دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

بررسی شاخص‌های تحمل خشکی هیبریدهای ذرت دانه‌ای در شرایط کم‌آبیاری

فرهاد صادقی

عضو هیأت علمی، بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران، (نویسنده مسوول: fsadeghi40@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۷/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۲/۱۷

چکیده

کاهش منابع آبی در مناطق معتدل استان کرمانشاه باعث شده است که سطح زیر کشت ذرت از ٤٥ هزار هکتار در سال زراعی ۱۳۸۷ به ۷ هزار هکتار در سال ۱۳۹۵ کاهش یابد. این پژوهش با هدف بررسی و انتخاب هیبریدهای متحمل به تنش کم‌آبیاری و افزایش بهره‌وری آب که با استفاده از هشت هیبرید تجاری ذرت (KSC 704، KSC 705، KSC 703، KSC 700، KSC 647، KSC 670، KSC 500 و KSC 400) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سال‌های ۹۳ و ۱۳۹۲ انجام شد. عملیات آبیاری شامل دومیزان آبیاری:میزان آبیاری اول برابر با تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه ذرت ومیزان آبیاری دوم تامین ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه ذرتبر اساس داده‌های هواشناسی ایستگاه اسلام‌آباد غرب بود. صفات اندازه‌گیری شده شامل ارتفاع بوته و بلال، قطر ساقه، تعداد روز تا ظهور گل‌تاجی، کاکل و رسیدن فیزیولوژیکی، تعداد دانه در ردیف، تعداد ردیف دانه در بلال، طول دانه، درصد رطوبت دانه، درصد چوب بلال، وزن هزار دانه و عملکرد بود. تجزیه‌ماتریس ضرایب همبستگی بین صفات یاد شده نشان داد، همبستگی بین تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف و وزن هزار دانه با عملکرد دانه به‌ترتیب با *۰/۸۳۹، **۰/۹۳۳ و *۰/۸۳۱ مثبت و معنی‌داری بود. در مجموع با توجه به شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش، همچنین نتایج ترسیم بای‌پلات، تجزیه خوشه‌ای و مشاهده وضع قرارگرفتن ژنوتیپ‌ها و شاخص‌ها نشان داد که ارقام KSC 647 و KSC 703 به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند که مناسب برای هر دو شرایط تنش و بدون تنش هستند. هیبرید KSC 705 به‌عنوان پرمحصول‌ترین رقم در شرایط نرمال شناسایی شدند. ژنوتیپ KSC 700 به‌عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ ارزیابی شد.

واژه‌های کلیدی: بای‌پلات، تجزیه همبستگی، ذرت هیبرید، شاخص‌های تحمل خشکی، کم آبیاری

مقدمه

کاهش منابع آبی در مناطق معتدل استان کرمانشاه باعث شده است که سطح زیرکشت ذرت از ۴۵ هزار هکتاردر سال زراعی ۱۳۸۷ به ۷ هزارهکتاردرسال ۱۳۹۵ کاهش یابد (۱). با توجه به کمبود منابع آب، خشکی به‌عنوان یک عامل تنش زای اصلی غیرزیستی شدیدترین تهدید برای امنیت غذایی جهان است (۸). خشکی یکی از مهم‌ترین و معمول‌ترین عوامل محدودکننده‌ی رشد گیاهان در دنیا است. ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف در مقابل تنش خشکی واکنش‌های متفاوتی از خود بروز می‌دهند (۳). نیاز اولیه در کشت و کار گیاه ذرت (*Zeamayas* L.) آب قابل دسترس جهت آبیاری است، اما ذخیره آب در خیلی از مناطق جهان کاهش چشم‌گیری یافته است (۸). ال‌هندوی و همکاران (۷) گزارش نمودند، کاهش عملکرد ذرت در شرایط تنش رطوبتی و به‌ویژه در مرحله ظهور گل‌تاجی و گرده‌افشانی به حدود ۹۰ درصد نیز می‌رسد.سطح برگ گیاه ذرت، تحت تاثیر تنش خشکی بسته به شدت و طول دوره تنش کاهش یافته، اما به نظر می‌رسد تعداد نهایی برگ کمتر تحت تاثیر تنش قرار گیرد (۲۲،۱۷). اساس تحمل خشکی در گیاه به ویژگی‌های مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی بستگی دارد. صفات مرفولوژی همبسته با تحمل خشکی شامل زودرسی، شکل، اندازه و ساختار روزنه، اندازه، تعداد و جهت برگ‌ها، وجود کوتیکول، واکسی بودن ساقه یا پهنک برگ و الگوی ریشه‌دهی و صفات فیزیولوژی نیز شامل سرعت فتوسنتز، سرعت تعرق، غلظت اسمزی و غیره می‌باشد که در ژنوتیپ‌های مختلف به علت پلی‌ژنتیکی بودن این صفات متفاوت است (۱۳). تبخیر و تعرق آیتم‌های خیلی مهمی در مدیریت آبیاری مزرعه هستند. به طور معمول تخمین این آیتم‌ها بر اساس تبخیر و تعرق گیاهی (ETo)، (۱۶)و ضریب گیاه (K_C) و ضریب رطوبت خاک (Ks) انجام می‌شود (۲۵). از روش‌های مختلفی می‌توان (ETo) را مشخص نمود، اما بیشتر از معادله Penman استفاده می‌شود (۲۰). عملکرد یک رقم در شرایط تنش ممکن است مستقل از عملکرد آن در شرایط مطلوب باشد. به‌منظور تعیین چگونگی واکنش ژنوتیپ‌های مختلف در دو محیط تنش و بدون تنش، فرناندز (۱۹۹۲) چهار نوع واکنش را برای ژنوتیپ‌ها پیشنهاد نمود: الف) ژنوتیپ‌هایی که عملکرد بالایی در هر دو محیط دارند، ب) ژنوتیپ‌هایی که عملکرد خوبی در شرایط بدون تنش دارند، ج) ژنوتیپ‌هایی که عملکرد خوبی در شرایط تنش دارند، د) ژنوتیپ‌هایی که نمایش ضعیفی در هر دو محیط دارند. از نظر این پژوهش‌گر مناسب‌ترین شاخص آن است که بتواند ژنوتیپ‌های گروه اول را مشخص نماید. روزیل و هامبلین (۱۹۸۱) شاخص تحمل به‌خشکی را به صورت اختلاف عملکرد محیط تنش و بدون تنش و همچنین شاخص میانگین بهره‌وری را به صورت میانگین عملکرد محیط تنش و بدون تنش معرفی نمودند (۲۴). فرناندز (۹) شاخص دیگری را با عنوان میانگین هندسی عملکرد (Geometric Mean Productivity) معرفی نمود. بیشتر بودن مقدار عددی این شاخص نشانه تحمل بیشتر به تنش است. شاخص میانگین هندسی در مقایسه با شاخص بهره‌وری (MP) در جداسازی ژنوتیپ‌های گروه اول کارایی بیشتری

این مقاله بر اساس نتایج به دست آمده از پروژه مستقل شماره ۹۲۱۳۴-۰۳-۵۵-۲ موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تهیه گردیده است.

دارد. خلیلی و همکاران (۱۵) نیز در بررسی اثر تنش خشکی برعملکرد و اجزای عملکرد دانه هشت ژنوتیپ ذرت دیررس در مراحل زایشی و رویشی نشان دادند که بر اساس شاخص‌های STI و GMP هیبریدهایی با عملکرد بالا در هر دو محیط تنش و بدون تنش و با استفاده از شاخص SSI هیبریدهایی با میانگین عملکرد بالا در شرایط تنش انتخابگر دیدند (۱۵). حاجی بابایی و عزیزی (۱۴) با بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد هیبریدهای جدید ذرت به این نتیجه رسیدند که از هفت شاخص استفاده شده باتوجه به شرایط نرمال و تنش ملایم، شاخص‌های GMP، MP و STI با در نظر گرفتن شرایط نرمال و تنش شدید شاخص‌های برتر SSI و TOL را برای ارقام متحمل معرفی نمودند. این بررسی با هدف امکان کاهش مصرف آب و تعیین ارقام متحمل به تنش خشکی و گزینش هیبریدهای ذرت با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش بین گروه‌های مختلف زودرسی ذرت در شرایط آب و هوایی منطقه معتدل و نیمه‌خشک استان کرمانشاه انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش با شرکت هشت رقم ذرت تجاری که در آزمایشات مقایسه عملکرد نیمه نهایی و نهایی در استان کرمانشاه از سازگاری و برتری معنی‌داری برخوردار بودند (جدول ۱) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در دو سطح بدون تنش و تنش (دو محیط) در قطعه زمین یکنواخت طی دو سال زراعی ۹۲ و ۱۳۹۳ در ایستگاه تحقیقات اسلام آباد غرب انجام شد.

جدول ۱- مشخصات ارقام هیبرید ذرت مورد بررسی

Table 1. Specifications of maize hybrid cultivars under study

ردیف	هیبرید	والدین	گروه رسیدگی	تراکم کاشت (بوته در هکتار)	فاصله خط کاشت در فاصله بوته	میانگین عملکرد (تن در هکتار)	بالاترین عملکرد (تن در هکتار)
۱	KSC 704	B73×MO17	دیررس	۷۰۱۷۵	۷۵×۱۹	۱۳	۱۷
۲	KSC 705	K3640/3×MO17	دیررس	۷۰۱۷۵	۷۵×۱۹	۱۲/۸	۱۵
۳	KSC 703	K47.3×MO17	دیررس	۷۰۱۷۵	۷۵×۱۹	۱۲/۶	۱۴/۵
۴	KSC 700	B74/1×K18	دیررس	۷۰۱۷۵	۷۵×۱۹	۱۱	۱۳
۵	KSC 647	B73×K1264/1	متوسطرس	۷۶۱۹۰	۷۵×۱۷/۵	۱۲	۱۵
۶	KSC 670	K3353×K19	متوسطرس	۷۶۱۹۰	۷۵×۱۷/۵	۱۱/۵	۱۴
۷	KSC 500	R59×OH43/1-42	زودرس	۸۰۸۰۸	۷۵×۱۶/۵	۱۱	۱۲
۸	KSC 400	KE720/12×K1263/1	زودرس	۸۰۸۰۸	۷۵×۱۶/۵	۱۰/۵	۱۱/۵

مشخصات هر کرت آزمایشی شامل چهار خط به طول ۶ متر بود. در فصل بهار ابتدا نمونه خاک مزرعه آزمایشی (قطعه انتخابی) تهیه و به‌منظور تجزیه به بخش تحقیقات خاک و آب ارسال شد. تهیه بستر با یک شخم سطحی و دیسک و مصرف کودهای شیمیایی بر اساس آزمون خاک انجام شد (جدول ۲).

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی خاک در ایستگاه اسلام‌آباد

Table 2. Chemical properties of soil in Islamabad station

سال	کربن آلی	فسفر P	پتاسیم K	ازت کل N	منیریم Mg	منگنز Mn	آهن Fe	روی Zn	بر Br	pH	بافت
۹۲	۱	۱۳/۰	۵۵۰	۰/۱۷	۶۶۰	۱۳/۸	۸/۳	۱/۱۲	۰/۹	۷/۵۶	رسی شنی لوم
۹۳	۰/۹	۱۰/۲	۳۹۵	۰/۱۲	۴۶۳	۹/۲	۵/۴۲	۱/۰۳	۰/۸	۷/۶	رسی شنی لوم

آبیاری شامل سطح بدون تنش برابر با تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه ذرت برابر با ۹۵۰۰ مترمکعب و سطح تنش نیز برابر تامین ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه ذرت بر اساس داده‌های هواشناسی ایستگاه اسلام‌آباد غرب معادل ۶۶۵۰ مترمکعب بود. لازم به یادآوری است، مقدار مصرف آب توسط کشاورزان منطقه در مزرعه ذرت حدود ۱۴ هزار مترمکعب می‌باشد و تیمار ۷۰ درصد نیاز آبی در این بررسی حدود ۵۰ درصد آب مصرفی توسط کشاورزان منطقه در مزرعه ذرت است. عملیات کاشت ارقام طبق نقشه در دهه اول اردیبهشت ماه هر سال انجام شد. به‌منظور ایجاد شرایط سبز مطلوب و یکنواخت در تمام کرت‌های آزمایشی، یک روز پس از کاشت مزرعه آبیاری به روش بارانی انجام شد. با توجه به بافت سنگین خاک محل آزمایش و جهت شکستن سله در هنگام جوانه‌زنی و اطمینان بیشتر از یکنواختی در سبز شدن گیاهچه‌ها در سطح مزرعه آبیاری دوم نیز با فاصله پنج روز صورت گرفت. به‌منظور صرفه‌جویی در مصرف آب و نفوذ هر چه بیشتر ریشه به عمق خاک با انجام یک تنش رطوبتی آبیاری سوم با فاصله ۱۷ روز بعداز آبیاری دوم انجام شد. به‌منظور داشتن مزرعه آزمایشی با سبز مطلوب، آبیاری‌های اولیه برای تیمارهای آبیاری نرمال و کم‌آبیاری به‌صورت یکنواخت و به روش بارانی انجام شد. سپس اعمال تیمارهای آبیاری نرمال و کم‌آبیاری با شروع مرحله رشد سریع گیاه ذرت (مرحله ۷ تا ۸ برگی مزرعه) انجام و تا یک هفته قبل از مرحله رسیدن فیزیولوژیکی گیاه ذرت ادامه یافت. آبیاری به‌صورت جوی پشته‌ای (نشتی) و با نصب کنتور حجمی در خروجی لوله آب برای هر آزمایش به صورت جداگانه انجام شد. در ضمن جوی اصلی در ابتدای هر آزمایش با نایلون پوشانیده شد، تا از هدر رفتن آب و کاهش راندمان آب

جلوگیری و بر دقت مصرف آب و اجرای طرح افزوده شود. در جوی اصلی سیفون‌ها جهت آبیاری مزرعه نصب شد. به منظور تعیین مقدار آب مورد نیاز مزرعه ذرت در شرایط ایستگاه و با توجه به دور آبیاری که هر ۱۰ روز یک بار انجام شد و بر اساس معادله FAO و تبخیر استاندارد پان و با توجه به داده‌های هواشناسی ۱۰ روزه در ایستگاه، از طریق نرم‌افزار OPTIWAT مقدار آب مورد نیاز برای تیمارهای ۱۰۰ و ۷۰ درصد نیاز گیاه ذرت تعیین شد. با توجه به سطح آزمایش‌ها مقدار مورد لزوم آب محاسبه و مصرف شد (۲۰). برای این منظور یک سری فاکتورها از تاریخ کاشت، طول و عرض جغرافیایی، مرحله‌ی رشد گیاه ذرت و ضریب گیاهی ذرت که در هر مرحله‌ی رشد عدد خاصی است و سایر عوامل از طریق داده‌های هواشناسی ایستگاه یعنی دمای بیشینه، کمینه، تبخیر در نرم‌افزار یادشده وارد شد و مقدار مناسب آب در هر دور آبیاری بر حسب متر مکعب محاسبه و بدست آمد (جدول‌های ۳ و ۴).

جدول ۳- خصوصیات شیمیایی آب در ایستگاه اسلام‌آباد

Table 3. Chemical properties of water in Islamabad station

سال	pH	هدایت الکتریکی $EC\times10^6$	املاح محلول T.D.S. Mg/Li	میلی اکی والان در لیتر					نسبت جذب
				بی کربنات HCO_3	کلر Cl	سولفات SO_4	مجموع Ca+Mg	سدیم Na+	کاتیون‌ها S.Cat.	سدیمی S.A.R.
۹۲	۷/۵۶	۶۷۰	۴۰/۹	۵/۳۰	۰/۶۰	۲/۰۵	۵/۴۵	۲/۵	۶/۹۵	۱/۵۳
۹۳	۷/۶۰	۶۸۵	۴۱/۲	۵/۴۱	۰/۵۵	۲/۱۱	۵/۵۲	۲/۶	۷/۰۲	۱/۵۶

جدول ۴- آمار هواشناسی ایستگاه تحقیقاتی اسلام آباد غرب در شش ماه از سال ۹۲ و ۹۳

Table 4. Weather data of Islamabad stations in the six months of 2013 and 2014

سال	میانگین بیشینه (سانتی‌گراد)		میانگین کمینه (سانتی‌گراد)		بارندگی (میلی‌متر)
ماه	۲۰۱۴	۲۰۱۳	۲۰۱۴	۲۰۱۳	۲۰۱۳
اردیبهشت	۸/۳	۱۴/۳	۲۵/۰	۲۱/۳	۴۹/۵
خرداد	۱۰/۸	۱۰/۷	۳۱/۲	۳۰/۶	۰/۳
تیر	۱۵/۵	۱۴/۸	۳۶/۷	۳۶/۶	۰
مرداد	۱۵/۹	۱۴/۳	۳۷/۳	۳۶/۵	۰
شهریور	۱۳/۰	11/2	۳۴/۳	۳۳/۳	۰
مهر	۸/۲	۴/۸	۲۵/۵	۲۶/۴	۰

به‌منظور انجام بررسی‌های آماری محصول بلال دو خط وسط با حذف نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت برداشت و توزین شد. هم‌زمان درصد چوب بلال و رطوبت دانه تعیین و عملکرد دانه در هر کرت آزمایشی بر اساس تن در هکتار برآورد شد. با در نظر گرفتن میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط تنش به‌صورت $\bar{Y}_s$ و در شرایط بدون تنش به صورت $\bar{Y}_p$، شدت تنش از رابطه:

$$D = 1 - \bar{Y}_s / \bar{Y}_p$$

برآورد گردید. شاخص حساسیت (SSI) به تنش خشکی (۱۱) با استفاده از رابطه:

$$SSI = \frac{1-\left(\frac{Y_S}{Y_p}\right)}{D}$$

به دست آمد. شاخص تحمل به تنش خشکی (۱۰) از رابطه:

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

محاسبه شد. شاخص تحمل به تنش به‌صورت (۲۳)،

$$TOL = Y_p - Y_s$$

شاخص بهره‌وری متوسط به صورت (۲۳):

$$MP = \frac{Y_s + Y_p}{2}$$

شاخص میانگین هندسی بهره‌وری به‌صورت (۹):

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

و شاخص میانگین هارمونیک به صورت:

$$HM = \frac{2(Y_p.Y_s)}{Y_p + Y_s}$$

محاسبه شد. برای تمایز تغییرات عملکرد در شرایط تنش خشکی از تغییرات عملکرد بالقوه از شاخص DRI استفاده گردید (۴). به این منظور ابتدا رابطه رگرسیونی بین عملکرد در شرایط تنش خشکی (متغیر تابع) با عملکرد در شرایط بدون تنش خشکی به‌عنوان متغیر مستقل برقرار شد (رگرسیون اول). با استفاده از رابطه رگرسیونی مذکور در شرایط تنش برای هر ژنوتیپ، عملکرد پیش‌بینی شده برآورد و در مرحله بعد رابطه رگرسیونی عملکرد واقعی ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش بر روی عملکرد پیش‌بینی شده آنها برآورد گردید (رگرسیون دوم). شاخص DRI با استفاده از رابطه:

$$DRI = \frac{Y_s - Y_{es}}{Stde\ (Y_{es})}$$

برای هر ژنوتیپ برآورد شد. در این رابطه Y_{es} عملکرد پیش‌بینی شده در شرایط تنش خشکی و $Stde\ (Y_{es})$ اشتباه استاندارد عملکرد پیش‌بینی شده در شرایط تنش خشکی است. برای تعیین تفاوت عملکرد از واریانس استفاده شد. روابط شاخص‌ها و عملکرد در محیط تنش و بدون تنش با استفاده از تجزیه همبستگی مورد مطالعه قرار گرفت. برآورد شاخص‌های حساسیت و تحمل خشکی مانند GMP، SSI،

STI و MP برای تشخیص ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی و دارای عملکرد مطلوب در هر دو شرایط آزمایشی استفاده شد. تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS Statistics18 وMinitab(Ver 16) انجام گردید.

نتایج و بحث

ماتریس ضرایب همبستگی صفات برای ارقام مورد مطالعه نشان داد که از تعداد ۶۶ همبستگی، دو همبستگی در سطح یک درصد و تعداد ۱۳ همبستگی در سطح پنج درصد معنی‌دار بودند. بین صفات تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف و وزن هزار دانه با عملکرد دانه به‌ترتیب با *۰/۸۳۹، **۰/۹۳۳ و *۰/۸۳۱ دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری بودند. تجزیه همبستگی صفات تعداد روز تا ظهور گل‌تاجی با صفت رسیدن فیزیولوژیکی و وزن هزار دانه به‌ترتیب با *۰/۷۱۴ و *۰/۸۷۰ مثبت و معنی‌دار بود و تعداد روز روز تا ظهور کاکل با رسیدن فیزیولوژیکی و قطر ساقه به‌ترتیب با *۰/۸۰۸ و *۰/۷۳۱ از همبستگی مثبت و معنی‌داری برخوردار بودند (جدول ۵). بدین معنی هر اندازه تاریخ ظهور کاکل زودتر انجام گیرد. در مقابل تاریخ رسیدن نیز زودتر انجام خواهد شد. این موضوع در راستای اهداف تحقیق می‌باشد. این نتایج با نتایج بدست آمده توسط فروغی و سپاس‌خواه هم‌خوانی دارد (۲۵،۱۱).

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده در شرایط تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی

Table 5. The correlation coefficients between traits measured in conditions of 100% water requirement

صفات	PLH	ERH	TSL	SLK	MAT	STD	R/E	K/R	SED	TKW	MC%	YLD
PLH	۱											
ERH	۰/۳۴۳	۱										
TSL	۰/۸۹۹*	۰/۱۳۵	۱									
SLK	۰/۴۸۹	۰/۸۹۱*	۰/۵۲۲	۱								
MAT	۰/۵۲	-۰/۴۷	۰/۲۸۱	-۰/۳۸۶	۱							
STD	۰/۸۵۹*	۰/۲۹۷	۰/۲۸۴	۰/۳۹	۰/۵۴	۱						
R/E	۴۸۲	-۰/۱۶	-۰/۳۷۹	۰/۲۶۴	-۰/۴۳۳	-۰/۰۷	۱					
K/R	۰/۴۱۵	-/۹۱۴*	-۰/۱۶۸	-۰/۸۱۸*	۰/۴۳۲	-۰/۴۸۳	-۰/۰۹۶	۱				
SED	۰/۴۵۴	۰/۷۳۴	۰/۳۲۳	۰/۲۴۲	-۰/۰۸۱	۰/۱۱۱	-۰/۷۷	-۰/۴۶۲	۱			
TKW	۰/۸۶۸*	۰/۳۶۸	-۰/۳۲۸	-۰/۱۹۶	-۰/۶۱۴	-۰/۶۸۲	-۰/۳۲۸	-۰/۰۵۶	۰/۵۵	۱		
MC%	-۰/۷۰۷	-۰/۳۶۲	-۰/۶۰۵	-۰/۸۰۲	-۰/۱۹۱	-۰/۷۲۸	-۰/۱۹۵	۰/۵۳۲	-۰/۰۴۶	۰/۸۵۶*	۱	
YLD	۰/۸۷۳*	۰/۱۴۸	۰/۴۸۵	۰/۰۴۲	۰/۸۶۲*	/۸۵۷*	/۸۵۸$^{°}$	۰/۰۴	۰/۸۹۰*	۰/۸۲۸*	-۰/۴۵۸	۱

PLH: ارتفاع بوته، ERH: ارفاع خوشه، TASL: روز تا گرده افشانی، SLK: تعداد روز تا ظهور کاکل، MATU: روز تا رسیدن، STD: قطر ساقه، R/E: تعداد دانه در ردیف، K/R: تعداد ردیف دانه، SDP: عمق دانه، TKW: وزن هزار دانه، MC: رطوبت دانه و YLD: عملکرد دانه

با توجه به این‌که بالاترین و پایین‌ترین میانگین عملکرد در شرایط آبیاری نرمال و کم‌آبیاری متعلق به ژنوتیپ خاصی نبود. بنابراین برآورد شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش در ارزیابی و شناسایی ژنوتیپ‌های برتر ضروری بود. بر اساس شاخص تحمل به تنش (STI)، هرچه اختلاف بین عملکرد در شرایط نرمال و تنش بیشتر باشد، مقدار شاخص تحمل به تنش کوچک‌تر می‌شود و مقدار بیشتر شاخص تحمل (STI) نشان‌دهنده تحمل بیشتر ژنوتیپ است. محاسبه شاخص تحمل به تنش (STI) برای ژنوتیپ‌ها نشان داد که تحمل به تنش در ژنوتیپ‌های KSC 703 وKSC647 بیشتر از سایر ژنوتیپ‌ها بود. این دو ژنوتیپ در شرایط تنش به‌ترتیب با ۹/۹ و ۹/۴ و در شرایط بدون تنش نیز با ۱۲/۸ و ۱۳/۵ تن در هکتار عملکرد دانه، به‌ترتیب در رتبه‌های اول و دوم از نظر این شاخص قرارگرفتند. بر اساس این شاخص دو ژنوتیپ KSC 700 و KSC 705 به‌عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند (جدول ۶). شاخص حساسیت به تنش (SSI) بیشتر برای حذف ژنوتیپ‌های حساس استفاده می‌شود. بر اساس آن هر ژنوتیپی که مقادیر بالاتری از این شاخص را به خود اختصاص دهد در برابر تنش حساس‌تر هستند (۱۰). محاسبه شاخص حساسیت به تنش (SSI) نشان داد که ژنوتیپ‌های KSC 700 و KSC 705 در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها به‌ترتیب با ۱/۲۲ و ۱/۱۴ از حساسیت بیشتری برخوردار بودند. با استفاده از این شاخص دو ژنوتیپ KSC 703 و KSC 647 و به‌ویژه ژنوتیپ KSC 703 با ۰/۶۹ از تحمل تنش قابل ملاحظه‌ای برخوردارود و ژنوتیپ KSC 700 نیز با ۱/۲۲ به عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ شناخته شد (جدول ۶). این نتیجه در راستای نتیجه شاخص تحمل به تنش (STI) بود و با نتایج گزارش شده توسط مهین‌شاهین‌آباد هم‌خوانی دارد (۲۴). با در نظر گرفتن شاخص تحمل (TOL) که به‌صورت اختلاف بین عملکرد هر ژنوتیپ در شرایط نرمال و تنش تعریف شده است، ژنوتیپ‌هایی متحمل‌تر محسوب می‌شوند که مقادیر کمتری از شاخص فوق را به خود اختصاص دهند (۲۱). بررسی میزان تحمل ژنوتیپ‌ها با استفاده از این شاخص نشان از برتری ژنوتیپ KSC 703 با ۲/۹ و ژنوتیپ‌های KSC 500 و KSC 400 با عدد ۳/۹ و ۴ در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند، لازم به یادآوری است این ارقام در گروه زودرس‌ها هستند و از ظرفیت تولید بالایی برخوردار نیستند. به همین علت مقادیر کمتری از این شاخص را کسب نمودند و در اصل ژنوتیپ KSC647 با شاخص تحمل ۴/۱ در رتبه دوم این شاخص است. ژنوتیپ‌های KSC

700 و KSC 705 دارای بیشترین مقدار شاخص تحمل (TOL) بودند. گزینش ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص TOL با شاخص‌های SSI و STI نیز هم‌خوانی دارد. این شاخص‌ها در شناسایی ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط تنش و نرمال دارای عملکرد مناسبی باشند، کارایی دارد (جدول ۶). براساس شاخص میانگین بهره‌وری (MP) که به صورت میانگین حاصل جمع عملکرد در شرایط نرمال و تنش تعریف شده است، ژنوتیپ‌هایی متحمل‌تر هستند که مقادیر بیشتری از این شاخص را داشته باشند (۲۱). بر همین اساس ژنوتیپ‌هایی KSC 703، KSC 647 و KSC 705 به‌ترتیب با ۱۱/۴۵، ۱۱/۳۵ و ۱۱/۳۰ به عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها ارزیابی و انتخاب شدند. براساس شاخص میانگین هندسی عملکرد (GMP) نیز ژنوتیپ‌های متحمل‌تر محسوب می‌شوند که مقدار بیشتری از شاخص فوق را کسب نموده باشند (۹). محاسبه این شاخص برای ژنوتیپ‌ها در تنش خشکی آخر فصل، بیانگرتحمل بیشتر ژنوتیپ‌های KSC 703،KSC 647 و KSC 705 به‌ترتیب با مقادیر ۱۱/۲۶، ۱۱/۲۵ و ۱۱/۰۰ بود (جدول ۶). در مجموع با توجه به شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش و میانگین رتبه (R) و انحراف معیار رتبه (SDR) شاخص‌های مذکور، ژنوتیپ‌های KSC 703، KSC 647 و KSC 705 به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها ارزیابی شدند. این ژنوتیپ‌ها به‌ترتیب بامیانگین R، ۴/۲، ۳ و ۳/۲ و با از شاخص SDR که برمبنای انحراف معیار رتبه از پنج شاخص یاد شده بدست آمد، نیز ارقام فوق به‌ترتیب با ۳/۲۹، ۲/۳۸ و ۲/۴۸،از رتبه بالاتر برای تحمل تنش برخوردار بودند و در مجموع این ژنوتیپ‌ها مناسب‌ترین مقدار این آماره‌ها به خود اختصاص دادند و از نظر این شاخص‌ها پایداری خوبی را به نمایش گذاشتند. در ضمن ژنوتیپ KSC 700 به‌عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ شناخته شد (جدول ۶).

جدول ۶- میانگین عملکرد دانه و شاخص‌های حساسیت و تحمل به خشکی و رتبه‌بندی تیمارها

Table 6. Average yield and drought tolerance indices and rankings treatments

هیبرید	Yp	R	Ys	R	STI	R	SSI	R	TOL	R	Mp	R	GMP	R	SDR
KSC 704	۱۳	۳	۸/۵	۶	۰/۶۵	۶	۱/۰۵	۳	۴/۵	۶	۱۰/۷۵	۴	۱۰/۵۱	۴	۱/۱۶
KSC 705	۱۳/۹	۱	۸/۷	۳	۰/۶۳	۷	۱/۱۴	۲	۵/۲	۸	۱۱/۳	۳	۱۱	۳	۲/۴۸
KSC700	۱۲/۵	۵	۷/۵	۵	۰/۶	۸	۱/۲۲	۱	۵	۷	۱۰	۷	۹/۶۸	۶	۳/۱۱
KSC 647	۱۳/۵	۲	۹/۴	۲	۰/۷	۲	۰/۹۲	۷	۴/۱	۵	۱۱/۴۵	۱	۱۱/۲۶	۱	۲/۳۸
KSC 703	۱۲/۸	۶	۹/۹	۱	۰/۷۷	۱	۰/۶۹	۸	۲/۹	۱	۱۱/۳۵	۲	۱۱/۲۵	۲	۳/۲۹
KSC670	۱۲/۷	۴	۸/۶۶	۴	۰/۶۸	۳	۰/۹۷	۶	۴/۰۴	۴	۱۰/۶۸	۵	۱۰/۴۹	۵	۱/۰۹
KSC500	۱۲/۲	۷	۸/۲	۷	۰/۶۷	۵	۰/۹۹	۵	۴	۳	۱۰/۲	۶	۱۰	۷	۰/۸۴
KSC400	۱۱/۹	۸	۸	۸	۰/۶۷	۴	۱	۴	۳/۹	۲	۹/۹۵	۸	۹/۷۶	۸	۲/۰۵

Yp: عملکرد در شرایط نرمال، Ys: عملکرد در شرایط تنش، SSI : شاخص حساسیت به تنش، TOL: شاخص تحمل، GMP: شاخص هندسی عملکرد، STI: شاخص تحمل به تنش، MP: شاخص میانگین بهره‌وری و SDR: انحراف معیار رتبه برای ۵ شاخص

جدول ضرایب همبستگی براساس داده‌های بدست آمده از عملکرد در شرایط آبیاری نرمال و کم‌آبیاری و شاخص‌های تحمل و حساسیت ژنوتیپ‌ها به تحمل تنش نشان داد که از ۲۱ ضریب بدست آمده ۱۰ ضریب دارای همبستگی معنی‌داری بودند. از این ۱۰ ضریب، هشت ضریب در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند. همبستگی بین شاخص SSI با عملکرد در شرایط تنش همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نشان داد. در حالی که شاخص STI با عملکرد در شرایط تنش همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد نشان داد. رابطه بین SSI با STI نیز منفی و بسیار معنی‌دار بود. شاخص‌های MP وGMP با هر دو عملکرد در شرایط آبیاری معمولی و تنش همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری نشان دادند (جدول ۷). بنابر این شاخص‌های یاد شده به همراه شاخص SSI که با عملکرد نرمال و تنش همبستگی مثبتی نشان دادند. بهترین شاخص‌ها محسوب می‌شوند (۲۱). همچنین نقوی و همکاران (۱۷) گزارش نمودند که شاخص‌های MP، GMP و STI مناسب‌ترین شاخص‌ها برای انتخاب ارقام گندم در هر دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی بودند.

جدول ۷- ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه در شرایط مناسب و تنش و شاخص‌های تحمل به خشکی
Table 7. Correlation coefficients between appropriate and inappropriate in terms of grain yield and stress tolerance index

Var.	Yp	Ys	SSI	STI	TOL	MP	GMP
عملکرد در شرایط نرمال (Yp)	۱						
عملکرد در شرایط تنش (Ys)	۰/۵۰۰ ns	۱					
شاخص حساسیت به تنش (SSI)	-۰/۰۳۱ ns	۰/۸۴۹ **	۱				
شاخص تحمل به تنش (STI)	۰/۰۷۱ ns	-۰/۸۲۸ *	-۰/۹۹۸ **	۱			
شاخص تحمل (TOL)	۰/۳۸۲ ns	-۰/۶۰۹ ns	-۰/۹۳۴ **	۰/۹۴۸ **	۱		
شاخص میانگین بهره‌وری (MP)	۰/۸۴۳ **	۰/۸۸۷ **	۰/۵۱۱ ns	-۰/۴۷۶ ns	-۰/۱۷۴ ns	۱	
شاخص هندسی عملکرد (GMP)	۰/۷۸۳ *	۰/۹۳۰ **	۰/۵۹۷ ns	-۰/۵۶۴ ns	-۰/۲۷۵ ns	۰/۹۹۵ **	۱

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

با داشتن متوسط عملکرد در شرایط نرمال، تنش و شاخص‌های مختلف تحمل و حساسیت برای ژنوتیپ‌های تحت بررسی می‌توان روابط بین ژنوتیپ‌ها و شاخص‌ها را به صورت یک شکل واحد (بای پلات) رسم نمود و به سادگی ساختار چنین ماتریس دو طرفه را مورد ارزیابی قرار داد. پس از انجام تجزیه پنج شاخص تحمل و حساسیت به‌همراه دو شاخص متوسط عملکرد در شرایط نرمال و تنش در هشت ژنوتیپ مورد مطالعه، ملاحظه شد که بیشترین تغییرات بین دو موطفه اول (حدود ۱۰۰ درصد) بیان شد (جدول ۸). از آن جایی که دو موطفه تغییرات مستقل را تبیین می‌کنند، بنابر این دو موطفه را می‌توان به صورت دو محور عمود بر هم نمایش داد. ژنوتیپ‌ها بر اساس این دو موطفه در سطح نمودار به صورت نقاطی مشخص شده‌اند. در این بررسی ۶۷/۲ از تغییرات کل دادها توسط موطفه‌ی اول تبیین شد. این موطفه همبستگی بالایی را با عملکرد در شرایط نرمال (Yp) و شاخص‌های STI، GMP و MP نشان داد. در ضمن همبستگی این موطفه با شاخص‌های SSI و TOL منفی بود. این موطفه با Ys همبستگی مثبت و ضعیفی نشان داد، اما با Yp مثبت و قوی بود. با توجه به مطلوب بودن مقادیر بالای شاخص‌های GMP، STI و MP و در صورت زیاد بودن موطفه اول، ژنوتیپ‌هایی انتخاب می‌شوند که دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط و بویژه در شرایط تنش بوده باشند. از این‌رو می‌توان موطفه اول را موطفه پایداری عملکرد دانه و تحمل به کم‌آبیاری نام‌گذاری نمود (جدول ۸ و شکل ۱).

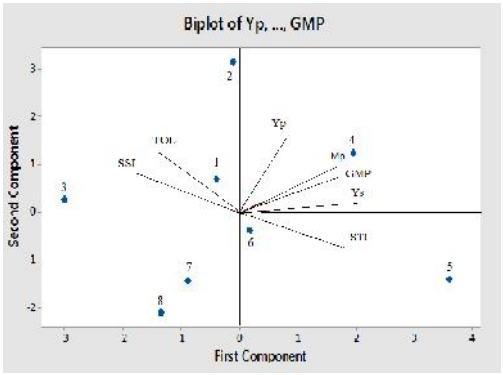
دومین موطفه به مقدار ۳۲/۸ درصد از تغییرات کل را نشان داد. این موطفه همبستگی مثبت و بالایی عملکرد دانه در شرایط تنش (Ys) و شاخص‌های TOL، SSI، MP و GMP نشان داد و همبستگی بسیار ضعیفی با عملکرد در شرایط بدون تنش (Yp) نشان داد و به همین علت می‌توان موطفه دوم را به‌عنوان موطفه ظرفیت عملکرد دانه در شرایط نرمال و کم آبیاری نام برد. این موطفه ژنوتیپ‌های با عملکرد کمتر در شرایط کم‌آبیاری را از سایر ژنوتیپ‌ها جدا و مشخص می‌کند (جدول ۸). با توجه اینکه مقادیر بالای شاخص‌های GMP، STI، MP و مقادیر پایین SSI و TOL مطلوب هستند. بنابر این اگر میزان شاخص‌ها در موطفه اول مشخص شد. ارقامی انتخاب خواهند شد که دارای STI، GMP و MP بالا و SSI و TOL پایین و عملکرد بالا در شرایط تنش باشند.

جدول ۸- بردارها و مقادیر ویژه برای پنج شاخص حساسیت و تحمل به خشکی در ژنوتیپ های ذرت
Table 8. Vector and eigenvalues for the five indicators of drought tolerance in maize genotypes

موطفه	مقدار ویژه	درصد واریانس	Ys	Yp	STI	SSI	TOL	MP	GMP
موطفه اول	۴/۷۰۱	۶۷/۲	۰/۱۹۴	۰/۴۵۹	۰/۴۱۲	-۰/۴۰۳	-۰/۳۱۲	۰/۳۸۹	۰/۱۹۴
موطفه دوم	۲/۲۹۷	۳۲/۸	۰/۵۹۸	۰/۰۵۸	-۰/۲۹۶	۰/۳۲	۰/۴۸۶	۰/۳۵۵	۰/۵۹۸

Yp: عملکرد در شرایط نرمال، Ys: عملکرد در شرایط تنش، SSI: شاخص حساسیت به تنش، TOL: شاخص تحمل، GMP: شاخص هندسی عملکرد، STI: شاخص تحمل به تنش و MP: شاخص میانگین بهره‌وری

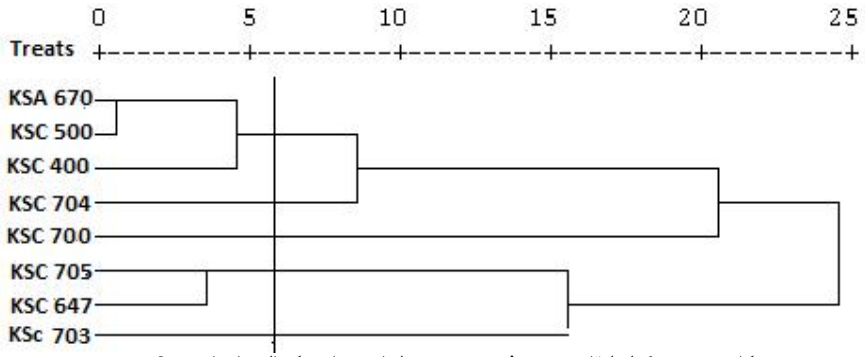
با توجه به شکل ۱، ژنوتیپ‌های۴ (KSC 647) و ۵ (KSC 703) که در قسمت پایین تا میانی و سمت چپ نمودار قرار دارند، نشان از بالا بودن مولفه اول و پایین بودن مولفه دوم است. در نتیجه این ژنوتیپ‌ها در ناحیه‌ای از نمودار با پایداری عملکرد مناسب و شرایط تحمل تنش کم‌آبیاری و حساسیت کمتر به خشکی قرار گرفته‌اند. این ژنوتیپ‌ها و بویژه ژنوتیپ KSC 647 جزء ژنوتیپ‌های متحمل به کم آبیاری منظور شدند. این نتیجه در راستای نتایج بدست آمده توسط سایر شاخص‌ها مورد استفاده در این مطالعه می‌باشد. ژنوتیپ ۳ (KSC 700) در قسمت میانی و سمت چپ نمودار ۱ در ناحیه حساسیت بالا به خشکی و عملکرد دانه کمتر واقع شده‌اند. این ژنوتیپ بر اساس سایر شاخص نیز جزء ژنوتیپ حساس به کم‌آبیاری محسوب شد. برخی از محققین دیگر که روی ژنوتیپ یاد شده مطالعه داشتند، نیز به نتیجه مشابه دست یافتند (۲۴). ژنوتیپ‌های ۱ (KSC 704) و ۶ (KSC 670) تقریبا در قسمت وسط مولفه‌ی اول و دوم قرار گرفتند. این ژنوتیپ‌ها دارای ظرفیت تولید متوسط و حساسیت متوسط به خشکی هستند. ژنوتیپ ۲ (KSC 705) که در قسمت بالا و سمت راست نمودار استقرار یافته است.دارای ظرفیت عملکرد بالا و حساسیت متوسط به تنش کم‌آبیاری است. ژنوتیپ‌های ۷ (KSC 500) و ۸ (KSC 400) نیز در قسمت پایین و سمت چپ نمودار قرار گرفتند، نشان از ظرفیت پایین تولید دانه به نسبت ارقام دیررس و متوسطرس تحت بررسی و حساسیت بیشتر نسبت به کم‌آبیاری دارند. اما از طرفی چون زودرس‌تر هستند، با توجه به نتایج بدست آمده و درخواست بخش اجرا برای ارقام زودرس، هیبرید ۷ (KSC 500) رقم مناسبی جهت توصیه در این شرایط می‌باشد. این نتیجه با نتایج چوکان و همکاران مطابقت دارد (۵).



شکل ۱- نمایش بای پلات شاخص‌های تحمل و حسایت به خشکی در ژنوتیپ‌های ذرت براساس اولین و دومین مولفه اصلی
Figure 1. Biplot show of tolerance and sensitivity indices in corn genotypes in the first and the second PC

تجزیه خوشه‌ای

تجزیه خوشه‌ای یکی از کاراترین روش‌های آماری چند متغیره است که برای گروه‌بندی مشاهدات بر اساس چند متغیر به کار می‌رود (۲۳). دندروگرام تجزیه خوشه‌ای براساس شاخص‌های تحمل خشکی با توجه به عملکرد دانه در دو شرایط نرمال و تنش کم‌آبیاری جهت انتخاب ارقام متحمل به خشکی تاکیدی بر نمودار بای پلات بود (شکل ۲). ارقام متحمل به کم‌آبیاری شامل KSC 647 و KSC 703 در دو گروه کنار هم قرار گرفتند و رقم حساس KSC 700 به تنهایی در یک گروه قرار گرفت. سایر ارقام در گروه با حساسیت متوسط به تنش کم‌آبی بودند که در یک گروه جداگانه قرار گرفتند. این نتایج با نتایج بای‌پلات هم‌خوانی دارد. پیشنهاد می‌شود که از ارقام متحمل و پرمحصول که در یک سمت دندروگرام هستند و ارقام زودرس که در سمت دیگر دندروگرام هستند، لاین‌های مناسب تولید و با هم ترکیب شوند و به احتمال زیاد به هیبریدهای زودرس و متحمل به کم‌آبیاری که مورد نیاز بخش اجرا است، دست یافت.



شکل ۲- دندروگرام ارقام هیبرید ذرتموردبررسیبراساستحملخشکیبااستفادهازروشWard
Figure 2. Dendrogram of maize cultivars basis of drought tolerance indices using Ward method

در این بررسی سعی شد در طول مرحله داشت ۹/۵ هزار مترمکعب آب در هکتار برای شرایط نرمال و ۶/۶۵ هزار مترمکعب در شرایط کم‌آبیاری در مزرعه ذرت استفاده شود. در حالی که کشاورزان منطقه حدود ۱۴ هزار مترمکعب آب مصرف می‌نمایند. یعنی تنها با اصلاح روش آبیاری و پرهیز از هرز آب‌ها و روش‌های مرسوم و غلط آبیاری غرقابی می‌تواند بیش از ۳۲ و ۵۰ درصد باعث کاهش مصرف آب به ترتیب نسبت به مقدار مورد نیاز گیاه و مصرف کشاورزان منطقه در مزارع ذرت شد. در صورت استفاده از هیبریدهای ذرت متحمل و سازگار در منطقه مانند KSC 703 و KSC 647 می‌توان با حذف ۵۰ درصد آب مصرفی به تولید دانه بیش از متوسط منطقه (متوسط عملکرد ذرت استان ۹ تن در هکتار است) دست یافت (۱۹،۶). با توجه به آنچه که در قسمت نتیجه بیان شد، استنباط می‌شود که شاخص تنش به لحاظ گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در دو شرایط نرمال و تنش از کارایی بالایی برخوردار می‌باشد، در این راستا رقم‌های KSC 647 و KSC 703 در گروه متحمل‌ترین رقم‌ها شناسایی شد. شاخص حساسیت به تنش (SSI) بیشتر برای حذف ژنوتیپ‌های حساس استفاده می‌شود. بر اساس آن هر ژنوتیپی که مقادیر بالاتری از این شاخص را به خود اختصاص دهد در برابر تنش حساس‌تر هستند. بر این مبنا رقم KSC 700 به‌عنوان حساس‌ترین رقم تعیین شد. با در نظر گرفتن شاخص تحمل (TOL) و بر اساس شاخص میانگین بهره‌وری (MP)، ژنوتیپ‌هایی KSC 703، KSC 647 و KSC 705 به‌ترتیب با ۱۱/۴۵، ۱۱/۳۵ و ۱۱/۳۰ به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها ارزیابی و انتخاب شدند (۳). بر اساس شاخص میانگین هندسی عملکرد (GMP) ژنوتیپ‌های متحمل‌تر محسوب می‌شوند که مقدار بیشتری از شاخص فوق را کسب نموده باشند (۹). محاسبه این شاخص برای ژنوتیپ‌ها در تنش خشکی آخر فصل بیانگر تحمل بیشتر ژنوتیپ‌های KSC 705 و KSC 647 بود. این ژنوتیپ‌ها به ترتیب با میانگین ۱۳/۹ و ۱۳/۵ در رتبه‌های اول و دوم قرار گرفتند.با توجه به نتایج این بررسی شاخص‌های MP و STI به‌دلیل داشتن همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه در هر دو شرایط آبیاری نرمال و کم‌آبیاری مناسب‌تر از سایر شاخص‌ها به‌نظر می‌رسند. چون انتخاب مقادیر بالا این شاخص‌ها یعنی بدست آوردن عملکرد بالا در هر دو شرایط آبیاری نرمال و کم آبیاری بود. بر این مبنا نیز رقم KSC 647 رقم مناسب و مورد گزینش بود و رقم KSC 700 حساس‌ترین رقم بود. این دستاورد با نتایج مهین‌شاهین‌آباد و همکاران هم‌خوانی دارد (۲۴). در این بررسی تشابه بسیار زیادی بین شاخص‌های TOL و SSI و همچنین بین شاخص‌های STI وتا اندازه‌ای GMP برای گزینش ژنوتیپ‌های برتر بود. در بررسی دیگری روی گندم با استفاده از تحلیل همبستگی عملکرد و شاخص‌های مقاومت به خشکی در محیط تنش و بدون تنش مشخص شد که شاخص STI مناسب‌ترین شاخص برای غربال ژنوتیپ‌های متحمل و حساس گندم معرفی شد (۳). ژنوتیپ‌هایی که بر اساس شاخص‌های TOL و SSI به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل انتخاب شدند در شرایط تنش عملکرد بالایی داشتند. همچنین ژنوتیپ‌هایی که بر اساس شاخص‌های MP، STI و GMP به‌عنوان ژنوتیپ‌ها متحمل انتخاب شدند، در هر دو شرایط کم‌آبیاری و نرمال دارای عملکرد بالایی بودند. بنابر این ژنوتیپ‌های KSC 705، KSC 703 و KSC 647 در بین ارقام از تولید دانه و تحمل به تنش مناسبی برخوردار بودند. ژنوتیپ‌های انتخابی بر اساس این شاخص‌ها در هر دو شرایط تنش و نرمال از تولید خوبی برخوردار بودند. این نتایج در راستای یافته‌های سایر محققین از چوکان و همکاران بود (۵). این نتایج در راستای نتایج بدست آمده در تجزیه بای‌پلات و خوشه‌ای بود.ماتریس ضرایب همبستگی صفات در ارقام مورد مطالعه نشان داد که از تعداد ۶۶ همبستگی، دو همبستگی در سطح یک درصد و تعداد ۱۳ همبستگی در سطح پنج درصد معنی‌دار و سایر همبستگی‌ها غیرمعنی‌دار بودند. در مجموع با توجه به شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش و همچنین نتایج ترسیم بای‌پلات، تجزیه خوشه‌ای و مشاهده وضع قرارگرفتن ژنوتیپ‌ها و شاخص‌ها در شکل‌های ۱و ۲، ارقام ۴ (KSC 647)، ۵ (KSC 703) به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها و مناسب برای هر دو شرایط و هیبرید ۲ (KSC 705) به عنوان پرمحصول‌ترین رقم در شرایط نرمال انتخاب شدند. ژنوتیپ ۳ (KSC 700) به‌عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ ارزیابی شد.

منابع

1. Anonymous. 2016. Center for Information Technology and Statistics, Deputy Director of Planning and Economic Affairs, Kermanshah Jihad Agriculture Organization, (In Persian).
2. Bakhshayeshi Geshlagh, M. and M. Shekarchezade. 2015. Evaluation of Genotypes of Bread Wheat (Triticum Aestivum) using Drought Tolerance Indices. Journal of Crop Breeding, 16: 49-59 (In Persian).
3. Bannayan, M., F. Nadjafi, M. Azizi, L. Tabrizi and M. Rastgoo. 2008. Yield and seed quality of Plantago ovate and Nigella sativa under different irrigation treatments. Industrial Crops and Products, 27: 11-16.
4. Bininger, F.R., V. Mahalakshmi and G.D.P. Rao. 1987. Assessment of drought resistance in pearl millet (*Pennisetum americium* L.) II. Estimation of genotype response to stress. Australian Journal of Agricultural Research, 38: 49-59.
5. Choukan, R. and S.A. Mosavat. 2005. Mode of Gene Action of Different Traits in Maize Tester Lines. Seed and Plant Improvement Journal, 21: 547-556 (In Persian).
6. Edmeads, G.O., S.C. Chapman, J. Bolanos, M. Banzinger and H.R. Lafitte. 1994. Recent evaluation of progress in selection for drought in tropical maizeIn: proceedings of 4th Eastern and Southern African Regional Maize Conference. Harare. Zimbabwe. CIMMYT Mexico, 94-100.
7. El-Hendawy, S., E. Hokam and U. Schmidhalter. 2008. Drip irrigation frequency: The effects and their interaction with nitrogen fertilization on sandy soil water distribution, maize yield and water use efficiency under Egyptian conditions. Journal of Agronomy Crop Science, 194: 180-192.
8. Farré, I. and J.M. Faci. 2009. Deficit irrigation in maize for reducing agricultural water use in a Mediterranean environment. Agricultural water management, 96:383-394.
9. Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Hun: Kuo C.G. (Ed) Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress. AVRDC, Shanhua, Taiwan, 257-270.
10. Fischer, R.A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield response. Australian Journal of Agricultural Research, 29: 897-912.
11. Foroughi, F. 2006. The deficit irrigation of maize on the basis of water production function - yield. National Conference on Management of the Irrigation and Drainage Networks. Chamran University of Ahvaz, COI: IDNCO3_202.https://www.civilica.com/Paper-IDNC03-IDNC03_202.html
12. Goyal, R.K. 2004. Sensitivity of evapotranspiration to global warming: a case study of arid zone of Rajasthan (India). Agric. Water Manage, 69:1-11.
13. Hirich, A., A. Rami, K. Laajaj, R. Choukr-Allah, S.E. Jacobsen, L. El youssfi and H. Omari. 2012. Sweet corn water productivity under several deficit irrigation regimes applied during vegetative growth stage using treated wastewater as water Irrigation source. World Academy of Science, Engine erring and Technology, 6: 15-61.
14. Hajibabaei, M. and F. Azizi. 2011. Evaluation of drought tolerance indices in some new hybrids of corn. Electronic Journal of Crop Production, 3: 139-155.
15. Khalili, L., M. kazemei, A. Moghadam and M. Shakiba. 2004. Evaluation of drought tolerance in corn hybrids developmental stages. Congress of Agronomy and Plant Breeding Rasht, 298 pp.
16. Li, S., S.Z. Kang, F.S. Li and L. Zhang. 2008. Evapotranspiration and crop coefficient of spring maize with plastic mulch using eddy covariance in northwest China. Agricultural water management, 95:1214-1222.
17. Mostafavi, Kh., M. Shoahosseini and H. SadeghiGeive. 2011. Multivariate analysis of variation among traits of corn hybrids traits under drought stress. International Journal of Agricultural Sciences, 1: 416-422.
18. Naghavi, M., M. Moghaddam, M. Toorchi and M. Shakiba. 2016. Evaluation of Spring Wheat Cultivars Based on Drought Resistance Indices. Journal of Crop Breeding, 17: 192-207 (In Persian).
19. NeSmith, D.S. and JT. Ritchie. 1992. Short and long-term responses of corn to a pre-anthesis soil water deficit. Agronomy, 84: 107-113.
20. Penman, H.L. 1948. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proceedings ofthe Royal Society of London, Series, 193: 120-145.
21. Rosielle, A.T. and J. Hamblin. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Science, 21: 973-945.
22. Sepaskhah, A.R., A.R. Tavakoli and F. Mousavi. 2006. The deficit irrigation. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage Publications, 287 (In Persian).
23. Singh, R.K. and B.D. Chaudhary. 1985. Biometrical methods in quantitative analysis. Kalyani, Publishers. New Delhi New Delhi, 318 pp.
24. Shahin Abad, L.M., V. Rashidi and A.R. Eivazi. 2013. Evaluation of drought tolerance in corn genotypes (*Zea mays* L.). International Journal of Current Research, 5: 85-88.
25. Song, Y., C. Qu, S. Birch, A. Doherty and J. Hanan. 2010. Analysis and modelling of the effects of water stress on maize growth and yield in dry land conditions. Plant Production Science, 13: 199-208.
26. Zarabi, M., I. Alahdadi, G.A. Akbari and G.A. Akbari. 2011. A study on the effects of different biofertilizer combinations on yield, its components and growth indices of corn (*Zea mays* L.) under drought stress condition African Journal ofAgricultural Research, 6: 681-685.

Evaluation of Drought Tolerance Indices of Grain Maize Hybrids UnderDeficit Irrigation

Farhad Sadeghi

Faculty member and researcher of Horticulture Crops Research Departments, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Education and Extension organization (AREEO), Kermanshah, Iran
(Corresponding author: fsadeghi40@yahoo.com)
Receive: October 8, 2016 Accepted: March 7, 2017

Abstract

Decrease of water resources in temperate regions of Kermanshah province has caused the maize cultivation area decreased form 45 thousand hectares in 2008 to 7 thousand hectares in the crop year of 2016. This study aimed to evaluate and selecting drought tolerant hybrids and increased irrigation water efficiency using eight commercial maize hybrids (KSC 704, KSC 705, KSC 703, KSC 700, KSC 647, KSC 670, KSC 500, KSC 400)in a randomized complete block design in 2013 and 2014. Irrigation practices consists of two levels: The first level was equal to100% of the corn crop water requirement based on meteorological data of Islamabad station and Second level was 70 percent of the corn crop water requirement. Measured traits including plant height and ear height, stem diameter, days to emergence of tassel ling, silking and physiological maturity, number of kernels per row, rows per ear, kernel depth, moisture content, percentage of cob, thousand kernel weight and grain yield. Correlation matrix analysis showed that correlation between two treats was significant at one percent and 13 treats were significant at the five percent. The correlation between the number of rows per ear, number of kernels per row and grain yield, were significant and positive with 0.839*, 0.933**, 0.831*, respectively. Based on the criteria of tolerance and sensitivity to stress as well as the results of bi-plot display and view the status of being genotype and indexes, cultivars (KSC 647), (KSC 703)as the most tolerant genotypes suitable for both stress and no stress and Hybrid(KSC 705) as the most high-yield in varieties were identified in normal conditions. KSC 700 genotype was evaluated as the most susceptible genotypes.

Keywords: Bi-plot, Correlation analysis, Deficit irrigation, Drought tolerance indices, Maize hybrid