نشریه علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد هشتم، شماره ۳(۳۱)، پاییز ۱۳۹۳، صفحه ۲۸۴-۲۷۱

ارزیابی عملکرد دانه و شاخص‌های تحمل به خشکی در لاین‌های گندم تحت شرایط آبیاری مطلوب و محدود در مرحله پرشدن دانه

اسماعیل محمودی[۱]، سلیمان محمدی[۲*] و جلال صبا[۳]

چکیده

به‌منظور شناسایی لاین یا لاین‌های متحمل به تنش‌رطوبتی بر اساس شاخص‌های مختلف و شناسایی بهترین شاخص‌های تحمل به خشکی، ۴ آزمایش در سال ۸۶- ۸۵ در ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی میاندوآب، همدان، اردبیل و مشهد با ۱۸ لاین امیدبخش و دو رقم شاهد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در دو شرایط آبیاری کامل و اعمال تنش رطوبتی در مرحله پرشدن دانه انجام شد. نتایج نشان داد که لاین‌های شماره ۲(C-80-4) و ۸(Bkt/90-Zhong 87) نام‌گذاری شده به‌نام میهن با توجه به مقادیر بالای شاخص‌های تحمل به خشکی MP، GMP، STI، HARM، RDI و مقادیر کم شاخص‌های TOL و SSI، عملکرد دانه بالا در شرایط مطلوب و تنش رطوبتی در مرحله پرشدن دانه به‌عنوان لاین‌های متحمل به تنش رطوبتی در مرحله پرشدن دانه شناسایی شدند. با توجه به ضرایب همبستگی مثبت و معنی‌دار بین شاخص‌ها با عملکرد دانه در هر دو شرایط آبیاری و بین شاخص‌ها، مشخص گردید که انتخاب بر اساس شاخص‌های GMP، MP، STI و HARM منجر به انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد دانه بالا در هر دو شرایط آبیاری گردید. نتایج تجزیه به عامل‌ها نشان داد که ۹۹/۸۳ درصد از تغییرات کل توسط دو مؤلفه تبیین شدند. مؤلفه اول با توجیه ۷۰/۸۵ درصد از تغییرات، عملکرد بالقوه و تحمل به خشکی (شاخص‌های MP، GMP،STI، HARM، RDI) و مؤلفه دوم با توجیه ۲۸/۹۸ درصد از تغییرات به‌عنوان مؤلفه حساسیت به تنش (شاخص‌های TOL و SSI) نام‌گذاری شدند. تجزیه کلاستر نشان داد شاخص‌های STI، GMP، HARM و MP در یک خوشه و TOL و SSI در خوشه دیگر قرار گرفتند.

واژگان کلیدی: تجزیه مؤلفه‌های اصلی، تنش رطوبتی، شاخص‌های تحمل به خشکی، گندم، همبستگی.

۱- کارشناس دادگستری شهرستان مهاباد، مهاباد، ایران
۲- استادیار پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان‌غربی، میاندوآب، ایران (* نگارنده‌ی مسئول) soleyman_45@ yahoo.com
۳- دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
تاریخ دریافت: ۹۲/۸/۱۹
تاریخ پذیرش: ۹۳/۶/۳۰

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

بخش عمده اراضی کشور ایران از نظر اقلیمی جزو مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود. در چنین مناطقی وقوع تنش خشکی در مراحل زایشی که بقای گیاه به آن وابسته است، امری اجتناب ناپذیر است و عدم بارش و توزیع نامناسب بارندگی علل محدود کننده عملکرد دانه غلات زمستانه به‌شمار می‌رود (Ehdaie, 1998). یافتن رقم یا ارقامی که در شرایط بدون تنش و تنش خشکی از عملکرد مطلوبی برخوردار باشند، به علت معنی‌دار بودن برهم‌کنش موجود میان ژنوتیپ و محیط امر پیچیده‌ای به‌نظر می‌رسد (Garcia *et al*., 2003). تاکنون روش‌های متفاوتی برای ارزیابی واکنش گیاهان زراعی نسبت به انواع تنش‌ها مورد استفاده اصلاح‌کنندگان گیاه قرار گرفته است. در بررسی عملکرد ژنوتیپ‌ها در دو محیط تنش و بدون تنش واکنش گیاهان را به چهار گروه تقسیم کرد: ژنوتیپ‌هایی که عملکرد بالایی در هر دو محیط شاهد و تنش دارند (گروه A)، ژنوتیپ‌هایی که صرفاً عملکرد خوبی در شرایط بدون تنش دارند (گروه B)، ژنوتیپ‌هایی که عملکرد خوبی فقط در شرایط تنش دارند (گروه C) و ژنوتیپ‌هایی که تظاهر ضعیفی در هر دو محیط دارند (گروه D) (Fernandez, 1992). برخی از محققان اعتقاد دارند که جهت دست‌یابی به ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی باید ژنوتیپ‌ها را تحت شرایط نرمال گزینش نمود (Betran *et al*., 2003؛ Rajaram and van Ginkle, 2001) درصورتی‌که بعضی دیگر گزینش ژنوتیپ‌ها را تحت شرایط تنش خشکی پیشنهاد کرده‌اند (Rathjen, 1994)، اما دسته‌ای دیگر از محققان نظری حدواسط دارند، آنها پیشنهاد کرده‌اند که جهت گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی گزینش باید در هر دو محیط نرمال و تنش انجام بگیرد (Fischer, and Maurer, 1987؛ Rajaram and van Ginkle, 2001). برای این منظور از شاخص‌های مختلف تحمل و حساسیت به تنش که به‌صورت روابط ریاضی ارایه شده‌اند، استفاده می‌شود. شاخص‌های تحمل (TOL) و بهره‌وری متوسط (MP) توسط روسیلی و هامبلین (Rosielle and Hamblin, 1981) به‌منظور انتخاب ارقام متحمل به تنش ارایه شدند. آنها اظهار داشتند که انتخاب معیار گزینش به هدف اصلاح‌کننده بستگی دارد. اگر افزایش عملکرد در شرایط تنش مد نظر باشد، شاخص TOL می‌تواند مفید باشد، اما اگر افزایش عملکرد در هر دو محیط عادی و تنش مورد نظر اصلاح‌کننده باشد، بهتر است گزینش بر اساس MP انجام شود. شاخص حساسیت به تنش (SSI)، که نسبت عملکرد هر ژنوتیپ در محیط تنش به بدون تنش در مقایسه با نسبت متوسط عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط تنش به بدون تنش را نشان می‌دهد (Fischer and Maurer, 1987). میانگین هندسی عملکرد (GMP) که مجذور حاصل‌ضرب عملکرد را در شرایط شاهد و تنش برای هر رقم نشان می‌دهد (Fernandez, 1992)، شاخص تحمل به تنش (STI) که نسبت حاصل‌ضرب عملکرد هر رقم در شرایط شاهد و تنش تقسیم بر توان دوم متوسط عملکرد کلیه ارقام در شرایط شاهد است، از جمله این شاخص‌ها می‌باشند (Fernandez, 1992). در ارزیابی تحمل به خشکی ۱۱ رقم گندم نان توسط سی‌و سه‌مرده و همکاران (Sio-Se Mardeh *et al*., 2006)، مشخص شد که انتخاب ارقام بر اساس شاخص تحمل (TOL) موجب کاهش عملکرد در شرایط عادی می‌شود. همچنین شاخص‌های میانگین هندسی عملکرد (GMP)، بهره‌وری متوسط (MP) و شاخص تحمل به تنش (STI)، شاخص‌های گزینشی مناسبی در انتخاب ارقام متحمل به خشکی در شرایط تنش ملایم رطوبتی هستند. این محققین به این نتیجه

Archive of SID

www.SID.ir

رسیدند که سودمندی شاخص‌های گزینش در شناسایی ارقام مقاوم به تنش بسته به شدت تنش، تغییر می‌کند. برخی از محققان در بررسی این شاخص‌ها به این نتیجه رسیدند کارآمدی شاخص‌های انتخاب، به شدت تنش محیط هدف بستگی دارد (Blum, 1996؛ Panthuwan *et al*., 2002). شاخص SSI برای اصلاح تحت تنش‌هایی با شدت کم مناسب می‌باشد، در صورتی‌که شاخص‌های STI، GMP و MP برای تنش‌هایی با شدت بالا پیشنهاد می‌شوند (Esmaeilzade Moghadam, 2004). کلارک و همکاران (Clarke *et al*., 1992) با استفاده از متوسط شاخص حساسیت به تنش در طی دو سال، ۷ رقم از ۲۳ رقم گندم مورد بررسی را به عنوان ارقام متحمل و ۴ رقم را به‌عنوان رقم حساس معرفی کردند. حسین و همکاران (Hossain *et al*., 1990) برای تعیین تحمل به تنش ارقام، عملکرد دانه ۱۰ رقم گندم را در طی سه سال در شرایط شاهد و تنش خشکی ارزیابی کردند و شاخص MP را به‌عنوان معیار تحمل به خشکی معرفی نمودند. محمدی و همکاران (Mohammadi *et al*., 2012) در بررسی ارقام گندم نان در تاریخ‌های کاشت مختلف تحت شرایط آبیاری نرمال و تنش رطوبتی انتهای فصل گزارش کردند که لاین C-81-10 بهترین لاین بود و بر اساس شاخص‌های MP، GMP، STI و HARM این لاین متحمل به تنش انتهای فصل بود، همچنین این محققان گزارش نمودند این شاخص‌ها در هر دو شرایط آبیاری بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه داشتند و جزو شاخص‌های برتر بودند.

شاخصی که بالاترین همبستگی را با عملکرد دانه در هر دو محیط تنش و نرمال داشته باشد به‌عنوان بهترین شاخص معرفی می‌گردد (Fernandez, 1992). به‌منظور انتخاب تحمل به خشکی در لاین‌های نخود، فرشادفر و همکاران (Farshadfar *et al*., 2001) گزارش نمودند بین شاخص‌های STI، GMP و MP با عملکرد دانه آبی و دیم همبستگی بسیار معنی‌دار وجود داشت، لذا می‌توان این شاخص‌ها را به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها برای غربال کردن لاین‌های مقاوم به خشکی که در شرایط آبی و دیم عملکرد دانه بالایی دارند، در نظر گرفت. بین شاخص‌های STI، GMP و MP با عملکرد دانه در هر دو محیط تنش و غیرتنش همبستگی بسیار معنی‌دار گزارش شده است (Mohammadi *et al*., 2011؛ Karimizadeh and Mohammadi, 2011؛ Mollasadeghi *et al*., 2011). هدف از اجرای این تحقیق سودمندی شاخص‌های مختلف در شناسایی لاین‌های متحمل به تنش رطوبتی در مرحله پر شدن دانه بود.

مواد و روش‌ها

در سال زراعی ۸۶-۸۵ آزمایش‌هایی در ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی میاندوآب، همدان، اردبیل و مشهد با ۱۸ لاین امیدبخش و دو رقم شاهد (جدول ۱) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار، تحت شرایط آبیاری کامل و تنش رطوبتی در مرحله پر شدن دانه (قطع آبیاری در زمان سنبله‌دهی) اجرا شد. عملیات تهیه زمین در شهریور ماه ۸۵ برای همه ارقام به‌طور یکسان انجام گرفت. مقادیر ۹۰ کیلوگرم کود سوپرفسفات‌تریپل، ۶۰ کیلوگرم سولفات‌پتاس به هنگام تهیه زمین و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره (یک دوم به هنگام کاشت و یک دوم در مرحله پنجه‌زنی به صورت سرک) بر اساس نتایج تجزیه آزمون خاک برای کلیه تیمارها به‌طور یکسان مصرف گردید. هر لاین در ۶ خط به فاصله ۲۰ سانتی‌متر و به طول ۵ متر با تراکم ۴۵۰ بذر در متر مربع با دستگاه آزمایش‌های غلات (وینتر اشتاینگر) کاشته شد. یک نوبت آبیاری در پاییز برای همه تیمارها، ۳ نوبت برای آزمایش‌های نرمال و دو

Archive of SID

www.SID.ir

نوبت برای آزمایش‌های تنش‌رطوبتی در مرحله پرشدن دانه انجام گرفت.

در زمان رسیدگی کامل عملکرد دانه ۶ مترمربع برای هر کرت برداشت گردید و پس از تبدیل به تن در هکتار، میانگین داده‌های ۴ مکان با استفاده از شاخص‌های زیر به وسیله نرم‌افزارهای EXCEL, MSTATC و STATGRAPH مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

۱- شاخص تحمل تنش (STI =Stress Tolerance Index)

$$STI = \frac{Y_P . Y_S}{(\bar{Y}_P)^2}$$

۲- شاخص تحمل (TOL= Tolerance)

$$TOL = Y_P - Y_S$$

۳- عملکرد متوسط (MP= Mean Productivity)

$$MP = \frac{(Y_P + Y_S)}{2}$$

۴-شاخص حساسیت به تنش (SSI=Stress Susceptibility Index)

$$SSI = \frac{1 - \left(\frac{ys}{yp}\right)}{SI}$$

$$SI = 1 - \frac{\bar{y}s}{\bar{y}p}$$

۵- عملکرد هندسی (GMP = Geometric Mean Productivity)

$$GMP = \sqrt{(Y_P)(Y_S)}$$

۶- شاخص میانگین هارمونیک (HARM= Harmonic Mean)

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

۷- شاخص خشکی نسبی (RDI =Relative Drought Index)

$$RDI = \frac{DI}{\bar{X}_{DI}}$$

این شاخص توسط Fischer and Wood (1979) به صورت رابطه زیر پیشنهاد شده است:

$$\bar{X}_{DI} = \frac{\bar{Y}_S}{\bar{Y}_P}$$

$$DI = \frac{Y_S}{Y_P}$$

Yp: عملکرد ژنوتیپ در محیط بدون تنش، Ys: عملکرد ژنوتیپ در محیط دارای تنش، $\bar{Ys}$: متوسط عملکرد ژنوتیپ‌ها در دارای تنش، $\bar{Yp}$: متوسط عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط بدون تنش

لازم به‌ذکر است که مقادیر زیاد شاخص‌های MP، GMP، STI، HARM، RDI و مقادیر کم شاخص‌هایSSI و TOL نشان‌دهنده تحمل گیاه در مقابل خشکی می‌باشد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که در شرایط مطلوب آبیاری، بیشترین عملکرد دانه با ۶/۶۸۱ تن در هکتار (Yp) متعلق به لاین شماره ۲ بود و با لاین‌های ۱۱، ۱۴ و ۱۶ در یک گروه آماری قرار داشت. تحت شرایط تنش رطوبتی در مرحله پرشدن دانه، لاین ۸ با ۶/۷۶۰ تن در هکتار (Ys) بیشترین عملکرد دانه را تولید کرد و با لاین‌های ۲، ۶، ۹، ۱۲، ۱۳ و ۱۸ در یک گروه آماری قرار داشت (جدول ۲).

Archive of SID

www.SID.ir

ارزیابی لاین‌ها با استفاده از شاخص میانگین حسابی (MP) نشان داد لاین‌های ۲ و ۸ به‌ترتیب با ۷/۶۵ و ۷/۰۱ متحمل‌ترین و لاین‌های ۵ و ۱۰ به‌ترتیب با ۵/۷۸ و ۵/۷۳ حساس‌ترین آنها بودند (جدول ۲). همچنین، ارزیابی لاین‌ها با استفاده از شاخص میانگین هندسی (GMP) نشان داد که لاین ۲ با ۷/۵۸ متحمل‌ترین و لاین‌های ۵ و ۱۴ به‌ترتیب با مقادیر ۵/۶۹ و ۵/۳۲ جزو لاین‌های حساس به‌تنش رطوبتی در مرحله پرشدن دانه بودند (جدول ۲).

نتایج نشان داد که لاین‌های ۲ و ۸ به‌ترتیب با مقادیر ۱/۰۲ و ۰/۸۷ بیشترین و لاین ۱۵ با ۰/۵ کمترین شاخص تحمل تنش (STI) را داشتند. بررسی با استفاده از شاخص میانگین هارمونیک (HARM) نشان داد که لاین‌های ۲و ۸ به‌ترتیب با مقدار ۷/۵۱ و ۷/۰۱ متحمل‌ترین و لاین ۱۴با ۴/۹۵ حساس‌ترین آنها به تنش رطوبتی در مرحله پرشدن دانه بودند.

مقدار کم شاخص تحمل نشان‌دهنده تحمل به خشکی لاین است. ارزیابی لاین‌ها با استفاده از شاخص تحمل (TOL) نشان داد که متحمل‌ترین لاین‌ها به تنش رطوبتی در مرحله پرشدن دانه، لاین‌های ۱۰و ۸ با مقدار ۰/۴۹ و حساس‌ترین آنها به تنش رطوبتی در این مرحله، لاین ۱۴ با ۴/۲۹ بود (جدول ۲). ارزیابی لاین‌ها، با استفاده از شاخص حساسیت به تنش (SSI) نشان داد که لاین‌های شماره ۸ و ۱۰متحمل به تنش‌رطوبتی در مرحله پرشدن دانه به‌ترتیب با مقدار ۰/۰۹ و ۰/۱۱ و لاین شماره ۱۴ با مقدار ۰/۷۴ حساس‌ترین لاین بود. شاخص حساسیت به تنش بر اساس نسبت عملکرد هر رقم در شرایط تنش به شرایط بدون تنش در مقایسه با این نسبت در کل ارقام سنجیده می‌شود، بنابراین دو رقم با عملکرد زیاد یا کم در دو محیط می‌توانند مقدار SSI یکسانی داشته باشند، لذا انتخاب بر اساس این شاخص، اصلاح کنندگان را به اشتباه می‌اندازد.

ارزیابی لاین‌های مورد مطالعه با استفاده از شاخص خشکی نسبی (RDI) نشان داد لاین‌های شماره ۸ و ۱۰ به‌ترتیب با مقدار ۱/۲۶ و ۱/۲۸ متحمل‌ترین بودند و لاین‌های ۱۴و ۳ به‌ترتیب با مقادیر ۰/۶۲ و ۰/۸۵ حساس‌ترین لاین‌ها به تنش رطوبتی در مرحله پرشدن دانه نشان دادند (جدول ۲).

با توجه به جدول ۲، لاین‌های ۲ و ۸ با شاخص حساسیت به تنش (SSI) برابر با ۰/۳۲ و ۰/۰۹، شاخص تحمل تنش (STI) به‌ترتیب برابر با ۱/۰۲ و ۰/۸۷ تحمل به تنش‌رطوبتی در مرحله پرشدن دانه بیشتری از خود نشان دادند. زیرا هرچه SSI در یک ژنوتیپ کوچک و STI در آن بالا باشد، آن لاین تحمل به خشکی بهتری دارد (جدول ۲). همچنین، لاین‌های ۲ و ۸ مقادیر شاخص تحمل (TOL) نسبتاً کمی در مقایسه با ژنوتیپ‌های دیگر نشان داده‌اند و نیز از لحاظ عملکرد دانه از بقیه لاین‌ها برتر بودند. بنابراین، این دو لاین در هر دو محیط از عملکرد نسبی بالایی برخوردار بوده و می‌توانند در گروه A قرار گیرند. لاین ۲ از نظر شاخص‌های MP، GMP، STI و HARM، بهترین لاین شناخته شد و با عملکرد ۸/۶۸۱ تن در هکتار در شرایط آبیاری کامل و ۶/۶۳۰ تن در هکتار در شرایط تنش رطوبتی در مرحله پرشدن دانه، رتبه اول را به خود اختصاص داده است و به عنوان یک لاین مطلوب به‌حساب می‌آید (جدول ۲). همچنین لاین ۸ از نظر شاخص‌های MP ، STI و HARM بعد از لاین شماره ۲ بهترین لاین شناخته شد و از نظر شاخص‌های RDI، SSI و TOL با عملکرد ۶/۷۶۰ تن در هکتار در شرایط تنش رطوبتی در مرحله پرشدن دانه رتبه اول و در شرایط

Archive of SID

www.SID.ir

آبیاری کامل با ۷/۲۵۷ تن در هکتار به‌عنوان یک لاین مطلوب به حساب می‌آید (جدول ۲).

در بین لاین‌های مورد مطالعه لاین ۱۴ با متوسط ۷/۸۹۰ تن در هکتار در شرایط نرمال و ۳/۶۰۰ تن در هکتار در شرایط تنش‌رطوبتی در مرحله پرشدن دانه، بیشترین مقدار شاخص تحمل (TOL) و کمترین شاخص‌های MP، GMP، STI، HARM و RDI را به خود اختصاص داد و جزو حساس‌ترین لاین‌ها در این تحقیق شناسایی گردید.

در رابطه با مطالعات ارقام گندم تحت شرایط تنش رطوبتی، محققان زیادی نتایج بررسی خود را به شرح زیر گزارش کرده‌اند، محمدی و همکاران (Mohammadi *et al*., 2012) در بررسی ارقام گندم نان در تاریخ‌های کاشت مختلف تحت شرایط آبیاری نرمال و تنش رطوبتی انتهای فصل گزارش کردند لاین C-81-10 بهترین لاین بود و بر اساس شاخص‌های MP، GMP، STI و HARM این لاین بیشترین تحمل به تنش رطوبتی انتهای فصل را نشان داد، همچنین این محققان گزارش نمودند که این شاخص‌ها در هر دو شرایط آبیاری بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه داشتند و جزو شاخص‌های برتر بودند.

در ارزیابی شش ژنوتیپ گندم تحت شرایط نرمال و تنش رطوبتی، ملاصادقی و همکاران (Mollasadeghi *et al*., 2011) گزارش کرده‌اند که رقم طوس نه تنها بیشترین میانگین عملکرد دانه را در محیط نرمال و تنش‌رطوبتی نشان داد، بلکه بالاترین مقدار شاخص MP، GMP، STI را در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به خود اختصاص داده و به عنوان ژنوتیپ متحمل به خشکی شناساسی شد. در ارزیابی تحمل به خشکی ۱۱ رقم گندم نان توسط سی‌و سه‌مرده و همکاران (Sio-Se Mardeh *et al*., 2006)، مشخص شد که انتخاب ارقام بر اساس شاخص تحمل (TOL) موجب کاهش عملکرد در شرایط عادی می‌شود. همچنین شاخص‌های میانگین هندسی عملکرد (GMP)، بهره‌وری متوسط (MP) و شاخص تحمل به تنش (STI)، شاخص‌های گزینشی مناسبی در انتخاب ارقام متحمل به خشکی در شرایط تنش ملایم رطوبتی هستند. این محققین به این نتیجه رسیدند که سودمندی شاخص‌های گزینش در شناسایی ارقام مقاوم به تنش بسته به شدت تنش، تغییر می‌کند.

در این تحقیق متوسط GMP با مقدار۶/۳۵ از متوسط MP با مقدار ۶/۴۶ کوچک‌تر بود زیرا MP بر اساس میانگین حسابی محاسبه می‌شود و تمایل به سوی یک اریب به سبب اختلافات نسبتاً بیشتر بین Y_P و Y_S دارد، درحالی‌که میانگین هندسی از حساسیت کمتری نسبت به اختلافات بیشتر بین Y_P و Y_S برخوردار است. بنابراین، می‌توان گفت شاخص GMP در آب و هوای غیر قابل پیش‌بینی، عملکرد بیشتر و پایداری لازم را دارا خواهد بود و شاخصی بهتری نسبت به شاخص MP در جداسازی ژنوتیپ‌های گروه A از گروه‌های دیگر است. در میان شاخص‌های تحمل به خشکی مورد بررسی، شاخص STI که بر اساس شاخص GMP محاسبه می‌گردد در درجه اول مطلوبیت قرار داشته و می‌تواند ژنوتیپ‌هایی با پتانسیل عملکرد بالا و برخوردار از قدرت تحمل به تنش را گزینش نماید. بهترین شاخص برای گزینش ارقام، شاخص تحمل به تنش (STI) می‌باشد، چون قادر است ارقامی را که در هر دو شرایط بدون تنش و تنش عملکرد بالایی دارند گروه (A) تفکیک کند. با وجود این، اگر دو لاین دارای شاخص تحمل به خشکی (STI) تقریباً یکسانی باشند، لاینی بهتر است که شاخص TOL یا SSI کمتری داشته باشند. زیرا چنین ژنوتیپی در شرایط آب و هوای غیرقابل پیش‌بینی، عملکرد بیشتر و پایداری

Archive of SID

www.SID.ir

لازم را دارا خواهد بود (Fernandez, 1992 *et al.*، Sadeghzade-Ahari, 2006; Khalilzade 2002; Mollasadeghi *et al.*, 2011). شاخص تحمل به تنش (STI) را به علت داشتن وراثت پذیری خصوصی متوسط و توانایی گزینش ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو محیط تنش و بدون تنش، به‌عنوان شاخص مناسبی در برنامه‌های اصلاح‌نباتات توسط صبا و همکاران (Saba *et al.*, 2001) معرفی گردید (جدول ۲).

روابط بین شاخص‌ها

در تحقیق حاضر همبستگی غیرمعنی‌دار بین عملکرد در شرایط تنش‌رطوبتی در مرحله پر شدن دانه و شرایط نرمال رطوبتی وجود داشت ($r_{=}$۰/۰۷) (جدول ۳). این همبستگی غیرمعنی‌دار احتمالاً نشان دهنده مستقل بودن عملکرد دانه در دو شرایط است و با توجه به استقلال عملکرد دانه در دو شرایط، بایستی اصلاح برای دو شرایط به‌طور جداگانه صورت گیرد (جدول ۳). ژنوتیپ‌های پرمحصول در شرایط نرمال رطوبتی ممکن است در شرایط تنش رطوبتی ژنوتیپ‌هایی موفقی نباشند، این نتایج موافق نظر فرناندز (Fernandez, 1992) است که همبستگی Y_P و Y_S را بین ۰ تا ۰/۵ می‌داند ولی مغایر با نتایج کرمی و همکاران (Karami *et al.*, 2005) و گل‌آبادی و همکاران (Golabadi *et al.*, 2006) است. ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش با شاخص‌های MP، GMP، STI، و HARM در سطح یک درصد احتمال مثبت و معنی‌دار نشان داده است ولی همبستگی آن در شرایط نرمال با شاخص‌های SSI و TOL نیز مثبت و معنی‌دار بوده ولی با شاخص RDI منفی و معنی‌دار بود (جدول ۳). در شرایط تنش ضریب همبستگی عملکرد دانه با شاخص‌های HARM و RDI مثبت و بسیار معنی‌دار و با شاخص‌های SSI و TOL منفی و بسیار معنی‌دار برآورد شدند. با توجه به ضرایب همبستگی مثبت و معنی‌دار بین شاخص‌ها با عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش رطوبتی و بین شاخص‌ها، مشخص می‌شود که انتخاب بر اساس GMP، MP، STI و HARM منجر به انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد دانه بالا در هر دو شرایط می‌گردد. ملاصادقی و همکاران (Mollasadeghi *et al.*, 2011)، کرم‌زاده و محمدی (Karimizadeh and Mohammadi, 2011)، محمدی و همکاران (Mohammadi *et al.*, 2011) بین شاخص‌های STI، GMP و MP با عملکرد دانه در هر دو محیط تنش و غیرتنش همبستگی مثبت و معنی‌دار گزارش نمودند.

تجزیه به عامل‌ها

با توجه به مزایای متعدد تجزیه‌های آماری چند متغیره برای درک عمیق ساختار داده‌ها در تحقیق حاضر از تجزیه به عامل‌ها و تجزیه کلاستر استفاده گردید. با در نظر گرفتن مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک در تجزیه به عامل‌ها، دو عامل در نظر گرفته شد که ۹۹/۸۳ درصد تغییرات داده‌ها را تبیین نمودند. لازم به ذکر است که مقادیر KMO[1] به دست آمده (۰/۶۵) و نیز معنی‌دار بودن آزمون بارتلت نشان‌دهنده کافی بودن مقادیر همبستگی متغیرهای اولیه برای انجام تجزیه به عامل‌ها می‌باشد. مؤلفه اول ۷۰/۸۵ درصد از کل تغییرات را به تنهایی تبیین نموده و دارای بار مثبت و بزرگ برای صفات Y_P و Y_S و شاخص‌های MP، GMP، HARM و STI بود که شاخص‌های مرتبط با عملکرد را در بر گرفت. بنابراین، مؤلفه اول می‌تواند به عنوان مؤلفه عملکرد بالقوه و تحمل به خشکی نام‌گذاری شود (ژنوتیپ‌هایی که PC_1[2] بالایی دارند، متحمل هستند). دومین مؤلفه ۲۸/۹۸ درصد از تغییرات کل را تبیین نموده و دارای بار مثبت و بزرگ

۱- Kaiser Meyer Olkin

۲- principal components

Archive of SID

www.SID.ir

برای صفت Y_P و شاخص‌های TOL و SSI بود. بنابراین می‌توان مؤلفه دوم را به عنوان مؤلفه حساسیت به تنش نام‌گذاری کرد (ژنوتیپ‌های که PC_2 بالایی دارند، حساس هستند). بنابراین ژنوتیپ‌هایی که PC_1 بالا و PC_2 پایینی دارند متحمل به خشکی هستند و بالعکس (جدول ۴ و ۵). بر اساس دو مؤلفه اول و دوم بای‌پلات ترسیم گردید. همان‌طور که در شکل ۱ مشخص است صفات Y_P و Y_S و شاخص‌های MP، GMP، HARM و STI توسط مؤلفه اول توجیه می‌شوند و قسمت اعظم واریانس این مؤلفه مربوط به این صفات می‌باشد، از طرف دیگر بخش اعظم واریانس مؤلفه دوم مربوط به صفت Y_P و شاخص‌های TOL و SSI می‌باشد.

گل‌آبادی و همکاران (Golabadi *et al*., 2006) با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های شاخص‌های تحمل به خشکی در دو سال، دو مؤلفه اصلی را معرفی کردند که مؤلفه اول ۷۰ درصد از تغییرات کل را تبیین کرد و با Y_P، Y_S، MP، STI و MP همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد و مؤلفه پتانسیل عملکرد و تحمل به خشکی نامیده شد. مولفه دوم حدود ۲۸ درصد از کل تغییرات را تبیین کرد و با شاخص‌های TOL و SSI همبستگی معنی‌داری نشان داد و آن را شاخص تحمل به تنش نام‌گذاری کردند. آنان همچنین عنوان نمودند گزینش ژنوتیپ‌هایی که همبستگی بالایی با مؤلفه اول دارند و همبستگی کمی با مؤلفه دوم دارند، شاخص مناسبی برای شناسایی ژنوتیپ‌های مناسب برای هر دو محیط می‌باشد. همچنین در تأیید تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، تجزیه کلاستر نیز بر اساس شاخص‌های مورد مطالعه صورت گرفت. نتایج حاصل از تجزیه کلاستر نشان داد STI، GMP، HARM و MP در یک خوشه قرار گرفتند TOL و SSI در خوشه دیگر قرار گرفتند که نمایان‌گر شباهت این شاخص‌ها به یکدیگر می‌باشد (Golabadi *et al*., 2006).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد لاین ۲ و ۸ با عملکرد دانه بالا در شرایط مطلوب و تنش رطوبتی در مرحله پر شدن دانه، مقادیر بالای شاخص‌های MP، GMP، STI، HARM، RDI و مقادیر کم شاخص‌های TOL و SSI به عنوان لاین‌های مناسب شناسایی شدند. با توجه ضرایب همبستگی مثبت و معنی‌دار بین شاخص‌های تحمل به خشکی با عملکرد دانه در شرایط مطلوب و تنش‌رطوبتی در مرحله پرشدن دانه، بین شاخص‌ها، نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و نتایج تجزیه کلاستر مشخص گردید که انتخاب بر اساس شاخص‌های GMP، MP، STI و HARM منجر به انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد دانه بالا در هر دو شرایط آبیاری می‌گردد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- مشخصات ارقام و لاین‌های گندم مورد مطالعه

Table 1- Pedigree of varieties/lines wheat studied

ردیفRow	شماره ژنوتیپ.Genotype no	شجره Pedigree
1	C-84-1	Shahriyar (Check)
2	C-84-2	C-80-4(Check)
3	C-84-3	Mv17//Attila/Bcn
4	C-84-4	Mv17/Zrn
5	C-84-5	Jcam/Emus//DoveS/3/Alvd/4/Mv17/Attila
6	C-84-6	ES14/SITTA//AGRI/NAC
7	C-84-7	Mv17/8/Gds/4/Anza/3/Pi/Nar//Hys
8	C-84-8	Bkt/90-Zhong 87
9	C-84-9	Prl/90-Zhong 87
10	C-84-10	TORIK-16
11	C-84-11	Appolo/Hil 81A
12	C-84-12	Bkt/90-Zhong 87
13	C-84-13	TROCADERO
14	C-84-14	GANSU-6
15	C-84-15	1-66-76/SubS
16	C-84-16	GhkS/BowS//Ning8201
17	C-84-17	Mv/7/3/Azd/VeeS//Seri82/Rsh/4/Azd/Vee#1//Attila
18	C-84-18	7C/CNO/CAL/3/YMH/4/VP
19	C-84-19	CHAM4/TAM200//RSK/FKG15
20	C-84-20	CHATELET

www.SID.ir

جدول ۲- عملکرد دانه لاین‌های گندم در دو محیط نرمال و تنش رطوبتی در مرحله پرشدن دانه و شاخص‌های تحمل به خشکی

Table 2- Grain yield of wheat lines in both normal and grain filling stage water stress conditions and drought tolerance indices

ژنوتیپ Genotype	عملکرددانه‌نرمال Yp	عملکرددانه‌تنش Y_S	میانگین‌بهره‌وری MP	میانگین‌هندسی‌عملکرد GMP	شاخص‌تحمل‌تنش STI	شاخص‌حساسیت‌به‌تنش SSI
1	7.146 bd	4.55 fg	5.84	5.70	0.57	0.50
2	8.681 a	6.63 ab	7.65	7.51	1.02	0.32
3	7.775 b	4.81 df	6.29	5.94	0.66	0.52
4	7.384 bd	5.91 ae	6.64	6.56	0.77	0.27
5	7.807 ce	4.75 ef	5.78	5.60	0.57	0.41
6	7.526 bc	6.17 ac	6.85	5.69	0.82	0.24
7	7.747 b	5.48 bf	6.61	6.81	0.75	0.40
8	7.257 bd	6.76 a	7.01	6.51	0.87	0.09
9	7.428 bc	6.05 ad	6.74	7	0.80	0.25
10	8.985 e	5.49 bf	5.73	6.70	0.58	0.11
11	7.921 ab	5.5 bf	6.71	5.73	0.77	0.42
12	7.722 bc	5.7 af	6.71	6.60	0.78	0.36
13	7.346 bd	5.96 ae	6.65	6.63	0.78	0.25
14	7.897 ab	3.6 g	5.75	5.33	0.50	0.74
15	7.903 ab	4.96 cf	6.43	6.26	0.69	0.51
16	7.870 ab	4.85 df	6.36	6.18	0.68	0.52
17	7.516 de	5.26 cf	5.88	5.8	0.61	0.26
18	7.587 bc	5.57 af	6.58	6.5	0.75	0.36
19	7.696 bc	4.5 bf	6.54	6.44	0.74	0.41
20	7.647 bc	5.29 cf	6.46	6.36	0.72	0.42

جدول ۳- ضرایب همبستگی ساده بین عملکرد دانه لاین‌های گندم در محیط های نرمال و تنش با شاخص‌های تحمل به خشکی

Table 3- Simple correlation coefficient among grain yield of wheat lines in non-stress and stress conditions whit drought tolerance indices

شاخص‌ها Indices		Y_P	Y_S	MP	GMP	STI	TOL	SIS	HARM
عملکرد دانه نرمال	Y_P	1							
عملکرد دانه تنش	Y_S	0.07ns	1						
میانگین‌بهره‌وری	MP	0.64**	0.80**	1					
میانگین‌هندسی‌عملکرد	GMP	0.52**	0.88**	0.98**	1				
شاخص تحمل تنش	STI	0.53**	0.88**	0.98**	0.99**	1			
شاخص تحمل	TOL	0.57**	0.77**	-0.24ns	-0.38ns	-0.38ns	1		
شاخص‌حساسیت‌به تنش	SSI	0.48*	0.83**	-0.34ns	-0.48*	-0.42ns	0.99**	1	
میانگین‌هارمونیک	HRAM	0.48*	0.93**	0.59**	0.99**	0.98**	-0.49*	-0.57**	1
شاخص‌خشکی‌نسبی	RDI	-0.48*	0.83**	0.34ns	0.48*	0.47*	-0.99**	-1**	0.57**

ns، *و ** :به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

Ns,*and**: Non significant, significant at 5% and 1% of probability levels, respectively

www.SID.ir

جدول ۴- مقادیر ویژه، واریانس مقادیر ویژه و درصدتجمعی مقادیر ویژه در محیط نرمال

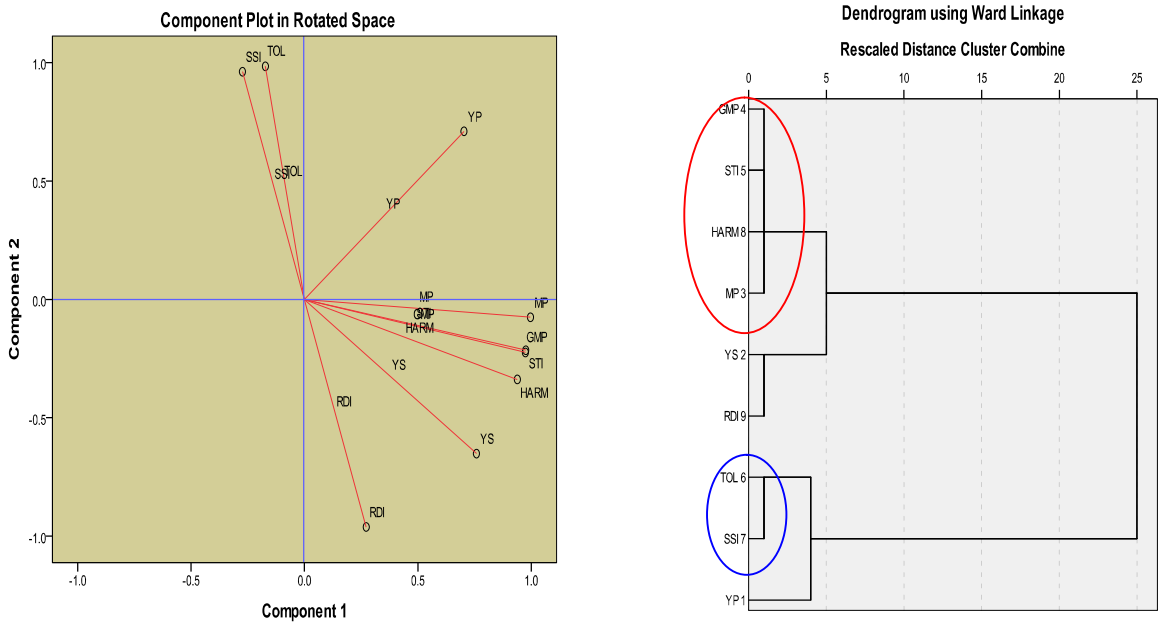
Table 4- Special amounts, special amounts variance and cumulative percent of special amounts in normal condition

عامل‌ها Factors	مقادیر ویژه Special amounts	درصد مقادیر ویژه از واریانس کل Special amounts percent of total variance	درصد تجمعی مقادیر ویژه Cumulative percent of special amounts
PC_1	7.08	70.85	70.85
PC_2	2.89	28.98	99.84

جدول ۵- نتایج تجزیه مولفه‌های اصلی بعد از چرخش وریماکس

Table 5- Results of principal components analysis after varimax rotation

عامل (Factor)	عملکرد دانه نرمال Yp	عملکرد دانه تنش Ys	میانگین بهره‌وری MP	میانگین هندسی عملکرد GMP	شاخص تحمل تنش STI	شاخص حساسیت به‌تنش SSI	شاخص تحمل TOL	میانگین هارمونیک HRAM	شاخص خشکی نسبی RDI
PC1	0.70	0.75	0.99	0.97	0.97	0.27	0.17	0.93	0.27
PC2	0.70	0.65	0.07	0.22	0.21	0.96	0.98	0.33	0.96



شکل ۱- نمودار بای‌پلات (سمت چپ) و دندوگرام تجزیه کلاستر (سمت راست) شاخص‌های مورد مطالعه

Figure 1- Drawing bi-plot (left) and cluster analysis dendogram (right) of studied indices

www.SID.ir

References منابع مورد استفاده

- Betran, F.J., D. Beck, M. Banziger, and G.O. Edmeades. 2003. Genetic analysis of inbred and hybrid lines for grain yield under stress and none stress environments in tropical maize. *Crop Science*. 43: 807–817.
- Blum, A. 1996. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. *Plant Growth Regullation*. 20: 135–148.
- Clarke. J. M., R.M. DePauw, and T.F. Townley–Smith, 1992. Evaluation of methods for quantification of drought tolerance in wheat. *Crop Science*. 32: 732-728.
- Ehdaie, B. 1998. Genetic variation for stem storage and translocation to grain in spring bread wheat under terminal drought stress, Summary of essays in 5th Iranian Congresses of Agronomy and Plant Breeding. Seed and Plant Improvement Institute. Karaj, pp. 563-564. (In Persian).
- Esmaeilzade Moghadam, M. 2004. Genetic analysis of drought tolerance and related traits with some bread wheat varieties. PhD thesis of plant breeding, Agriculture College, Industrial University of Esfahan. Iran. (In Persian).
- Farshadfar, A., M. Zamani, M. Matlabi, and A. Imam Jome. 2001. Selection for drought tolerance in pea lines. *Iranian Agriculture Science Journal*. 32(1): 65-77. (In Persian).
- Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Kuo, C.G. (Ed), Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress, Publication Tainan, Taiwan.
- Fischer, R.A., and R. Maurer. 1987. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield response. *Australian Journal of Agriculture Research*. 29: 897-912.
- Fischer, R.A., and T. Wood. 1979. Drought resistance in spring wheat cultivars III. Yield association with morphological traits. *Australian Journal of Agriculture Research*. 30: 1001-1020.
- Garcia, L.F., Y. Del Moral, D. Rharrabi, and C. Royo. 2003. Evaluation of grain yield and its components in durum wheat under Mediterranean conditions" An ontogenic approach. *Agronomy Journal*. 95: 266-274.
- Golabadi, M., A. Arzani, and S.A.M. Mirmohammadi Maibody. 2006. Assessment of drought tolerance in segregating populations in durum wheat. *African Journal of Agriculral Research*. 1 (5): 162-171
- Hossain, A.B.S., A.G. Sears, T.S. Cox, and G.M. Paulsen. 1990. Desiccation tolerance and its relationship to assimilate partitioning in winter wheat. *Crop Science*. 30: 622-627.
- Karami, E., M.R. Ghanadha, M.R. Naghavi, and M. Mardi. 2005. Identifying of drought tolerant varieties in barley. *Iranian Journal Agricultural Science*. 37: 371-379. (In Persian).

Archive of SID

www.SID.ir

- Karimizadeh, R., and M. Mohammadi. 2011. Association of canopy temperature depression with yield of durum wheat genotypes under supplemental irrigation and rainfed conditions. *Australian Journal of Crop Science*. 5:138-146.
- Khalilzade, G.h., and R.V.H. Karbalaei Khiavi. 2002. Study of drought stress and heat effects on advanced lines of durum wheat. Summary of essays in 7th Iranian Congresses of of Agronomy and Plant breeding. Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, pp: 563-564. (In Persian).
- Mc Caig, T.N., and J.M. Clarke. 1982. Seasonal changes in nonstructural carbohydrate levels of wheat and oats grown in semiarid environment. *Crop Science*. 22: 963-970.
- Mohammadi, M., R. Karimizadeh, and M. Abdipour. 2011. Evaluation of drought tolerance in bread wheat genotypes under dryland and supplemental irrigation conditions. *Australian Journal of Crop Sciences.* 5(4): 487-493.
- Mohammadi, S., M. Janmohammadi, A. Javanmard, N. Sabaghnia, M. Rezaie, and A. Yazdacepas. 21012. Assessment drought tolerant indices in bread wheat genotypes under different sowing dates. *Cercetari Agronomic in Moldova.* 3(151): 25-39.
- Mollasadeghi, V., M. Valizadeh, R. Shahryari, and A. Akbar Imani. 2011. Evaluation of end drought tolerance of 12 wheat genotypes by stress indices. *World Applied Science Journal.* 13(3): 545-551.
- Panthuwan, G., S. Fokai, M. Cooper, S. Rajatasereekul, and J.C.O. Toole. 2002. Yield response of rice genotypes to different types of drought under rainfed lowlands. PartI: Grain yield and yield components. *Field Crop Research*. 41: 45-54.
- Rajaram, S., and M. van Ginkle. 2001. 50 Years of international wheat breeding. In: Bonjean, A.P., Angus, W.J. (Eds.), the World Wheat Book: A History of Wheat Breeding. Lavoisier Publishing, Paris, France, pp. 579–604.
- Rathjen, A.J. 1994. The biological basis of genotype **x** environment interaction: Its definition and management. In: Proceedings of the Seventh Assembly of the Wheat Breeding Society of Australia, Adelaide, Australia.
- Rosielle, A.A., and J. Hamblin. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. *Crop Science*. 21: 943-946.
- Saba, J., M. Moghaddam, K. Ghassemi, and M.R. Nishabouri. 2001. Genetic properties of drought resistance indices in Wheat. *Journal of Agricultural Science Technology*. 37: 43-49.
- Sadeghzade-Ahari, D. 2006. Evaluation for tolerance to drought stress in dryland promising durum wheat genotypes. *Iranian Journal Crop Science*. 8(1): 30-45 (In Persian).
- Sio-Se Mardeh, A., A. Ahmadi, K. Poustini, and V. Mohammadi. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditioning. *Field Crop Research*. 98: 222-229.

Archive of SID

www.SID.ir

Evaluation of Seed Yield and Drought Tolerance Indices in Wheat Lines under Normal and Grain Filling Stage Water Stress Conditions

Mahmoodi, E[1]., S. Mohammadi[2*], and J. Saba[3]

Received: May 2013, Accepted: 21 September 2014

Abstract

To identify drought tolerant genotypes, by using different indices and presenting the best indices, four separate trials at the Agricultural Research Stations of Miyandoab, Mashhad, Hamedan, and Ardabil, were conducted with 18 wheat lines and two checks in a randomized complete block design with three replications during 2006-2007, under full-irrigation and exposing the lines to drought stress at grain filling stage. Result showed that lines 2(C-80-4) and 8(Bkt/90-Zhong 87), also named as Mihan variety, having the maximum values of MP, GMP, STI, HARM, RDI and the least values of TOL and SSI indices, identified to be as high grain yielders in both full irrigation and water deficit at grain filling stage. The significant and positive correlations of Y_P and Y_S with MP, GMP, STI, and HARM, indicated that they are the proper indices to select high yielding wheat genotypes under stress and non-stress conditions. According to principle component analysis, two components justified 99.83% of all variations. First vector showed 70.85% of variations, yield potential component and drought tolerance indices (MP, GMP, STI, HARM and RDI) and the second rector justified 28.98% of total variations which would be named as "drought susceptible components (TOL and SSI indices). According to results of cluster analysis, MP, GMP, STI, HARM indices are found to be in one group, and TOL and SSI indices in the other group.

Key words: Correlations, Drought tolerance indices, Principle component analyses, Water stress, Wheat.

Archive of SID

1- BS. of Mahabad Justice, Mahabad, Iran.
2- Assistant Prof., West Azarbaijan Agricultural and Natural Recourses Research Center, Iran.
3- Associate Prof., University of Zanjan, Zanjan, Iran.
**** Corresponding Author:*** *soleyman_45@yahoo.com*

www.SID.ir