دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال هفتم، شماره بیست و دوم، ۱۳۹۴

مطالعه شاخص‌های تحمل به تنش خشکی در یک جمعیت دابلدهاپلوئید گندم نان (*Triticum aestivum*)

مهدی زارع[۱]، علی اشرف مهرابی[۲]

تاریخ دریافت: ۹۳/٦/۹ تاریخ پذیرش: ۹۳/۷/۱۵

چکیده

تحمل گیاهان به کمبود آب متأثر از شرایط محیطی (اقلیمی)، ژنوتیپ گیاه و برهم‌کنش آنها است. از اینرو عملکرد گیاهان در شرایط تنش معیار مناسبی در گزینش ژنوتیپ‌های برتر نبوده است. برای معرفی شاخص‌های تحمل به تنش خشکی در گندم نان، از یک جمعیت دابلدهاپلوئید متشکل از ۸۲ لاین و والدین آنها استفاده شد. آزمایشی کنترل شده در شرایط تنش خشکی و غیر تنش، در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تنش از مرحله ساقه‌دهی تا پایان دوره رشد اعمال شد. نتایج تجزیه مرکب داده های آزمایش حاکی از تنوع ژنتیکی لاین‌ها در تحمل به تنش و همچنین عدم وجود رابطه میان عملکرد آنها در دو شرایط تنش و غیر تنش بود. براساس نتایج حاصل از تجزیه همبستگی میان شاخص‌ها و عملکرد لاین‌ها، شاخص‌های میانگین هارمونیک، تحمل به تنش، میانگین هندسی بهره‌وری و میانگین حسابی بهره‌وری، همبستگی بالایی با عملکرد دانه در دو شرایط تنش و غیر تنش داشته و در گزینش ژنوتیپ‌ها بهتر عمل نمودند. تجزیه اطلاعات شاخص‌ها و عملکرد ژنوتیپ‌ها به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که مؤلفه اول و دوم قادر به تبیین ۹٦/۲۰ درصد از کل تغییرات داده‌ها بود. با توجه به پراکنش ژنوتیپ ها در بای‌پلات ترسیم شده با اطلاعات مؤلفه های اول و دوم، ژنوتیپ‌های Pavon (رقم والدی)، DH4، DH70، DH71، DH34 و DH30، به عنوان ژنوتیپ هایی با عملکرد دانه بالا در هر دو شرایط مطلوب و تنش خشکی و لاین‌های DH79، DH82، DH53، DH75 و DH26، به عنوان ژنوتیپ‌های حساس به خشکی شناسایی شدند.

واژه‌های کلیدی: تنوع ژنتیکی، عملکرد دانه، لاین

زارع، م. و ع.ا. مهرابی. ۱۳۹٤. مطالعه شاخص های تحمل به تنش خشکی در یک جمعیت دابلدهاپلوئید گندم نان (*Triticum aestivum*). مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۲۲: ۱٤-۱.

۱- گروه کشاورزی، واحد فیروزآباد، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزآباد، ایران مسئول- مکاتبات. پست الکترونیک: maza572002@yahoo.com

۲- دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

مقدمه

بخش زیادی از زمین‌های زراعی زیر کشت گندم در ایران، در مناطق خشک و نیمه خشک قرار گرفته است که در این مناطق به علت کمبود آب و در نتیجه خشکی محیط، عملکرد گندم به شدت کاهش می‌یابد (صادق زاده اهری، ۱۳۸۵)؛ از این رو برای دستیابی به عملکرد مطلوب، لازم است از به‌نژادی برای اصلاح ارقام متحمل به خشکی، مورد توجه ویژه قرار گیرد (دی سوزا و همکاران، ۲۰۰۹).

عملکرد دانه در شرایط تنش هیچگاه نتوانسته ملاک مناسب و دقیقی جهت انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی باشد و همواره هدف از تهیه ارقام متحمل به خشکی ارقامی بوده است که بطور نسبی و در قیاس با سایر ژنوتیپ‌های در دسترس، تنش را بهتر تحمل کرده و در شرایط محیطی یکسان افت عملکرد کمتری را داشته باشند (لیلا و الخطیب، ۲۰۰۵). برای تهیه موفق ارقام متحمل به خشکی می‌بایست گزینش در اقلیم مشابه با منطقه دارای تنش انجام شود (گوپتا و همکاران، ۲۰۰۱).

عموماً آزمایشاتی که برای اصلاح ژنوتیپ‌ها جهت تحمل به خشکی انجام می‌شود، در دو شرایط تنش و بدون تنش اجرا می‌شوند. هدف اصلی این گونه آزمایشات انتخاب ژنوتیپ‌هایی است که در هر دو شرایط فوق سازگار باشند. برای انتخاب گیاهان براساس عملکرد شاخص‌های متفاوتی پیشنهاد شده است. این شاخص‌ها عملکرد گیاه را در هر دو شرایط تنش و غیر تنش لحاظ می‌کنند (آسنگ و همکاران، ۲۰۰۲). فیشر و مورر (۱۹۷۸) شاخص حساسیت به تنش[1] را پیشنهاد کردند.

$$SSI = \frac{1 - \frac{Ys}{Yp}}{1 - \frac{\overline{Ys}}{\overline{Yp}}}$$

که در آن Yp، عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ در محیط بدون تنش؛ Ys، عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ در محیط تنش؛ $\overline{Yp}$، میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط بدون تنش و $\overline{Ys}$، میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط تنش می‌باشد. انتخاب بر اساس SSI سبب گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد پائین در شرایط عادی ولی با عملکرد بالا در شرایط تنش می‌شود.

رزیل و هامبلین (۱۹۸۱) شاخص تحمل[2] و شاخص میانگین حسابی عملکرد[3] را گزارش کردند.

$$TOL = Yp - Ys$$

$$MP = \frac{Yp + Ys}{2}$$

مقدار پائین شاخص TOL، نشان دهنده تحمل بیشتر ژنوتیپ مورد نظر است. گزینش بر اساس این شاخص منجر به انتخاب ژنوتیپ‌هایی می‌شود که در شرایط بدون تنش عملکرد پائین، ولی در شرایط تنش عملکرد بالقوه بالایی دارند. شاخص میانگین عملکرد نیز باعث گزینش ژنوتیپ‌هایی می‌گردد که عملکرد بالایی در شرایط مطلوب و عملکرد پائین در شرایط نامطلوب برخوردارند.

کلیه این شاخص‌ها قادر به شناسایی ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بالا در محیط تنش و محیط بدون تنش از ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بالا در محیط تنش نمی‌باشند. فرناندز (۱۹۹۲) شاخص تحمل به تنش[4] را ارائه کرد که قادر به شناسایی ژنوتیپ های دارای

1 -Stress Susceptibility Index

2 -Tolerance Index
3 -Arithmetic Mean Productivity
4 -Stress Tolerance Index

عملکرد بالا در دو محیط تنش و بدون تنش از سایر ژنوتیپ ها بود.

$$STI = \frac{(Yp)(Ys)}{(\overline{Ys})^2}$$

مقدار بالاتر شاخص STI برای یک ژنوتیپ نمایانگر تحمل بیشتر به تنش و عملکرد بالقوه بیشتر آن ژنوتیپ است. شاخص‌های مفید دیگری نیز با نام میانگین هندسی عملکرد[1] (GMP) و میانگین هارمونیک عملکرد[2] (HARM) برای غربال کردن ژنوتیپ ها ارائه شده است (احمدی و همکاران، ۱۳۷۹؛ چوکان و همکاران، ۱۳۸۵).

$$GMP = \sqrt{(Yp)(Ys)} \quad ،$$

$$Harm = \frac{2(Yp)(Ys)}{Yp + Ys}$$

فرناندز (۱۹۹۲) با بررسی عملکرد در دو محیط تنش و بدون تنش، ژنوتیپ‌ها را از نظر واکنش به این دو محیط در چهار گروه تقسیم بندی نمود: گروه الف: ژنوتیپ هایی که عملکرد مناسبی در هر دو محیط تنش و بدون تنش دارند؛ گروه ب: ژنوتیپ هایی که فقط تظاهر مناسبی در محیط بدون تنش دارند؛ گروه ج: ژنوتیپ‌هایی که عملکرد مناسبی در محیط تنش دارند و گروه د: ژنوتیپ‌هایی که عملکرد پائینی در هر دو محیط دارند. فرناندز اظهار می‌دارد که مناسب‌ترین شاخص و معیار گزینش برای تنش، آن است که قادر به تشخیص گروه الف از سایر گروه ها باشد.

دودیگ و همکاران (۲۰۰۸) ۱۰۰ واریته گندم نان را در شرایط آبیاری نرمال رطوبتی، دیم و تنش خشکی در چهار سال مورد مطالعه قرار دادند. در این آزمایش شاخص MP بهترین شاخص و بیوماس کل بوته مهم‌ترین صفت زراعی جهت انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر سه محیط بود. ملکی و همکاران (۲۰۰۸)، ۱۲ ژنوتیپ گندم را در دو محیط آبیاری نرمال و تنش مورد بررسی قرار دادند. نتایج آزمایش نشان داد که ارتفاع بوته، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت تحت تأثیر تنش قرار گرفتند. در این مطالعه شاخص‌های MP، STI و GMP بهترین شاخص‌ها برای گزینش ژنوتیپ‌های برتر در هر دو محیط گزارش گردید. سنجری پیریواتلو (۲۰۰۱) ٢٤ رقم گندم نان را در شرایط آبیاری نرمال و تنش مورد مطالعه قرار داد و شاخص STI را بهترین شاخص تحمل به خشکی گزارش کرد. نورمند موید و همکاران (۱۳۸۰)، ۲۰ لاین گندم را در شرایط تنش خشکی و بدون تنش مورد بررسی قرار دادند و شاخص‌های STI و GMP را به عنوان بهترین شاخص‌ها و صفات طول کلئوپتیل و وزن ریشه‌های اولیه را به عنوان بهترین صفات، جهت تحمل به خشکی معرفی کردند. احمدی و سی و سه مرده (۱۳۸۲) با مطالعه روی هشت رقم گندم نشان دادند که شاخص‌های STI و MP جهت شناسایی ارقام دارای عملکرد بالا در هر دو محیط مؤثرتر بودند. تنش خشکی اثر معنی‌داری بر سطح ویژه برگ نداشت، ولی نسبت وزن برگ به وزن کل گیاه و نسبت سطح برگ به وزن کل گیاه را کاهش داد. شیرازی خرازی و همکاران (۱۳۸۷) شاخص MP را در ارقام سورگوم و زارع و همکاران (۱۳۸۳) شاخص‌های HARM، STI، MP و GMP را در ارقام و لاین‌های سویا به عنوان بهترین شاخص‌ها جهت گزینش ژنوتیپ‌ها در محیط‌های تنش و بدون تنش گزارش کردند.

هدف از این تحقیق، ارزیابی تحمل به تنش خشکی در یک جعیت دابلدهاپلوئید در شرایط کنترل شده گلخانه‌ای به منظور شناسایی قابلیت ژنتیکی لاین‌های دابلدهاپلوئید گندم سازگار به تنش خشکی

1 -Geometric Mean Productivity
2- Harmonic Mean Productivity

از طریق مقایسه و انتخاب کارآمدترین شاخص‌های تحمل به خشکی و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر در هر دو محیط بود.

مواد و روش‌ها

یک جمعیت دابلد هاپلوئید گندم نان، متشکل از ۸۲ لاین دابلد و والدین آن‌ها (Cite seros و Pavon) به‌صورت کنترل‌شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی (RCBD) با سه تکرار در دو شرایط نرمال رطوبتی (یا بدون تنش) و تنش خشکی ارزیابی شد. در مجموع این تحقیق در قالب (۳×۲×۸٤=٥۰٤) ٥۰٤ واحد آزمایشی (گلدان ٥ کیلوگرمی) انجام شد. در هر گلدان، تعداد ۱۰ بذر در عمق یک سانتی‌متری سطح خاک کشت و آبیاری اول انجام شد. گلدان‌ها در دمای ۲۲ تا ۲٤ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد تا گیاهچه‌ها به مرحلهٔ ٤ تا ٦ برگی برسند. اواسط بهمن ماه تا اواخر اسفند ماه ۱۳۸۹ گلدان‌ها جهت سرمادهی بوته‌ها و انجام ورنالیزاسیون در فضای باز در معرض سرمای خارج گلخانه (شهرستان کرج) قرار داده شد. پس از طی فرآیند سرمادهی، در اواخر اسفندماه ۱۳۸۹ گلدان‌ها مجدداً به محیط گلخانه منتقل و تحت شرایط کنترل شده نگهداری گردیدند. آبیاری مستمر تا مرحله ساقه‌روی بوته‌ها به طور منظم و به هنگام نیاز در تمامی گلدان‌ها انجام شد. در این آزمایش بوته‌های گندم در واحدهای آزمایشی مربوطه پس از ساقه‌روی در معرض تنش خشکی قرار گرفتند و اعمال تنش‌های مکرر تا پایان دوره رشدی (دانه‌بندی کامل) گیاهان ادامه یافت. در این نوع آزمایش‌ها که در مقیاس گسترده صورت می‌گیرد، کاراترین و ساده‌ترین و نیز سریع‌ترین روش اعمال تنش، بهره‌گیری از پتانسیل نقطه سپیده‌دم[1] است (گوپتا و همکاران، ۲۰۰۱). به این ترتیب که گیاهان تحت تنش تنها در صورتی آبیاری شدند که علائم پژمردگی را در سپیده دم نشان می دادند. از لوله شدن برگ ها به عنوان معیار پژمردگی استفاده شد. به عبارت دیگر، تیمار تنش وقتی آبیاری شد که برگ های گیاهان آن در سپیده دم به حالت لوله درآمده بودند (اولین تنش). سپس آبیاری کامل در حد پتانسیل مزرعه‌ای خاک (FC) انجام می‌شود. دور بعدی آبیاری به همان روش پیشین پس از رسیدن گیاهان به نقطه سپیده‌دم انجام می‌شود. به همین منوال تنش‌های مکرر تا پایان دوره رشد گیاه ادامه می یابد (جهت مشخص شدن پاسخ ژنوتیپ‌ها به تنش و ارزیابی بعدی درجه تحمل آن‌ها به تنش خشکی).

هنگامی که در بیش از ۸۰ درصد از سنبله‌های بارور بوته‌ها، دانه ها به طور کامل پر شدند، به طور همزمان، آبیاری در کل بلوک های مربوطه قطع گردید. سه هفته پس از قطع آبیاری یعنی به هنگام خشک شدن کامل گیاهان، اندازه‌گیری صفات مختلف در مورد کلیه واحدهای آزمایشی انجام گردید. برای دستیابی به اهداف ذکر شده، صفات رشدی از قبیل ارتفاع بوته، طول پدانکل، تعداد پنجه‌های بارور، تعداد پنجه‌های غیر بارور، طول سنبله بارور، طول سنبله غیربارور و اجزای عملکرد از جمله تعداد دانه در سنبله بارور، وزن سنبله‌ها و عملکرد دانه و در نهایت عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت تحت شرایط تنش و غیر تنش اندازه‌گیری شد. جهت آزمون واریانس ها از نرم‌افزار مینی تب (۱۹۹۸) استفاده گردید. محاسبات آماری برای تجزیه واریانس مرکب و تعیین همبستگی‌ها، با استفاده از نرم افزار SAS (۲۰۰۱) انجام شد. برای ترسیم بای‌پلات نیز از نرم‌افزار استَتگرافیکز پلاس (۲۰۰۰) استفاده شد.

1- Pre-dawn water potential

نتایج و بحث

تجزیه واریانس مرکب صفات ارزیابی شده در لاین‌های دابلدهاپلوئید و والدین آن ها نشان داد که تمام صفات مورد مطالعه از تنش متأثر شده و بین دو محیط بدون تنش و تنش خشکی تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت. اختلاف صفات در میان ژنوتیپ‌ها نیز معنی‌دار بود که نشان دهنده وجود تنوع ژنتیکی بین لاین‌ها برای صفات مورد بررسی است (جدول۱). شدت تأثیر تنش خشکی بر مقدار صفات ارزیابی شده با محاسبه درصد کاهش هر صفت نسبت به شرایط غیر تنش بررسی شد (جدول ۲). بیشترین افت ناشی از تنش خشکی مربوط به تعداد دانه در سنبله و تعداد پنجه بارور (به ترتیب ۳٤/۹۳ و ۳٤/۲۰ درصد) و کمترین افت مربوط به طول سنبله بارور (٤/۰۹ درصد) بود. کاهش تعداد دانه احتمالاً به علت کاهش باروری و لقاح در اثر تنش خشکی می باشد. کاهش در ارتفاع بوته نیز باعث کاهش در وزن کلش و عملکرد بیولوژیک گردید. میزان تغییرات عملکرد دانه نیز در اثر تنـش ۳۰/۵۰ درصد بود. دودیگ و همکاران (۲۰۰۸) نیز اثر تنش خشکی بر کاهش عملکرد دانه را در گندم نان، ۳۷/۵ درصد گزارش کردند. اثر متقابل ژنوتیپ در تنش، برای کلیه صفات به جز صفت طول سنبله غیربارور معنی‌دار بود که نشان دهنده پاسخ متفاوت ژنوتیپ‌ها در دو شرایط تنش و غیر تنش بوده است. این نتایج مشابه با گزارش دهاندا و ستی (۲۰۰۸) و خان و همکاران (۲۰۰۷) است. با توجه به کاهش میانگین صفات مورد بررسی در اثر تنش خشکی می‌توان چنین نتیجه گرفت که کاهش در شاخص برداشت بیشتر به دلیل کاهش در عملکرد دانه در مقایسه با عملکرد بیولوژیکی بوده است. همچنین کاهش وزن سنبله بیشتر متأثر از کاهش عملکرد دانه نسبت به کلش بوده است. کاهش در عملکرد دانه نیز ناشی از کاهش تعداد دانه در سنبله و تعداد پنجه بارور و افزایش تعداد پنجه غیربارور بود. بنابراین به نظر می‌رسد که جهت افزایش عملکرد دانه در شرایط تنش، صفات تعداد دانه در سنبله و تعداد پنجه بارور دارای اهمیت بیشتری هستند. نتایج مشابهی توسط محمدی و همکاران (۱۳۸۵) گزارش شده است. تجزیه همبستگی ساده عملکرد ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی بسیار پایین بود (شکل ۱). بنابراین شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل و حساس به تنش خشکی، مستلزم بهره‌گیری از شاخص‌های تحمل به خشکی است. نتایج محاسبه شاخص‌های تحمل به خشکی برای ارقام در جدول ۳ آمده است. براساس شاخص‌های STI وGMP رقم والد Pavon و لاین‌های DH4، DH71، DH70، DH8، DH27، DH34، DH21 و DH30، براساس شاخص MP، رقم والد Pavon و لاین‌های DH4، DH21، DH70، DH30، DH71، DH8، DH34 و DH27 و براساس شاخص HARM، رقم والد Pavon و لاین‌های DH4، DH71، DH8، DH70، DH27، DH34، DH61 و DH18 به عنوان ارقامی با عملکرد بالا در هر دو آزمایش شناسایی شدند، چرا که مقادیر بالای این شاخص‌ها دلالت بر تحمل ژنوتیپ مورد بررسی دارد. از طرف دیگر براساس شاخص TOL، لاین‌های DH56، DH7، DH80، DH78، DH82، DH18، DH8، DH9 و DH44 و براساس شاخص SSI لاین‌های DH82، DH80، DH56، DH78، DH27، DH44، DH8، DH61 و DH18 به عنوان متحمل‌ترین ارقام شناسایی شدند، چرا که هر چه مقادیر این شاخص‌ها کمتر باشد، ژنوتیپ مورد نظر

متحمل‌تر می‌باشد. از آنجایی که این دو شاخص سبب گزینش ژنوتیپ‌هایی با عملکرد پایین در شرایط نرمال رطوبتی می‌شوند، نمی‌توانند در شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم مفید واقع شوند (اشنایدر و همکاران، ۱۹۹۲ و ۱۹۹۷)، برای مثال لاین DH56 دارای عملکرد بالایی در شرایط تنش (۱/۰۲) و عملکرد پایینی در شرایط نرمال رطوبتی (۰/۵٦) بود

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات ارزیابی شده در تنش خشکی و غیر تنش

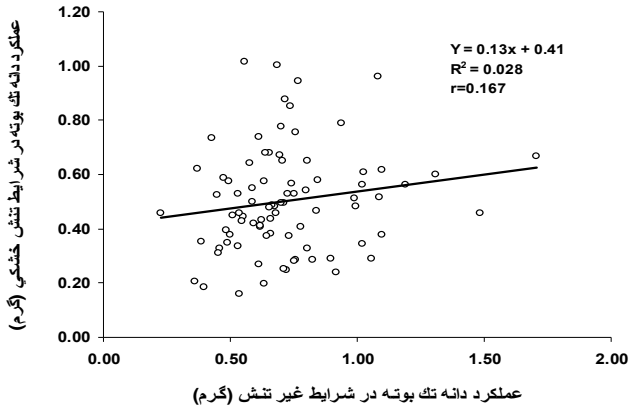
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات										
		ارتفاع بوته (سانتی متر)	طول‌پدانکل (سانتی متر)	تعدادپنجه بارور	تعدادپنجه غیربارور	طول‌سنبله بارور (سانتی متر)	طول‌سنبله غیربارور (سانتی متر)	وزن‌کلش (گرم)	وزن سنبله (گرم)	عملکرد دانه (تک‌بوته) (گرم)	تعداد دانه در سنبله	عملکرد بیولوژیک (زیست توده) (گرم)	شاخص برداشت (٪)
محیط	۱	۹۹۰٤/**	۲۵۰٦/۱٤ **	۲۸/۸۵ **	۳۵/۷۲ **	۱٤/۲۵ **	۱۹۸/۷۲ **	۱/٦٤ **	۵/۲٦ **	٤/۷٦ **	۱۰۷۸٤**	۸۲/۳۱ **	۱۰٤۵۸/۹٦ **
خطای a	٤	۱٤/٦۸	۰/۷٦	۰/۰۳	۰/۲۲	۰/۰۹	٤/٦۳	۰/۰۹	۰/۰۳	۰/۰۲	٦۲/۷۷	۰/۳٤	۲۷/۸۰
ژنوتیپ	۸۳	٦۳۷/۵ **	۷۷/۹۲ **	۰/٤۳ **	۰/٦۷ **	۲/۸۲ **	۸/۰۳ *	۰/۵۳ **	۰/۲۵ **	۰/۱٦ **	۱۹/٤ **	۱/۸۲ **	۱٤۲/۹٤ **
اثر متقابل ژنوتیپ×محیط	۸۳	٦۵/۰٤ **	۱۷/۹۱ **	۰/۷۲ **	۰/۳٦ *	۰/٦۹ **	٦/۵۰	۰/۲۷ **	۰/۱۵ **	۰/۱۱ **	۱٤۵**	۱/۵۱ **	۱۲۱/۵٦ **
خطای b	۳۳۲	۲۹/۳۸	۵/۲۸	۰/۱۸	۰/۲۵	۰/٤۳	۵/٦۰	۰/۱۵	۰/۰۹	۰/۰٦	۷٦/۵۵	۰/۵۸	۵۲/۳۸

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۲- درصد تغییرات ناشی از تنش خشکی بر صفات مورد مطالعه در گندم

صفات	میانگین صفت در شرایط بدون تنش	میانگین صفت در شرایط تنش	میزان تغییر صفات	درصد تغییر صفات
ارتفاع بوته (سانتی متر)	۵٦/۵۷	٤۷/۱۰	۹/٤۷ **	۱٦/۷٤
طول پدونکل (سانتی متر)	۲۲/۲۸	۱۷/۳۹	٤/۸۹ **	۲۱/۹۷
تعداد پنجه بارور	۱/۷۰	۱/۱۲	۰/۵۸ **	۳٤/۲۰
تعداد پنجه غیربارور	۰/۲۹	۰/۸۵	-۰/۵٦ **	-۱۹۳/۱۰
طول سنبله بارور (سانتی متر)	۸/۲٦	۷/۹۳	۰/۳٤ **	٤/۰۹
طول سنبله غیربارور (سانتی متر)	۲/۹۳	٤/٤۰	-۱/٤۷ **	-۵۰/۰۸
وزن کلش (گرم)	۱/۷۳	۱/۵۷	۰/۲۰ **	۱۱/۲٦
وزن سنبله (گرم)	۱/۰٦	۰/۸۳	۰/۲۲ **	۲۱/۰۵
عملکرد دانه (تک بوته) (گرم)	۰/۷۲	۰/۵۰	۰/۲۲ **	۳۰/۵۰
تعداد دانه در سنبله	۲۸/۹۷	۱۸/۸۵	۱۰/۱۲ **	۳٤/۹۳
عملکرد بیولوژیکی (زیست توده) (گرم)	۳/۵۰	۲/٤۹	۱/۰۱ **	۲۸/۸۷
شاخص برداشت (٪)	۳۱/۳۸	۲۱/٤۸	۹/۹۰ **	۳۱/۵٤

**: اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪



شکل ۱- همبستگی نقطه‌ای بین عملکرد دانه لاین‌های دابلدهاپلوئید گندم در شرایط بدون تنش و تنش خشکی

جدول ۳- مقادیر شاخص‌های تحمل به خشکی در لاین‌های گندم

HARM	SSI	STI	MP	GMP	TOL	Ys	Yp	ژنوتیپ
۰/۹۵۸۵	-۰/۲۸	۲/۱۹	۱/۱۹	۱/۲۹	۱/۰٤	۰/٦۷	۱/۷۱	Pavon
۰/۳۸۰۳	۰/۱٤	۰/٤۲	۰/۵۸	۰/۰۵	۰/٦۸	۰/۲٤	۰/۹۲	Cite Seros
۰/٦٦۷۹	-۲/٤۰	۰/۸٦	۰/٦۷	۰/۲۰	-۰/۰۲	۰/٦۸	۰/٦٦	DH1
۰/۷۳۷۱	-۲/٦۳	۱/۰۵	۰/۷٤	۰/۳۰	-۰/۰۸	۰/۷۸	۰/۷۰	DH2
۰/۲٤٦۳	۰/۰۳	۰/۱۷	۰/۳۵	۰/۰۱	۰/۳۸	۰/۱٦	۰/۵٤	DH3
۱/۰۲۰۲	-۱/۹۱	۲/۰۱	۱/۰۲	۱.۰۹	۰/۱۲	۰/۹٦	۱/۰۸	DH4
۰/٦۷٦۲	-۲/۰۱	۰/۸۸	۰/٦۸	۰/۲۱	۰/۰٦	۰/٦۵	۰/۷۱	DH5
۰/٦۰۲۳	-۱/۹٦	۰/۷۰	۰/٦۰	۰/۱۳	۰/۰٦	۰/۵۷	۰/٦۳	DH6
۰/۷۵٦۲	-۲/۲۷	۱/۱۰	۰/۷٦	۰/۳۳	۰/۰۰	۰/۷۵	۰/۷٦	DH7
۰/۸٤۷۳	-۳/۰۲	۱/٤۰	۰/۸٦	۰/۵۳	-۰/۱۷	۰/۹٤	۰/۷۷	DH8
۰/۷۸۸۸	-۲/۸۰	۱/۲۰	۰/۷۹	۰/۳۹	-۰/۱۲	۰/۸۵	۰/۷٤	DH9
۰/۵۳۳۸	-۰/۷۱	۰/٦۱	۰/۵۹	۰/۱۰	۰/۳۷	۰/٤۱	۰/۷۸	DH10
۰/٦۰۹۱	-۲/٦۵	۰/۷۲	۰/٦۱	۰/۱٤	-۰/۰٦	۰/٦٤	۰/۵۸	DH11
۰/۳٦۹٤	-۱/۲٤	۰/۲۷	۰/۳۸	۰/۰۲	۰/۱٤	۰/۳۱	۰/٤۵	DH12
۰/۵۲۹۹	-۲/۸۲	۰/۵٤	۰/۵۳	۰/۰۸	-۰/۰۸	۰/۵۷	۰/٤۹	DH13
۰/٤۹۳۷	-۱/۱۹	۰/٤۹	۰/۵۱	۰/۰٦	۰/۲۱	۰/٤۱	۰/٦۲	DH14
۰/٤٦٤۹	-۰/۳٤	۰/۵۱	۰/۵٦	۰/۰۷	۰/٤۸	۰/۳۳	۰/۸۰	DH15
۰/٤۲۲۱	-۰/۱۳	۰/٤۵	۰/۵۵	۰/۰۵	۰/۵٤	۰/۲۸	۰/۸۲	DH16
۰/٤۵٤۱	۰/۱۱	۰/۵۹	۰/٦۷	۰/۰۹	۰/۷۷	۰/۲۹	۱/۰٦	DH17
۰/٦۷۰٦	-۲/۹۲	۰/۸۷	۰/٦۸	۰/۲۱	-۰/۱۲	۰/۷٤	۰/٦۲	DH18
۰/۵۷۸٤	-۱/۳۱	۰/٦٦	۰/٦۰	۰/۱۲	۰/۲۱	۰/٤۹	۰/۷۰	DH19
۰/۵۱۰٦	-۱/۲۷	۰/۵۲	۰/۵۳	۰/۰۷	۰/۱۹	۰/٤۳	۰/٦۲	DH20
۰/٦۹۸۷	-۰/۰۱	۱/۳۰	۰/۹۷	۰/٤٦	۱/۰۳	۰/٤٦	۱/٤۸	DH21
۰/٦۸۸٦	-۱/۲٦	۰/۹٤	۰/۷۱	۰/۲٤	۰/۲٦	۰/۵۸	۰/۸٤	DH22
۰/۷۱۸۷	-۱/٦٤	۱/۰۱	۰/۷۳	۰/۲۷	۰/۱٦	۰/٦۵	۰/۸۱	DH23
۰/٤۱۰۵	-۰/۲۳	۰/٤۱	۰/۵۲	۰/۰۵	۰/٤۷	۰/۲۸	۰/۷۵	DH24
۰/٤۹۲۹	-۱/٦٤	۰/٤۷	۰/۵۰	۰/۰٦	۰/۱۱	۰/٤٤	۰/۵۵	DH25
۰/۲۵۲۵	-۰/۵۳	۰/۱٤	۰/۲۹	۰/۰۱	۰/۲۱	۰/۱۹	۰/٤۰	DH26
۰/۸۱۵۸	-۳/۷۸	۱/۳۳	۰/۸۵	۰/٤۸	-۰/۳۱	۱/۰۰	۰/٦۹	DH27

DH28	۰/۷۳	۰/۳۷	۰/۳۶	۰/۰۸	۰/۵۵	۰/۵۳	−۰/۶۸	۰/۴۹۵۶
DH29	۰/۷۶	۰/۲۸	۰/۴۷	۰/۰۵	۰/۵۲	۰/۴۱	−۰/۲۳	۰/۴۱۲۹
DH30	۱/۱۹	۰/۵۶	۰/۶۳	۰/۴۵	۰/۸۸	۱/۲۹	−۰/۵۵	۰/۷۶۴۲
DH31	۰/۴۸	۰/۳۹	۰/۰۹	۰/۰۴	۰/۴۴	۰/۳۷	−۱/۶۶	۰/۴۳۳۵
DH32	۰/۷۳	۰/۵۳	۰/۲۰	۰/۱۵	۰/۶۳	۰/۷۴	−۱/۳۸	۰/۶۱۲۸
DH33	۱/۰۳	۰/۶۱	۰/۴۲	۰/۳۹	۰/۸۲	۱/۲۱	−۰/۹۵	۰/۷۶۵۸
DH34	۱/۱۰	۰/۶۲	۰/۴۸	۰/۴۶	۰/۸۶	۱/۳۱	−۰/۸۵	۰/۷۹۱۱
DH35	۰/۶۹	۰/۶۷	۰/۰۲	۰/۲۲	۰/۶۸	۰/۹۰	−۲/۱۸	۰/۶۸۲۴
DH36	۰/۷۴	۰/۵۶	۰/۱۸	۰/۱۷	۰/۶۵	۰/۸۰	−۱/۵۰	۰/۶۴۰۹
DH37	۰/۶۸	۰/۴۸	۰/۱۹	۰/۱۱	۰/۵۸	۰/۶۳	−۱/۳۴	۰/۵۶۴۶
DH38	۰/۹۰	۰/۲۹	۰/۶۱	۰/۰۷	۰/۵۹	۰/۵۰	−۰/۰۶	۰/۴۳۸۵
DH39	۰/۵۳	۰/۵۳	۰/۰۰	۰/۰۸	۰/۵۳	۰/۵۴	−۲/۲۷	۰/۵۳۰۲
DH41	۰/۶۲	۰/۲۷	۰/۳۵	۰/۰۳	۰/۴۴	۰/۳۲	−۰/۴۳	۰/۳۷۳۱
DH42	۰/۶۲	۰/۴۱	۰/۲۱	۰/۰۶	۰/۵۱	۰/۴۸	−۱/۱۷	۰/۴۹۱۱
DH43	۰/۶۴	۰/۶۸	−۰/۰۴	۰/۱۹	۰/۶۶	۰/۸۴	−۲/۴۷	۰/۶۵۸۹
DH44	۰/۴۷	۰/۵۹	−۰/۱۱	۰/۰۸	۰/۵۳	۰/۵۳	−۳/۰۷	۰/۵۲۴۲
DH45	۰/۵۹	۰/۵۵	۰/۰۴	۰/۱۰	۰/۵۷	۰/۶۲	−۲/۰۶	۰/۵۶۸۸
DH46	۰/۵۵	۰/۴۳	۰/۱۲	۰/۰۵	۰/۴۹	۰/۴۵	−۱/۵۷	۰/۴۸۰۴
DH47	۰/۶۴	۰/۳۸	۰/۲۷	۰/۰۶	۰/۵۱	۰/۴۶	−۰/۹۱	۰/۴۷۳۹
DH48	۰/۵۴	۰/۴۶	۰/۰۸	۰/۰۶	۰/۵۰	۰/۴۷	−۱/۸۰	۰/۴۹۵۳
DH49	۰/۸۰	۰/۵۴	۰/۲۶	۰/۱۹	۰/۶۷	۰/۸۳	−۱/۲۱	۰/۶۴۴۶
DH50	۰/۵۹	۰/۴۲	۰/۱۷	۰/۰۶	۰/۵۱	۰/۴۸	−۱/۳۱	۰/۴۹۰۹
DH51	۰/۴۵	۰/۵۲	−۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۴۹	۰/۴۵	−۲/۸۱	۰/۴۸۳۰
DH52	۰/۶۶	۰/۴۸	۰/۱۸	۰/۱۰	۰/۵۷	۰/۶۰	−۱/۳۹	۰/۵۵۲۳
DH53	۰/۳۹	۰/۳۵	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۳۷	۰/۲۶	−۲/۰۰	۰/۳۷۰۴
DH54	۰/۹۹	۰/۵۱	۰/۴۸	۰/۲۶	۰/۷۵	۰/۹۸	−۰/۶۹	۰/۶۷۵۳
DH55	۰/۵۳	۰/۳۳	۰/۱۹	۰/۰۳	۰/۴۳	۰/۳۴	−۱/۰۷	۰/۴۰۹۷
DH56	۰/۵۶	۱/۰۲	−۰/۴۶	۰/۳۲	۰/۷۹	۱/۰۹	−۴/۹۹	۰/۷۱۸۳
DH57	۰/۵۱	۰/۴۵	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۴۸	۰/۴۴	−۱/۸۸	۰/۴۷۹۵
DH58	۰/۶۶	۰/۳۸	۰/۲۸	۰/۰۶	۰/۵۲	۰/۴۸	−۰/۸۹	۰/۴۸۳۰
DH59	۰/۷۱	۰/۲۵	۰/۴۶	۰/۰۳	۰/۴۸	۰/۳۵	−۰/۱۶	۰/۳۷۳۰
DH60	۰/۷۵	۰/۵۳	۰/۲۲	۰/۱۶	۰/۶۴	۰/۷۶	−۱/۳۰	۰/۶۱۹۲
DH61	۰/۷۲	۰/۸۸	−۰/۱۶	۰/۴۰	۰/۸۰	۱/۲۱	−۳/۰۰	۰/۷۸۹۶
DH62	۰/۸۴	۰/۴۶	۰/۳۷	۰/۱۵	۰/۶۵	۰/۷۵	−۰/۸۲	۰/۵۹۸۰
DH63	۱/۰۲	۰/۵۶	۰/۴۶	۰/۳۳	۰/۷۹	۱/۱۱	−۰/۸۱	۰/۷۲۵۹
DH64	۰/۶۶	۰/۴۳	۰/۲۳	۰/۰۸	۰/۵۵	۰/۵۵	−۱/۱۵	۰/۵۲۴۵
DH65	۰/۵۹	۰/۵۰	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۵۴	۰/۵۶	−۱/۸۰	۰/۵۳۹۷
DH66	۰/۶۳	۰/۲۰	۰/۴۴	۰/۰۲	۰/۴۲	۰/۲۴	−۰/۰۲	۰/۳۰۲۰
DH67	۱/۱۰	۰/۳۸	۰/۷۲	۰/۱۷	۰/۷۴	۰/۸۰	−۰/۱۳	۰/۵۶۲۰
DH68	۱/۰۲	۰/۳۴	۰/۶۸	۰/۱۲	۰/۶۸	۰/۶۷	−۰/۱۰	۰/۵۱۲۵
DH69	۰/۹۹	۰/۴۸	۰/۵۱	۰/۲۳	۰/۷۴	۰/۹۲	−۰/۵۹	۰/۶۵۰۵
DH70	۱/۳۱	۰/۶۰	۰/۷۱	۰/۶۱	۰/۹۵	۱/۵۱	−۰/۵۰	۰/۸۲۲۰
DH71	۰/۹۴	۰/۷۹	۰/۱۵	۰/۵۵	۰/۸۶	۱/۴۲	−۱/۷۵	۰/۸۵۶۴
DH72	۰/۶۶	۰/۴۹	۰/۱۸	۰/۱۱	۰/۵۸	۰/۶۳	−۱/۴۱	۰/۵۶۳۴
DH73	۱/۰۹	۰/۵۲	۰/۵۷	۰/۳۲	۰/۸۰	۱/۰۸	−۰/۵۶	۰/۷۰۰۱
DH74	۰/۷۱	۰/۵۰	۰/۲۱	۰/۱۲	۰/۶۰	۰/۶۸	−۱/۲۹	۰/۵۸۳۷
DH75	۰/۴۶	۰/۳۳	۰/۱۳	۰/۰۲	۰/۳۹	۰/۲۹	−۱/۳۳	۰/۳۸۰۵

DH76	۰/٤۹	۰/۳٥	۰/۱٤	۰/۰۳	۰/٤۲	۰/۳۳	−۱/۳۲	۰/٤۰۷۱
DH77	۰/٦۸	۰/٤٦	۰/۲۲	۰/۱۰	۰/٥۷	۰/٦۰	−۱/۲۱	۰/٥٤٦۷
DH78	۰/۳۷	۰/٦۲	−۰/۲٥	۰/۰٥	۰/٥۰	۰/٤٤	−٤/٥٤	۰/٤٦۳۱
DH79	۰/۳٦	۰/۲۰	۰/۱٥	۰/۰۱	۰/۲۸	۰/۱٤	−۰/۸۷	۰/۲٦۰٥
DH80	۰/٤۳	۰/۷٤	−۰/۳۱	۰/۱۰	۰/٥۸	۰/٦۱	−٤/٦٤	۰/٥٤۱۳
DH81	۰/۷۲	۰/۲٥	۰/٤۷	۰/۰۳	۰/٤۸	۰/۳٤	−۰/۱۳	۰/۳٦۹۱
DH82	۰/۲۳	۰/٤٦	−۰/۲۳	۰/۰۱	۰/۳٤	۰/۲۰	−٥/٦٤	۰/۳۰۲۱

Yp: عملکرد دانه تحت شرایط بدون تنش، Ys: عملکرد دانه تحت شرایط تنش

STI=Stress Susceptibility Index, TOL= Tolerance Index, MP=Arithmetic Mean Productivity
STI=Stress Tolerance Index, GMP=Geometric Mean Productivity, HARM=Harmonic Mean Productivity

نتایج حاصل از بررسی میزان همبستگی بین شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکرد دانه در شرایط نرمال رطوبتی و تنش در جدول ٤ آمده است. عملکرد دانه در شرایط نرمال رطوبتی با شاخص‌های GMP، STI، SSI، TOL، MP و HARM همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ نشان داد و عملکرد دانه تحت شرایط تنش با شاخص‌های MP، HARM، STI و GMP همبستگی مثبـــت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ داشت. عملکرد دانه تحت تنش با شاخص TOL دارای همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ (r= −۰/۵۲۱) و با شاخص SSI دارای همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح احتمال ٥٪ بود (r= −۰/٦۷٤).

جدول ٤- ضرایب همبستگی ساده بین شاخص‌های تحمل به خشکی در لاین‌های گندم

	HARM	SSI	STI	MP	GMP	TOL	Ys
Yp	۰/٦۱٥ **	۰/٥۰٤ **	۰/۷٤۰ **	۰/۸۲۹ **	۰/۷۱٥ **	۰/۷٥٥ **	۰/۱٦۷
YS	۰/۸٥۲ **	−۰/٦۷٤ **	۰/۷٥۸ **	۰/٦۹۰ **	۰/٦٤۹ **	−۰/٥۲۱ **	
TOL	−۰/۳۰٥	۰/۸۸٤ **	۰/۱۳٦	۰/۲٥۹	۰/۱۸۷		
GMP	۰/۸٥۸ **	−۰/۰٥۲	۰/۹٥٤ **	۰/۸۹۳ **			
MP	۰/۹۳٥ **	−۰/۰۱۲	۰/۹۷٤ **				
STI	۰/۹٦۳ **	−۰/۱۰۳					
SSI	−۰/۲۲۳						

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ٥ و ۱ درصد

به طور کلی شاخص‌هایی که در هر دو آزمایش دارای همبستگی بالایی با عملکرد دانه باشند، به عنوان بهترین شاخص‌ها معرفی می‌شوند، چرا که این شاخص‌ها قادر به جدا کردن و شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد دانه بالا در هر دو محیط می‌باشند (دی کاستا و همکاران، ۱۹۹۹). بر همین اساس و با توجه به نتایج ضرایب همبستگی شاخص‌های مختلف و عملکرد تحت شرایط نرمال رطوبتی و تنش، ملاحظه می‌شود که شاخص‌های HARM، STI، GMP وMP به عنوان بهترین شاخص‌ها می‌توانند جهت دستیابی به ارقام پر محصول در هر دو شرایط محیطی به کار روند. مثلاً رقم والدی Pavon و لاین DH4 که مقادیر بالایی از این شاخص‌ها را داشتند، دارای عملکرد بالایی در شرایط نرمال رطوبتی (به ترتیب ۱/۷۱ و ۱/۰۸) و در شرایط تنش (به ترتیب ۰/٦۷ و ۰/۹٦) بودند. لذا بر این اساس و با توجه به نظریات

اشنایدر و همکاران (۱۹۹۲ و ۱۹۹۷) تعدادی ژنوتیپ براساس شاخص‌های STI، وGMP بالا انتخاب و جهت اطمینان از بقای عملکرد ژنوتیپ‌های انتخاب شده در شرایط تنش، ژنوتیپ‌هایی انتخاب شدند که Y_S بالاتری داشتند. بنابراین رقم والد Pavon و لاین DH4، DH70، DH71، DH34 و DH30 به عنوان ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو محیط نرمال رطوبتی و تنش خشکی برگزیده شدند. ملکی و همکاران (۲۰۰۸) شاخص‌های STI، GMP وMP و نورمند موید و همکاران (۱۳۸۰) شاخص‌های GMP و STI را به عنوان بهترین شاخص‌های تحمل به خشکی گزارش کردند.

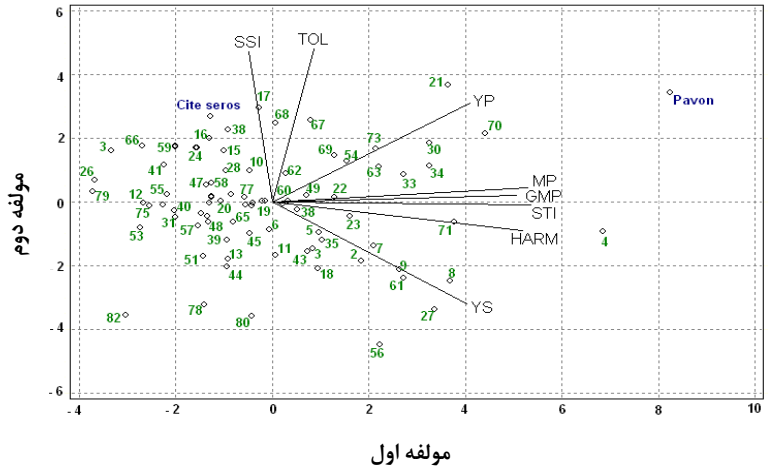
در این تحقیق، بای پلات ابزار مفیدی برای تجزیه اطلاعات بوده و ارزیابی نظری ساختار یک ماتریس بزرگ دو طرفه را ممکن می‌سازد. بدین منظور، ماتریس مورد نظر به پنج مؤلفه تحلیل شد که دو مؤلفه اول در مجموع ۹۶/۲۰ درصد از تغییرات موجود بین داده‌ها را توجیه نمودند. استفاده از این دو مؤلفه و چشم پوشی از سایر مؤلفه‌ها، تنها موجب از دست رفتن بخش بسیار ناچیزی از تغییرات شده و تفسیر نتایج بر اساس دو مؤلفه اول و دوم دارای کارآیی بالا بوده و بدین لحاظ ترسیم بر اساس دو مؤلفه اول صورت گرفت. مقادیر ویژه دو مؤلفه اول در جدول ۵ ارائه شده است. مؤلفه اول ٦٢ درصد از کل تغییرات را شامل شد. این مؤلفه همبستگی مثبت و بالایی را با شاخص‌های Y_P، Y_S، GMP، MP، STI و HARM نشان داد. از آن‌جا که مقادیر بالای این شاخص‌ها برای ما مطلوب است و با توجه به رابطه مثبت مؤلفه اول با این شاخص‌ها، اگر میزان بالای آن را انتخاب نماییم، ژنوتیپ‌هایی برگزیده می‌شود که دارای عملکرد بالا در هر دو محیط نرمال رطوبتی و تنش خشکی هستند. بنابراین، این مؤلفه به عنوان مؤلفه پتانسیل عملکرد و تحمل به خشکی نامگذاری شد. این مؤلفه ژنوتیپ‌های دارای پتانسیل عملکرد دانه بالا و متحمل به خشکی را از ژنوتیپ‌های با میانگین عملکرد دانه پایین و حساس جدا می‌کند.

لازم به توضیح است که تعیین بالا یا پایین بودن همبستگی هر شاخص با مؤلفه اول و دوم و با توجه به بالا یا پایین بودن وزنی که هر یک در معادله این مؤلفه‌ها به خود اختصاص داده‌اند و با در نظر گرفتن مقدار ۰/۳۵ به عنوان نقطه حد، این تقسیم‌بندی انجام شد. دومین مؤلفه ۳٤/۲۰ درصد از تغییرات کل را تفسیر نموده و همبستگی مثبت (۰/۳۹) با عملکرد تحت شرایط تنش (Y_S) و همبستگی منفی بالا با شاخص‌های TOL و SSI داشت. بنابراین، مؤلفه دوم را می‌توان به عنوان مؤلفه تحمل به تنش نامگذاری نمود که ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه بالا در شرایط تنش و مقادیر پایین TOL و SSI را جدا می‌کند. با توجه به دو مؤلفه، ژنوتیپ‌ها در درون گروه‌های مشخص قرار گرفتند که مرتبط با میانگین عملکردشان و تحمل به تنش آنها بود. بر اساس مؤلفه اول و دوم، بای پلات ترسیم گردید. همان طور که از شکل ۲ پیداست، شاخص‌های TOL و SSI همبستگی منفی و معنی‌داری با عملکرد دانه در شرایط تنش (Y_S) و همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه در شرایط بدون تنش(Y_P) داشتند. این در حالی است که شاخص‌های MP، HARM، GMP و STIدارای همبستگی بالایی با عملکرد دانه در هر دو آزمایش بودند. محمدی و همکاران (۱۳۸۵) گزارش کردند که میانگین هندسی عملکرد، میانگین هارمونیک عملکرد و شاخص تحمل تنش دارای همبستگی بالایی با عملکرد دانه تحت شرایط نرمال آبی و تنش خشکی بود که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت

داشت. در نمودار دوبعدی (بای پلات) ترسیمی، ناحیه سمت راست بالا (مقادیر بیشتر مؤلفه اول و دوم) به عنوان ناحیه مورد نظر انتخاب شد. از آن‌جا که رقم والد Pavon و لاین DH4، DH70، DH71، DH34 و DH30، جزو ژنوتیپ‌های انتخاب شده از طریق بهترین شاخص‌ها بود و از طرفی در ناحیه مطلوب بای‌پلات نیز قرار گرفت، به عنوان ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد بالا در هر دو محیط نرمال رطوبتی و تنش خشکی معرفی شدند. لاین‌های DH79، DH82، DH53، DH75 و DH26 دارای عملکرد پایین بوده و جزو لاین‌های حساس به خشکی شناسایی شدند.

جدول ۵- مقادیر ویژه، درصد واریانس و درصد تجمعی واریانس برای پنج مولفه اصلی استخراج شده از اطلاعات عملکرد دانه و شاخص‌های تحمل به خشکی در گندم

مولفه	مقادیر ویژه	درصد واریانس	درصد تجمعی واریانس	Yp	Ys	TOL	GMP	MP	STI	SSI	HARM
۱	٤/٩٦	٦٢/٠٠	٦٢/٠٠	۰/۳٤	۰/۳٤	۰/۰۷	۰/٤۲	۰/٤٤	۰/٤٥	-۰/۰٤	۰/٤۳
۲	۲/۷۳	۳٤/۲۰	۹٦/۲۰	-۰/۳۸	۰/۳۹	-۰/۵۹	-۰/۰۲	-۰/۰٦	۰/۰۱	-۰/۵۸	۰/۱۱
۳	۰/۱٦	۲/۰۰	۹۸/۲۰	-۰/۱٦	-۰/۲۵	۰/۰۳	۰/۸۳	-۰/۲٦	۰/۱۱	-۰/۱٦	-۰/۳۵
٤	۰/۱۳	۱/٦۰	۹۹/۸۰	۰/۳٦	-۰/۰۷	۰/۳۷	-۰/۱٦	۰/۲۲	-۰/۱۱	-۰/۷٤	-۰/۳۲
۵	۰/۰۱٦	۰/۲۰	۱۰/۰۰	-۰/۱۰	-۰/٤۷	۰/۲۱	-۰/۰۵	-۰/۳۵	۰/۰۸	-۰/۳۰	۰/۷۱



شکل ۲- بای پلات دو بعدی لاین های دابلد هاپلوئید گندم و والدین بر اساس دو مولفه اصلی محاسبه شده از عملکرد دانه و شاخص‌های تحمل به تنش خشکی

منابع

احمدی، ج.، ح. زینالی خانقاه، م. ع. رستمی و ر. چوکان. ۱۳۷۹. بررسی شاخص های مقاومت به خشکی و استفاده از روش بای پلات در هیبریدهای ذرت دانه ای. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۱ (۳): ۵۲۳-۵۱۳.

احمدی، ع. و ع. سی و سه مرده. ۱۳۸۲. روابط بین شاخصهای رشد، مقاومت به خشکی و عملکرد در کولتیوارهای گندم اصلاح شده برای اقلیم های مختلف ایران در شرایط تنش و عدم تنش خشکی. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳٤ (۳): ٦٧٩-٦٦٧.

چوکان، ر.، ت. طاهرخانی، م. ر. قنادها و م. خدارحمی. ۱۳۸۵. ارزیابی تحمل به خشکی در لاین های ذرت دانه ای با استفاده از شاخص های تحمل به تنش خشکی. مجله علوم زراعی ایران. ۸ (۲۹): ۸۹-۷۹.

زارع، م.، ح. زینالی خانقاه و ج. دانشیان. ۱۳۸۳. ارزیابی تحمل برخی ژنوتیپ‌های سویا به تنش خشکی. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۵ (٤): ۸٦۷-۸۵۹.

شیرازی خرازی م. ع.، م. ر. نارویی راد، ح. کاظمی، ر. اصغری و ب. علیزاده. ۱۳۸۷. بررسی اثر کم آبیاری بر عملکرد ۷ رقم سورگوم دانه ای با استفاده از شاخص های تحمل به تنش. مجله پژوهش و سازندگی (زراعت و باغبانی). ۷۸: ۱٦٤-۱۵۹.

صادق زاده اهری، د. ۱۳۸۵. ارزیابی تحمل به تنش خشکی در ژنوتیپ های امیدبخش گندم دوروم دیم. مجله علوم زراعی ایران. ۸ (۱): ٤۵-۳۰.

محمدی، ع.، ا. مجیدی هروان، م. ر. بی همتا و ح. حیدری شریف آبادی. ۱۳۸۵. ارزیابی تنش خشکی بر روی خصوصیات زراعی مورفولوژیکی در تعدادی از ارقام گندم. مجله پژوهش و سازندگی. ۱۹ (۷۳): ۱۹۲-۱۸٤.

نورمند موید، ف.، م. ع. رستمی و م. ر. قنادها. ۱۳۸۰. ارزیابی شاخص های مقاومت به خشکی در گندم نان. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۲ (٤): ۸۰۵-۷۹۵.

Asseng, S., N. C. Turnera, J. D. Rayb and B. A. Keatingc. 2002. A simulation analysis that predicts the influence of physiological traits on the potential yield of wheat. Europ. J. Agron. 17(2): 123–141.

De Costa, W.A.J.M. and K. N. Shanmugathasan. 1999. Effects of irrigation at different growth stages and source-sink manipulations on yield and yield components of mung bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) in dry and intermediate zones of Sri Lanka. J. Agron. Crop Sci. 183(2): 111-117.

De Souza, L. V., G. V. Miranda, J. C. C. Galvão, L. J. M. Guimarães and I. C. de Santos. 2009. Combining ability of maize grain yield under different levels of environmental stress. Pesq. Agropec. Bras. 44(10): 1297-1303.

Dhanda, S. S. and G. S. Sethi. 2008. Drought tolerance among 30 cultivares of wheat (*Triticum aestivum* L.) for water relation parameters. Agric. Sci. Dig. 28(3): 182-185.

Dodig, D., M. Zoric, D. Knezevic, S. R. King, and G. Surlan-Momirovic. 2008. Genotype x environment interaction for wheat yield in different drought stress conditions and agronomic traits suitable for selection. Aust. J. Agri. Res. 59(6): 536-545.

Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Proceeding of the symposium. Taiwan, 13-16 Aug by C. O. Kuo. AVRDC. pp: 259-270.

Fischer, R. A. and R. Maurer. 1978. Drought in spring wheat cultivars I. Grain yield responses. Aust. J. Agric. Res. 29: 897-912.

Gupta, N. K., S. Gupta, A. Kumar. 2001. Effect of water stress on physiological attributes and their relationship with growth and yield of wheat cultivars at different stages. J. Agron. Crop Sci. 186(1): 55-62.

Khan, A. J., F. Azam, A. Ali, M. Tariq, M. Amin and T. Muhammad. 2007. Wide and specific adaptation of bread wheat inbred lines for yield under rainfed conditions. Pak. J. Bot. 39(1): 67-71.

Leilah, A. A. and S. A. Al-Khateeb. 2005. Statistical analysis of wheat yield under drought conditions. J. Arid Environ. 61: 483-496.

Maleki, A., F. Babaei, H. Cheharsooghi Amin, J. Ahmadi and A. Asadi Dizaji. 2008. The study of seed yield stability and drought tolerance indices of bread wheat genotypes under irrigated and non-irrigated conditions. Res. J. Bio. Sci. 3(8): 841-844.

Minitab, 1998. MINITAB 12. Minitab, State College, PA.

Rosielle; A. T. and J. Hamblin. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Sci. 21: 943-946.

Sanjari Pirayvatlou, A. 2001. Relations among yield potential, drought tolerance and stability of yield in bread wheat varieties under water deficit conditions. Proceedings of the 10th Australian Agronomy Conference, Australian Society of Agronomy. Jan. 29 – Feb. 1.

SAS Institute 2001. SAS user's guide. Version 8. SAS Institute Inc Cary, NC.

Schneider, K. A., B. L. Jonson and T. L. Henderson. 1992. Rooting depth and water use of different sunflower phenotypes. Proc. 13th Int. Sunflower Con. Pisa, Italy.

Schneider, K. A., R. Rosales-Seerna, F. Iarra-Peres, B. Cazares-Enriques, J. A. A. Acosta-Gallegos, P. Ramires-Vallejo, N. Wassimi and J. D. Kelly. 1997. Improving common bean performance under drought stress. Crop Sci. 37: 43-50.

Statgraphics Plus V.5. 2000. Manugistics Inc. USA.

Study on Drought Tolerance Indices in a Doubled Haploid Population of Bread Wheat (*Triticum aestivum*)

M. Zare[1], A. Ashraf Mehrabi[2]

Received: 2014-8-31 Accepted: 2014-10-7

Abstract

Plant tolerance to water stress is affected by environmental parameters, plant genotype and their interactions, hence yield under stress conditions may not be useful considence for screening of genotypes. To introduce efficient drought tolerant indices in bread wheat a double haploid population including 82 DH lines and their parents were studied in this research. A greanhouse experiment under two drought stress and optimum moisture conditions conducted using RCBD with three replications. Combined analyse of data showed variation among genotypes response to water stress and also there was no relationship between yield under stress and non stress conditions. HARM, STI, GMP and MP showed high and significant correlation with yield under both conditions and were efficient in screening of genotypes. Principal components analysis of the data revealed ability of this statistical procedure to reduce the size of large amount of data. The first and second component explained 96.2% of the total variation. Distribution of genotypes in biplot constructed by the first and the second principal components introduced Pavan, DH4, DH70, DH71, DH34 and DH30 as the tolerant genotypes with high grain yield under both conditions, also DH79, DH82, DH53, DH75 and DH26 as the susceptible genotypes to drought stress.

Key words: Genetic variability, grain yield, line.

1- Department of Agriculture, Firoozabad branch, Islamic Azad University, Firoozabad, Fars, Iran
2- Agriculture College of Ilam University