

ارزیابی تحمل به تنش خشکی در برخی از ژنوتیپ‌های گندم نان

Evaluation of Tolerance to Drought Stress in Some Bread Wheat Genotypes

مه‌دی کاکایی^۱، حجت‌الله مظاهری لقب^۲، علی‌رضا زبرجدی^۳ و عبدالمجید مهدوی دامغانی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۰/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۳/۰۲

چکیده

به منظور ارزیابی برخی از ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی در گندم نان، ۱۴ ژنوتیپ مختلف در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط عدم تنش و تنش خشکی، در سال زراعی ۱۳۸۹-۹۰ مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای تعیین میزان تحمل این ژنوتیپ‌ها بر مبنای عملکرد دانه در شرایط عدم تنش و عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی، از شاخص‌های مقاومت به خشکی یعنی شاخص تحمل، شاخص متوسط تولید، شاخص حساسیت به خشکی، شاخص میانگین هندسی تولید، شاخص تحمل به تنش، شاخص میانگین هارمونیک و شاخص پایداری عملکرد استفاده شد. نمودار بای پلات حاصل از دو مولفه اصلی اول نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۱۳، ۳ و ۸ در مجاورت بردارهای مربوط به شاخص‌های، شاخص میانگین هارمونیک، شاخص میانگین هندسی تولید، شاخص متوسط تولید و شاخص تحمل به تنش قرار گرفته‌اند. با توجه به شاخص‌های تحمل خشکی ژنوتیپ‌های ۱۳، ۳ و ۸ نظر به دارا بودن بیش‌ترین میزان عملکرد در هر دو شرایط محیطی و داشتن STI بالا به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل پیشنهاد می‌شوند. بر اساس نتایج تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های مذکور در گروه اول قرار گرفتند.

واژه‌های کلیدی: تنش غیر زیستی، به‌نژادی، غلات، شاخص‌های تحمل خشکی

۱. گروه علمی مهندسی کشاورزی (اصلاح نباتات و ژنتیک)، دانشگاه پیام نور، تهران
۲. دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان
۳. دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه
۴. عضو هیات علمی پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران
*: نویسنده مسوول E-mail: Mehdikakaei@yahoo.com

گندم مهم‌ترین غله و منبع غذایی در جهان می‌باشد. تولید گندم در ایران در سال‌های اخیر به میزان ۱۴/۶ میلیون تن رسیده است، که از این میزان تولید حدود ۴/۵ میلیون تن آن از اراضی دیم و ۱۰/۱ میلیون تن آن از اراضی آبی تولید شده است، وسعت اراضی دیم و وابستگی تولید در این عرصه‌ها به نزولات جوی از دیگر دست‌آسیب‌پذیری عملکرد این محصول را به نحو بارزی افزایش داده است (آقای سربرزه و همکاران، ۱۳۸۸ و <http://dbagri-jahad.org/zrtbank>, 2008). تنش خشکی و محدودیت دسترسی به آب همواره در جهان و در ایران، از جمله مهم‌ترین مسائل و مشکلات کشاورزی بوده است و شاید بتوان این عامل را مهم‌ترین عامل کاهش تولیدات گیاهان دانست. بنابراین هر گونه مطالعه‌ای مبنی بر ارزیابی اثرات آن بر روی گیاهان مختلف حایز اهمیت است. گندم از حیث خصوصیات مختلف کمی و کیفی، سازگاری با عوامل محیطی و انواع مقاومت‌ها دارای تنوع ژنتیکی وسیعی می‌باشد (نارویی‌راد و همکاران، ۱۳۸۵). در اغلب آزمایش‌های گزینش مزرعه‌ای گیاهان زراعی، فقط عملکرد دانه مد نظر می‌باشد و توجهی به سایر صفات و شاخص‌هایی که می‌توانند در مقاومت به خشکی و در نتیجه عملکرد دانه موثر واقع شوند؛ نشده است (نورمند موید و همکاران، ۱۳۸۰). در ارزیابی شاخص‌های مقاومت به خشکی در گندم نان نورمند موید و همکاران (۱۳۸۰) گزارش دادند شاخصی که معیارش بالا بودن عملکرد در هر دو شرایط عدم تنش و تنش باشد، به عنوان بهترین شاخص قلمداد می‌گردد، بر این اساس آن‌ها شاخص‌های STI و GMP را به عنوان بهترین شاخص‌های معرفی کردند. کاکایی و همکاران (۱۳۸۹)، طی تحقیقی بر روی برخی ژنوتیپ‌های کلزا، دریافتند که شاخص‌های STI، GMP، YI، HARM و MP در غربال ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی از سایر شاخص‌ها موفق‌تر می‌باشند. فرناندز^۱ (1992)، اظهار کرد که شاخص STI برای گزینش ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و عدم تنش مناسب‌تر از سایر شاخص‌ها می‌باشد، آقای سربرزه و همکاران (۱۳۸۸)، نیز در تحقیقی بر روی گندم و بررسی شاخص‌های تحمل به تنش جامعیت شاخص STI را نسبت به سایر شاخص‌ها مناسب‌تر نشان دادند. کاکایی و همکاران (۱۳۸۹)، ابراز داشتند مقایسه عملکرد در شرایط محیطی تنش و عدم تنش؛ و گزینش در چنین شرایطی، می‌تواند ارزیابی ژنوتیپ‌ها را در برابر تنش به‌دنبال داشته باشد. مطالعات بسیاری در خصوص گزینش تحت هر دو

شرایط محیطی برای انتخاب ارقام متحمل به تنش خشکی و یافتن شاخص‌های مطلوب از بین سایر شاخص‌ها صورت گرفته است (روزیل و همبلین^۲، 1981؛ احمدی و همکاران، ۱۳۷۹؛ فرشادفر و فرشادفر، ۱۳۸۳؛ پورداد و همکاران، ۱۳۸۷؛ آقای سربرزه و همکاران ۱۳۸۸؛ و کاکایی و همکاران، ۱۳۸۹).

فرناندز (1992)، با بررسی عملکرد در دو شرایط تنش و بدون تنش، ژنوتیپ‌ها را از نظر واکنش به شرایط محیطی در ۴ گروه زیر تقسیم‌بندی نمود:

الف: ژنوتیپ‌هایی که تظاهر خوبی را در هر دو شرایط تنش و عدم تنش خشکی دارا هستند (گروه A).

ب: ژنوتیپ‌هایی که فقط تظاهر خوبی در شرایط عدم تنش دارا هستند (گروه B).

ج: ژنوتیپ‌هایی که عملکرد بالایی را در محیط تنش دارا هستند (گروه C).

د: ژنوتیپ‌هایی که تظاهر ضعیفی را در هر دو شرایط تنش و عدم تنش دارا هستند (گروه D).

فرناندز معیاری را که قادر به تشخیص گروه A از سایر گروه‌ها باشد را مناسب‌ترین معیار انتخاب برای تنش می‌داند. نظر به تغییرات بارندگی در سال‌ها و مناطق مختلف کشور و کشت وسیع در مناطق دیم و نیمه خشک ایران، انتخاب گیاهان متحمل به خشکی مهم و حیاتی است. مطالعه حاضر با هدف ارزیابی عملکرد و تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های گندم نان به منظور دستیابی به ارقام متحمل به خشکی و تعیین بهترین شاخص (های) مقاومت در شرایط مختلف رطوبتی در مزرعه انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه، ۱۴ ژنوتیپ زمستانه گندم نان (جدول ۱) در دو شرایط تنش و عدم تنش خشکی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در مزرعه پژوهشی دانشگاه پیام نور مرکز اسدآباد مورد مطالعه و بررسی قرار گرفتند. در شرایط عدم تنش آبیاری آزمایش طبق عرف منطقه اعمال گردید به‌طوری‌که در زمان گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیکی در دو نوبت (گلدهی و اواسط دانه بستن) آبیاری انجام شد. در حالی‌که در شرایط تنش از مرحله گلدهی به بعد هیچ‌گونه آبیاری صورت نگرفت. هر کرت شامل ۷ ردیف ۲ متری به فاصله خطوط ۲۰ سانتی‌متر و فاصله کرت‌ها از هم ۴۰ سانتی‌متر در نظر گرفته

در مرحله ساقه‌دهی به صورت دستی انجام گرفت. در نهایت محصول کرت‌های آزمایشی پس از حذف اثرات حاشیه برداشت شد. تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم افزارهای MSTAT-C، Minitab V.15 و SPSS V. 16 صورت پذیرفت.

شد. قبل از کاشت اقدام به آماده سازی زمین (بعد از شخم، شیارها با فواصل مذکور به صورت دستی ایجاد شد) گردید. جهت ایجاد حاصلخیزی، کود مورد نیاز به مقدار ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود ازت از منبع اوره و ۳۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر از منبع سوپر فسفات استفاده شد. بذور قبل از کاشت با قارچ کش بنومیل ضد عفونی شدند. مبارزه با علف‌های هرز

جدول ۱: شجره ژنوتیپ‌های استفاده شده در آزمایش
Table1: Pedigree of genotypes used in the experiment

Number	Genotype	Number	Genotype
1	Check	10	Pbw343*2/Chapio
2	DN-11	11	Pbw343*2/Kvkvna
3	Fit/90 Zhong87	12	Mhdv/Soissons
4	Reh/hare//2	13	Pbw343*2/Kvkvna 2
5	Seri/Avd/3/Rsh	14	Sardari
6	Sara/Thb//Vee		
7	Cno79		
8	Otus 2/Bav92		
9	Alvd//Aldan		

۶- شاخص پایداری عملکرد (YSI) (بوسلاما و شاپاگ، ۱۹۸۴):

$$YSI = \frac{Y_s}{Y_p}$$

۷- شاخص تحمل به تنش (STI) (فرناندز، ۱۹۹۲):

$$STI = \left(\frac{Y_p}{\bar{Y}_p} \right) \left(\frac{Y_s}{\bar{Y}_s} \right) \left(\frac{\bar{Y}_s}{\bar{Y}_p} \right) = \frac{(Y_p)(Y_s)}{(\bar{Y}_p)^2}$$

که در آن‌ها متغیرها عبارتند از:

Y_p ، Y_s ، \bar{Y}_p و \bar{Y}_s به ترتیب بیانگر عملکرد هر ژنوتیپ در محیط عدم تنش، عملکرد هر ژنوتیپ در محیط تنش، میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط تنش، میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط عدم تنش می‌باشند.

نتایج و بحث

با توجه به داده‌های جدول ۳ عملکرد دانه در هر دو شرایط محیطی (عدم تنش و تنش خشکی) با شاخص‌های GMP، MP، HARM و STI همبستگی قوی و معنی‌داری در سطح آماری ۱ درصد نشان داد که می‌توان از این شاخص‌ها در شناسایی ارقام و ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی بهره

پس از تعیین عملکرد دانه در هر دو شرایط به منظور بررسی عکس‌العمل ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی، اقدام به محاسبه شاخص‌های مقاومت به خشکی به شرح زیر گردید:

۱- شاخص تحمل (TOL) (روزیل و همبلین، ۱۹۸۱):

$$TOL = Y_p - Y_s$$

۲- شاخص حساسیت به تنش (SSI) (فیشر و مورر، ۱۹۷۸):

$$SSI = \frac{1 - (Y_s / Y_p)}{SI}, \quad SI = 1 - \left[\frac{\bar{Y}_s}{\bar{Y}_p} \right]$$

در این فرمول، (SI) شدت تنش می‌باشد.

۳- میانگین هارمونیک (HARM) (فرناندز، ۱۹۹۲):

$$HARM = \frac{2(Y_p \times Y_s)}{(Y_p + Y_s)}$$

۴- شاخص عملکرد (YI) (گایوزی و همکاران، ۱۹۹۷):

$$YI = \frac{Y_s}{\bar{Y}_s}$$

۵- شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) (فرناندز، ۱۹۹۲):

$$GMP = \sqrt{(Y_s)(Y_p)}$$

1. Tolerance Index, Rosielle and Hamblin
2. Stress Susceptibility Index, Fischer and Maurer
3. Stress Intensity
4. Harmonic Mean, Fernandez
5. Yield Index, Gavuzzi, *et al.*
6. Geometric Mean Productivity, Fernandez

7. Yield Stability Index, Bouslama and Schapaugh

8. Stress Tolerance Index, Fernandez

گرفت. پورداد و همکاران 2008، در تحقیقی بر روی گلرنگ بین سه شاخص GMP، MP و STI با عملکرد دانه در هر دو محیط تنش خشکی و بدون تنش همبستگی بالایی را گزارش کردند. همچنین نتایج مشابه‌ای توسط دیگر محققین در گیاهان مختلف در گندم (فرشادفر و شوتکا^۱، 2003)، در کلزا (امیری اوغان، 1383)، در گندم دوروم (آقایی سربرزه و همکاران، 1388)، در گندم نان (کوچکی و همکاران، 1385) و در کلزا (کاکایی 1388) به دست آمد.

از نمودار دو بعدی بای پلات جهت مطالعه ارتباط بین شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکرد دانه در دو شرایط تنش خشکی و عدم تنش خشکی استفاده می‌گردد. نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی نشان داد که مولفه‌های اول و دوم در مجموع 98/7 درصد تنوع موجود بین متغیرهای مقادیر عملکرد در شرایط عدم تنش و تنش خشکی شاخص‌های تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های مختلف را توجیه می‌کنند (جدول 4). حضور ژنوتیپ‌ها در بخش‌های مختلف فضای بای پلات بیانگر تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها می‌باشد (شکل 1). با توجه به اینکه هر یک از این مولفه‌ها ترکیب خطی از متغیرهای اولیه است و در برگیرنده واریانس آن‌ها نیز می‌باشند، تنوع موجود در بین ژنوتیپ‌ها به راحتی با دو مولفه اولیه که با همدیگر همبستگی ندارند، توجیه پذیر می‌باشد (متقی و همکاران، 1388)، و مولفه‌های بعدی تنها موجب به حساب نیامدن بخش جزئی و قابل چشم‌پوشی از تغییرات می‌شود. مولفه اول 61/8 درصد تغییرات را شامل می‌شود که همبستگی بالایی با شاخص‌های کمی STI، GMP، MP و HARM نشان داد که در کنار شاخص‌های عملکرد قرار دارند و مقدار زیاد مولفه اول مورد نظر بوده و می‌توان آن را به عنوان مولفه تحمل به خشکی (مولفه مقاومت) نامگذاری کرد و مولفه دوم با شاخص حساسیت SSI و TOL همبستگی مثبت و بالایی دارد و از طرفی با Ys همبستگی منفی و قابل توجهی دارد پس بنابراین مقدار کم این مولفه مورد توجه می‌باشد که از آن می‌توان به عنوان مولفه حساسیت نام برد پس نتیجه می‌شود که بر اساس مقدار زیاد مولفه اول (مولفه مقاومت) و مقدار کم مولفه دوم (مولفه حساسیت) ژنوتیپ‌های ناحیه چهارم بای پلات انتخاب می‌گردند که شامل ژنوتیپ‌های شماره 13 و 3 می‌باشند و از جهتی ژنوتیپ‌های شماره 3 و 13 در مجاورت شاخص‌های تحمل مذکور قرار دارند و در ناحیه‌ای با پتانسیل تولید بالا و حساسیت پایین به خشکی (ناحیه چهارم فضای بای پلات) قرار دارند البته

ژنوتیپ شماره 8 هم به لحاظ مجاورت با ژنوتیپ شماره 13 و داشتن عملکرد پتانسیل بالای آن و مطلوب و قابل قبول بودن عملکرد تنش آن قابلیت انتخاب را داراست و زوایای تند شاخص‌های STI، GMP، MP و HARM نشان از همبستگی نسبتاً بالای آنها نسبت به هم می‌باشد. قابل ذکر است که ژنوتیپ شماره 3 اگر چه عملکرد نسبی کم‌تری از ژنوتیپ‌های شماره 8 و 13 دارد و لیکن دارای شاخص تحمل کم‌تری می‌باشد به عبارتی پایداری عملکرد بیش‌تری دارد (میزان کم شاخص TOL مورد نظر می‌باشد) استفاده از تجزیه به مولفه‌های اصلی و نمودار بای پلات توسط محققین بسیاری همچون، ابوالحسینی و سعیدی (1385)، کاکایی و همکاران (1389)، فرناندز 1992 و فرشادفر و شوتکا 2003 مورد توجه و استفاده قرار گرفته است. شکل 2 گزینش ژنوتیپ‌ها بر اساس مدل فرناندز توسط شاخص STI را نمایش می‌دهد. در مطالعه نمودار سه بعدی مشاهده گردید که ژنوتیپ‌های شماره 2، 3، 6، 7، 8 و 13 در گروه A قرار می‌گیرند، (ژنوتیپ‌های شماره 13، 3 و 8 هم که ژنوتیپ‌های مطلوبی هستند در گروه A قرار دارند) یعنی دارای تحمل به خشکی و عملکرد بالا در هر دو شرایط می‌باشند، در ضمن این ژنوتیپ‌ها دارای بیش‌ترین میزان STI هم می‌باشند (دارای بیش‌ترین ارتفاع در نمودار سه بعدی). بر این اساس ژنوتیپ‌های شماره 4، 9 و 11 در گروه C قرار می‌گیرند بدین معنی که این ژنوتیپ‌ها در محیط تنش عملکرد نسبی بالاتری نسبت به شرایط عدم تنش می‌توانند تولید کنند. ژنوتیپ‌های شماره 1 و 12 در گروه B قرار می‌گیرند که نشان از تولید بالای آن‌ها در محیط عدم تنش خشکی می‌باشد. سایر ژنوتیپ‌ها یعنی ژنوتیپ‌های شماره 5، 10 و 14 در گروه D قرار می‌گیرند با این تفسیر که در هر دو شرایط تنش خشکی و عدم تنش میانگین عملکرد پایین‌تری دارند. نتایج حاصل از نمودارهای سه بعدی YP و YS با شاخص‌های HARM و GMP با توجه به همبستگی بسیار قوی و معنی دار با شاخص STI مشابه نتایج مذکور بود (شکل 3 و 4). استفاده از نمودار سه بعدی جهت غربال ژنوتیپ‌های موجود در گروه A توسط فرناندز 1992، نورمند موید و همکاران (1380)، فرشادفر و شوتکا 2003 و کاکایی و همکاران (1389) گزارش گردیده است. به جهت اطلاع از تنوع ژنتیکی، تعیین فاصله ژنتیکی و گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص‌های STI، GMP، SSI، HARM و MP از تجزیه خوشه‌ای به روش WARD استفاده گردید (شکل 5). برش دندروگرام بر مبنای اطلاعات تابع تشخیص صورت پذیرفت که بر این مبنای ژنوتیپ‌ها در 3 گروه

را در سال‌های متعددی ارزیابی نمود و از این ژنوتیپ‌ها جهت تولید به صورت تجاری و استفاده در برنامه‌های به‌نژادی جهت ایجاد و تولید ارقام برتر گندم نان استفاده کرد.

جداگانه دسته‌بندی شدند. گروه اول شامل ژنوتیپ‌های شماره ۲، ۶، ۸، ۱۳، ۷ و ۳ ژنوتیپ‌های گروه دوم شامل ژنوتیپ‌های شماره ۱۰ و ۱۴ و نهایتاً ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۵، ۴، ۹، ۱۱ و ۱۲ در گروه سوم قرار گرفتند که این گروه‌بندی به طور ۱۰۰ درصد مورد تایید تابع تشخیص قرار گرفت (جدول ۵)، ژنوتیپ‌های شماره ۲، ۳، ۶، ۷، ۸ و ۱۳ که دارای میانگین عملکرد بالا در شرایط عدم تنش و تنش خشکی هستند (ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی) در یک گروه (گروه اول) قرار گرفته‌اند که در بین ژنوتیپ‌ها دارای بیش‌ترین میزان شاخص STI نیز می‌باشند. استفاده از تجزیه کلاستر جهت تعیین فاصله ژنتیکی و بهره‌گیری از مواد آزمایشی (دورگ‌گیری بین ژنوتیپ‌ها، به دست آوردن هتروزیس و ...) در برنامه‌های به‌نژادی توسط محققین بسیاری از جمله فرشادفر (۱۳۸۳)، پورداد و همکاران (۱۳۸۷)، سوری و همکاران (۱۳۸۷) و کاکایی و همکاران (۱۳۸۹)، گزارش گردیده است، همانطور که مشخص است نتایج تجزیه خوشه‌ای با نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی (PCA^۱) مطابقت داشت چرا که ژنوتیپ‌های شماره ۱۳، ۳ و ۸ نیز در دندروگرام تجزیه خوشه‌ای در یک گروه قرار گرفته‌اند، و این نتایج مورد تایید بای پلات حاصل از شاخص‌های مقاومت به خشکی در ژنوتیپ‌ها بر اساس دو مولفه اول و دوم می‌باشد.

نتیجه‌گیری نهایی

در مطالعه حاضر اعمال تنش باعث کاهش عملکرد ژنوتیپ‌ها گردیده است، البته مقادیر کاهش در ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت می‌باشد به گونه‌ای که ژنوتیپ‌های حساس با بیش‌ترین کاهش در عملکرد و ژنوتیپ‌های متحمل با کم‌ترین نقصان عملکرد مواجه شده‌اند. خاطر نشان می‌شود، مطالعه ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش خشکی به تنهایی نمی‌تواند به گزینش ژنوتیپ‌های برتر کمک کند لذا مطالعه و ارزیابی ژنوتیپ‌ها و ارقام در هر دو شرایط عدم تنش و تنش خشکی مورد مطالعه و توجه پژوهشگران مربوط قرار گرفته است (نصیر^۲ و همکاران، ۱۹۹۲). با توجه به نتایج تجزیه آماری این آزمایش می‌توان به ترتیب ژنوتیپ‌های شماره ۱۳، ۳ و ۸ که در هر دو شرایط محیطی عملکرد مناسب و تقریباً بالاتری به دست آورده‌اند را به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی در شرایط اقلیمی اسدآباد (همدان) پیشنهاد نمود، و جهت نیل به اهداف دقیق‌تر می‌توان مشابه چنین آزمایشاتی

1. Principle Component Analysis
2. Nasir, et al.

جدول ۲- رتبه بندی ژنوتیپ‌ها و مقایسه میانگین شاخص‌های مقاومت به خشکی و عملکرد در شرایط تنش و عدم تنش در ژنوتیپ‌های گندم نان.

Table 2. The Ranking of genotypes and mean comparison of drought resistance indices and grain yield under stress and non stress conditions in wheat genotypes.

Rank	SSI	Rank	TOL	Rank	YI	Rank	HARM	Rank	STI	Rank	GMP	Rank	MP	Rank	Ys		Yp		No
															Kg/1000 0m2	Rank	Kg/100 00m2	Rank	
13	1.617 ^a	9	1281 ^{ab}	12	0.5069 ^{bc}	12	1771 ^{abc}	11	0.5412 ^{ab}	11	1873 ^{abc}	11	1981 ^{abc}	12	1340 ^{bc}	8	2621 ^{ab}	1	
8	1.278 ^a	10	1375 ^{ab}	6	0.6898 ^{abc}	5	2287 ^{abc}	5	0.8399 ^{ab}	5	2396 ^{abc}	5	2511 ^{abc}	6	1824 ^{abc}	5	3199 ^{ab}	2	
3	0.4437 ^a	3	552.3 ^{ab}	1	0.8786 ^a	3	2528 ^a	3	0.9558 ^{ab}	3	2574 ^a	4	2623 ^{abc}	1	2347 ^a	7	2899 ^{ab}	3	
2	0.3777 ^a	1	246.7	4	0.7628 ^{abc}	7	2102 ^{abc}	7	0.6641 ^{ab}	8	2121 ^{abc}	9	2140 ^{abc}	4	2017 ^{abc}	12	2263 ^{ab}	4	
6	0.8094 ^a	4	509.2 ^{ab}	10	0.6016 ^{abc}	10	1808 ^{abc}	12	0.5106 ^{ab}	12	1827 ^{abc}	12	1845 ^{abc}	10	1591 ^{abc}	13	2100 ^{ab}	5	
10	1.399 ^a	11	1433 ^{ab}	7	0.6721 ^{abc}	6	2241 ^{abc}	6	0.8155 ^{ab}	6	2362 ^{abc}	6	2493 ^{abc}	7	1777 ^{abc}	4	3210 ^{ab}	6	
14	1.722 ^a	14	2053 ^a	9	0.6569 ^{abc}	4	2359 ^{ab}	4	0.9445 ^{ab}	4	2551 ^{ab}	2	2763 ^a	9	1737 ^{abc}	1	3790 ^a	7	
9	1.335 ^a	12	1481 ^{ab}	3	0.7730 ^{abc}	2	2566 ^a	2	1.022 ^a	1	2672 ^a	1	2784 ^a	3	2044 ^{abc}	2	3525 ^{ab}	8	
1	0.2615 ^a	2	387.1 ^{ab}	5	0.7528 ^{abc}	8	2082 ^{abc}	8	0.6558 ^{ab}	7	2132 ^{abc}	7	2184 ^{abc}	5	1990 ^{abc}	9	2377 ^{ab}	9	
12	1.559 ^a	7	1120 ^{ab}	14	0.4400 ^c	13	1514b ^c	13	0.3736 ^b	13	1614 ^{bc}	13	1724 ^{bc}	14	1163 ^c	11	2284 ^{ab}	10	
5	0.5705 ^a	5	572.1 ^{ab}	8	0.6621 ^{abc}	9	1943 ^{abc}	9	0.5715 ^{ab}	9	1989 ^{abc}	10	2037 ^{abc}	8	1751 ^{abc}	10	2323 ^{ab}	11	
11	1.467 ^a	12	1557 ^{ab}	11	0.5158 ^{bc}	11	1775 ^{abc}	10	0.5700 ^{ab}	10	1947 ^{abc}	8	2142 ^{abc}	11	1364 ^{bc}	6	2921 ^{ab}	12	
7	1.050 ^a	8	1158 ^{ab}	2	0.8122 ^{ab}	1	2587 ^a	1	1.101 ^a	2	2655 ^a	3	2726 ^{ab}	2	2147 ^{ab}	3	3305 ^{ab}	13	
4	0.5188 ^a	6	671.1 ^{ab}	13	0.4981 ^{bc}	14	1445 ^c	14	0.3466 ^b	14	1540 ^c	14	1652 ^c	13	1317 ^{bc}	14	1988 ^{ab}	14	

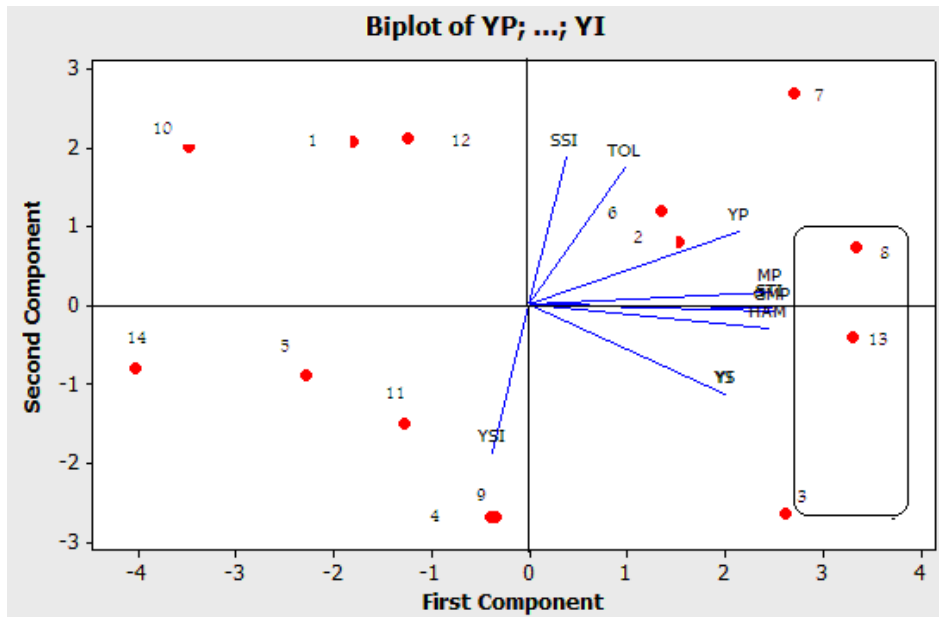
جدول ۳: ضرایب همبستگی شاخص‌های مقاومت به خشکی با عملکرد دانه در شرایط تنش و عدم تنش رطوبتی
Table 3: Correlation coefficients between drought resistance indices and grain yield in non-stress (Yp) and stress (Ys) conditions

	YP	YS	TOL	GMP	YSI	MP	HARM	SSI	STI	YI
YP	1									
YS	0.400*	1								
TOL	0.800**	0.229 ^{ns}	1							
GMP	0.844**	0.826**	0.356 ^{ns}	1						
YSI	0.586**	0.447*	-0.914**	-0.115 ^{ns}	1					
MP	0.911**	0.742**	0.482**	0.989**	-0.227 ^{ns}	1				
HARM	0.766**	0.887**	0.234 ^{ns}	0.991**	-0.007 ^{ns}	0.959**	1			
SSI	0.586**	-0.447*	0.914**	0.115 ^{ns}	-1**	0.007 ^{ns}	0.227 ^{ns}	1		
STI	0.846**	0.807**	0.370 ^{ns}	0.993**	-0.136 ^{ns}	0.983**	0.981**	0.136 ^{ns}	1	
YI	0.400*	1**	-0.229 ^{ns}	0.826**	0.447**	0.887**	0.742**	0.447**	0.807**	1

ns, *, ** and ***: Not significant, significant at the 5% and 1% levels of probability, respectively.
ns, *, ** and ***: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

جدول ۴: تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای شاخص‌های مختلف تحمل خشکی عملکرد دانه در دو شرایط تنش و عدم تنش
Table 4.: Principle component analysis for different drought resistance indices and grain yield under stress and non-stress conditions

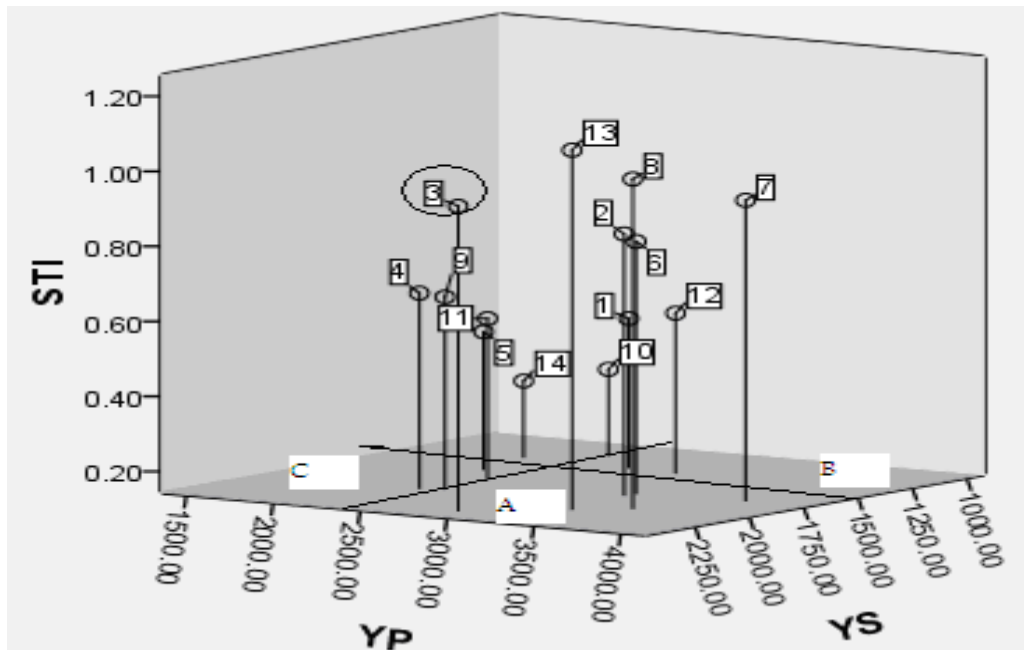
Component Number	Eigen Value	Cumulative variance%	YP	YS	TOL	GMP	YSI	MP	HARM	SSI	STI	YI
1	6.1801	61.8%	0.348	0.323	0.158	0.402	-0.061	0.400	0.396	0.061	0.400	0.323
2	3.6927	98.7%	0.253	-0.308	0.470	-0.020	-0.508	0.047	-0.081	0.508	-0.009	-0.308



شکل ۱: نمایش بای پلات شاخص‌های مقاومت به خشکی در ژنوتیپ‌های گندم نان بر اساس دو مولفه اول
 Fig 1: Biplot for drought resistance indices in genotypes of bread wheat based on first two components

اعداد شماره هر ژنوتیپ می‌باشد

Numbers inside the figures are genotypes. (see table 1)



عملکرد در شرایط نرمال

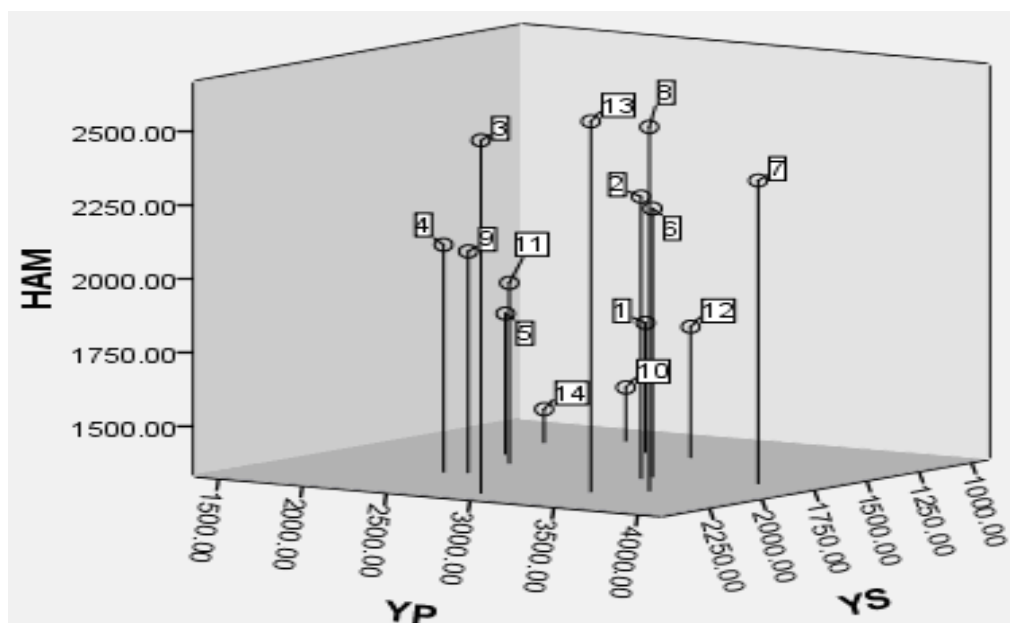
عملکرد در شرایط تنش

شکل ۲: گزینش ژنوتیپ‌های تحمل کننده تنش خشکی با استفاده از شاخص تحمل تنش (STI)

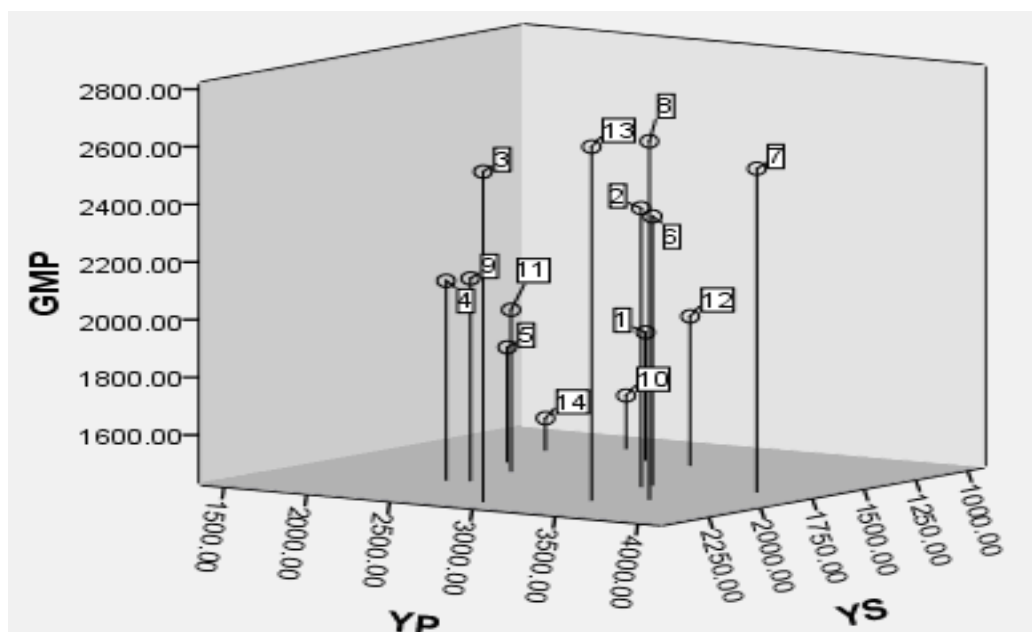
Fig 2: Selection of drought tolerant genotypes using Stress Tolerance Index (STI)

اعداد شماره هر ژنوتیپ می‌باشد

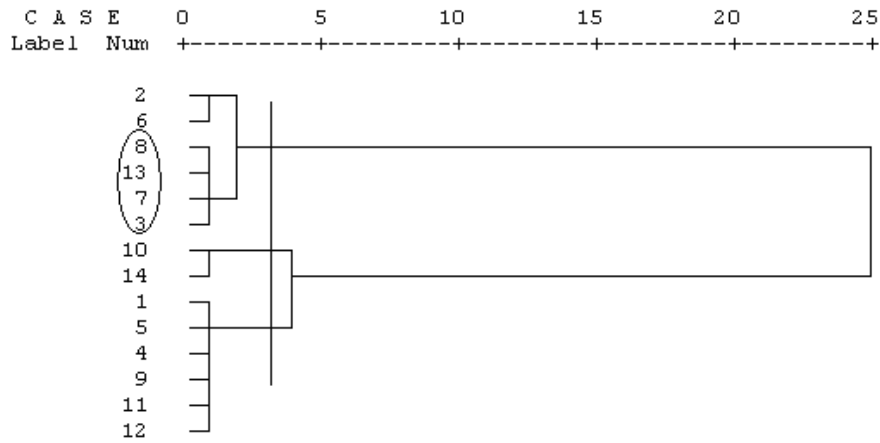
Numbers inside the figures are genotypes. (see table 1)



شکل ۳: گزینش ژنوتیپ‌های تحمل کننده تنش خشکی با استفاده از شاخص میانگین هارمونیک
 Fig 3: Selection of drought tolerant genotypes using Harmonic Mean Index (HARM)
 اعداد شماره هر ژنوتیپ می‌باشد
 Numbers inside the figures are genotypes. (see table 1)



شکل ۴: گزینش ژنوتیپ‌های تحمل کننده تنش خشکی با استفاده از شاخص میانگین هندسی بهره‌وری
 Fig 4: Selection of drought tolerant genotypes using Geometric Mean Productivity Index (GMP)
 اعداد شماره هر ژنوتیپ می‌باشد
 Numbers inside the figures are genotypes. (see table 1)



شکل ۵: دندوگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های گندم نان بر اساس شاخص‌های MP، GMP و STI با استفاده از روش WARD

Fig 5: Dendrogram of cluster analysis of genotypes of bread wheat based on MP, GMP and STI indices by using WARD method

جدول ۵: نتایج تابع تشخیص برای گروه‌بندی بر اساس شاخص‌های مقاومت به خشکی در ژنوتیپ‌های گندم نان

Table 5: Result of discrimination analysis for grouping based on drought tolerance indices in wheat genotypes

Total مجموع	Predicted Group Membership						Groups based on cluster analysis گروه‌ها، بر مبنای تجزیه خوشه‌ای	
	3		2		1			
(/.) Number تعداد	(/.) Number تعداد	(/.) Number تعداد	(/.) Number تعداد	(/.) Number تعداد	(/.) Number تعداد	(/.) Number تعداد		
100	4	0	0	0	0	100	6	1
100	6	0	0	100	6	0	0	2
100	2	100	2	0	0	0	0	3

منابع

- آقای سربرزه، م.، روستایی، م.، محمدی، ر. و رجبی، ر. ۱۳۸۸. شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی در گندم نان. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. سال دوم، ش ۱، ص ۱-۲۴.
- ابوالحسنی، خ. و سعیدی، ق. ۱۳۸۵. ارزیابی تحمل به خشکی لاین‌های گلرنگ بر اساس شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش رطوبتی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال دهم، ش ۳، ص ۴۰۷-۴۱۷.
- احمدی، ج.، رستمی، م.، ع.، زینالی خانقاه، ح. و چوگان، ر. ۱۳۷۹. بررسی شاخص‌های مقاومت به خشکی و استفاده از روش بای پلات در هیبریدهای ذرت دانه‌ای. جلد ۳۱، شماره ۳، ص ۵۲۳-۵۱۳.
- امیری اوغان، ح.، مقدم، م.، احمدی، م.، ر. و داوری، س. ج. ۱۳۸۳. نحوه عمل ژن و وراثت‌پذیری شاخص‌های مقاومت به تنش خشکی در کلزا. مجله علوم کشاورزی ایران، ش ۱، ص ۸۳-۷۳.
- پورداد، س. س.، عزیززاده، خ.، عزیزی نژاد، ر.، شریعتی، ع.، اسکندری، م.، خیابوی، م. و نباتی، ع. ۱۳۸۷. بررسی مقاومت به خشکی گلرنگ‌های بهاره در مناطق مختلف. ج ۱۲، ش ۴۵، ص ۴۱۵-۴۰۳.
- سوری، ج.، دهقانی، ح. و صباغ پور، س. ج. ۱۳۸۴. مطالعه ژنوتیپ‌های نخود در شرایط تنش آبی. مجله علوم کشاورزی ایران. ج ۱۰، ش ۶، ص ۱۵۲۷-۱۵۱۷.
- صادق‌زاده اهری، د. ۱۳۸۵. ارزیابی تحمل به تنش خشکی در ژنوتیپ‌های امید بخش گندم دوروم دیم. مجله علوم زراعی ایران. ش ۸، ص ۴۵-۳۰.
- فرشادفر، ع. و فرشادفر، م. ۱۳۸۳. ارزیابی تنوع ژنتیکی لاین‌های نخود با استفاده از نشانگرهای فیزیولوژیکی و ملکولی RAPD در شرایط آبی و دیم. مجله پژوهش و سازندگی. ش ۲، ص ۶۳-۶۹.
- کاکایی، م. ۱۳۸۸. مطالعه اثر ژنوتیپ و تنش خشکی بر خصوصیات فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی، فنولوژیکی و بیوشیمیایی کلزای پاییزه. پایان نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی.
- کاکایی، م.، زبرجدی، ع. ر. و مصطفایی، ع. ۱۳۸۹ الف. بررسی الگوی پروتئینی ژنوتیپ‌های کلزاتحت شرایط نرمال و تنش خشکی. فن-آوری زیستی در کشاورزی. ج ۹، ش ۲، ص ۵۷-۴۹.
- کاکایی، م.، زبرجدی، ع. ر.، مصطفایی، ع. و رضایی زاد، ع. ۱۳۸۹ ب. شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی در کلزا با استفاده از شاخص‌های تحمل. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. ج ۳، ش ۴، ص ۱۲۴-۱۰۷.
- کوچکی، ا. ر.، یزدان سپاس، ا. و نیک خواه، ح. ر. ۱۳۸۵. اثر تنش خشکی آخر فصل روی عملکرد دانه و برخی صفات مورفولوژیکی در ژنوتیپ‌های گندم. ج ۸، ش ۲۹، ص ۱۴-۲۹.
- گالشی، س.، سلطانی، ا.، فرزانه، س. و رضایی، ج. ۱۳۸۵. ارزیابی واکنش چهل ژنوتیپ پنبه به تنش خشکی در مرحله جوانه زنی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ش ۱۳، ص ۵۷-۴۲.
- متقی، م.، نجفیان، گ. و بی همتا، م. ۱۳۸۸. اثر تنش خشکی آخر فصل بر عملکرد دانه و کیفیت نانویی ژنوتیپ‌های گندم هگزاپلوئید. مجله علوم زراعی ایران. ش ۴۳، ص ۳۰۶-۲۹۰.
- نارویی راد، م. ر.، فرزاد جو، م.، فنایی، ح. ر.، ارجمندی نژاد، ع.، قاسمی، ا. و پل شکن پهلوان، م. ۱۳۸۵. بررسی تنوع ژنتیکی و تجزیه به عامل‌ها برای صفات مورفولوژیک توده‌های بومی گندم سیستان و بلوچستان. پژوهش و سازندگی. ش ۷۳، ص ۵۷-۵۰.
- نورمند مؤید، س.، رستمی، م. ع. و قنادها، م. ر. ۱۳۸۰. ارزیابی شاخص‌های مقاومت به خشکی در گندم نان. مجله علوم کشاورزی ایران. ج ۳۲، ش ۴، ص ۸۰۵-۷۹۵.
- Bousslama, M. and Schapaugh, W. T. 1984. Stress tolerance in soybean. Part 1: evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. *Crop Science*. 24: 933-937.
- Farshadfar, E. and Shutka, J. 2003. Multivariate analysis of drought tolerance in wheat substitution lines. *Cereal Research Communications*. 31: 33-40.
- Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Kuo, C.C. (Ed.), *Proceeding of an International Symposium on Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress*. AVRDC, Shanhua, Taiwan.
- Fisher, R. A. and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. Grain yield response. *Australian Journal Agriculture Research*. 29: 897-912.
- Gavuzzi, P., Rizza, F., Palumbo, M., Campalino, R. G., Ricciardi, G. L., and Borghi, B. 1997. Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. *Canadian Journal of Plant Science* 77: 523-531.

- Hossain, A. B. S., Sears, A. G., Cox, T. S. and Paulsen, G. M. 1990. Desiccation tolerance and its relationship to assimilate partitioning in winter wheat. *Crop Science*. 30: 622- 627.
- Levitt, J. 1980. Response of plant to environmental stress. Chilling, freezing and high temperature stress. Academic press. New York.
- Ministry of Jihad-e-Keshavarzi. 2008. <http://dbagri-jahad.org/zrtbank/>.
- Nasir Ud-Din., Carver, B. F. and Clutte, A. C. 1992. Genetic analysis and selection for wheat yield in drought stressed and irrigated environments. *Euphytica*. 62: 89-96.
- Rosielle, A. A. and Hamblin, J. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non- stress environments. *Crop Science*. 21: 943-946.

Evaluation of Tolerance to Drought Stress in Some Bread Wheat Genotypes

Kakaei^{1*}, M., Mazahery laghab², H., Zebarjadi³, A. R. and Mahdavi Damghani⁴, A. M.

Abstract

In order to evaluate of some breed wheat drought tolerant genotypes, 14 different genotypes based on a randomized complete block design (RCBD) with 3 replications were evaluated under non-stress and drought stress conditions in 2010-2011 growing season. For detection genotype tolerance in grain yield in drought stress (Ys) and non-stress (Yp) conditions were used some drought tolerance indices such as stress Tolerance (TOL), Mean Productivity (MP), Stress Susceptibility Index (SSI), Geometric Mean Productivity (GMP), Stress Tolerance Index (STI), Harmonic Mean (HAM) and Yield Stability Index (YSI). Drawing bi-plot according to two principle components was shown that the genotypes No. 13, 3 and 8 were placed in near to MP, GMP, HARM and STI vectors. Based on drought resistance indices genotypes No. 13, 3 and 8 with high grain yield in two conditions and high amount of STI were proposed as drought tolerant genotypes. Based on cluster analysis the above genotypes were placed in one group.

Keywords: Abiotic stress, Breeding, Cereal, Drought tolerance indices

-
1. Agriculture (Plant Breeding and Genetic) Department, Payame Noor University, Tehran
 2. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan.
 3. Associate Professor, Department of Plant Breeding and Agronomy, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah.
 4. Environmental Sciences Research Institute Shahid Beheshti University. Tehran
- *: Corresponding autor E-mail: Mehdikakaei@yahoo.com