۲۲	۱۱/۴۴
طول سنبله (cm)	۴/۵۰	۱۱/۲۰	۶/۷۰	۷/۲۶	۱/۳۳	۱۸/۴۱
تعداد دانه در سنبله	۲۰	۹۳	۷۳	۴۵/۰۳	۱۹/۳۸	۴۳/۰۵
عملکرد بیولوژیک (g/m ^۲)	۵۳۶	۲۰۱۵	۱۴۷۹	۱۲۱۸/۰۷	۳۴۸/۲۳	۲۸/۵۸
وزن صد دانه (g)	۲/۱۲	۴/۴۴	۲/۳۲	۳/۱۶	۰/۵۹	۱۸/۶۴
عملکرد دانه (g/m ^۲)	۱۸۰/۹۶	۷۷۳/۴۳	۵۹۲/۴۷	۴۵۷/۸۶	۱۴۴/۴۳	۳۱/۵۴
شاخص برداشت	۰/۱۸	۰/۵۲	۰/۳۴	۰/۳۷	۰/۰۶	۱۸/۳۷
تنش کم آبی متوسط						
روز تا ظهور سنبله	۱۳۹	۱۵۵	۱۶	۱۴۸/۲۳	۲/۸۸	۱/۹۴
روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	۱۹۹	۲۱۱	۱۲	۲۰۱/۷۹	۲/۴۹	۱/۲۳
ارتفاع گیاه (cm)	۳۷	۸۴	۴۷	۵۶/۱۸	۱۰/۳۹	۱۸/۹۴
طول سنبله (cm)	۲	۸	۶	۵/۵۸	۱/۲۷	۲۲/۹۱
تعداد دانه در سنبله	۱۶	۶۶	۵۰	۳۳/۰۹	۱۲/۰۳	۳۶/۳۶
عملکرد بیولوژیک (g/m ^۲)	۳۹۳	۱۴۷۹	۱۰۸۶	۷۷۷/۲۲	۲۴۶/۶۸	۳۱/۷۳
وزن صد دانه (g)	۱/۵۵	۴/۰۸	۲/۵۳	۲/۸۳	۰/۵۵	۱۹/۵۳
عملکرد دانه (g/m ^۲)	۱۳۳/۸۳	۵۸۱/۸۸	۴۴۸/۰۵	۳۰۵/۵۵	۱۰۱/۳۰	۳۳/۱۵
شاخص برداشت	۰/۲۶	۰/۵۲	۰/۲۶	۰/۳۹	۰/۰۵	۱۴/۲۱
YSI	۰/۲۱	۱/۶۶	۱/۴۴	۰/۷۲	۰/۳۱	۴۲/۹۸
STI	۰/۱۴	۱/۷۵	۱/۶۰	۰/۶۸	۰/۳۵	۵۲/۱۵
تنش کم آبی شدید						
روز تا ظهور سنبله	۱۳۸	۱۵۵	۱۷	۱۴۸/۲۰	۲/۹۷	۲
روز تا رسیدگی	۱۹۴	۲۰۰	۶	۱۹۷/۵۹	۱/۴۵	۰/۷۳
ارتفاع گیاه (cm)	۳۲	۷۱	۳۹	۴۷/۱۱	۸/۰۹	۱۷/۱۸
طول سنبله (cm)	۴/۳۷	۹/۱۰	۴/۷۲	۶/۱۱	۱/۰۴	۱۷/۱۴
تعداد دانه در سنبله	۱۴	۷۲	۵۸	۳۶/۵۰	۱۷/۰۵	۴۶/۷۳
عملکرد بیولوژیک (g/m ^۲)	۲۹۴	۱۵۶۶	۱۲۷۲	۷۲۸/۲۹	۲۵۹/۶۸	۳۵/۶۵
وزن صد دانه (g)	۲/۱۲	۴/۱۲	۲	۲/۸۶	۰/۴۲	۱۴/۹۳
عملکرد دانه (g/m ^۲)	۹۲/۷۶	۶۶۶/۶۹	۵۷۳/۹۳	۲۸۳/۳۵	۱۳۳/۱۲	۴۶/۹۸
شاخص برداشت	۰/۰۶	۰/۵۶	۰/۴۹	۰/۳۷	۰/۰۸	۲۲/۲۳
YSI	۰/۱۷	۲/۹۹	۲/۸۱	۰/۷۲	۰/۵۱	۷۱/۰۱
STI	۰/۱۶	۲/۲۳	۲/۰۷	۰/۶۴	۰/۴۴	۶۹/۷۱

بیشتر بود (جدول ۲). میانگین روز تا ظهور سنبله و روز تا رسیدگی در محیط تنش شدید در هر دو جمعیت کمتر از عدم

دو شاخص STI و YSI، در هر دو محیط تنش متوسط و شدید مشاهده شد و این در حالیست که ضریب تنوع شاخص STI



شکل ۱. مقایسه میانگین عملکرد دانه (گرم در مترمربع) ارقام شاهد در دو جمعیت F3 حاصل از تلاقی جو زراعی با جو وحشی اسپانتانوم. در هر تیمار، تفاوت بین دو جمعیت دارای حرف مشترک از نظر آماری بر اساس روش LSD در سطح پنج درصد معنی دار نیست.

از جمعیت دیگر بود و در بقیه صفات نسبت به جمعیت دیگر غیر معنی دار بود. در محیط تنش شدید میانگین نتاج حاصل از تلاقی جو ریحان ۰۳ با جو وحشی HSP۴۵ از نظر صفات طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه افزایش معنی داری و از نظر وزن صد دانه کاهش معنی دار نسبت به جمعیت دیگر داشت. میانگین نتاج حاصل از تلاقی با والد وحشی HSP۴۵ در شرایط عدم تنش از نظر عملکرد دانه کمتر از جمعیت دیگر بود ولی در تنش شدید میانگین عملکرد آن بیشتر از جمعیت حاصل از تلاقی با والد وحشی HSP۲۱ بود. عملکرد پایین نتاج حاصل از تلاقی با والد HSP۴۵ در شرایط عدم تنش ممکن است به دلیل رشد رویشی بیشتر و خوابیدگی (ورس) آن باشد، که می‌تواند تحت تأثیر ویژگی‌های مورفولوژیک گیاه (نیروی ناکافی برای ایستادگی گیاه) و همچنین شرایط محیطی مانند بارندگی، وزش باد و یا طوفان باشد.

میانگین عملکرد دانه برای ژنوتیپ‌های نتاج حاصل از تلاقی با والد HSP۲۱ در شرایط عدم تنش، تنش متوسط و تنش شدید به ترتیب برابر با ۵۱۱، ۲۸۳ و ۲۱۴ گرم در مترمربع بود در حالی که برای ژنوتیپ‌های نتاج حاصل از تلاقی با والد HSP۴۵

تنش و تنش متوسط بود. این کاهش می‌تواند به دلیل فرار از تنش کم‌آبی از طریق کاهش دوره رشد باشد که از مهم‌ترین مکانیسم‌های تحمل به کم‌آبی است (۱۸ و ۲۱).

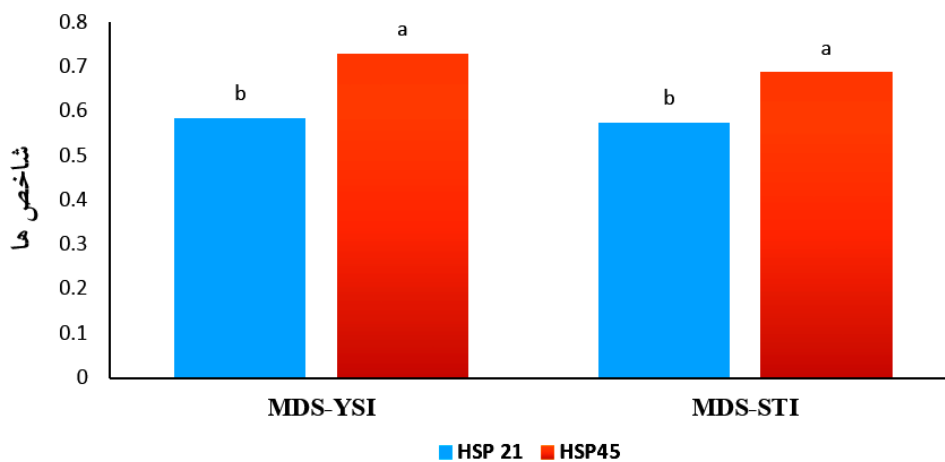
مقایسه میانگین دو زمینه ژنتیکی برای صفات مختلف

مقایسه میانگین عملکرد دانه ارقام شاهد در دو جمعیت F_۳ حاصل از تلاقی جو زراعی با دو گونه جو وحشی اسپانتانوم (شکل ۱) نشان داده شده است. نتایج تجزیه مرکب ارقام شاهد نشان داد که تأثیر محیط و محیط رطوبتی در ژنوتیپ بر عملکرد دانه در سطح ۰/۰۱ معنی دار شد (جدول نشان داده نشده است). مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در دو جمعیت F_۳ حاصل از تلاقی جو زراعی ریحان ۰۳ با دو نمونه وحشی جو (HSP۲۱ و HSP۴۵) در جدول ۴ نشان داده شده است. در محیط عدم تنش میانگین نتاج حاصل از تلاقی جو ریحان ۰۳ با جو وحشی HSP۴۵ از نظر صفات ارتفاع بوته، وزن صد دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت کمتر و از نظر صفات روز تا رسیدگی و تعداد دانه بیشتر از جمعیت دیگر بود. در محیط تنش متوسط میانگین نتاج حاصل از تلاقی جو ریحان ۰۳ با جو وحشی HSP۴۵ از نظر صفات ارتفاع بوته و وزن صد دانه کمتر

جدول ۴. مقایسه میانگین دو جمعیت F_۳ حاصل از تلاقی دو گونه وحشی جو (HSP۲۱ و HSP۴۵) با جو زراعی به تفکیک محیط‌های رطوبتی برای صفات مختلف

تنش شدید		تنش متوسط		عدم تنش		صفات
HSP ۴۵	HSP ۲۱	HSP ۴۵	HSP ۲۱	HSP ۴۵	HSP ۲۱	
۱۴۸/۲ ^a	۱۴۹ ^a	۱۴۸/۲ ^a	۱۴۸/۹ ^a	۱۴۹/۸ ^a	۱۴۹/۹ ^a	روز تا ظهور سنبله
۱۹۷/۶ ^a	۱۹۷/۱ ^a	۲۰۱/۸ ^a	۲۰۱/۴ ^a	۲۰۶ ^a	۲۰۳/۸ ^b	روز تا رسیدگی
۴۷/۱۱ ^a	۴۸/۳ ^a	۵۶/۱۸ ^b	۶۳/۹۵ ^a	۸۹/۳۵ ^b	۹۳/۸۰ ^a	ارتفاع بوته (cm)
۶/۱۱ ^a	۵/۶۹ ^b	۵/۵۸ ^a	۵/۶۸ ^a	۷/۲۶ ^a	۶/۹۰ ^a	طول سنبله (cm)
۳۶/۵۰ ^a	۳۱/۶۸ ^b	۳۳/۰۹ ^a	۳۲/۶۴ ^a	۴۵/۰۳ ^a	۳۹/۰۵ ^b	تعداد دانه در سنبله
۷۲۸/۳ ^a	۵۷۵/۶ ^b	۷۷۷/۲ ^a	۷۴۷/۹ ^a	۱۲۱۸/۱ ^a	۱۲۰۰/۶ ^a	عملکرد بیولوژیک (g/m ^۲)
۲/۸۶ ^b	۳/۱۵ ^a	۲/۸۳ ^b	۳/۱۸ ^a	۳/۱۶ ^b	۳/۵۲ ^a	وزن صد دانه (g)
۲۸۳/۴ ^a	۲۱۴ ^a	۳۰۵/۶ ^a	۲۸۳/۶ ^a	۴۵۷/۹ ^b	۵۱۱/۹ ^a	عملکرد دانه (g/m ^۲)
۰/۳۷ ^a	۰/۳۷ ^a	۰/۳۹ ^a	۰/۳۷ ^a	۰/۳۷ ^b	۰/۴۲ ^a	شاخص برداشت

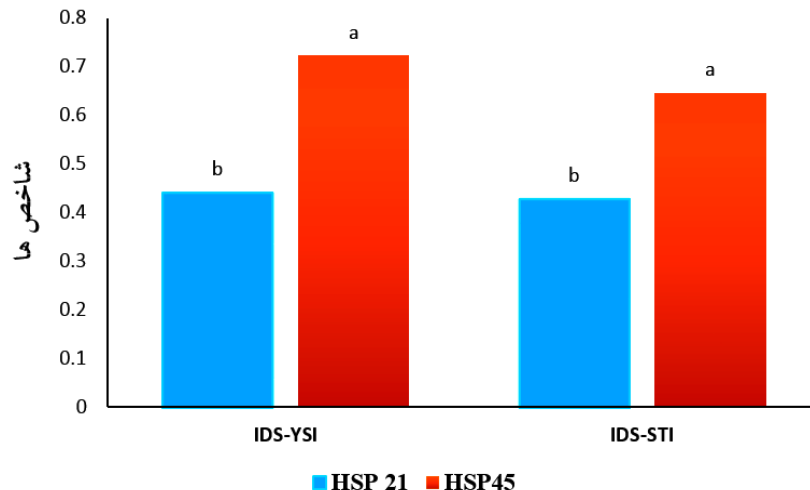
صفاتی که حروف مشترک دارند معنی دار نیستند و صفاتی که حروف غیر مشترک دارند در سطح ۰/۰۵ معنی دار هستند



شکل ۲. مقایسه میانگین دو جمعیت F₃ برای شاخص پایداری عملکرد (YSI) و شاخص تحمل به خشکی در شرایط تنش متوسط (STI). در هر تیمار، تفاوت بین دو جمعیت دارای حرف مشترک از نظر آماری بر اساس روش LSD در سطح پنج درصد معنی دار نیست.

میانگین شاخص تحمل به تنش کم‌آبی (STI) و شاخص پایداری عملکرد (YSI) در نتایج حاصل از تلاقی جو زراعی با والد وحشی HSP۴۵ در شرایط تنش متوسط و شدید بیشتر از جمعیت دیگر بود (شکل ۲ و ۳). نتایج نشان داد که تلاقی دو ژنوتیپ متفاوت با یک والد ثابت اهلی منجر به ایجاد لاین‌هایی با تحمل به کم‌آبی متفاوتی می‌شود. زهراوی (۲۳) نیز با کشت و ارزیابی ۳۶ ژنوتیپ جو اسپانتانوم در شرایط عدم تنش و

به‌ترتیب برابر با ۴۵۷، ۳۰۵ و ۲۸۳ گرم در مترمربع بود (جدول ۴). این نتایج نشان داد که میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های نتایج حاصل از تلاقی با والد HSP۴۵ تحت شرایط تنش کم‌آبی در مقایسه با ژنوتیپ‌های نتایج حاصل از تلاقی با والد HSP۲۱ ثابت و پایداری بیشتری داشته و پتانسیل عملکرد آن در شرایط تنش متوسط و تنش شدید بیشتر از جمعیت دیگر است.



شکل ۳. مقایسه میانگین دو جمعیت F3 برای شاخص پایداری عملکرد (YSI) و شاخص تحمل به خشکی (STI) در شرایط تنش شدید. در هر تیمار، تفاوت بین دو جمعیت دارای حرف مشترک از نظر آماری بر اساس روش LSD در سطح پنج درصد معنی‌دار نیست.

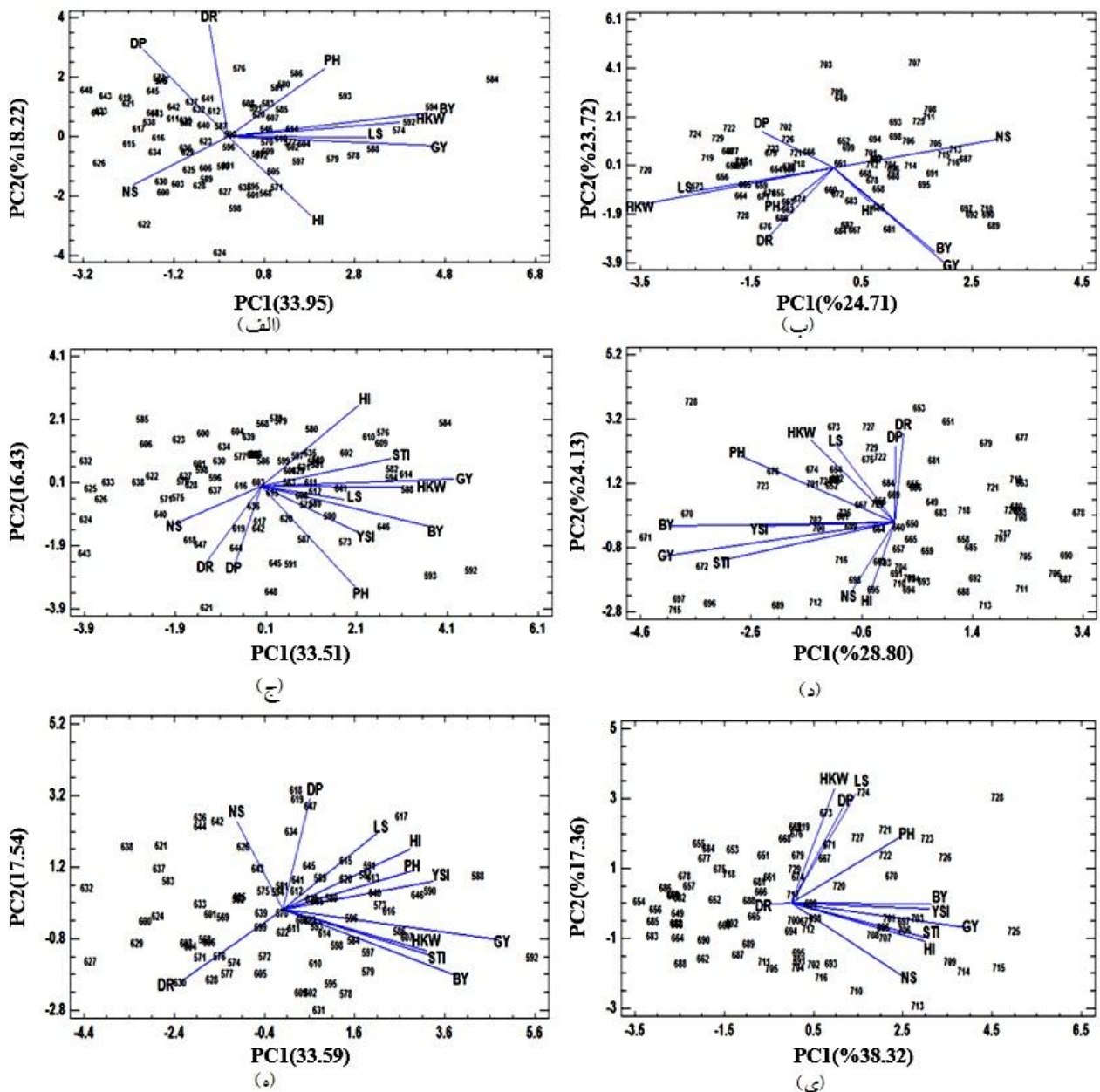
مطالعه حاضر در شرایط عدم تنش تجزیه به مؤلفه‌ها روی ۸۱ ژنوتیپ حاصل از تلاقی جو زراعی ریحان ۰۳ با جو وحشی HSP۲۱ نشان داد که دو مؤلفه اصلی و ابتدایی ۵۲ درصد از کل تغییرات را توجیه کردند (شکل ۴-الف). مؤلفه اول ۳۳/۹۵ درصد از کل تغییرات را توجیه کرد. ضرایب مربوط به عملکرد دانه، وزن صد دانه و عملکرد بیولوژیک در این مؤلفه بالاتر بودند بنابراین مؤلفه عملکرد بیولوژیک نام‌گذاری شد. دومین مؤلفه ۱۸/۲۲ درصد از کل تغییرات را توجیه کرد و همبستگی مثبت و بالایی با صفات روز تا ظهور سنبله و روز تا رسیدگی فیریولوژیک داشت که مؤلفه فنولوژیک نام نهاده شد. در کل ژنوتیپ‌هایی که مقادیر بالایی از نظر مؤلفه‌های اول و مقادیر کمی از مؤلفه دوم را دارند، مطلوب هستند. بر این اساس ژنوتیپ‌های ۵۸۸ و ۵۷۸ که در سمت راست و پایین شکل قرار گرفته‌اند، به‌عنوان ژنوتیپ‌هایی با تولید بذر و علوفه زیاد و دوره فنولوژی کوتاه معرفی می‌شوند. در دیگر تلاقی (نتایج حاصل از تلاقی با والد وحشی HSP۴۵) (شکل ۴-ب) دو مؤلفه اول ۴۸ درصد از کل تغییرات را توجیه کردند. مؤلفه اول ۲۴/۷۱ درصد از کل تغییرات را توجیه کرد و همبستگی مثبت و بالایی با صفات عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک داشت بنابراین مؤلفه عملکرد بیولوژیک نام‌گذاری شد. دومین مؤلفه ۲۳/۷۲ درصد کل تغییرات را توجیه کرد و

تنش کم‌آبی، شاخص‌های تحمل به تنش را اندازه‌گیری و شاخص STI را به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش کم‌آبی معرفی کرد. وی همچنین نشان داد که ژنوتیپ‌های متحمل شناسایی شده دارای منشأ متفاوتی هستند.

در مطالعه حاضر همبستگی ساده بین صفات نیز محاسبه شد (نتایج نشان داده نشده است). به‌طور خلاصه نتایج ضرایب همبستگی در نتایج حاصل از تلاقی با هر دو والد HSP۲۱ و HSP۴۵ در تنش متوسط و تنش شدید مشخص کرد که بین عملکرد دانه و صفات ارتفاع بونه، عملکرد بیولوژیک، شاخص تحمل به کم‌آبی (STI) و شاخص پایداری عملکرد (YSI) همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۰/۰۱ وجود دارد.

ترسیم نمودار بای‌پلات مؤلفه‌های اصلی

استفاده از روش مؤلفه‌های اصلی برای گزینش ژنوتیپ‌ها در شرایط محیطی مختلف به‌عنوان یک روش کارآمد مطرح شده است (۱۱). لاکوی و همکاران (۱۳) پراکنش ژنوتیپ‌ها را بر اساس بای‌پلات دو مؤلفه اصلی در سال‌ها و موقعیت‌های مختلف در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش بررسی و ژنوتیپ‌های پر عملکرد در هر شرایط را مشخص کردند. در



شکل ۴. نمایش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی با استفاده از صفات مرفولوژیک، فنولوژیک و شاخص برای ژنوتیپ‌های نسل F_3 جو زراعی ریحان ۰۳ با جو وحشی در شرایط الف) عدم تنش HSP_{21} ، ب) محیط عدم تنش تلاقی HSP_{45} ، ج) تنش متوسط HSP_{21} ، د) تنش متوسط HSP_{45} ، ه) تنش شدید HSP_{21} و و) تنش شدید HSP_{45} . DR: روز تا ظهور سنبله، PH: ارتفاع بوته بر حسب سانتی‌متر، LS: طول سنبله بر حسب سانتی‌متر، NS: تعداد دانه در سنبله، BY: عملکرد بیولوژیک بر حسب گرم بر مترمربع، HKW: وزن صد دانه، GY: عملکرد دانه بر حسب گرم بر مترمربع، HI: شاخص برداشت، YSI: شاخص پایداری و STI: شاخص تحمل به خشکی

بیولوژیک بالا و دوره فنولوژی کوتاه معرفی شد. در شرایط تنش متوسط تجزیه به مؤلفه‌ها روی ۸۱ ژنوتیپ حاصل از تلاقی جو زراعی ریحان ۰۳ با جو وحشی HSP_{21}

همبستگی منفی بالایی با صفات روز تا رسیدگی فیزیولوژیک داشت که مؤلفه دوره فنولوژی نام نهاده شد. ژنوتیپ ۷۰۷ که در بالای شکل قرار دارد، به‌عنوان ژنوتیپی با پتانسیل عملکرد

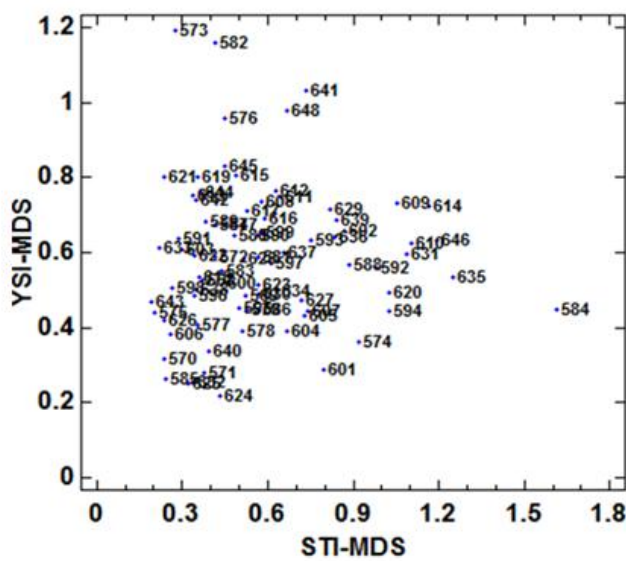
جمعیت HSP21 ژنوتیپ 529 و در جمعیت HSP45 ژنوتیپ‌های 715 و 725 انتخاب شدند.

غربالگری ژنوتیپ‌ها برای تحمل به تنش خشکی

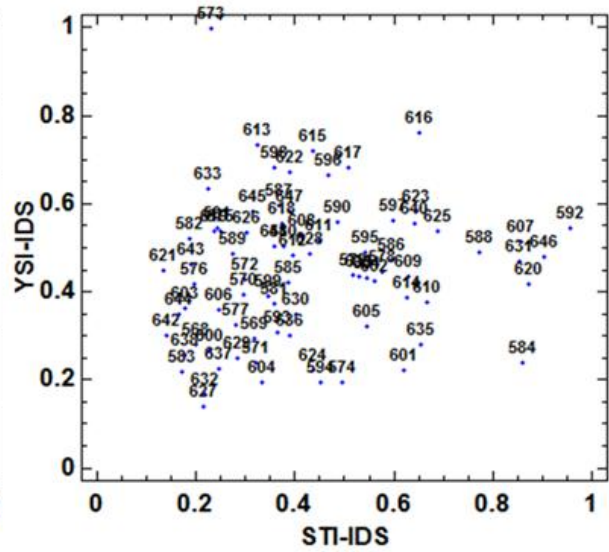
برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش کم‌آبی در نتاج حاصل از تلاقی با والد وحشی HSP21 با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش، بای‌پلات شاخص STI (به‌عنوان شاخص تحمل) در مقابل YSI (به‌عنوان شاخص پایداری) برای هر محیط جداگانه ترسیم شد. نتایج نشان داد به‌طور کلی لاین‌های دارای شاخص STI بالا مقدار شاخص YSI پایینی دارند. در شرایط تنش متوسط (شکل 5- الف) لاین‌های 573، 582، 576، 641 و 648 شاخص پایداری عملکرد YSI بیشتری داشتند و لاین شماره 584 شاخص تحمل به خشکی STI بالایی داشت. لاین‌های 614 و 609 از نظر هر دو شاخص مطلوب بودند. در شرایط تنش شدید (شکل 5- ب) بالاترین شاخص پایداری عملکرد و شاخص تحمل به کم‌آبی به‌ترتیب مربوط به لاین 573 و 592 بود. لاین شماره 616 از نظر هر دو شاخص در شرایط تنش شدید برتر بود. برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش کم‌آبی در نتاج حاصل از تلاقی با والد وحشی HSP45 با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش، بای‌پلات شاخص STI در مقابل YSI در شرایط تنش متوسط ترسیم شد (شکل 6- الف). نتایج نشان داد که لاین‌های 703، 709، شاخص پایداری عملکرد YSI بیشتری داشتند و لاین شماره 715 شاخص تحمل به کم‌آبی STI بالایی داشت. لاین 671 از نظر هر دو شاخص برتر بودند. در شرایط تنش شدید (شکل 6- ب) بالاترین شاخص پایداری عملکرد و شاخص تحمل به کم‌آبی به‌ترتیب مربوط به لاین 709 و 715 بود. لاین شماره 725 از نظر هر دو شاخص در شرایط تنش شدید برتر بود.

مقدار بیشتر شاخص YSI نشان‌دهنده پایداری عملکرد در شرایط تنش و برای شاخص STI به معنی عملکرد بالا در دو محیط شاهد و تنش است. بنابراین لاین‌هایی که از نظر هر دو

(شکل 4- ج) نشان داد که دو مؤلفه اصلی 50 درصد از کل تغییرات را توجیه کردند. مؤلفه اول 33/51 درصد از کل تغییرات را توجیه کرد و با صفات عملکرد بیولوژیک، وزن صد دانه و عملکرد دانه همبستگی مثبت و بالایی نشان دادند. بنابراین این مؤلفه به نام مؤلفه عملکرد بیولوژیک نام‌گذاری شد. همچنین مؤلفه دوم 16/43 درصد از کل تغییرات را توجیه کرد و همبستگی منفی با صفات روز تا ظهور سنبله، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و ارتفاع بوته داشت که بر این اساس مؤلفه فنولوژیک نام‌گذاری شد. ژنوتیپ 584 به خاطر داشتن مقادیر بالایی مؤلفه اول و دوم، بیشینه عملکرد و کمینه روز تا رسیدگی را داشت و به‌عنوان ژنوتیپ دارای پتانسیل تولید اقتصادی مناسب معرفی شد. نتاج حاصل از تلاقی با والد وحشی HSP45 (شکل 4- د) نشان داد که دو مؤلفه اول 52/93 درصد از کل تغییرات را توجیه کرد. مؤلفه اول 28/80 درصد از کل تغییرات را توجیه کرد و همبستگی منفی و بالایی با صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، ارتفاع بوته و STI داشت. بر این اساس مؤلفه اول به نام عملکرد بیولوژیک نام‌گذاری شد. مؤلفه دوم 24/13 درصد کل تغییرات را توجیه کرد و همبستگی مثبت و بالایی با صفات روز تا رسیدگی و روز تا ظهور سنبله داشت. بنابراین مؤلفه دوم به نام دوره فنولوژی نام‌گذاری شد. ژنوتیپ 728 بالاترین مقدار مؤلفه اول و دوم را دارد که به‌عنوان بیشینه عملکرد بیولوژیک و کمینه دوره فنولوژی معرفی شد. به همین ترتیب در شرایط تنش شدید تجزیه به مؤلفه‌ها روی 81 ژنوتیپ جو زراعی حاصل از تلاقی جو زراعی ریحان 03 با جو وحشی HSP21 (شکل 4- ه) نشان داد که مؤلفه اول همبستگی مثبت و بالایی با صفات عملکرد دانه، STI و YSI دارد که بر این اساس مؤلفه اول را به نام مؤلفه‌ای شاخص تحمل به کم‌آبی نام‌گذاری شد. مؤلفه دوم با صفات روز تا ظهور سنبله، طول سنبله و تعداد دانه در سنبله همبستگی مثبت و بالایی را نشان داد و پتانسیل تولید بذر نام‌گذاری شد. همین روند در جمعیت حاصل از تلاقی با والد وحشی HSP45 (شکل 4- و) دیده شد. در مجموع در

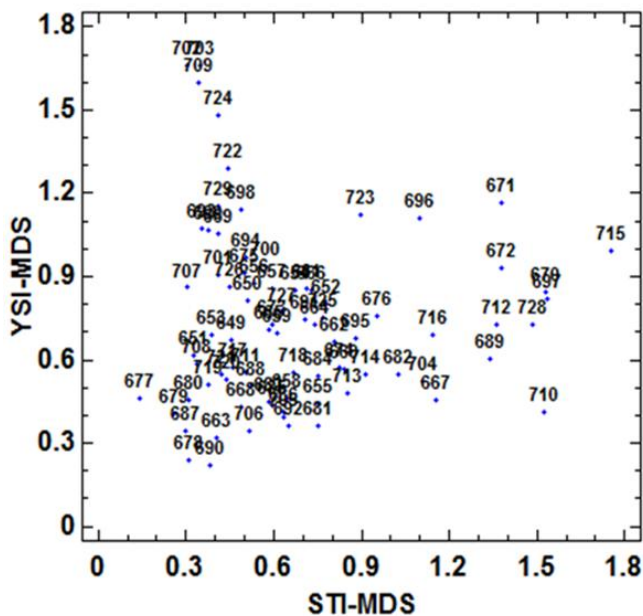


(الف)

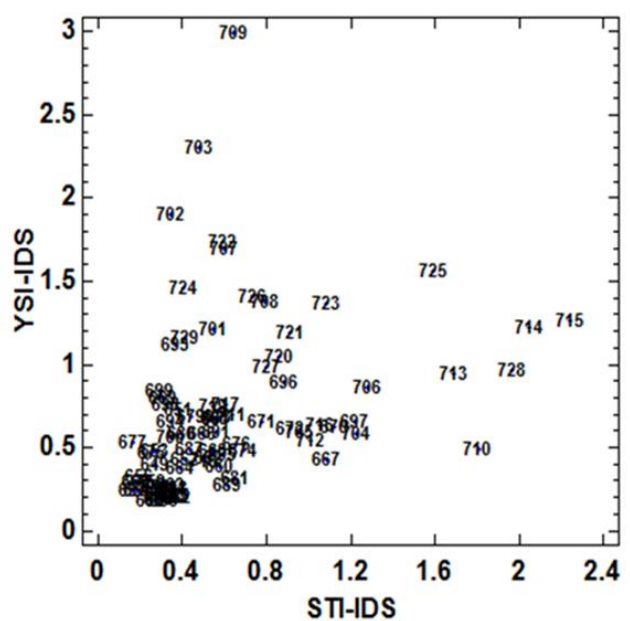


(ب)

شکل ۵. بای پلات و شاخص‌های تحمل به کم‌آبی در ۸۱ لاین حاصل از تلاقی رقم ریحان ۰۳ با جو وحشی HSP۲۱. (الف) شاخص STI در مقابل شاخص YSI در تنش متوسط و (ب) شاخص STI در مقابل شاخص YSI در شرایط تنش شدید



(الف)



(ب)

شکل ۶. بای پلات و شاخص‌های تحمل به کم‌آبی در ۸۱ لاین حاصل از تلاقی رقم ریحان ۰۳ با جو وحشی HSP۴۵. (الف) شاخص STI در مقابل شاخص YSI در تنش متوسط و (ب) شاخص STI در مقابل شاخص YSI در شرایط تنش شدید

تفاوت‌های فیزیولوژیکی در گونه وحشی منجر به بروز تحمل به خشکی بالا در آن شده که به نسل بعد نیز منتقل شده است. در این پژوهش غربالگری اولیه در بین لاین‌ها صورت گرفته و در نسل‌های بعد لاین‌های خالص که ویژگی‌های مشابه زراعی داشته باشند و از طرفی تحمل به خشکی بالایی دارند گزینش خواهند شد.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه دو جمعیت در نسل F₃ که حاصل نتاج تلاقی جو زراعی با دو نمونه جو وحشی (HSP21, HSP45) ایجاد شد که بخشی از تنوع جو وحشی را در زمینه ژنتیکی رقم جو شش‌ردیفه ریحان ۳ شامل می‌شود. از رقم ریحان ۳ به این دلیل استفاده شد که آلل‌های جو وحشی در یک زمینه ژنتیکی سازگار یافته به شرایط زراعی ارزیابی می‌شوند. نتاج حاصل نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی زیادی برای همه صفات مورد بررسی در لاین‌های حاصل بود. نتایج نشان داد که در نسل F_۲ حاصل از تلاقی بین گونه‌ای جو اهلی با گونه‌های وحشی امکان یافتن لاین‌های با عملکرد بالاتر و متحمل‌تر نسبت به تنش کم‌آبی در مقایسه با والدین اهلی و وحشی وجود دارد و با گزینش این لاین‌ها طی نسل‌های در حال تفرق، می‌توان تولید لاین خالص متحمل به تنش کم‌آبی را امکانپذیر کرد. استفاده از ژنوتیپ‌های وحشی متفاوت در تلاقی با رقم زراعی جو می‌تواند منجر به نتایج متفاوت از نظر تحمل به کم‌آبی شود که بر اساس روش‌های چندمتغیره در هر تلاقی لاین‌های متحمل به کم‌آبی و پر تولید برای ادامه پژوهش شناسایی شدند.

شاخص مقدار بالایی داشته باشند، عملکرد بالایی در محیط عدم تنش داشته و در شرایط تنش نیز قادر به حفظ عملکرد خواهند بود. از این‌رو چنین لاین‌هایی اهمیت زیادی برای کشت در مناطقی که با کم‌آبی مواجه هستند و یا مناطقی که نوسانات تغییرات آب‌وهوایی به ویژه بارندگی از سالی به سالی دیگر زیاد است، دارند. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که امکان ایجاد لاین‌های بسیار متحمل از جو از طریق تلاقی برگشتی جو زراعی و جو وحشی اسپانتانوم وجود دارد. همچنین سطح تحمل به خشکی در لاین‌های حاصله به ژنوتیپ والد دهنده نیز بستگی داشت. به طوری که تلاقی جو زراعی با والد وحشی HSP21 منجر به ایجاد لاین‌های متفاوتی در مقایسه با تلاقی با والد وحشی HSP45 شد. از آنجایی که گونه وحشی اسپانتانوم متحمل به خشکی بوده و در شرایط تنش کم‌آبی از افت عملکرد بسیار ناچیزی برخوردار است (۱۶)، تحمل بالا در لاین‌های حاصله، حاکی از انتقال ژن‌های مقاومت به خشکی به زمینه ژنتیکی جو زراعی است به طوری که این لاین‌ها قادر بودند در شرایط کویری اصفهان در صورت قطع آبیاری در بهار، رشد رویشی و زایشی خود را به پایان رسانده و عملکرد قابل قبولی نیز داشته باشند. در مطالعه پایه‌ای که قبل از انجام تلاقی‌های مطالعه حاضر روی والدین وحشی این دو جمعیت و ژرم‌پلاسِم متنوع دیگری از ارقام اهلی و وحشی جو در شرایط منطقه‌ای مشابه انجام شد (۳)، نتایج نشان داد که گونه وحشی از نظر سی‌ستم ریشه‌ای تفاوت زیادی با گونه اهلی دارد به طوری که با جذب رطوبت از اعماق پایین قادر است از رطوبت ذخیره شده در خاک بهره‌برد. این پدیده به همراه دیگر

منابع مورد استفاده

- Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage* 300: 1-15.
- Baheri, S. F., A. Javanshir, H. Kazemi and S. Aharizad. 2005. The Effects of irrigation at different phenological stages on some traits in spring barley genotypes. *Iranian, Journal of Agricultural and Crop Sciences* 36(1): 169-176. (In Farsi).
- Barati, M., M. M. Majidi, A. Mirlohi, F. Pirnajmodini and N. Sharif-Moghaddam. 2015. Response of cultivated and wild barley germplasm to drought stress at different developmental stages. *Crop Science* 55: 2668-2681.
- Bousslama, M. and W. T. Schapaugh. 1984. Stress tolerance in soybean. Part 1: Evaluation of three screening

- techniques for heat and drought tolerance. *Crop Science* 24: 933-937.
5. Eberhart, S. A. and W. A. Russel. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science* 6: 36-40.
 6. Eglinton, J. K., D. E. Evans., A. H. D. Brown, P. Langride, G. McDonald, S. P. Jefferies and A. R. Barr. 1998. The use of wild barley (*Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum*) in breeding for quality and adaptation. In: Proceedings of the 10th Australian Barley Technical Symposium. Sydney. pp. 565-569.
 7. Fayyaz, N. 2008. Field evaluation of water stress tolerance in triticale. MSc. Thesis, Isfahan University of Technology, Iran.
 8. Fernandez G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Proceedings of the 1th International Symposium on Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress. AVRDC, Shanhua. pp. 257-270.
 9. Hadjichristodoulou, A. 1993. The use of wild barley in crosses for grain production under dryland conditions. *Euphytica* 69: 211-218.
 10. Ivandic, V., C. Hackett, Z. Zhang, J. Staub, E. Nevo, W. Thomas and B. Forster. 2000. Phenotypic responses of wild barley to experimentally imposed water stress. *Journal of Experimental Botany* 51: 2021-2029.
 11. Johnson, R. A. and D. W. Wichern. 2007. Applied Multivariate Statistical Analysis, 4th ed., Prentice Hall International, INC. New Jersey.
 12. Kutlu, I. and G. Kinaci. 2010. Evaluation of drought resistance indicators for yield and its components in three triticale cultivars. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty* 7: 95-103.
 13. Lakew, B., J. Eglinton, R. J. Henry, M. Baum, S. Grando and S. Ceccarelli. 2011. The potential contribution of wild barley (*Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum*) germplasm to drought tolerance of cultivated barley (*H. vulgare* ssp. *vulgare*), *Field Crops Research* 120: 161-168.
 14. Morrel, P. L. 2011. *Hordeum*. pp. 309-320, In: C. Kole (Ed.), *Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources, Cereals*, Springer, New York.
 15. Nevo, E. and G. Chen. 2011. Drought and salt tolerances in wild relatives for wheat and barley improvement. *Plant Cell Environ* 33: 670-685.
 16. Saade, S., A. Maurer, M. Shahid, H. Oakey, S. M. Schmöckel, S. Negrão, K. Pillen and M. Tester. 2016. Yield-related salinity tolerance traits identified in a nested association mapping (NAM) population of wild barley. *Scientific Reports* 6: 32586. Doi: 10.1038/srep.32586.
 17. Shakhathreh, Y., N. Haddad, M. Alrababah, S. Grando and S. Ceccarelli. 2010. Phenotypic diversity in wild barley (*Hordeum vulgare* L. ssp. *spontaneum* (C. Koch) Thell.) accessions collected in Jordan, Genetic Resources. *Crop Evolution* 57: 131-146.
 18. Shakhathreh, Y., O. Kafawin, S. Ceccarelli and H. Saoub. 2001. Selection of barley lines for drought tolerance in low rainfall areas. *Journal of Agronomy and Crop Science* 186: 119-127.
 19. Sirousmehr, A., M. R. Shakiba, H. Alyari, M. Toorchi and A. Dabbagh Mohammadasab. 2008. Effects of water deficit stress and plant density on yield and some morphological traits of Autumn-sown safflower cultivars. *Pajouhesh and Sazandegi* 78: 87-80. (In Farsi).
 20. Srivastava, J. P., E. Acevedo and S. Varma. 1987. *Drought Tolerance in Winter Cereals*. Cambridge University Press. Cambridge.
 21. Van Oosterom, E. J., V. Mahalakshmi, F. R. Bidinger and K. P. Rao. 1996. Effect of water availability and temperature on the genotype-by-environment interaction of pearl millet in semi-arid tropical environments. *Euphytica* 89: 175-183.
 22. Varshney, R. K., M. J. Paulo, S. Grando, F. A. Van Eeuwijk, L. C. P. Keizer, P. Guod, S. Ceccarelli, A. Kilian, M. Baum and A. Graner. 2012. Genome wide association analyses for drought tolerance related traits in barley (*Hordeum vulgare* L.), *Field Crops Research* 126: 171-180.
 23. Zahravi, M. 2009. Evaluation of genotypes of wild barley (*Hordeum spontaneum*) based on drought tolerance indices. *Seed and Plant Improvement Journal* 1-25(3): 533-549. (In Farsi).

Identification of Drought Tolerant Lines from Interspecific Hybridization in Two Different Genetic Backgrounds of Barley under Different Irrigation Regimes

M. Zeykani¹, M. M. Majidi^{2*}, M. Barati³, A. H. Osivand⁴ and D. Sarfaraz⁴

(Received: April 16-2019; Accepted: June 11-2019)

Abstract

Domestication and artificial selection have reduced the level of genetic variation in barley. Inter-specific hybridization is one of the most valuable ways to restore at least part of the lost variation. This study aimed to investigate genetic diversity and screening barley lines which possessed the desired traits, as well as drought tolerance, within two F₃ populations derived by crossing a cultivated variety (Reihan 03) with two wild genotypes (HSP21 and HSP45). For this purpose, 162 F₃ lines (including 81 lines from each breeding population) were evaluated in three different environments including no stress, moderate drought stress and severe drought stress. The results showed that in both populations, the greatest and smallest variation was obtained for the number of grains per spike and the number of days to physiological maturity, respectively. Mean of the plant height and 100-grain weight in the offspring obtained by crossing with HSP21 were lower than those of the population obtained by HSP45 under the moderate stress environment. Under severe stress environment, the offspring obtained by crossing Reihan 03 with the wild barley genotype HSP45 showed the increase of spike length, number of grains per spike, biological yield and grain yield, and the decrease of the 100-grain weight, as compared to the offspring obtained by crossing Reihan 03 with HSP21. The correlation coefficient analysis for the offspring resulting from crossing Reihan 03 with HSP21 in moderate and severe stress environments showed that grain yield was positively correlated with plant height, biological yield, stress tolerance index (STI) and yield stability index (YSI). The highest grain yield in (HSP21*Reihan 03) derived genotypes, in both control and moderate stress conditions, was revealed by the genotype 584, whereas the highest value in the severe stress condition belonged to the genotype 592. The highest grain yield in (HSP45*Reihan 03) derived genotypes, in the three mentioned environments, was observed for the genotype numbers 689, 671 and 715, respectively. High-yielding lines in both no stress and drought stress conditions were identified by applying multivariate procedures and drought tolerance indices for further studies.

Keywords: Drought stress, Screening, Genetic variation, *Hordeum spontaneum*.

1, 2, 3, 4. Former MSc. Student, Professors, Former PhD. Student and Former BSc. Students, Respectively, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

*: Corresponding Author, Email: majidi@iut.ac.ir