نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۹، شماره ۱ ، فروردین - اردیبهشت ۱۳۹۰، ص ۱۱۳-۱۰۳

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 9, No. 1, Mar. – Apr. 2011, p. 103-113

بررسی شاخص‌های تحمل به خشکی در هیبریدهای جدید ذرت دانه ای (*Zea maize* L.)

محمد گلباشی[1*]- محسن ابراهیمی [2]- سعید خاوری خراسانی [3]- محمدحسین صبور[4]

تاریخ دریافت: ۸۹/۳/۹
تاریخ پذیرش:۸۹/۶/۲۴

چکیده

کمبود آب از مهمترین عوامل محدود کننده تولید محصولات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا از جمله ایران است. بمنظور مطالعه اثر تنش خشکی برخصوصیات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد ۳۴ رقم ذرت هیبرید، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار تحت شرایط تنش خشکی (۸۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی از خاک) و آبیاری در شرایط بدون تنش (۵۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی از خاک) در مرکز تحقیقات کشاورزی ومنابع طبیعی خراسان رضوی اجرا گردید. نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی نشان داد که تحت هر دو شرایط آبیاری در شرایط بدون تنش و تنش خشکی بین هیبریدها از نظر کلیه صفات مورد مطالعه اختلاف بسیارمعنی داری در سطح احتمال۱٪ وجود دارد. در شرایط آبیاری بدون تنش هیبرید تجاری سینگل کراس۵۰۰ و در شرایط تنش خشکی هیبرید شماره ۱۱ از بیشترین مقدار عملکرد دانه (به ترتیب ۱۳/۷۹ و ۵/۶۹ تن در هکتار) برخوردار بودند. بر اساس عملکرد دانه هیبریدهای مورد بررسی در شرایط بدون تنش رطوبتی و تنش رطوبتی، شاخص‌های تحمل به خشکی، شاخص حساسیت، شاخص تحمل، میانگین محصول دهی، میانگین هندسی محصول دهی، میانگین هارمونیک و همچنین شاخص جدید میانگین طلایی عملکرد دانه برآورد شد. نتایج آزمایش نشان داد که از بین شاخص‌های تحمل به خشکی بهترین شاخص برای ذرت شاخص‌های MP و GMP و STI و MHAR می باشد. و از بین هیبریدهای مورد مطالعه، ترکیب‌های امید بخش شماره ۱۱ و ۱۲ و هیبرید تجاری سینگل کراس ۲۵۰ بیشترین تحمل به خشکی را در شرایط آب و هوایی مشهد از خود نشان دادند. توزیع هیبریدها در فضای بای پلات گابریل وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ ها نسبت به تنش خشکی را نشان داد. تجزیه کلاستر براساس شاخص‌های تحمل به خشکی، هیبریدها را در سه کلاستر جداگانه قرار داد طوری که هیبریدهای متحمل به خشکی در کلاس مشترکی قرار گرفتند.

واژه های کلیدی: تجزیه‌های چندمتغیره، شاخص تحمل، میانگین طلایی عملکرد، میانگین محصول دهی

مقدمه

در مناطق خشک کافی نبودن آب آبیاری، وجود گرمای شدید و هوای بسیار خشک، تولید گیاهان در این نواحی را محدود می کند. تنش خشکی یکی از مهمترین عوامل محدود کننده عملکرد ذرت محسوب می شود. میزان آب مورد نیاز ذرت بسته به شرایط محیطی و غذایی بین ۶ الی ۱۲ هزار متر مکعب در هکتار است (۱۷).

کمبود آب در مدت ۳۰ تا ۴۰ روز پس از تشکیل دانه، یعنی زمانی که مواد غذایی به شدت در دانه ها ذخیره می گردد باعث کاهش عملکرد می گردد (۷). شیری (۳) بیان نمود که عملکرد دانه کاربردی‌ترین شاخص برای شناسایی ارقام سازگار به محیط‌های واجد تنش است. با این حال در محیط‌های پر تنش عملکرد دانه به تنهایی همیشه مفیدترین و یا ساده ترین صفت انتخابی نیست. برای شناسایی ارقام سازگار به محیط‌های پر تنش ضمن ارزیابی عملکرد گیاه استفاده از صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک مرتبط با عملکرد و موثر بر تحمل به تنش خشکی در ژنوتیپ‌های مختلف توصیه شده است (۵ و ۹). کمبود آب در مرحله گل دهی باعث تأخیر در ظهور گل تاجی و ابریشم شده و منجر به افزایش فاصله بین ۵۰ درصد گرده افشانی و ۵۰ درصد ظهور کاکل می گردد و در نهایت موجب می شود انتشار و دریافت دانه گرده تقریباً و یا کلاً انجام نشود. ابریشم‌های ظاهر شده، ممکن است در اثر کمبود آب و درجه حرارت بالا خشکیده و در نتیجه پذیرش دانه گرده و بدنبال آن جوانه زدن و رشد لوله گرده در کلاله و

۱- دانشجوی دکتری تخصصی نانوبیوتکنولوژی دانشگاه تهران
(*- نویسنده مسئول: Email: mgolbashy@ut.ac.ir)
۲- استادیار گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان دانشگاه تهران
۳- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
۴- استادیار، عضو هیات علمی دانشکده علوم و فنون نوین دانشگاه تهران

داخل تخمک ها تحت تاثیر قرار گرفته و باروری به خوبی صورت نگیرد که در نهایت تعداد دانه در بلال کاهش یابد (۴). در تحقیقات کاکر (۱۱) بر روی ذرت بیشترین عملکرد در تیمار آبیاری بدون تنش بدست آمده و تنش آبی موجب ۴۰٪ کاهش عملکرد دانه شده است. قهفرخی و همکاران (۱۶) در آزمایشی که برای بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت دانه ای انجام دادند به این نتیجه رسیدند که صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در ردیف، قطر بلال، طول بلال و تعداد دانه در هر بلال از نظر آماری اختلاف معنی داری داشتند. آنها بیان کردند که تنش در مرحله رویشی و گل دهی، صفات مورد بررسی را بیشتر تحت تاثیر قرار داد و در بین اجزا عملکرد ذرت، تعداد دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف و قطر بلال بیشترین همبستگی را با عملکرد نشان دادند.

شائوزونگ و همکاران (۲۲) طی آزمایشی بر روی ذرت نتیجه گرفتند که کمبود آب خاک در مرحله گیاهچه ای تاثیر معنی داری بر روی عملکرد دانه ندارد، اما گیاهانی که در این مدت تحت تنش رطوبتی قرار گرفته اند نسبت به کمبود آب در مراحل بعدی رشد سازگاری بهتری پیدا کرده اند. کامپوس و همکاران (۱۲) در آزمایشی که برای بهبود مقاومت به خشکی در ذرت انجام دادند به این نتیجه دست یافتند که ذرت در مرحله گل دهی، زمان رشد خامه و گرده افشانی بیشتر به خشکی حساس است. آنها گزارش کردند که عملکرد در شرایط تنش در مرحله گل دهی، همبستگی بسیار قوی با تعداد دانه در هر بلال دارد. جعفری و ایمانی (۱۸) در بررسی اثر تنش خشکی در سه مرحله قبل از گلدهی، زمان گلدهی و زمان پرشدن دانه‌های ذرت به این نتیجه رسیدند که تنش خشکی در هر یک از مراحل فوق باعث کاهش معنی دار عملکرد ذرت می شود ولی تنش در مرحله گل دهی بیشترین خسارت را بر عملکرد دانه داشت و باعث کاهش ۴۲ درصدی عملکرد گیاه شد. تنش در مرحله پرشدن دانه ۱۵/۸ درصد و در مرحله قبل از گل دهی نیز ۱۲/۵ درصد کاهش عملکرد را به همراه داشت. آشفته بیرگی و همکاران (۹) در بررسی تاثیر تنش رطوبتی بر میزان همبستگی بین عملکرد و اجزا آن گزارش کردند که بین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک و نیز بین عملکرد دانه و تعداد دانه در ردیف همبستگی مثبت و معنی داری وجود دارد. پین هیرو و همکاران (۲۰) بیان نمودند که بررسی اثرات تنش خشکی بر عملکرد دانه، بعنوان حاصل نهایی رشد و نمو، می تواند بیانگر عکس العمل کلی گیاه به تنش خشکی باشد. اسبورن و همکاران (۱۹) بیان کردند که شدت خسارت خشکی بر عملکرد بسته به طول مدت و شدت تنش و مرحله رشد گیاه متفاوت است، بطوری که تنش خشکی پیش از گلدهی، هنگام گلدهی و پس از آن عملکرد ذرت را به ترتیب ۲۵، ۵۰ و ۲۱ درصد در مقایسه با گیاهان شاهد کاهش داد.

کارگر و قنادها (۶) بیان نمودند که برای تعیین بهترین شاخصها از همبستگی بین عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش با شاخصهای تحمل به تنش استفاده می گردد و شاخصی که همبستگی قوی و معنی داری با عملکرد دانه در هر دو شرایط داشته باشد بعنوان بهترین شاخص معرفی می گردد. فرناندز (۱۴) در بررسی عملکرد ژنوتیپ ها در دو محیط تنش و بدون تنش چهار نوع واکنش برای ژنوتیپ ها قائل شد: عملکرد بالاتر از میانگین در هر دو شرایط تنش و بدون تنش گروه (A)، عملکرد بالاتر از میانگین در شرایط بدون تنش (گروه B)، عملکرد بالاتر از میانگین در شرایط تنش (گروه C)، عملکرد پائین تر از میانگین در هر دو شرایط تنش و بدون تنش (گروه D). شاخصی مناسب است که بتواند هیبریدهای گروه A را از هیبریدهای گروه‌های دیگر تفکیک نماید. فیشر و مورر (۱۵) شاخص حساسیت به تنش (SSI) را ارائه دادند. هرچه مقدار SSI محاسبه شده یک هیبرید کمتر باشد، آن هیبرید مقاومت به تنش بیشتری دارد. انتخاب بر اساس شاخص SSI باعث گزینش هیبریدهایی می شود که در محیط تنش عملکرد بالایی داشته ولی در محیط بدون تنش عملکرد پایین دارند. رزلی و هامبلین (۲۱) شاخص تحمل به تنش (TOL) و نیز شاخص متوسط محصول دهی (MP) را ارائه دادند. هرچه شاخص تحمل تنش کوچکتر باشد نشان دهنده این است که عملکرد هیبرید در دو محیط بدون تنش و تنش نزدیک بوده و یا گیاه مقاوم به تنش است. فرناندز (۱۴) همچنین شاخص تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی محصول دهی (GMP) را نیز ارائه داد. STI بخوبی قادر است ژنوتیپ‌های گروه A را از بقیه ژنوتیپ ها تفکیک کند. این تحقیق به منظور بررسی عکس العمل تعدادی از هیبریدهای ذرت دانه ای نسبت به تنش خشکی و نیز تعیین بهترین معیارهای انتخاب جهت افزایش وبهبود عملکرد هیبرید ها در دو محیط تنش و بدون تنش با اهداف بررسی روابط بین عملکرد دانه و صفات مرتبط با آن در هیبریدهای مختلف ذرت دانه ای، بررسی تنوع صفات کمی بین هیبریدهای‌های مورد بررسی در هر دو محیط بدون تنش وتنش خشکی و گروه بندی هیبریدها از لحاظ صفات مختلف در شرایط تنش و بدون تنش و تعیین بهترین شاخص‌های مقاومت به خشکی در تعیین هیبریدهای مقاوم به خشکی انجام شد.

مواد و روش ها

در این پژوهش اثر تنش خشکی بر خصوصیات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد ۲۸ رقم هیبرید جدید متحمل به گرما (که از بین جمعیت های اصلاحی آزاد گرده افشان غربال و در شرایط گرم خوزستان اصلاح شده اند) به همراه ۶ رقم تجاری و امید بخش به عنوان شاهد در ایستگاه طرق مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان رضوی مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. این ایستگاه در ۶ کیلومتری جنوب شرق مشهد در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول شرقی ۵۹ درجه و ۳۸ دقیقه شرقی از نصف النهار گرینویچ قرار دارد.

جدول ۱- اسامی جمعیت‌های آزاد گرده افشان و هیبریدهای تجاری ذرت دانه مورد استفاده

نام جمعیت	نام جمعیت	نام جمعیت	هیبرید تجاری
Th 92B 6270-10-POb-44G2	Th 91A 1353-G 41 Q NTR-1	Th 91A 1354-G 42 O NTR-2	SC704
Th 89B 6324-Rio-Hater (1)-8561	Th 88A 1344-S87 P 69Q	Th 97B 6088-POb-91 CD	DC370
Th 93B 6020--Pob-47-cC5	Th 91A 1305 Comp-1-112	Th 94A 1126-Side-9245	SC250
PR 91B 5301 EDS 90620 Flint	PR 91A 1306 Comp-1-54	Th 94A 1128-Acress 9245	SC302
PR 93B 5212-c peel.16 C21	Th 94A 1122--E	Th 87B 6089-Pob-92 C0	SC400
Th 83A 1321 R-4-Acress -8569	Th 93A 1121- Sakha-9134	Th 94A 1128 Acress 9245	SC500

ارتفاع آن از سطح دریا ۹۸۵ متر و متوسط بارندگی سالیانه آن ۲۸۶ میلی متر می باشد و بارندگی ها عمدتاً در دو فصل پاییز و زمستان صورت می گیرد. آب و هوای آن بر اساس روش آمبرژه خشک و سرد است. والدین ۲۸ هیبرید جدید محتمل به گرما ارزیابی شده در این پژوهش، از ۱۸ جمعیت آزاد گرده افشان (جدول ۱) استخراج شده بودند.

بذر هر یک از ارقام هیبرید در دو خط ۳/۱۵ متری با تراکم ۷۵۰۰۰ بوته در هکتار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار کشت گردید. برای هر یک از شرایط محیطی (آبیاری معمول و تنش کم آبی) یک آزمایش جداگانه در نظر گرفته شد. در هر کپه ۳ بذر کاشته شد که پس از سبز شدن و استقرار گیاهچه ها به یک بوته تقلیل یافت. کاشت در ۲۰ خرداد ماه ۱۳۸۸ انجام شد.

کلیه عملیات زراعی کاشت، داشت و برداشت غیر از آبیاری، کاملا برای هر دو آزمایش یکسان و طبق عرف منطقه و روش‌های علمی صورت گرفت. پس از آماده سازی بستر کاشت ۱۳۰ کیلوگرم کود فسفات آمونیوم و ۸۸ کیلوگرم اوره در هکتار به زمین داده شد و ۸۸ کیلوگرم در هکتار اوره نیز در مرحله ۷ برگه شدن بوته ها به صورت سرک و به صورت ردیفی مصرف شد.

برای اعمال تیمارهای آبیاری، زمان آبیاری بر اساس نمونه گیری از خاک و بر مبنای ۵۰ درصد (آبیاری معمول) و ۸۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی از خاک (تنش کم آبی) تعیین و آبیاری بصورت شیاری سطحی انجام شد.

در طی فصل رشد خصوصیات زراعی و ظاهری ارقام مد نظر قرار گرفت و سپس صفات فنولوژیک شامل تاریخ گرده افشانی و ظهورکاکل، فاصله بین گرده افشانی و ظهور کاکل (ASI۱) و تاریخ رسیدگی فیزیولوژیک بر مبنای حداقل ۵۰ درصد تظاهر صفت در هر کرت آزمایشی ثبت شد. صفات زراعی مورد بررسی شامل ارتفاع بوته (سانتی متر)، ارتفاع محل بلال (سانتی متر)، طول گل آذین نر (سانتی متر)، قطر ساقه (میلی متر)، تعداد کل برگ در بوته و تعداد برگ بالای بلال بودند که روی ۱۰ بوته رقابت کننده تصادفی در هر کرت اندازه گیری شد و سپس میانگین آنها برای انجام تجزیه‌های آماری مورد استفاده قرار گرفت.

در مرحله برداشت ابتدا بوته هر کرت آزمایشی پس از حذف اثر حاشیه شمارش و برداشت بلالها به صورت جداگانه انجام شد. آنگاه صفات مرتبط با عملکرد دانه شامل طول بلال (سانتی متر)، قطربلال (میلی متر)، قطر چوب بلال (میلی متر)، عمق دانه (میلی متر)، تعداد ردیف دانه، تعداد دانه در ردیف، تعداد کل دانه در بلال و وزن ۳۰۰ دانه (گرم) روی ۱۰ بلال تصادفی در هر کرت اندازه گیری شد و پس از جدا کردن دانه ها با شیلر و تعیین درصد رطوبت دانه ها توسط رطوبت سنج دستی دیجیتال مدل Dicky John، میزان عملکرد نهایی دانه (تن در هکتار) در هر کرت آزمایشی بر اساس ۱۴ درصد رطوبت تصحیح و بر حسب تن در هکتار محاسبه شد.

برای محاسبه شاخص‌های تحمل به تنش (STI[۲])، شاخص تحمل (TOL[۳])، میانگین هندسی بهره وری (GMP[۴])، میانگین بهره وری (MP[۵])، شاخص حساسیت به تنش (SSI[۶]) و میانگین هارمونیک (Harm)[۷] از معادلات ۱ تا ۶ استفاده شد:

معادله ۱:
$$STI = \frac{Y_P \times Y_S}{(\overline{Y}_P)^2}$$

معادله ۲:
$$TOL = Y_P - Y_S$$

معادله ۳:
$$GMP = \sqrt{(Y_P)(Y_S)}$$

معادله ۴:
$$MP = \frac{Y_P + Y_S}{2}$$

معادله ۵:
$$SSI = \frac{(\frac{Y_S}{Y_P})}{1 - (\frac{\overline{Y}_S}{\overline{Y}_P})}$$

1-Anthesis Silking Interval

2-Stress Tolerance Index
3- Tolerance Index
4-Geometric Mean Productivity
5- Mean Productivity
6- Stress Susceptibility Index
7- Harmonic Mean

معادله ۶:
$$HARM = \frac{2(Y_P \times Y_S)}{Y_P + Y_S}$$

در این آزمایش علاوه بر شاخص‌های انتخاب مذکور کـه در اکثـر آزمایش های تحت تیمار تنش جهت شناسایی هیبریدهای متحمـل و یا مقاوم استفاده می شود، شاخص دیگـری بـه نـام میـانگین طلائـی عملکرد (GOL[1]) که نسبت مجموع عملکرد به تفاوت عملکرد در دو محیط بدون تنش و تنش می باشد نیز توسط نویسنده محاسبه گردید که بدین منظور از معادله ۷ استفاده شد:

معادله ۷:
$$GOL = \frac{Y_P + Y_S}{Y_P - Y_S}$$

Y_S میانگین عملکـرد در شـرایط تـنش خشـکی، Y_P میـانگین عملکرد در شرایط آبیاری بـدون تـنش، $\overline{Y_S}$ میـانگین عملکـرد کـل ژنوتیپ ها در شـرایط تـنش خشـکی و $\overline{Y_P}$ میـانگین عملکـرد کـل ژنوتیپ ها در شرایط آبیاری بدون تنش است.

پس از جمع آوری اطلاعات برداشتی، داده هـا توسـط نـرم افـزار Excel مرتب شـدند و سـپس توسـط نـرم افزارهـای آمـاری SAS (ver 9.1) و SPSS (Ver 16) فرضـیات مـورد نیـاز بـرای تجزیـه واریانس داده ها بررسی و پس از اطمینان از بـرآورده شـدن فرضـیات مورد نظر، اقدام به تجزیه واریانس مشاهدات آزمایش و سـایر تجزیـه های تکمیلی گردید. مقایسات میانگین به روش آزمون چند دامنـه ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

هیبریدهای مختلف ازنظر کلیه صفات مورد مطالعه در دو شـرایط بدون تنش و تنش خشکی اختلاف معنی داری در سـطح احتمـال ۱٪ نشان دادند ($P \leq$ ۰/۰۱) (جدول ۲). نتیجه مقایسه میانگین هیبریـدها نشان داد که هیبرید تجاری سینگل کراس ۵۰۰ در شرایط بدون تنش و هیبرید شماره ۱۱ در شرایط تـنش خشـکی دارای بیشـترین مقـدار عملکرد کل دانـه (بـه ترتیـب ۱۳/۷۹ و ۵/۶۹ تـن در هکتـار) بودنـد، هرچند که در شرایط آبیاری بدون تنش ازنظر عملکرد کل دانه، تفاوت معنی داری بین هیبرید سـینگل کـراس ۵۰۰ و هیبریـدهای تجـاری سینگل کراس ۳۰۲، ۷۰۴ و ۲۵۰ و همچنین هیبریـدهای شـماره ۱۲، ۱۸، ۱۰، ۹، ۲۰، ۱۳، ۷، ۲، ۱۱، ۱۹، ۲۶ و ۱۷ ذرت دانـه ای مشـاهده نشد. کمترین عملکرد دانه در شرایط بدون تـنش مربـوط بـه هیبریـد شماره ۲۴ (۷/۶۹ تن در هکتار) بود.

در شرایط تنش خشکی نیز کمترین مقدار عملکرد دانه در هیبریـد سینگل کراس ۵۰۰ به دست آمد (۱/۱۹ تـن در هکتـار) کـه احتمـالا دلیل آن را می توان در افزایش ارتفاع تشکیل بلال، کـاهش وزن ۱۰ بلال، کاهش تعداد ردیف دانه در بلال و همچنین کاهش طول بـلال این هیبرید نسبت به سایر هیبریدهای مورد مطالعـه در ایـن آزمـایش دانست. هیبرید تجاری سینگل کراس ۷۰۴ ازنظر صفات طول بلال و عمق دانه برتر از سایر هیبریدها بود اما ازنظر عملکرد دانه (۳/۲۸ تـن در هکتار) نسبت به سایر هیبریدهای تجـاری مـورد مطالعـه (سـینگل کراس ۲۵۰ و ۴۰۰ و ۳۰۲) بیشتر تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفته است. نتایج فوق با گزارش شعاع حسینی و همکاران (۴) مبنی بر تاثیر زیاد تنش خشکی بر عملکـرد هیبریـد تجـاری سـینگل کـراس ۷۰۴ نسبت به سایر هیبریدهای تجاری مورد مطالعه مطابقت دارد. گلباشـی و همکاران (۸) در دو آزمایش جداگانه بیان کردند کـه تحـت شـرایط آبیاری بدون تنش هیبریـدهای تجـاری سـینگل کـراس ۷۰۱ و ۷۰۴ دارای بیشترین مقدار عملکرد نسبت بـه سـایر هیبریـدها مـی باشـند. بررسی همبستگی ساده بین صفات اندازه گیـری شـده نشـان داد کـه عملکرد دانه در شرایط آبیاری بدون تنش تنها بـا صـفات تعـداد کـل برگ و تعداد برگ بالای بلال، وزن چوب ۱۰ بلال، وزن ۳۰۰ دانـه و قطربلال غیرمعنی دار ($P \geq$ ۰/۰۵) و با سایر صفات مورد مطالعه معنی دار است (جدول ۳) کـه ایـن نتیجـه تـا حـدودی بـا گزارشـات سـایر محققین مطابقت دارد (۱۰).

بررسی همبستگی سـاده در تیمـار تـنش خشـکی نشـان داد کـه عملکرد دانه دارای همبستگی مثبـت و بسـیار معنـی داری (در سـطح احتمال ۱٪) با صفات میانگین تعداد بلال در بوته، وزن ۱۰ بلال، وزن ۳۰۰ دانه، تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف بـلال، تعـداد کل دانه، طول بلال، عمق دانه و درصد دانه می باشد (جدول ۴). تنها همبستگی عملکرد دانه با درصد چوب بلال (** ۰/۶۱-) منفـی بـود. تعداد دانه در ردیف بلال دارای بالاترین همبستگی مثبت و معنـی دار با عملکرد دانه می باشد درحالی که تحت شرایط آبیاری بـدون تـنش همبستگی قطر بلال با عملکرد دانه بیشتر از سایر صفات مورد مطالعه بود (جدول ۳ و ۴). شعاع حسـینی و همکـاران (۲) بیـان نمودنـد کـه تحت شرایط تنش خشکی، عملکرد دانه دارای همبستگی‌های مثبت و معنی‌داری با صفات تعداد دانه در ردیف و وزن ۱۰ بلال می‌باشد.

مقادیر عملکرد دانه در شرایط بـدون تـنش(yp) و شـرایط تـنش خشکی (ys) و شاخص‌های تحمل به خشکی در جدول ۱ ارائـه شـده است. طبق نظر فرناندز (۱۴) مناسب ترین معیار گزینش بـرای تـنش باید بتواند ژنوتیپ‌هایی را که در هـر دو محـیط تـنش و بـدون تـنش تظـاهر مطلـوب و یکسـانی دارد، از سـایر گـروه هـا تفکیـک نمایـد. همچنین بهترین شاخص‌ها آنهایی هستند که دارای همبستگی بالا بـا عملکرد دانه تحت هر دو شرایط تنش و بدون تنش می باشـند و مـی توانند هیبریدهای گروه A را از سایر گروهها تمیز دهند.

1 -Golden mean

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مختلف هیبریدهای ذرت دانه ای تحت شرایط آبیاری بدون تنش و تنش خشکی

	آبیاری بدون تنش					تنش خشکی					
	تکرار	هیبرید	خطا	ضریب تغییرات	میانگین	تکرار	هیبرید	خطا	ضریب تغییرات	میانگین	درصد تغییرات
ارتفاع بوته (cm)	۱۱۴۰/۳۷**	۷۴۹/۱۹**	۱۴۰/۰۲	۵/۰۸	۲۳۲/۷۳	۴۲۴۲/۰۳**	۴۷۹/۰۵**	۸۹/۸۱	۶/۰۵	۱۵۶/۴	-۳۲/۸۰
ارتفاع بلال (cm)	۴۹/۲۳^{ns}	۴۹۴/۰۶**	۵۸/۴	۷/۲۱	۱۰۵/۹۷	۱۰۹۶/۷**	۲۳۱/۹**	۳۰/۷	۷/۵۳	۷۳/۵۷	-۳۰/۵۷
قطر ساقه (mm)	۲۲/۴۷**	۹/۹۸**	۳/۶۵	۹/۷۱	۱۹/۶۸	۱۳/۹۶*	۱۱/۳۱**	۲/۸۷	۱۰/۳۷	۱۶/۳۳	-۱۷/۰۲
تعداد کل برگ	۷/۰۴**	۲/۱۷**	۰/۱۸	۳/۳۵	۱۲/۹۴	۵/۴۵**	۲/۶۳**	۰/۱۷	۳/۲۲	۱۳/۱۱	۱/۳۱
تعداد برگ بالای بلال	۰/۰۵^{ns}	۰/۵۲**	۰/۰۳	۳/۳۴	۵/۸۲	۰/۰۰۰۳^{ns}	۰/۳۵**	۰/۰۲	۲/۷۴	۵/۷۳	-۱/۵۵
تعداد بلال در بوته	۰/۰۰۰۴^{ns}	۰/۰۴**	۰/۰۱	۱۲/۵۳	۱/۰۶	۰/۰۰۰۶^{ns}	۰/۱۹**	۰/۰۲	۱۲/۴۳	۱/۳۴	۲۶/۴۲
وزن ۱۰ بلال (kg)	۱/۵۵**	۰/۲۲**	۰/۰۳	۷/۵۴	۲/۶۱	۰/۰۳^{ns}	۰/۱**	۰/۰۱	۱۳/۸۶	۰/۸۴	-۶۷/۸۲
وزن ۱۰ چوب بلال (kg)	۰/۰۵**	۰/۰۳**	۰/۰۰۳	۱۱/۳۶	۰/۵	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۱**	۰/۰۰۱	۱۲/۵۵	۰/۲۸	-۴۴
وزن ۳۰۰ دانه (gr)	۳۶۴/۲۸**	۲۳۵/۵۹**	۶۹/۰۷	۹/۹	۸۳/۹۳	۱۷۵/۴۷*	۱۵۵/۴۵**	۴۸/۳۵	۹/۶۲	۷۲/۲۶	-۱۳/۹
تعداد ردیف دانه در بلال	۰/۱۱^{ns}	۵/۷۸**	۰/۵۵	۴/۵۴	۱۶/۳۸	۵/۴۶**	۴/۷۶**	۰/۸۳	۷/۶۵	۱۱/۹۶	-۲۶/۹۸
تعداد دانه در ردیف بلال	۹۰/۸۷**	۲۰/۰۹**	۳/۳	۴/۵۷	۳۹/۷۳	۴/۹۵^{ns}	۳۳/۸۸**	۵/۴۹	۱۳/۰۵	۱۷/۹۵	-۵۴/۸۲
تعداد کل دانه	۳۰۸۴۲/۸۲**	۹۳۹۶/۶۳**	۲۰۷۲/۳۶	۷	۶۴۹/۷۷	۵۴۵۲/۰۸*	۹۹۶۵/۱۳**	۱۶۹۴/۳۷	۱۸/۷۷	۲۱۹/۲۴	-۶۶/۲۶
طول بلال (cm)	۱۴/۸۷**	۶/۴۲**	۰/۶	۴/۶۶	۱۶/۶۸	۳/۸۱*	۶/۹۲**	۰/۹۵	۸/۱۲	۱۲/۰۴	-۲۷/۸۲
قطر بلال (mm)	۳۲/۴۶**	۱۴/۳۷**	۱/۶۸	۲/۶۴	۴۹/۱	۹/۶۶^{ns}	۲۵/۰۳**	۹/۲۸	۸/۱	۳۷/۵۹	-۲۳/۴۴
قطر چوب بلال (mm)	۴/۸۸*	۹/۳۳**	۱/۳۸	۴/۲	۲۷/۹۹	۰/۰۸^{ns}	۱۶/۴۳**	۳/۸۸	۸/۴۸	۲۳/۲۲	-۱۷/۰۴
عمق دانه (mm)	۳/۰۴**	۲/۱۳**	۰/۵۱	۶/۷۸	۱۰/۵۵	۰/۹۹^{ns}	۲/۲۵**	۰/۳۹	۸/۶۴	۷/۲۵	-۳۱/۲۸
عملکرد کل (ton/ha)	۲۸/۴۶**	۷/۱۲**	۲/۶۴	۱۵/۶۲	۱۰/۴	۴/۱۸**	۲/۵۸**	۰/۳۸	۲۰/۹۸	۲/۹۶	-۷۱/۵۴

** معنی دار در سطح احتمال ۱٪ * معنی دار در سطح احتمال ۵٪ ns غیر معنی دار

هر چه مقدار عددی شاخص SSI کوچکتر باشد، حساسیت به تنش کمتر و تحمل نسبی ژنوتیپ به تنش رطوبتی بیشتر است، بعبارتی هر قدر عملکرد در شرایط تنش خشکی نزدیکتر به عملکرد پتانسیل (بدون تنش) باشد، به همان اندازه حساسیت آن هیبرید به خشکی کمتر خواهد بود.

در این پژوهش ترکیبات ۱۱ (۰/۶۷) و ۲۸ (۰/۷۰) و ۳۰ (۰/۸۳) کمترین حساسیت را به تنش نشان دادند، در صورتیکه رقم هیبرید تجاری کرج ۵۰۰ با ۱/۲۸ بیشترین میزان حساسیت به تنش را دارا بود (جدول ۵). شیرین زاده و همکاران (۴) در آزمایشی هیبریدهای SC720و SC724 را متحمل ترین هیبریدها به تنش آب در مرحله رشد رویشی و هیبریدهای SC724 وSC704 را متحمل ترین ارقام به تنش در مرحله پرشدن دانه ها معرفی نمودند. همچنین هر چه مقدار عددی شاخص GOL بزرگتر باشد نشان می دهد که مقدار عملکرد در شرایط تنش نزدیک به پتانسیل عملکرد بوده و هیبرید مورد مطالعه خسارت کمتری تحت شرایط تنش دیده است. براساس شاخص GOL هیبریدهای ۱۱ (۳/۲) و ۲۸ (۳/۰۱) و ۳۰ (۲/۰۹) از مقاومت بیشتری در برابر تنش نسبت به سایر هیبریدها برخوردار بودند.

بنابراین شاخص‌های SSI و GOL گزینش را بسوی ارقام متحمل و کم بازدهی که دارای تغییرات عملکرد کمتر در هر دو محیط تنش و بدون تنش هستند سوق می دهد.

جدول ۳- همبستگی ساده بین برخی از صفات مورد ارزیابی در هیبریدهای ذرت دانه ای تحت شرایط آبیاری بدون تنش

	ارتفاع بوته	ارتفاع بلال	قطر ساقه	تعدادبرگ بالای بلال	تعداد بلال در بوته	وزن ۱۰ بلال	وزن ۳۰۰دانه	تعدادردیف دانه در بلال	تعداددانه درردیف	تعدادکل دانه در بلال	طول بلال	قطر بلال	عمق دانه	درصد دانه بلال
عملکرد دانه	۰/۳۷**	۰/۲۹**	۰/۲۲*	۰/۰۹ ns	۰/۴۳**	۰/۵۸**	۰/۱۷ ns	۰/۱۹*	۰/۳۹**	۰/۴۶**	۰/۱۶ ns	۰/۶۸**	۰/۶۱**	۰/۲۹**
تعداد بلال در بوته	-۰/۱۳	-۰/۰۴	۰/۱۷	-۰/۰۱	۱	۰/۰۳	-۰/۰۵	۰/۱۸	-۰/۰۱	۰/۱۴	-۰/۱۶	۰/۲	۰/۱۳	۰/۰۵
تعدادردیف دانه در بلال	-۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۲۰	۰/۱۳	۰/۱۸	-۰/۰۵	-۰/۴۸	۱	-۰/۲۱	۰/۶۸	-۰/۳۴	۰/۵۵	۰/۲۲	۰/۰۵
تعداددانه درردیف	۰/۰۶	۰/۱۳	۰/۰۶	-۰/۰۰۴	-۰/۰۱	۰/۴۱	۰/۲۴	-۰/۲۱	۱	۰/۵۵	۰/۶۳	۰/۱۵	۰/۲۷	۰/۲۴
عمق دانه	۰/۳۴	۰/۲۳	۰/۰۸	-۰/۰۸	۰/۱۳	۰/۳۴	۰/۱۸	۰/۲۲	۰/۲۷	۰/۳۸	-۰/۱۳	۰/۶۳	۱	۰/۶

** معنی دار در سطح احتمال ۱٪ * معنی دار در سطح احتمال ۵٪ ns غیرمعنی دار

جدول ٤- همبستگی ساده بین برخی از صفات مورد ارزیابی در هیبریدهای ذرت دانه ای تحت شرایط تنش خشکی

	ارتفاع بوته	ارتفاع بلال	قطر ساقه	تعدادبرگ بالای بلال	تعداد بلال در بوته	وزن ۱۰ بلال	وزن ۳۰۰دانه	تعدادردیف دانه در بلال	تعداددانه درردیف	تعدادکل دانه در بلال	طول بلال	قطر بلال	عمق دانه	درصد دانه بلال
عملکرد دانه	۰/۱۹ ns	۰/۱۱ ns	-۰/۰۲ ns	۰/۲۲*	۰/۳۹*	۰/۷۴**	۰/۲۸**	۰/۵۱**	۰/۷۹**	۰/۷۵**	۰/۵۴**	۰/۱۹*	۰/۳۰**	۰/۶۱**
تعداد بلال در بوته	۰/۰۸	-۰/۰۵	-۰/۰۵	۰/۲۱	۱	۰/۱۳	-۰/۱	-۰/۰۹	۰/۱۲	۰/۰۶	۰/۳۵	-۰/۰۷	-۰/۱۸	-۰/۰۵
تعدادردیف دانه در بلال	-۰/۰۹	-۰/۰۹	-۰/۱۴	۰/۰۰۶	-۰/۰۹	۰/۴۹	-۰/۰۶	۱	۰/۶۹	۰/۸۶	۰/۱۹	۰/۲۵	۰/۳۸	۰/۶۴
تعداددانه درردیف	۰/۰۸	۰/۱۱	-۰/۰۲	۰/۲۲	۰/۱۲	۰/۸۳	۰/۱۱	۰/۶۹	۱	۰/۹۵	۰/۶۳	۰/۲۰	۰/۲۵	۰/۵۹
عمق دانه	-۰/۱۵	-۰/۲۱	-۰/۰۸	-۰/۲	-۰/۱۸	۰/۱۷	۰/۱۹	۰/۳۸	۰/۲۵	۰/۳۲	۰/۰۵	۰/۴۶	۱	۰/۵۷

** معنی دار در سطح احتمال ۱٪ * معنی دار در سطح احتمال ۵٪ ns غیرمعنی دار

جدول ۵- برآورد شاخص‌های تحمل به تنش خشکی درهیبریدهای ذرت بر اساس عملکرد دانه (تن در هکتار) در شرایط آبیاری بدون تنش و تنش خشکی

Hybrid	Yp	Ys	GOL	SSI	TOL	MP	GMP	STI	MHAR
H1	۸/۶۷	۳/۲۲	۲/۱۸	۰/۸۸	۵/۴۵	۵/۹۴	۵/۲۸	۰/۲۶	۴/۷۰
H2	۱۰/۹۰	۳/۲۲	۱/۸۴	۰/۹۹	۷/۶۸	۷/۰۶	۵/۹۲	۰/۳۳	۴/۹۷
H4	۱۰/۲۳	۱/۴۷	۱/۳۴	۱/۲۰	۸/۷۶	۵/۸۵	۳/۸۸	۰/۱۴	۲/۵۷
H5	۹/۷۵	۳/۳۳	۲/۰۴	۰/۹۲	۶/۴۲	۶/۵۴	۵/۷۰	۰/۳۰	۴/۹۷
H6	۱۰/۴۰	۴/۰۲	۲/۲۶	۰/۸۶	۶/۳۸	۷/۲۱	۶/۴۷	۰/۳۹	۵/۸۰
H7	۱۰/۹۱	۳/۳۴	۱/۸۸	۰/۹۷	۷/۵۷	۷/۱۲	۶/۰۳	۰/۳۴	۵/۱۱
H8	۸/۱۰	۲/۱۵	۱/۷۲	۱/۰۳	۵/۹۵	۵/۱۲	۴/۱۷	۰/۱۶	۳/۴۰
H9	۱۱/۳۹	۲/۹۸	۱/۷۱	۱/۰۴	۸/۴۱	۷/۱۹	۵/۸۳	۰/۳۲	۴/۷۲
H10	۱۱/۴۵	۳/۵۷	۱/۹۱	۰/۹۷	۷/۸۸	۷/۵۱	۶/۳۹	۰/۳۸	۵/۴۴
H11	۱۰/۸۷	۵/۷۰	۳/۲۰	۰/۶۷	۵/۱۷	۸/۲۸	۷/۸۷	۰/۵۸	۴/۴۷
H12	۱۲/۵۹	۴/۰۵	۱/۹۵	۰/۹۵	۸/۵۳	۸/۳۲	۷/۱۴	۰/۴۸	۶/۱۳
H13	۱۰/۹۴	۲/۸۷	۱/۷۱	۱/۰۴	۸/۰۸	۶/۹۰	۵/۶۰	۰/۲۹	۴/۵۴
H14	۱۰/۰۸	۲/۰۰	۱/۴۹	۱/۱۲	۸/۰۸	۶/۰۴	۴/۴۹	۰/۱۹	۳/۳۳
H15	۹/۱۶	۱/۸۳	۱/۵۰	۱/۱۲	۷/۳۳	۵/۵۰	۴/۰۹	۰/۱۶	۳/۰۵
H16	۸/۸۹	۲/۳۳	۱/۷۱	۱/۰۳	۵/۵۶	۵/۶۱	۴/۵۶	۰/۱۹	۳/۷۰
H17	۱۰/۸۶	۲/۳۸	۱/۵۷	۱/۰۹	۸/۳۰	۶/۵۳	۵/۰۴	۰/۲۴	۳/۹۰
H18	۱۲/۳۰	۲/۸۶	۱/۶۱	۱/۰۸	۹/۴۴	۷/۵۸	۵/۹۳	۰/۳۳	۴/۶۴
H19	۱۰/۸۰	۲/۸۶	۱/۷۲	۱/۰۳	۷/۹۴	۶/۸۳	۵/۵۵	۰/۲۹	۴/۵۲
H20	۱۱/۰۲	۲/۷۱	۱/۶۵	۱/۰۶	۸/۳۱	۶/۸۶	۵/۴۶	۰/۲۸	۴/۳۴
H22	۹۷/۸	۲/۳۲	۱/۷۰	۱/۰۴	۶/۶۵	۵/۶۴	۴/۵۶	۰/۱۹	۳/۶۸
H23	۹/۸۴	۲/۵۸	۱/۷۱	۱/۰۴	۷/۲۶	۵/۲۱	۵/۰۴	۰/۲۴	۴/۰۹
H24	۷/۷۰	۲/۵۷	۲/۰۱	۰/۹۳	۵/۱۲	۵/۱۳	۴/۴۵	۰/۱۹	۳/۸۶
H25	۱۰/۵۰	۲/۷۸	۱/۷۲	۱/۰۳	۷/۷۲۲	۶/۶۴	۵/۴۰	۰/۲۷	۴/۳۹
H26	۱۰/۶۹	۲/۳۲	۱/۵۶	۱/۱۰	۸/۳۶	۶/۵۱	۴/۹۸	۰/۲۳	۳/۸۲
H27	۸/۲۰	۲/۸۱	۲/۰۴	۰/۹۲	۵/۳۹	۵/۵۰	۴/۸۰	۰/۲۲	۴/۱۸
H28	۸/۸۷	۴/۴۴	۳/۰۱	۰/۷۰	۴/۴۲	۶/۶۵	۶/۲۸	۰/۳۷	۵/۹۲
H29	۱۰/۰۷	۲/۹۴	۱/۸۲	۰/۹۹	۷/۱۳	۶/۵۱	۵/۴۴	۰/۲۸	۴/۵۵
H30	۸/۲۳	۳/۳۸	۲/۳۹	۰/۸۳	۴/۸۵	۵/۸۰	۵/۲۷	۰/۲۶	۴/۷۹
DC370	۸/۸۰	۱/۷۶	۱/۵۰	۱/۱۲	۷/۰۴	۵/۲۸	۳/۹۴	۰/۱۵	۲/۹۳
SC250	۱۲/۷۷	۴/۵۱	۲/۰۹	۰/۹۱	۸/۲۵	۸/۶۴	۷/۵۹	۰/۵۴	۶/۶۷
SC302	۱۲/۸۹	۳/۳۴	۱/۷۰	۱/۰۴	۹/۵۵	۸/۱۲	۶/۵۶	۰/۴۰	۵/۳۱
SC400	۱۰/۴۱	۴/۰۵	۲/۲۷	۰/۸۶	۶/۳۶	۷/۲۳	۶/۵۰	۰/۴۰	۵/۸۳
SC500	۱۳/۸۰	۱/۱۹	۱/۱۹	۱/۲۸	۱۲/۶۰	۷/۴۹	۴/۰۶	۰/۱۵	۲/۲۰

YS : عملکرد در شرایط تنش **YP** :عملکرد در شرایط بدون تنش **(SI=0.71)**

در ارزیابی هیبریدها با استفاده از شاخصTOL ، مقدار بالای آن حاکی از تغییرات بیشتر عملکرد هیبریدها در شرایط تنش و بدون تنش رطوبتی است و حساسیت را نسبت به شرایط بدون تنش آب نشان می دهد. براساس شاخص TOL تحمل نسبی بیشتر متعلق به هیبریدی است که شاخص TOL کمتری داشته باشد (۴) و گزینش برای تحمل تنش با حداقل اختلاف بین عملکرد پتانسیل و عملکرد شرایط تنش همراه است. همچنین رزلی و هامبلین (۲۱) و فرناندز (۱۴) بیان نمودند که انتخاب براساس شاخص Tol باعث انتخاب ژنوتیپ‌هایی می‌شود که عملکردشان در محیط بدون تنش کم و نیز میانگین بهره وری (MP) پائینی دارند. نتایج این تحقیق نشان داد که ترکیب شماره ۲۸ با ۴/۴۲ و هیبرید تجاری کرج ۵۰۰ با ۱۲/۶ بترتیب متحمل ترین و حساس ترین هیبریدها براساس شاخص TOL نسبت به تنش خشکی می باشند (جدول ۵). بنابراین شاخص TOL در گزینش هیبریدهای بالاتر از میانگین در شرایط بدون تنش موفق بوده

است، ولی در رابطه با شرایط تنش رطوبتی نتوانسته است بنحو مطلوبی عمل نماید.

همبستگی مثبت و معنی دار بین شاخص‌های SSI و TOL (r=0.69**) نشان می دهد که این دو شاخص قدرت نسبتا یکسانی در گروهبندی و تفکیک هیبریدها دارند (جدول ۵). همانگونه که در جدول ۵ مشاهده می شود بیشترین همبستگی رتبه ای مثبت بین شاخص‌های GMP و STI (۱) و بیشترین همبستگی منفی شاخص‌های GOL و SSI (۱-) وجود دارد.

شاخص MP گزینش را بسوی انتخاب در هر دو شرایط تنش و بدون تنش سوق می دهد. در این بررسی نیز هیبرید سینگل کراس امید بخش KSC250 با ۸/۶۴ و ترکیب شماره ۸ با ۵/۱۲ بترتیب متحمل ترین و حساس ترین هیبریدها به تنش بودند (جدول ۵). بعلاوه هیبرید امید بخش KSC250 عملکرد نسبتاً بالایی در هر دو شرایط تنش و بدون تنش داشت. نتایج این بررسی با نتایج احمدی (۱) و مقدم و هادی زاده (۲۳) که اعلام نمودند شاخص MP در گزینش هیبریدهای متحمل به تنش نسبت به شاخص های SSI و TOLبهتر عمل می کند، مطابقت دارد. براساس مدل فرناندز شاخص STI براساس میانگین هندسی عملکرد ها تحت شرایط تنش و بدون تنش محاسبه می شود. مبنای ریاضی این شاخص طوری طراحی شده است که در صورت اختلاف زیاد بین دو مقدار عملکرد تنش و بدون تنش که میانگین گیری می شود میانگین هندسی GMP به سمت عدد کوچکتر متمایل می شود. از اینرو در انتخاب هیبریدهای متحمل به تنش کارآیی زیادی دارد. به علت هم ریشه بودن شاخص‌های STI و GMP همبستگی رتبه ای هیبریدها براساس این دو شاخص برابر واحد می باشد (جدول ۶).

هیبرید شماره ۴ با ۳/۸۸ و هیبرید شماره ۱۰ با ۷/۸۷ بترتیب متحمل ترین و حساس ترین هیبریدها به کم آبیاری براساس شاخص میانگین هندسی شناخته شدند (جدول ۵). مقدار بالای شاخص STI حاکی از تحمل بیشتر ژنوتیپها نسبت به تنش خشکی است. با توجه به عملکرد دانه هیبریدها، هیبرید شماره ۱۱ (۰/۵۸) و هیبرید امید بخش KSC250 با ۰/۵۴ بیشترین تحمل را به تنش نشان دادند (جدول ۵). بعلاوه شاخص MHAR نیز برتری ترکیب شماره ۱۱ را نسبت به سایرین از نظر تحمل به تنش نشان داد (۷/۴۷)، در شرایطی که رقم تجاری کرج ۵۰۰ کمترین تحمل را نسبت به تنش توسط این شاخص نشان داد (جدول ۵). شایان ذکر است که ترکیب هیبرید شماره ۱۱ از نظر شاخصهای SSI وTOL نیز متحمل تر از سایر ترکیبات و ارقام تجاری مورد بررسی در این تحقیق شناخته شد و می تواند به عنوان یک ترکیب امید بخش در برنامه های به نژادی مدنظر قرار گیرد (جدول ۶).

همبستگی بین شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکرد می تواند به عنوان معیاری مناسب برای انتخاب بهترین هیبریدها و شاخص ها به کار رود. همبستگی میان شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی محاسبه شد (جدول ۶). چوگان و همکاران (۱) در مطالعه خود شاخص‌های STI، Harm،GMP و MP را که دارای بیشترین همبستگی با عملکرد در شرایط بدون تنش و سطوح مختلف تنش بودند به عنوان شاخص‌های برتر معرفی نمودند. نتایج همبستگی ها حاکی از وجود رابطه قوی مثبت و معنی دار بین عملکرد پتانسیل (بدون تنش) با شاخص های TOL, MP, GMP, STI وMHAR می باشد، در حالیکه همبستگی بین عملکرد در شرایط تنش فقط با شاخص SSI رابطه منفی و معنی دار (** ۰/۸۲ - =r) و با شاخص های GMP و STI وMHAR وMP رابطه همبستگی مثبت و بسیار معنی دار (به ترتیب ۰/۹۲، ۰/۹۲، ۰/۹۹، ۰/۶۶) می باشد (جدول ۶). فرناندز (۱۴) معتقد است شاخص‌هایی که در هر دو محیط تنش و بدون تنش همبستگی بالایی با عملکرد داشته باشند به عنوان بهترین شاخص ها انتخاب می شوند. در این پژوهش از آن جا که شاخص‌های میانگین بهره وری، میانگین هندسی بهره وری، میانگین هارمونیک و شاخص فرناندز همبستگی بالا، مثبت و معنی داری با عملکرد در شرایط بدون تنش (آبیاری بدون تنش) و تنش خشکی نشان دادند، لذا به عنوان شاخص‌های برتر معرفی می شوند. فرزر و همکاران (۱۳) معتقدند در بررسی واکنش ارقام نسبت به تنش خشکی بایستی بیشترین توجه را به حساسیت عملکرد آنها نسبت به خشکی معطوف کرد.

تجزیه به مولفه‌های اصلی برای عملکرد دانه با استفاده از شاخص‌های تحمل به خشکی انجام شد (جدول ۸). همانگونه که مشاهده می گردد مولفه اول دارای ضرائب منفی بر روی شاخص‌های SSI و TOL و مولفه دوم دارای ضرائب منفی بر روی شاخص‌های Ys و HARM و GOL می باشد.

نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی نشان داد که مولفه اول ۶۵٪ از تغییرات کل را توجیه کرده و همبستگی قوی و معنی داری با عملکرد در شرایط بدون تنش و تنش خشکی و همچنین شاخص‌های SSI و MP و GMP و STI و HARM و GOL دارد (اطلاعات نمایش داده نشده اند). در نتیجه می توان مولفه اول را به نام پتانسیل عملکرد نامگذاری کرد که قادر به جداسازی هیبریدهایی با عملکرد بالا در شرایط تنش بود.

چوگان و همکاران (۳) نیز در مطالعه خود نتیجه مشابهی را گزارش نمودند. دومین مولفه ۳۳٪ درصد از تغییرات مدل را توجیه می کرد و همبستگی بالایی با عملکرد در شرایط تنش و نیز شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش و همچنین میانگین بهره وری داشت، از این رو مولفه دوم به نام حساسیت به تنش نامگذاری شد.

جدول ٦- ضرائب همبستگی اسپیرمن بین رتبه هیبریدها ازنظر شاخص‌های تحمل به تنش و عملکرد دانه در شرایط آبیاری بدون تنش و تنش خشکی

	Ys	SSI	TOL	MP	GMP	STI	MHAR	GOL
Yp	۰/۲۹ ns	۰/۲۲ns	۰/۷۹**	۰/۸۸**	۰/۵۵**	۰/۵۵**	۰/۳۶*	−۰/۲۲ ns
Ys		−۰/۸۲**	−۰/۲۴	۰/۶۶**	۰/۹۲**	۰/۹۲**	۰/۹۹**	۰/۸۲**
SSI			۰/۶۹**	−۰/۲۱ ns	−۰/۵۹**	−۰/۵۹**	−۰/۷۷**	−۱**
TOL				۰/۴۶**	۰/۰۴ ns	۰/۰۴ ns	−۰/۱۶ ns	−۰/۶۹**
MP					۰/۸۴**	۰/۸۴**	۰/۷۱**	۰/۲۱ ns
GMP						۱	۰/۹۶**	۰/۵۹**
STI							۰/۹۶**	۰/۵۹**
MHAR								۰/۷۷**

جدول ۷- هیبریدهای انتخاب شده براساس شاخص‌های مختلف تحمل به خشکی

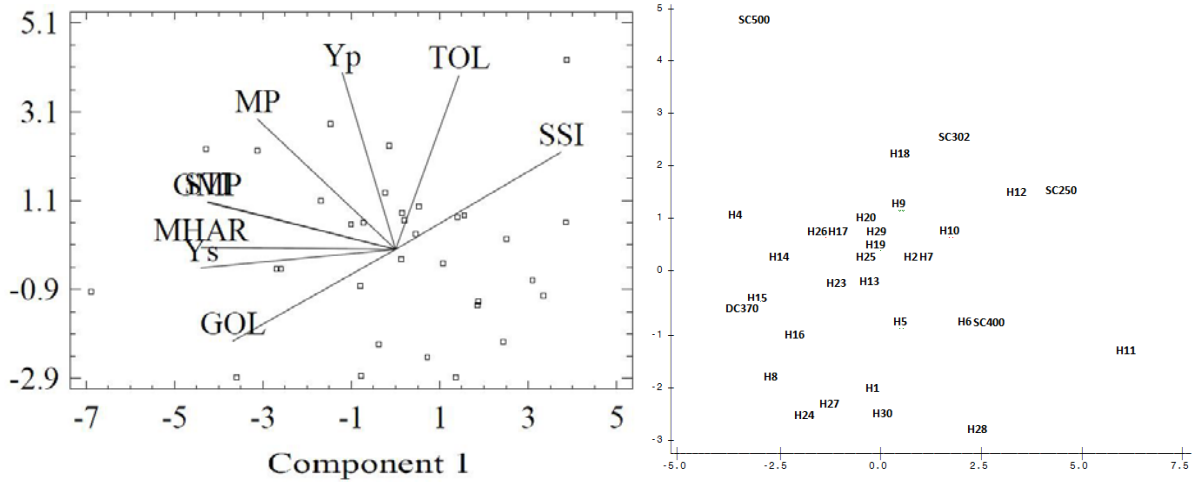
شاخص‌های مختلف	هیبریدهای انتخاب شده
انتخاب براساس Y_P	SC500 و SC302 و SC250
انتخاب براساس Y_S	H11 و SC250 و H28
انتخاب براساس TOL	H28 و H30 و H24
انتخاب براساس SSI	H11 و H28 و H30
انتخاب براساس MP	SC250 و H12 و H11
انتخاب براساس GMP	H11 و SC250 و H12
انتخاب براساس STI	H11 و SC250 و H12
انتخاب براساس MHAR	H11 و SC250 و H12
انتخاب براساس GOL	H11 و H28 و H30

جدول ۸- تجزیه به مولفه‌های اصلی در هیبریدهای ذرت با استفاده از عملکرد دانه

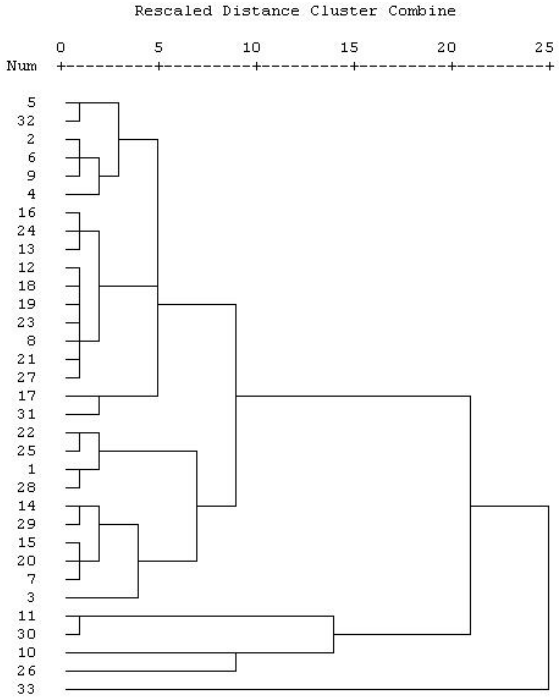
شاخص ها	مولفه اول	مولفه دوم	مولفه سوم	مولفه چهارم
Yp	۰/۱۱۲	۰/۵۵۶	۰/۲۵۴	−۰/۱۰۴
Ys	۰/۴۰۹	−۰/۰۵۸	−۰/۰۴۲	۰/۱۰۳
SSI	−۰/۳۴۷	۰/۳۰۵	−۰/۲۲۱	۰/۶۱۳
TOL	−۰/۱۳۳	۰/۵۴۶	۰/۲۵۹	−۰/۱۵۶
MP	۰/۲۹	۰/۴۰۹	۰/۱۷۹	−۰/۰۳۱
GMP	۰/۳۹۵	۰/۱۴۷	−۰/۳۱۲	−۰/۲۱۱
STI	۰/۳۹۵	۰/۱۵	−۰/۲۳۵	۰/۶۲۳
MHAR	۰/۴۰۸	−۰/۰۰۵	−۰/۳۳۲	−۰/۲۳۱
GOL	۰/۳۴۱	−۰/۲۸۸	۰/۷۲۲	۰/۲۹۹
%Variance	۰/۶۵۵	۰/۳۲۹	۰/۰۱۳	۰/۰۰۱
%Cumulative variance	۰/۶۵	۰/۹۸	۰/۹۹۸	۰/۹۹۹

با توجه به اینکه بیش از ۹۹ درصد از تغییرات کل توسط دو مولفه اول قابل تفسیر بود و حذف سایر مولفه ها تاثیر بسیار ناچیزی در میان تغییرات داشت، ترسیم بای پلات براساس این دو مولفه انجام شد (شکل ۱).

همانگونه که در شکل ۱ مشاهده می گردد هیبریدهای شماره ۱۱، ۱۲ و هیبرید سینگل کراس ۲۵۰ که بعنوان هیبریدهای متحمل ارزیابی شده بودند (جدول ۷) در یک ناحیه نمودار و نزدیک هم قرار گرفته اند. تجزیه خوشه ای ارقام به کمک شاخص‌های تحمل به خشکی انجام شد (شکل ۲) که هیبریدها به سه گروه تقسیم شدند. در گروه اول هیبرید سینگل کراس ۵۰۰ و در گروه دوم هیبریدهای شماره ۱۱ و ۱۲ و ۲۸ و هیبرید سینگل کراس ۲۵۰ قرار گرفتند. هرچند که هیبریدهای شماره ۱۱ و ۱۲ و هیبرید سینگل کراس ۲۵۰ در یک گروه مشترک قرار گرفته اند ولیکن هیبرید شماره ۱۱ متحمل‌تر از سایر ترکیبات و ارقام تجاری مورد بررسی در این تحقیق شناخته شد.



شکل ۱- نمودار مولفه‌های اصلی اول و دوم در برابر هم برای هیبریدهای مورد مطالعه



شکل ۲- گروه بندی هیبریدهای ذرت دانه ای بر اساس شاخص‌های تحمل و مقاومت به خشکی

نتایج تجزیه خوشه ای نشان می دهد ازآنجایی که صفت تحمل به خشکی توسط مکان‌های ژنی زیادی بصورت کمی کنترل می شود؛ لذا حتی در بین ژنوتیپ‌های متحمل برای این صفت نیز تنوع زیادی دیده می شود. نتیجه گیری نهایی از این آزمایش نشان داد که از بین شاخص‌های تحمل به خشکی بهترین شاخص برای ذرت شاخص‌های MP و GMP و STI و MHAR می باشد. و از بین ۳۴ هیبرید مورد مطالعه، ترکیب‌های امید بخش شماره ۱۱ و ۱۲ و هیبرید تجاری سینگل کراس ۲۵۰ بیشترین تحمل به خشکی را در شرایط آب و هوایی مشهد از خود نشان دادند.

سپاسگزاری

بدینوسیله از جناب آقای مهندس مهدی ضرابی و سرکار خانم مهندس مریم آشفته بیرگی به خاطر همکاری صمیمانه در اجرای این طرح قدردانی می شود.

منابع

۱- چوکان، ر.، حیدری، ع.، محمدی، ع.، و حدادی، م. ح. ۱۳۸۷. ارزیابی تحمل به خشکی در هیبریدهای ذرت دانه ای با استفاده از شاخص های تحمل به تنش خشکی. نهال و بذر ۲۴: ۵۶۲-۵۴۳

۲- شعاع حسینی، م. خاوری خراسانی، س.، و فارسی، م. ۱۳۸۷. بررسی اثرات تنش کمبود آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد در چند هیبرید ذرت دانه ای با استفاده از تجزیه علیت. مجله دانش کشاورزی ۱۸ شماره ۱، صفحه ۸۵-۷۱

۳- شیری، م.ر. ۱۳۷۸. ارزیابی عملکرد و اجزاء عملکرد واریته های گندم در تنش خشکی. پایان نامه کاشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی اردبیل. صفحه ۱۴۳.

۴- شیرین زاده، ع.، ر. ضرغامی و م. ر. شیری. ۱۳۸۷. ارزیابی تحمل به خشکی در هیبرید های دیررس و متوسط رس ذرت با استفاده از شاخص های تحمل به خشکی. مجله علوم زراعی ایران. ۱۰ (۴): ۴۲۷-۴۱۶

۵- عبدمیشانی، س. و ع.ا شاه نجات بوشهری. ۱۳۷۵. اصلاح نباتات تکمیلی. جلد ۲. انتشارات دانشگاه تهران.

۶- کارگر، س.م.ع.، م.ر، قنادها. ۱۳۸۳. ارزیابی شاخص های تحمل به تنش خشکی در تعدادی از ژنوتیپ های سویا در شرایط آبیاری محدود. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۳۵، شماره ۱، صفحه ۱۴۲ – ۱۲۹

۷- گلباشی، م. م، ابراهیمی. س، خاوری خراسانی. ر، چوگان. م، ضرابی. ۱۳۸۹. ارزیابی برخی صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد در هیبریدهای ذرت دانه ای در شرایط آب و هوایی مشهد. مجله بوم شناسی کشاورزی، جلد ۲ شماره ۱، صفحه ۸۴ – ۷۵.

۸- گلباشی، م. س، خاوری خراسانی. م، ابراهیمی. ر، چوگان. ۱۳۸۹. مطالعه عکس العمل ذرت دانه ای نسبت به آبیاری محدود. چکیده مقالات یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. ۲-۴ مرداد. دانشگاه شهید بهشتی. صفحه ۲۱۸.

9- Ashofteh beiragi M, Ebrahimi M, Mostafavi Kh, Golbashy M, Khavari Khorasani S. 2011. A Study of Morphological Basis of corn (*Zea mays* L.) yield under drought stress condition using Correlation and Path Coefficient Analysis. Journal of Cereals and Oilseeds. 2(2): 32-37.

10- Aslam, M., and Tahir, M. H.2003. Correlation and path analysis of different morphophisiological traits of maize inbreds under water stress conditions. Intrnational Journal of Agriculture and Biology. 5. 446-448.

11- Caker, R.2004. Effect of water stress at different development stage on vegetative and reproductive growth of corn. Field Crops Research. 89 (1): 1-16.

12- Campose, H., Cooper, M., Habben, J. E., and Schussler, J. R. 2004. Improving drought tolerance in maize: A view from Industry. Field Crops Research. 89: 1-16.

13- Fereres, E., Gimenz, C., Brenngena, J., Fernandez, J., and Domiguez, J. 1983. Genetic variability of sunflower cultivar in response to drought. Helia 6: 17-21.

14- Fernandez, G. C. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Proceedings of the Symposium of AVRDC, 13-16 Aug. Taiwan.

15- Fisher, R. A., and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Australian Journal of Agricultural Research, 29: 897-912.

16- Ghahfarrokhi, A. R., Khodabandeh, N., Ahmadi, A., and Bankehsaz, A. 2004. Study on effect of drought stress in different growth stages on yield, yield components and quality of grain maize. Abstracts of the 8th. Iranian Congress of Crop Sciences. College of Agriculture, University of Guilan, Rasht. Page 239 (in Farsi).

17- Golbashy M, Ebrahimi M, Khavari Khorasani S, Choucan R. 2010. Evaluation of drought tolerance of some corn (*Zea mays* L.) hybrids in Iran. African Journal of Agricultural Research, 5(19: 2714-2719.

18- Jaafari, P., and Imani, M. R. 2004. Study of drought stress and plant density on yield and some agronomical traits of maize KSC 301. Abstracts of the 8th. Iranian Congress of Crop Sciences. College of Agriculture, Universty of Guilan, Rasht, Iran. P. 235 (in Farsi).

19- Osborne, S.L., Scheppers, J.S., Francis, D.D., and Schlemmer, M.R., 2002. Use of spectral radiance to in season biomass and grain yield in nitrogen and water – stressed corn. Crop Sci. 42: 165-171.

20- Pinheiro, C., J. A. Passarinhoa and C. P. Ricardo. 2004. Effect of drought and rewatering on the metabolism of Lupinus albus organs. J. Plant Physiol. 161: 1203-1210.

21- Rosielli, A., and Hamblin, J. 1981. Theoritical aspects of selection for yield in stress and non- stress environment. Crop Science 21: 493.

22- Shaozhong, K., W. Shi. And Zhang. 2000. An improved water use efficiency for maize grown under regulated deficit irrigation. Field Crops Research. 67: 207-214.