

ارزیابی هیبریدهای جدید ذرت علوفه‌ای بر اساس شاخص‌های تحمل به تنش خشکی در رژیم‌های متفاوت آبیاری

۱- مهدیه سلطانی، دانشجوی دکتری دانشگاه فردوسی مشهد

soltani.mahdiyeh@stu.um.ac.ir

۲- فرهاد عزیزی، عضو هیأت علمی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج

۳- محمدرضا چائی‌چی، عضو هیأت علمی دانشگاه تهران

دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۰۳

پذیرش: ۱۳۹۲/۰۸/۲۶

چکیده

به منظور بررسی هیبریدهای جدید ذرت علوفه‌ای از نظر تحمل به تنش خشکی، آزمایشی در مزرعه موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج در تابستان سال ۱۳۸۹ انجام شد. طرح آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل سه سطح آبیاری ۷۰، ۱۰۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر استاندارد کلاس A تعیین گردید. تعداد ۱۴ هیبرید ذرت شامل ۱۱ هیبرید جدید و ۳ هیبرید شاهد (KSC704, KSC720, KSC700) نیز در کرت‌های فرعی قرار داده شد. نتایج مشخص نمود که هیبرید شماره ۱۰ در دو تنش ملایم و شدید جزو گروه تحمل‌کنندگان خشکی بوده و به عنوان هیبرید علوفه‌ای مناسب در شرایطی که احتمال وقوع تنش خشکی وجود دارد، شناسایی شد. هیبریدهای شماره ۱۱ و ۱۰ با توجه به حساسیت در هر دو نوع تنش ملایم و شدید، برای محیط‌هایی که احتمال کم آبی وجود دارد قابل توصیه نیست. شاخص‌های مقاومت به خشکی MP, STI, HARM, GMP دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با یکدیگر بودند و بنابراین دارای ارزش گزینشی یکسانی برای انتخاب هیبریدهای مقاوم به خشکی ذرت هستند.

واژگان کلیدی: هیبریدهای ذرت؛ تنش خشکی؛ عملکرد علوفه؛ شاخص‌های تحمل به خشکی؛ کرج.

مقدمه

ذرت به عنوان یکی از گیاهان علوفه‌ای مناسب هم از نظر حجم علوفه تولیدی و هم مواد غذایی مورد نیاز دام در ایران و جهان مطرح است. تولید این علوفه در ایران با وجودی که رو به افزایش است اما کمبود آب مانع از رسیدن به توان تولیدی آن در کشور می‌شود. بنابراین، تولید هیبریدهایی که متحمل به خشکی باشند در این زمینه سودمند است. اثرهای زیان‌آور خشکی، به‌طور کلی در سلول‌ها و بافت‌هایی که در مراحل رشد و توسعه سریع هستند، بیشتر مشخص است. از نقطه نظر مقدار و کیفیت محصول قابل برداشت، بعضی از دوره‌های رشد گیاهان بیشترین حساسیت را نسبت به تنش آب دارند. به عنوان مثال، تنش خشکی در زمان گرده افشانی ذرت باعث لقاح مقدار کمی از تخمک‌ها شده و یا هیچ یک از آن‌ها تلقیح نمی‌شود و در نتیجه بلال ذرت بدون دانه می‌ماند [۱۶]. در مراحل نمو رویشی گیاه ذرت، تنش خشکی کوتاه مدت می‌تواند سرعت رشد برگ و در مراحل بعدی شاخص سطح برگ و کارایی مصرف نور را کاهش دهد [۱۳]. در شرایط آبیاری، صفت‌هایی مربوط به خصوصیات فنولوژیکی، ویژگی‌های برگ بلال، قطر ساقه، ارتفاع گیاه، و تعداد بیشتر دانه در ردیف، می‌توانند شاخص مهمی برای گزینش هیبریدهای ذرت با عملکرد بالا به شمار آیند [۱].

در مطالعه اثر تنش خشکی بر روی عملکرد دانه در هیبریدهای مختلف ذرت، بررسی انواع شاخص‌های تحمل به تنش در انتخاب رقم تحمل‌کننده خشکی از اهمیت زیادی برخوردار است. در بررسی واکنش ارقام نسبت به

ذرت به عنوان یکی از گیاهان علوفه‌ای مناسب هم از نظر حجم علوفه تولیدی و هم مواد غذایی مورد نیاز دام در ایران و جهان مطرح است. تولید این علوفه در ایران با وجودی که رو به افزایش است اما کمبود آب مانع از رسیدن به توان تولیدی آن در کشور می‌شود. بنابراین، تولید هیبریدهایی که متحمل به خشکی باشند در این زمینه سودمند است. اثرهای زیان‌آور خشکی، به‌طور کلی در سلول‌ها و بافت‌هایی که در مراحل رشد و توسعه سریع هستند، بیشتر مشخص است. از نقطه نظر مقدار و کیفیت محصول قابل برداشت، بعضی از دوره‌های رشد گیاهان بیشترین حساسیت را نسبت به تنش آب دارند. به عنوان مثال، تنش خشکی در زمان گرده افشانی ذرت باعث لقاح مقدار کمی از تخمک‌ها شده و یا هیچ یک از آن‌ها تلقیح نمی‌شود و در نتیجه بلال ذرت بدون دانه می‌ماند [۱۶]. در مراحل نمو رویشی گیاه ذرت، تنش خشکی کوتاه مدت می‌تواند سرعت رشد برگ و در مراحل بعدی شاخص سطح برگ و کارایی مصرف نور را کاهش دهد [۱۳]. در شرایط آبیاری، صفت‌هایی مربوط به خصوصیات فنولوژیکی، ویژگی‌های برگ بلال، قطر ساقه، ارتفاع گیاه، و تعداد بیشتر دانه در ردیف، می‌توانند شاخص مهمی برای گزینش هیبریدهای ذرت با عملکرد بالا به شمار آیند [۱].

در خصوصیات و عملکرد آن می‌شود. در این تحقیق هدف اصلی بررسی و اندازه‌گیری شاخص‌های تحمل به تنش خشکی یازده ۱۱ جدید ذرت در شرایط طبیعی و تنشی و شناسایی بهترین هیبرید برای آب و هوای منطقه آزمایش در شرایط تنش خشکی است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه پژوهشی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، با ارتفاع ۱۲۵۴ متر از سطح دریا واقع در کرج، در سال ۱۳۸۹، انجام شد. میانگین بارندگی سالانه محل آزمایش ۲۷۵ میلی‌متر و منطقه دارای زمستان‌های سرد است.

خاک محل اجرای آزمایش از نوع رسی- شنی با جرم مخصوص ظاهری ۱/۳۶ گرم بر سانتیمتر مکعب، pH حدود ۷/۵، EC حدود ۰/۷ دسی‌زیمنس بر متر و ظرفیت زراعی حدود ۲۶ درصد وزنی بود. مقادیر نیتروژن، فسفر و پتاسیم نیز به ترتیب ۰/۱۴٪، ۲۴/۵ ppm و ۳۲۱ ppm در زمان کاشت و قبل از کود دهی اندازه‌گیری شد.

تیمارهای این آزمایش عبارت بودند از رژیم‌های آبیاری به‌عنوان عامل اول (شامل سه رژیم آبیاری، به ترتیب ۷۰، ۱۰۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر استاندارد کلاس A)، که به کرت‌های اصلی اختصاص یافتند. هدایت آب به کرت‌های اصلی به‌وسیله لوله‌های هیدروفلوم انجام شد. مقدار آب مصرفی در هر دوره آبیاری، توسط کنتور اندازه‌گیری شد.

مقدار حجم آب آبیاری با توجه به فرمول‌های زیر محاسبه و اعمال گردید:

$$H = \rho_b (\theta_{F,C} - \theta_m) D \quad (1)$$

$$V = H \times A \quad (2)$$

در رابطه‌های ۱ و ۲، H ارتفاع آب داخل کرت، ρ_b جرم مخصوص ظاهری خاک، $\theta_{F,C}$ رطوبت در حد ظرفیت مزرعه، θ_m رطوبت جرمی کرت مورد نظر در زمان آبیاری، D عمق توسعه ریشه (cm)، V حجم آب آبیاری در کرت (m^3) و A مساحت کرت (m^2) است.

۱۴ هیبرید ذرت شامل ۱۱ هیبرید جدید که توسط بخش تحقیقات ذرت و گیاهان علوفه‌ای موسسه تحقیقات

تنش خشکی می‌بایست بیشترین توجه را به حساسیت عملکرد آن‌ها نسبت به خشکی معطوف کرد [۶]. اما محقق دیگر معتقد است که به کمک شاخص‌ها می‌توان واکنش ارقام نسبت به خشکی را تعیین و به جداسازی ارقام تحمل‌کننده و حساس نسبت به خشکی پرداخت [۵]. از نظر او بهترین شاخص‌ها، شاخص‌هایی هستند که همبستگی بالایی با عملکرد در شرایط طبیعی و تنشی داشته باشند. زیرا این شاخص‌ها قادر به جداسازی و شناسایی هیبریدهایی با عملکرد بالا در هر دو محیط هستند [۵].

واکنش هیبریدهای ذرت و لاین‌های والدی آن‌ها به خشکی با استفاده از شاخص‌های مختلف تحمل به تنش بررسی شد. نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که شاخص STI، نسبت به سایر شاخص‌ها شامل MP، TOL و SSI از برتری‌های بیشتری برای گزینش ارقام مطلوب در شرایط تنش و بدون تنش برخوردار است [۱۰]. با ارزیابی برخی از شاخص‌های تحمل به خشکی در چند ژنوتیپ جو بهاره، همبستگی معنی‌داری بین شاخص STI با شاخص‌های MP، GMP و میانگین هارمونیک در شرایط تنش و بدون تنش گزارش شد [۴].

نتایج بررسی و ارزیابی اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه در هشت ژنوتیپ ذرت دیررس، در شرایط بدون تنش و تنش خشکی در مراحل زایشی و رویشی، نشان داد که بر اساس شاخص‌های STI و GMP هیبریدهای با عملکرد بالا در دو محیط شرایط تنش و بدون تنش می‌توانند انتخاب گردند، ولی با استفاده از شاخص SSI فقط هیبریدهایی با میانگین عملکرد بالا در شرایط تنش خشکی می‌توانند انتخاب گردند [۹].

از بین شاخص‌های مقاومت به خشکی مورد بررسی، شاخص STI را به عنوان مطلوب‌ترین شاخص برای گزینش ژنوتیپ‌های برتر ذرت در شرایط معمول و تنش تعیین شد. بر همین اساس، در شرایط آزمایش خود هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ را جهت کشت در شرایط معمول و هیبرید تری وی کراس ۶۰۰ را جهت کشت در شرایط تنش، پیشنهاد کردند [۱۴].

وقوع تنش خشکی به عنوان یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های کشت ذرت باعث بروز یک سری تغییرات

اساس فرمول ارائه شده توسط فرناندز (۱۹۹۲)؛ هستند.
[۳]:

(۳)

$$TOL = Yp_Ys$$

$$GMP = \sqrt{Yp \times Ys} \quad (۴)$$

$$SSI = \frac{1 - \frac{Ys}{Yp}}{SI} \quad (۵)$$

$$MP = \frac{Yp + Ys}{2} \quad (۶)$$

$$STI = \frac{Yp \times Ys}{(YP)^2} \quad (۷)$$

$$Harm = \frac{2(Yp \times Ys)}{Yp + Ys} \quad (۸)$$

$$SI = 1 - \frac{Xs}{XP} \quad (۹)$$

که در این رابطه‌ها:

TOL: شاخص تحمل، mp: میانگین حسابی، GMP: میانگین هندسی، STI: شاخص تحمل به خشکی، SSI: شاخص حساسیت به خشکی، Harm: میانگین هارمونیک، Ys عملکرد لاین در شرایط تنش و Yp عملکرد در شرایط بهینه، Xs میانگین لاین‌ها در شرایط تنش و Xp میانگین عملکرد لاین‌ها در شرایط بدون تنش است.
درصد تغییر صفات بر اثر تنش به صورت زیر محاسبه شد:
(۱۰)

درصد تغییر صفت

$$= \frac{\text{میزان صفت در شرایط تنش} - \text{میزان صفت در شرایط بدون تنش}}{\text{میزان صفت در شرایط بدون تنش}} \times 100$$

در آخر، داده‌ها به‌وسیله نرم افزارهای آماری SAS و Minitab بررسی و تجزیه و تحلیل شد.

نتایج و بحث

عملکرد علوفه خشک بر اثر تنش خشکی نسبت به تیمار آبیاری کامل، کاهش معنی‌داری نشان می‌دهد، ولی بین دو تنش خفیف و شدید تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (جدول ۳ و ۲). هیبریدها از نظر علوفه خشک یکسان عمل کرده و همگی در یک گروه میانگینی قرار گرفته‌اند (جدول ۴).

اصلاح و تهیه نهال و بذر تولید گردید به همراه سه هیبرید تجاری ذرت (KSC700، KSC704 و KSC720) به عنوان شاهد عامل فرعی به کرت‌های فرعی اختصاص یافتند. بنابراین، تیمارهای آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. هر کرت آزمایشی شامل ۳ خط ۷ متری بود و تراکم کاشت مورد نظر ۷۵۰۰۰ بوته در هکتار با فاصله ردیف‌های کاشت ۷۵ سانتیمتر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۱۷/۵ سانتیمتر در نظر گرفته شد. مشخصات هیبریدهای مورد آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. هیبریدهای دبررس ذرت مورد آزمایش

شماره	هیبرید
۱	K47/2-2-1-4-1-1-1×MO17
۲	K3653/2×K19
۳	K3653/2×MO17
۴	KSC700
۵	KSC704
۶	KSC720
۷	KLM76004/3-2-1-1-1-1-1-1×K3545/6
۸	K74/2-2-1-2-1-1-1-1×K3545/6
۹	K47/2-2-1-2-2-1-1-1×K3544/1
۱۰	KL M76004/3-2-1-1-1-1-1-1×K3544/1
۱۱	K47/2-2-1-2-1-1-1-1×K3544/1
۱۲	K47/3-1-2-7-1-1-1×MO17
۱۳	KLM77029/8-1-2-3-2-3×MO17
۱۴	KLM76005/2-3-1-1-1-1×MO17

برای اندازه‌گیری عملکرد علوفه خشک بر حسب کیلوگرم در هکتار، از خط میانی در هر کرت فرعی، پس از حذف اثرات حاشیه‌ای، ۱۰ بوته در انتهای مرحله شیری شدن دانه برداشت و به مدت ۴ روز در آون با دمای ۷۰°C قرار داده شد. سپس وزن خشک کل بوته و اجزای مختلف آن (برگ، بلال، ساقه، غلاف) به‌طور جداگانه وزن گردید. شاخص‌های مورد مطالعه شامل:

شاخص تحمل به خشکی (TOL)؛ شاخص بهره‌وری (MP) بر اساس فرمول ارائه شده توسط روزیل و هامبلین (۱۹۸۱)؛ شاخص حساسیت به تنش (SSI) بر اساس فرمول ارائه شده توسط فیشر و مورر (۱۹۷۸)؛ شاخص تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی (GMP) بر

جدول ۲. تجزیه واریانس عملکرد علوفه خشک هیبریدهای ذرت تحت تاثیر سه تیمار تنش کم آبیاری

منابع تغییر	تکرار یا بلوک	تنش خشکی	خطای a	هیبرید	هیبرید×تنش خشکی	خطای b	CV
عملکرد علوفه خشک	**۱۱۹۶۹۰۲۶/۴	**۱۵۶۴۸۸۰۸۶/۴	^{ns} ۱۹۱۷۳۷۳۴/۹	^{ns} ۶۴۹۰۶۹۰/۳	^{ns} ۶۳۶۲۱۵۵/۱	۸۹۳۱۳۸۱	۱۶/۲۲

** و * و ns به ترتیب نشان دهنده معنی دار در سطح ۱ درصد، در سطح ۵ درصد و غیر معنی دار هستند.

جدول ۳. مقایسه میانگین تیمارهای مورد مطالعه تنش خشکی

تیمار تنش خشکی	عملکرد علوفه خشک (kg/ha)
۷۰ میلیمتر	۲۰۸۳۵/۷ ^a
۱۰۰ میلیمتر	۱۸۰۷۷ ^b
۱۳۰ میلیمتر	۱۷۰۵۸/۳ ^b

حروف مشابه در یک گروه میانگینی قرار دارند.

جدول ۴. مقایسه میانگین عملکرد علوفه خشک (kg/ha) هیبریدهای مورد مطالعه در تنش خشکی

شماره هیبرید	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴
عملکرد علوفه خشک Kg/ha	a۱۱۷۱۲	۱۸۶۱۷a	۱۷۷۱۳a	۱۹۱۶۵a	۱۷۹۱۹a	۱۸۱۱۷a	۱۸۴۱۶a	۱۹۱۳۶a	۱۸۰۶۱a	۱۹۹۰۵a	۱۷۰۲۵a	۱۸۶۱۱a	۱۹۶۰۹a	۱۸۵۴۳a

حروف مشابه در یک گروه میانگینی قرار دارند.

خشک را در بین همه هیبریدها در شرایط نرمال دارد. بنابراین، در گزینش توسط این شاخص باید توجه کرد که با وجود کم بودن تغییرات عملکرد، عملکرد هیبرید در هر دو شرایط طبیعی و تنش بالا باشد.

در تنش شدید هیبرید شماره ۷ با عملکرد ۱۹/۶ تن در هکتار در شرایط معمولی و ۱۸/۵ تن در هکتار در شرایط تنش شدید هیبرید متحمل و هیبریدهای ۲ و ۱۲ با عملکردهای به ترتیب ۲۱/۹ و ۲۱/۲ تن در هکتار در شرایط طبیعی و ۱۵/۱ و ۱۵/۶ تن در هکتار در شرایط تنش شدید هیبریدهای حساس به تنش خشکی بودند (جدول ۵ و ۶).

بر اساس شاخص STI، هیبریدهای شماره ۲ و ۱۰ و ۱۳ و ۱۲ با عملکرد به ترتیب ۲۱/۹ و ۲۳/۶ و ۲۱/۶ و ۲۱/۲ تن در هکتار در شرایط نرمال، و عملکرد ۱۹/۶ و ۱۸/۶ و ۲۱/۵ و ۱۹/۷ تن در هکتار در شرایط تنش ملایم، به عنوان هیبرید متحمل به تنش ملایم؛ و هیبریدهای ۹ و ۱۱ با عملکردهای به ترتیب ۲۲/۶ و ۱۸/۵ تن در هکتار در

بر اساس شاخص SSI: مقدار SI یا سختی محیط در شرایط ملایم ۰/۱۳ اندازه گیری شد که نسبت به محیط با تنش شدید که مقدار SI آن برابر ۰/۱۸ اندازه گیری شده بود، به مقدار ۰/۰۵ کمتر است (جدول ۵ و ۶).

در بین ۱۴ هیبرید مورد بررسی هیبریدهای ۱ و ۱۳ به ترتیب با عملکرد علوفه خشک برابر ۱۸/۳ و ۲۱/۵ تن در هکتار در شرایط تنش ملایم و عملکردهای ۱۹/۲ و ۲۱/۶ تن در هکتار در شرایط آبیاری معمولی به عنوان هیبریدهای متحمل شناسایی شدند. در مقابل هیبریدهای شماره ۴ و ۹ با عملکردهای ۲۲/۲ و ۲۲/۶ تن در هکتار در شرایط طبیعی و ۱۶/۹ و ۱۴/۹ تن در هکتار در شرایط تنش ملایم به عنوان هیبریدهای حساس به تنش ملایم معرفی شدند. همان طور که دیده می شود در واقع این شاخص به تغییرات عملکرد حساس است. مقدار کاهش عملکرد در دو هیبرید ۱ و ۱۳ کمتر از میزان کاهش آن در هیبریدهای ۴ و ۹ است؛ این در حالی است که هیبریدهای ۴ و ۹ بعد از هیبرید شماره ۱۰ بالاترین عملکرد علوفه

جفت‌هایی از اعداد که با یکدیگر تفاوت ماهوی دارند، مربع میانگین هندسی یکسان باشد [۱۲]. بر اساس نتایج، با وجودی که عملکرد هیبرید ۱۲ برابر ۱۵/۶ تن در هکتار در شرایط تنش شدید است و از هیبرید شماره ۱۱ با عملکرد ۱۵/۹ تن در هکتار در شرایط تنش شدید کمتر است، ولی این شاخص آن را به عنوان حساس شناسایی نکرده و این به دلیل بالاتر بودن عملکرد هیبرید ۱۲ در شرایط طبیعی (۲۱/۲ تن در هکتار) نسبت به عملکرد هیبرید شماره ۱۱ (۱۸/۵ تن در هکتار) در شرایط طبیعی است که این مقدار کاهش را جبران کرده است (جدول ۵ و ۶).

شرایط نرمال و ۱۴/۹ و ۱۷/۴ تن در هکتار در شرایط تنش ملایم، عنوان هیبریدهای حساس به تنش ملایم معرفی شدند (جدول ۵).

در تنش شدید هیبریدهای ۴ و ۱۰ با عملکردهای به ترتیب ۲۲/۲ و ۲۳/۶ تن در هکتار در شرایط معمولی و ۱۹/۱ و ۱۸/۳ تن در هکتار در شرایط تنش شدید مقاوم به خشکی؛ و هیبریدهای ۱ و ۱۱ با عملکردهای ۱۹/۲ و ۱۸/۵ تن در هکتار در شرایط نرمال و ۱۴/۶ و ۱۵/۹ تن در هکتار در تنش شدید، حساس به خشکی معرفی شدند (جدول ۶).

چون شاخص STI حاصل ضرب دو کمیت ($Y_p \times Y_s$) است و به دلیل خاصیت ضرب اعداد ممکن است برای

جدول ۵. شاخص‌های تحمل خشکی محاسبه شده برای هیبریدهای ذرت در شرایط تنش ملایم ($si=0.13$)

رقم	SSI	STI	MP	TOL	GMP	Harm
۱	۰/۳۵	۰/۸۱	۱۸۷۰۰	۹۰۰	۱۸۶۹۴/۵۸	۱۸۶۸۹/۱۷
۲	۰/۸۱	۰/۹۹	۲۰۷۳۱/۲۵	۲۳۳۷/۵	۲۰۶۹۸/۲۸	۲۰۶۶۵/۳۶
۳	۰/۹۲	۰/۷۸	۱۸۴۰۰	۲۴۰۰	۱۸۳۶۰/۸۳	۱۸۳۲۱/۷۴
۴	۱/۸۳	۰/۸۶	۱۹۵۳۷/۵	۵۳۷۵	۱۹۳۵۱/۷۸	۱۹۱۶۷/۸۲
۵	۱/۳۰	۰/۸۱	۱۸۷۸۸/۷۵	۳۵۴۷/۵	۱۸۷۰۴/۸۴	۱۸۶۲۱/۳
۶	۱/۲۴	۰/۸۴	۱۹۱۸۷/۵۰	۳۴۲۵	۱۹۱۱۰/۹۳	۱۹۰۳۴/۶۶
۷	۰/۶۵	۰/۸۱	۱۸۷۳۱/۲۵	۱۶۸۷/۵	۱۸۷۱۲/۳۴	۱۸۶۹۳/۲۴
۸	۰/۹۲	۰/۸۹	۱۹۶۶۲/۵	۲۵۵۰	۱۹۶۲۱/۱۲	۱۹۵۷۹/۸۲
۹	۲/۵۵	۰/۷۸	۱۸۷۵۰	۷۶۰۰	۱۸۳۶۰/۹	۱۷۹۷۹/۸۷
۱۰	۱/۶۱	۱/۰۱	۲۱۰۶۸/۷۵	۵۰۳۷/۵	۲۰۹۱۷/۶۵	۲۰۷۶۷/۶۴
۱۱	۰/۴۵	۰/۷۴	۱۷۹۱۲/۵	۱۱۰۰	۱۷۹۰۴/۰۵	۱۷۸۹۵/۶۱
۱۲	۰/۵۲	۰/۹۶	۲۰۴۵۰	۱۴۵۰	۲۰۴۳۷/۱۴	۲۰۴۲۴/۳
۱۳	۰/۰۴	۱/۰۷	۲۱۵۲۵	۱۰۰	۲۱۵۲۴/۹۴	۲۱۵۲۴/۸۸
۱۴	۰/۴۳	۰/۸۳	۱۸۹۴۳/۷۵	۱۱۱۲/۵	۱۸۹۳۵/۵۸	۱۸۹۲۷/۴۲

Yp (Yield potential): عملکرد پتانسیل
Harm (Harmonic mean): میانگین هارمونیک
MP (Mean Productivity): میانگین بهره وری
TOL (Tolerance Index): شاخص تحمل

Ys (Yield in stress condition): عملکرد تنش
SSI (Stress Susceptibility Index): حساسیت شاخص
STI (Stress Tolerance Index): شاخص تحمل به تنش
GMP (Geometrical Mean Productivity): میانگین هندسی

شرایط تنش ملایم به عنوان متحمل؛ و هیبرید ۹ با عملکرد ۲۲/۶ تن در هکتار در شرایط نرمال و ۱۴/۹ تن در هکتار در شرایط تنش ملایم، حساس شناسایی شد (جدول ۵). هیبرید ۲ با عملکرد ۲۱/۹ تن در هکتار در شرایط نرمال و ۱۵/۱ تن در هکتار در تنش شدید حساس؛ و هیبریدهای ۷ و ۱۴ با کمترین کاهش عملکرد در تنش شدید هیبریدهای متحمل بودند (۱۹/۶ و ۱۹/۵ تن در هکتار در شرایط نرمال و ۱۸/۵ و ۱۸/۴ تن در هکتار در شرایط تنش شدید) (جدول ۶).

شاخص TOL، هیبریدها را بر اساس تغییرات عملکردشان، گروه بندی می‌کند. هرچه میزان تغییرات کمتر باشد، هیبرید ثبات بیشتری در شرایط تنش نشان داده و متحمل خواهد بود. هرچند این امر ممکن است باعث ایجاد اشتباه نیز شود، چون همیشه تغییرات کمتر نشان دهنده عملکرد بالاتر نیست و گاهی عملکرد یک هیبرید در هر دو شرایط نرمال و تنش پایین است و تغییرات آن نیز کم است. در شرایط تنش ملایم، هیبریدهای ۱ و ۱۳ با عملکردهای به ترتیب ۱۹/۲ و ۲۱/۶ تن در هکتار در شرایط نرمال، و ۱۸/۳ و ۲۱/۵ تن در هکتار در

جدول ۶. شاخص‌های تحمل به خشکی محاسبه شده برای هیبریدهای ذرت در شرایط تنش شدید (si=0.18)

رقم	SSI	STI	MP	TOL	GMP	Harm
۱	۱/۳۱	۰/۶۴	۱۶۸۸۰	۴۵۴۰	۱۶۷۲۶/۶۷	۱۶۵۷۴/۷۳
۲	۱/۷۲	۰/۷۶	۱۸۴۹۳/۵	۶۸۱۲/۵	۱۸۱۷۷/۳۶	۱۷۸۶۶/۳۷
۳	۰/۷۳	۰/۷۷	۱۸۳۰۰	۲۶۰۰	۱۸۲۵۳/۷۷	۱۸۲۰۷/۶۵
۴	۰/۷۷	۰/۹۸	۲۰۶۸۱/۲۵	۳۰۸۷/۵	۲۰۶۲۳/۵۵	۲۰۵۶۶/۰۲
۵	۱	۰/۸	۱۸۷۰۶/۲۵	۳۷۱۲/۵	۱۸۶۱۳/۹۲	۱۸۵۲۲/۰۵
۶	۱/۰۹	۰/۸۱	۱۸۸۳۱/۲۵	۴۱۳۷/۵	۱۸۷۱۷/۲۷	۱۸۶۰۳/۹۸
۷	۰/۳۱	۰/۸۳	۱۹۰۲۵	۱۱۰۰	۱۹۰۱۷/۰۵	۱۹۰۰۹/۱
۸	۰/۵۶	۰/۹۱	۱۹۸۶۸/۷۵	۲۱۳۷/۵	۱۹۸۳۹/۹۸	۱۹۸۱۱/۲۶
۹	۱/۲۸	۰/۹	۱۹۹۲۵	۵۲۵۰	۱۹۷۵۱/۳۳	۱۹۵۷۹/۱۷
۱۰	۱/۲۳	۱	۲۰۹۵۶/۲۵	۵۲۶۲/۵	۲۰۷۹۰/۴	۲۰۶۲۵/۸۷
۱۱	۰/۷۷	۰/۶۸	۱۷۱۷۵	۲۵۷۵	۱۷۱۲۶/۶۷	۱۷۰۷۸/۴۸
۱۲	۱/۴۴	۰/۷۶	۱۸۴۰۲/۵	۵۵۴۵	۱۸۱۹۲/۴۵	۱۷۹۸۴/۸
۱۳	۱/۲۹	۰/۸۲	۱۹۰۴۳/۷۵	۵۰۶۲/۵	۱۸۸۷۴/۷۸	۱۸۷۰۷/۳
۱۴	۰/۳	۰/۸۳	۱۸۹۶۸/۷۵	۱۰۶۲/۵	۱۸۹۶۱/۳۱	۱۸۹۵۳/۸۷

عملکرد پتانسیل: Y_p (Yield potential)
 میانگین هارمونیک: Harm (Harmonic mean)
 میانگین بهره وری: MP (Mean Productivity)
 شاخص تحمل: TOL (Tolerance Index)

عملکرد تنش: Y_s (Yield in stress condition)
 شاخص حساسیت: SSI (Stress Susceptibility Index)
 شاخص تحمل به تنش: STI (Stress Tolerance Index)
 میانگین هندسی: GMP (Geometrical Mean Productivity)

حساس شناسایی شود که فقط عملکرد پایین داشته و ثبات عملکرد نسبت به شرایط طبیعی در نظر گرفته نشده باشد. به عنوان مثال، هیبرید شماره ۹ توسط این شاخص حساس شناسایی نشد در حالی که کاهش عملکرد آن از شرایط نرمال به تنش شدید ۵/۳ تن در هکتار بود و در مقایسه، کاهش عملکرد در هیبرید ۱۱ از نرمال به شدید حدود ۳/۶ تن در هکتار بود (جدول ۵ و ۶).

گزینش هیبریدها بر اساس دو شاخص Harm, GMP به طور تقریب نتیجه یکسانی داشت. هیبریدهای ۲، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ با عملکردهای به ترتیب ۱۲/۹، ۲۳/۶، ۲۱/۲ و ۱۹/۵ تن در هکتار در شرایط نرمال و ۱۸/۶، ۱۹/۶، ۱۸/۷ و ۱۸/۴ تن در هکتار در شرایط تنش ملایم هر دو شاخص متحمل به تنش ملایم شناسایی شد (جدول ۵). از طرفی بر اساس این دو شاخص هیبریدهای ۴ و ۱۰ نیز با عملکردهای ۲۲/۲ و ۲۳/۶ تن در هکتار در شرایط نرمال و ۱۹/۱ و ۱۸/۳ تن در هکتار در شرایط تنش به عنوان تحمل کننده به تنش شدید معرفی شدند (جدول ۶). در بین هیبریدها، هیبرید شماره ۱۱ با عملکرد ۱۷/۴ تن در هکتار در تنش ملایم و ۱۸/۵ تن در هکتار در شرایط نرمال توسط هر دو شاخص؛ و هیبرید شماره ۹ توسط شاخص Harm با عملکرد ۲۲/۶ تن در هکتار در شرایط نرمال و ۱۴/۹ تن در هکتار در شرایط تنش ملایم به عنوان

شاخص MP برای گزینش هیبریدهای پرمحصول و متحمل به خشکی ذرت مطلوب است [۲]. هیبریدهای شماره ۲ و ۱۰ و ۱۲ و ۱۳ با عملکردهایی به ترتیب ۲۱/۹، ۲۳/۶، ۲۱/۲، ۲۱/۶ تن در هکتار در شرایط نرمال و ۱۹/۶، ۱۸/۶، ۱۹/۷، ۲۱/۵ تن در هکتار در شرایط تنش ملایم به عنوان متحمل به این شرایط؛ و هیبرید ۱۱ با عملکرد ۱۸/۵ تن در هکتار در شرایط نرمال و عملکرد ۱۷/۴ تن در هکتار در شرایط؛ تنش ملایم به عنوان حساس به این شرایط معرفی شدند (جدول ۵).

در تنش شدید این شاخص، هیبریدهای ۴ و ۱۰ را با عملکردهای به ترتیب ۱۹/۱ و ۱۸/۳ تن در هکتار در شرایط تنش شدید، به عنوان تحمل کننده و هیبریدهای ۱ و ۱۱ را با عملکردهای به ترتیب ۱۴/۶ و ۱۵/۹ تن در هکتار به عنوان حساس به این شرایط مشخص کرد (جدول ۶).

هیبرید شماره ۱۱ کمترین محصول علوفه در شرایط نرمال در بین همه هیبریدها را دارا بود و با وجودی که در شرایط تنش هیبریدهایی با عملکردهای پایین تر از آن هم وجود داشت، به عنوان حساس شناسایی شد. بنابراین، استفاده از این شاخص باید توجه کرد که هیبرید گزینش شده دارای عملکرد مناسبی در هر دو شرایط طبیعی و تنش خشکی باشد، وگرنه ممکن است هیبریدی به عنوان

حساس به تنش ملایم شناسایی شد (جدول ۵). هکتار در تنش شدید و ۱۹/۲ و ۱۸/۵ تن در هکتار در شرایط نرمال حساس به تنش شدید معرفی شد (جدول ۶). هیبریدهای ۱ و ۱۱ با عملکردهای ۱۴/۶ و ۱۵/۹ تن در

جدول ۷. ضریب همبستگی بین شاخص‌های تحمل به خشکی با عملکرد ژنوتیپ‌های ذرت در شرایط تنش ملایم

	yp	ys	SSI	STI	MP	TOL	GMP	Harm
yp	۱							
ys	۰/۰۵۱ ^{ns}	۱						
SSI	۰/۶۲۵*	-۰/۷۴۶**	۱					
STI	۰/۶۲۹*	۰/۸۰۷**	-۰/۲۱۲ ^{ns}	۱				
MP	۰/۷۰۶**	۰/۷۴۳**	-۰/۱۱ ^{ns}	۰/۹۹۴**	۱			
TOL	۰/۶۶۷**	-۰/۷۱**	۰/۹۹۸**	-۰/۱۵۸ ^{ns}	-۰/۰۵۶ ^{ns}	۱		
GMP	۰/۶۳۸ ^{ns}	۰/۸۰۱**	-۰/۳ ^{ns}	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۵**	-۰/۱۴۷ ^{ns}	۱	
Harm	۰/۵۶۸*	۰/۸۴۹**	-۰/۲۸۴ ^{ns}	۰/۹۹۵**	۰/۹۸۲**	-۰/۲۳۲ ^{ns}	۰/۹۹۵**	۱

ns, *, ** به ترتیب نشان دهنده غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد هستند.

Y_p (Yield potential): عملکرد پتانسیل
 Y_s (Yield in stress condition): عملکرد تنش
 Harm (Harmonic mean): میانگین هارمونیک
 SSI (Stress Susceptibility Index): شاخص حساسیت
 MP (Mean Productivity): میانگین بهره‌وری
 STI (Stress Tolerance Index): شاخص تحمل به تنش
 TOL (Tolerance Index): شاخص تحمل
 GMP (Geometrical Mean Productivity): میانگین هندسی

جدول ۸. ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل به خشکی با عملکرد ژنوتیپ‌های ذرت در شرایط تنش شدید

	yp	ys	SSI	STI	MP	TOL	GMP	Harm
yp	۱							
ys	۰/۲۷ ^{ns}	۱						
SSI	۰/۴۹۹ ^{ns}	-۰/۶۹۶**	۱					
STI	۰/۷۵۳**	۰/۸۳۵**	-۰/۱۸۹ ^{ns}	۱				
MP	۰/۸۰۱**	۰/۷۹۲**	-۰/۱۱۶ ^{ns}	۰/۹۹۵**	۱			
TOL	۰/۶۱۳*	-۰/۵۹۳*	۰/۹۸۹**	-۰/۰۵۵ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۱		
GMP	۰/۷۵۴**	۰/۸۳۵**	-۰/۱۸۹ ^{ns}	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۷**	-۰/۰۵۴ ^{ns}	۱	
Harm	۰/۷۰۵**	۰/۸۷۳**	-۰/۲۵۹ ^{ns}	۰/۹۹۶**	۰/۹۹۸**	-۰/۱۲۶ ^{ns}	۰/۹۹۷**	۱

ns و * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

Y_p (Yield potential): عملکرد پتانسیل
 Y_s (Yield in stress condition): عملکرد تنش
 Harm (Harmonic mean): میانگین هارمونیک
 SSI (Stress Susceptibility Index): شاخص حساسیت
 MP (Mean Productivity): میانگین بهره‌وری
 STI (Stress Tolerance Index): شاخص تحمل به تنش
 TOL (Tolerance Index): شاخص تحمل
 GMP (Geometrical Mean Productivity): میانگین هندسی

توان این شاخص‌ها را به عنوان شاخص‌های مناسب در گزینش هیبریدها به شمار آورد که این با نتیجه تحقیقات [۷] نیز همسو است. شاخص‌های Mp, GMP, STI و Harm را که دارای بیشترین همبستگی با عملکرد در شرایط نرمال و سطوح مختلف تنش بودند به عنوان شاخص‌های برتر معرفی شدند [۳].

در بررسی ضرایب‌های همبستگی، شاخص‌های STI, Harm, MP در تنش ملایم، همبستگی مثبت و معنی‌داری با هر دو عملکرد نرمال و در شرایط تنش دارند (جدول ۷). در شرایط تنش شدید نیز ضرایب STI, MP, Harm, GMP همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکردهای نرمال و تنش دارند (جدول ۸). بنابراین، می-

به هیبریدهای شماره ۷، ۸ و ۱۴ است. بالاترین تغییرات نیز مربوط به هیبریدهای شماره ۴، ۹ و ۱۰ در تنش ملایم، و هیبریدهای شماره ۱، ۲، ۹، ۱۰، ۱۲ و ۱۳ در تنش شدید است (جدول ۹).

تجزیه خوشه‌ای انجام شده بر اساس عملکرد علوفه خشک و چهار شاخص تحمل به تنش (MP, STI, Harm, GMP) در تنش ملایم، هیبریدهای ذرت علوفه‌ای جدید را به ۳ گروه اصلی تقسیم کرد. هیبریدهای شماره ۳، ۱۴، ۱۷، ۱ و ۱۱ در گروه هیبریدهای حساس‌تر، هیبریدهای شماره ۴، ۵، ۶، ۸ و ۹ در گروه هیبریدهای با تحمل متوسط و در آخر هیبریدهای ۲، ۱۲، ۱۰ و ۱۳ نیز در گروه هیبریدهای متحمل طبقه‌بندی شد (شکل ۱).

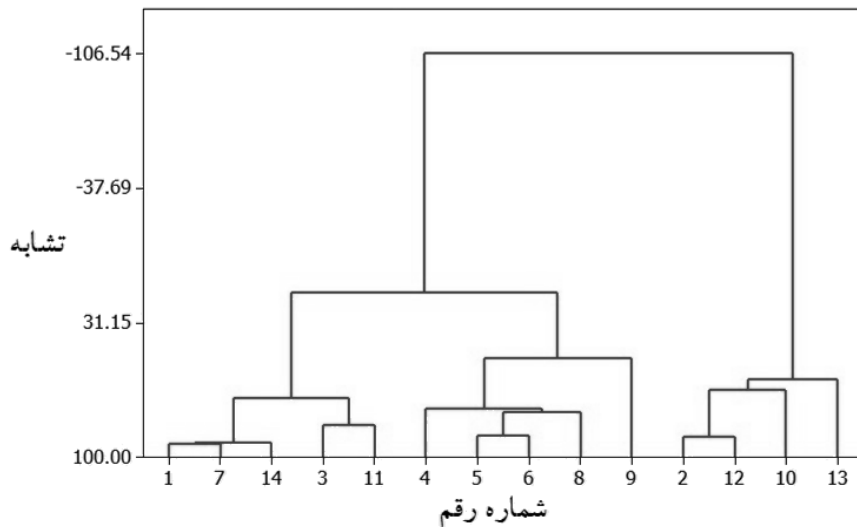
از طرفی در بین شاخص‌های مورد مطالعه، شاخص‌های MP, STI, Harm, GMP دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با همدیگر بودند، بنابراین، این شاخص‌ها گزینش یکسانی در بین هیبریدها خواهند داشت (جدول ۷ و ۸). و درتجزیه خوشه‌ای انجام شده برای هیبریدها در تنش‌های مختلف از همین چهار شاخص استفاده شد. شاخص‌های SSI و TOL نیز دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با یکدیگر هستند و گزینش آن‌ها نیز در بین هیبریدها یکسان خواهد بود.

در مطالعه درصد تغییر صفت عملکرد علوفه خشک در تنش ملایم، کمترین تغییرات مربوط به هیبریدهای شماره ۱، ۱۱، ۱۳، ۱۴ و در تنش شدید کمترین تغییرات مربوط

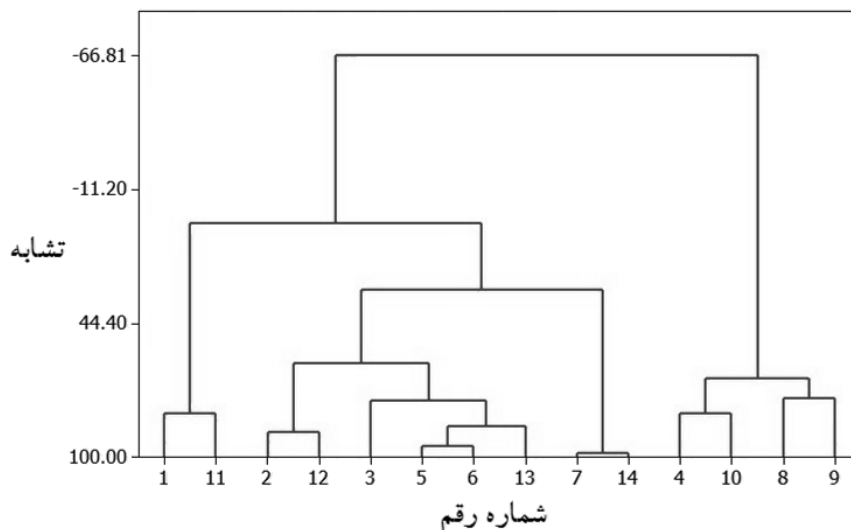
جدول ۹. درصد تغییر صفت در دو تنش ملایم و شدید نسبت به آبیاری نرمال

رقم	Yp	Ys ₁	Ys ₂	درصد تغییر صفت Ys ₁	درصد تغییر صفت Ys ₂
۱	۱۹۱۵۰	۱۸۲۵۰	۱۴۶۱۰	۴/۷	۲۳/۷۱
۲	۲۱۹۰۰	۱۹۵۶۲	۱۵۰۸۷/۵	۱۰/۶۶۷	۳۱/۱۱
۳	۱۹۶۰۰	۱۷۲۰۰	۱۷۰۰۰	۱۲/۲۴	۱۳/۲۷
۴	۲۲۲۲۵	۱۶۸۵۰	۱۹۱۳۷/۵	۲۴/۱۸	۱۳/۸۹
۵	۲۰۵۶۲/۵	۱۷۰۱۵	۱۶۸۵۰	۱۷/۲۵	۱۸/۰۵
۶	۲۰۹۰۰	۱۷۴۷۵	۱۶۷۶۲/۵	۱۶/۳۹	۱۹/۸
۷	۱۹۵۷۵	۱۷۸۸۷/۵	۱۸۴۷۵	۸/۶۲	۵/۶۲
۸	۲۰۹۳۷/۵	۱۸۳۸۷/۵	۱۸۸۰۰	۱۲/۱۸	۱۰/۲۱
۹	۲۲۵۵۰	۱۴۹۵۰	۱۷۳۰۰	۳۳/۷	۲۳/۲۸
۱۰	۲۳۵۸۷/۵	۱۸۵۵۰	۱۸۳۲۵	۲۱/۳۶	۲۲/۳۱
۱۱	۱۸۴۶۲/۵	۱۷۳۶۲/۵	۱۵۸۸۷/۵	۵/۹۶	۱۳/۹۵
۱۲	۲۱۱۷۵	۱۹۷۲۵	۱۵۶۳۰	۶/۸۵	۲۶/۱۹
۱۳	۲۱۵۷۵	۲۱۴۷۵	۱۶۵۱۲/۵	۰/۴۶	۲۳/۴۶
۱۴	۱۹۵۰۰	۱۸۳۸۷/۵	۱۸۴۳۷/۵	۵/۷	۵/۴۵

عملکرد پتانسیل: Y_p (Yield potential) عملکرد تنش: Y_s (Yield in stress condition)



شکل ۱. گروه‌بندی هیبریدهای علوفه‌ای ذرت در تنش خشکی ملایم بر اساس عملکرد علوفه خشک و شاخص‌های تحمل به تنش.



شکل ۲. گروه‌بندی هیبریدهای علوفه‌ای ذرت در تنش خشکی شدید بر اساس عملکرد علوفه خشک و شاخص‌های تحمل به تنش.

در پایان می‌توان گفت هیبرید شماره ۱۰ در دو تنش ملایم و شدید جزو گروه تحمل‌کنندگان بوده و به عنوان هیبرید علوفه‌ای مناسب در شرایطی که احتمال وقوع تنش خشکی وجود دارد به حساب می‌آید. در بررسی خصوصیات هیبریدها دیده می‌شود که بیشترین وزن خشک ساقه مربوط به هیبرید شماره ۱۰ بوده (۷۹۴ گرم در مترمربع) و از طرفی وزن بلال هم در این هیبرید جزو گروه‌بندی a قرار دارد [۱۵]. این خصوصیت می‌تواند باعث عدم کاهش میزان علوفه

دندوگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای و گروه‌بندی هیبریدهای ذرت علوفه بر اساس عملکرد علوفه خشک و چهار شاخص تحمل به تنش (MP, STI, HARM, GMP)، این هیبریدها را در ۴ گروه اصلی قرار داد. هیبریدهای شماره ۱ و ۱۱ در گروه خیلی حساس، هیبریدهای شماره ۲، ۳، ۵، ۶، ۱۲ و ۱۳ در گروه هیبریدهای حساس، هیبریدهای ۷ و ۱۴ در گروه هیبریدهای نسبتاً متحمل و هیبریدهای ۴، ۸، ۱۰ و ۹ در گروه هیبریدهای متحمل قرار گرفتند (شکل ۲).

بوته و وزن بلال در هیبرید ۱۱ پایین است [۱۵] و این دو صفت در تعیین میزان علوفه جزو صفات با اثر مستقیم و همبستگی بالا هستند [۸] که در این هیبرید باعث کاهش علوفه شده است.

در تنش در این هیبرید باشد. هیبریدهای شماره ۱۱ و ۱ نیز با توجه به حساسیت در هر دو نوع تنش، برای محیط هایی که احتمال کم آبی وجود دارد قابل توصیه نیست. طول

References

- [1].Azari Nasr Abadi, A. (2000). Investigating variation and relations in agronomic traits and yield component in maize using factor analyses, Msc thesis, University of Tehran, Faculty of Agriculture, (in Farsi).
- [2].Ahmadzade, A. (1998). The best drought tolerance indicator determination in selected maize lines. Msc thesis, University of Tehran, Faculty of Agriculture. (in Farsi)
- [3].Choukan, R., Heidari, A., Mohammadi, A., Haddadi, M. H. (2008). Evaluation of drought tolerance in grain maize hybrids using drought tolerance indices. *Seed and Plant Production Journal*, 24 (3), 543-562. (in Farsi)
- [4].Fath Baheri, S., Javanshir, A., Kazemi, H., Ahari Zad, S. (2003). Evaluation of indicators of drought tolerance in spring barley genotypes. *Journal of Agricultural Science*, 13(3), 95-105, (in Farsi)
- [5].Fernandez, G. C. (1992). Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Proceedings of the Symposium of AVRDC, 13-16 Aug. Taiwan.
- [6].Feres, E., Gimenez, C., Brenngena, J., Fernandez, J., & Domiguez, J. (1983). Genetic variability of sunflower cultivar in response to drought. *Helia*, 6, 17-21.
- [7].Golbashy, M., Ebrahimi, M., Khavari Khorasani, S., Sabour, M. H. (2011). The response of grain corn genotypes to drought and determination of drought tolerance indices. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 9 (1), 103-113, (in Farsi).
- [8].Kara, S. M., Deveci, M., Dede, O., & Sekeroglu, N. (1999). The effects of different plant densities and nitrogen levels on forage yield and some attributes in silage corn. III. Field Crops Congress in Turkey, 15-18 November, III: 172-177, Adana.
- [9].Khalily, M., Moghaddam, M., Kanouni, H., Asheri, E. (2010). Dissection of drought stress as a grain production constraint of maize in Iran. *Asian Journal of Crop Science*, 2 (2), 60-69.
- [10].Moghaddam, A., Hadizadeh, M. H. (2002). Response of corn (*Zea mays* L.) Hybrids and their parental lines to drought using different stress tolerance indices, *Seed and Plant Production Journal*, 2, 18 (3), 255-272.
- [11].Safari, S., Dehghani, J., Chogan, R. (2009-10). Studying drought tolerance indices in maize inbred lines under limited and complete irrigation. *Journal of Plant Protection*, 23 (2), 20-25.
- [12].Naderi, A., Majid harvan, A., Hashemi Dezfuli, A., Rezaee, A., Nourmohamadi, G. (2000). Analyses the efficiency of a biotic stress tolerance indicators in crops and introducing a new indices. *Seed and plant Journal*, 15, 390-402, (in Farsi).
- [13].Sarvar, A. K. M. G., & Ali, M. A. (1999). Effect of water stresses on the growth features of different maize (*Zea mays* L.) cultivars. *Pakistan Journal of Botany*, 31 (2), 455-654.
- [14].Shoae Hosseini, S. M., Farsi, M., Khavari Khorasani, S. (2008). Investigation of water deficit stress effects on yield and yield components using path analysis in some corn hybrids. *Agriculture Knowledge*, 18(1), 71-85, (in Farsi).
- [15].Soltani, M., Azizi, F., Chaichi, M., Heidari Sharifabad, H. (2011). The effect of different irrigation regimes on quantitative and qualitative characteristics of eleven new forage corn hybrids, Msc thesis, Islamic Azad University, Science and Research Branch of Tehran, (in Farsi).
- [16].Westgate, M. E., & Boyer, J. S. (1986). Reproduction at low silk and pollen water potentials in maize. *Crop Science*, 26, 951-956.

Evaluating new forage maize hybrids, based on drought tolerance indicators in low-irrigating regimes

1-M.Soltani, PhD candidate at Ferdowsi University of Mashhad
soltani.mahdiyeh@stu.um.ac.ir

2-F.Azizi, Professor Breeding Research & Developing Seeds & Seedling Institute

3-M.Chaichi, Professor, University of Tehran

Received: 23 Dec 2012

Accepted: 17 Nov 2013

Abstract

To select the best drought tolerant forage maize hybrid, an experiment was conducted in seed and Plant Improvement Institute (Karaj), in 2010. The experimental design was split plot based on randomized complete block with three replications. Three irrigation regimes (irrigating after 70, 100 and 130 mm evaporation from surface of class A pan) were considered as main factor and 14 maize hybrids (11 new hybrids and three commercial hybrids KSC700, KSC704 and KSC720) were assigned to the sub plots. Based on results, hybrid No.10 was tolerant in both mild and severe drought stresses and is suggested for further researches. Hybrid No.11 and 1 were the most sensitive hybrids in both mild and severe drought stresses and are not recommended for places with probability of drought stress during. Four indices of MP, GMP, STI and Harm have a high positive correlation with each other and forage yield in mild and severe drought stress can be used as indicators for choosing the best drought tolerant hybrids in the same conditions.

Keywords: Maize hybrids; Drought stress; Forage yield; Drought Tolerance Indicators; Karaj.