Archive of SID

به‌زراعی کشاورزی
دوره ۱۵ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۲
صفحه‌های ۱۳-۱

تعیین شاخص‌های تحمل به خشکی در هیبریدهای مختلف ذرت شیرین

فرهاد عزیزی*[۱]، علی ماهرخ[۲]

۱. استادیار، مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیهٔ نهال بذر، کرج ـ ایران
۲. کارشناس ارشد، مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیهٔ نهال بذر، کرج ـ ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۰/۳/۱۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۷/۱۵

چکیده

به منظور مقایسه و تعیین بهترین شاخص‌های تحمل خشکی در هیبریدهای ذرت شیرین آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر کرج، در سال ۱۳۸۵، انجام شد.۳ تیمار آبیاری (آبیاری پس از ۷۵ (شاهد)، ۱۰۰ و ۱۲۵ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A) به‌عنوان فاکتور اصلی و ۱۲ هیبرید ذرت شیرین شامل سینگل‌کراس ۴۰۳، چیس، اسکوایر، ریوال، رِویل، دیوا، شیمر، شیکر، پی‌اس۱۰۷، گولدا، رویالتی و رانا به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند. در این آزمایش، از شاخص‌های میانگین حسابی (MP)، شاخص تحمل (TOL)، میانگین هندسی(GMP)، شاخص حساسیت به تنش (SSI) و شاخص تحمل به تنش (STI) برای تعیین میزان تحمل یا حساسیت هیبریدها به خشکی استفاده شد. نتایج نشان داد که شاخص‌های STI و GMP همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه در شرایط بدون تنش، تنش ملایم و شدید داشتند. با توجه به این ۲ شاخص هیبریدهای دیوا و گلدا در شرایط مطلوب عملکرد مناسبی داشتند، ولی با حاکم‌شدن شرایط تنش شدید، عملکرد آن‌ها کاهش یافت. هیبریدهای سینگل‌کراس ۴۰۳، اسکوایر، شیمر و شیکر در شرایط بدون تنش عملکرد پایینی داشتند، اما در شرایط تنش شدید عملکرد مناسبی نشان دادند. هیبریدهای چیس، ریوال و رِویل در هر دو شرایط بدون تنش و تنش شدید عملکرد پایینی داشتند. همچنین، از هیبریدهای پی‌اس۱۰۷، رویالتی و رانا در هر دو شرایط مطلوب و تنش شدید عملکرد قابل قبولی حاصل شد. بنابراین، کشت این هیبریدها در هر ۲ شرایط کمبود و فراهمی آب توصیه می‌شود

کلیدواژه‌ها: تنش خشکی، حساسیت، ذرت شیرین، عملکرد دانه، هیبرید.

* نویسنده مسئول Email: fazizi@ymail.com

www.SID.ir

Archive of SID

۱. مقدمه

ذرت شیرین با نام علمی Zea mays var. saccharata یکی از واریته‌های ذرت معمولی است که با حضور ژن و یا ژن‌هایی که بر ساخت نشاسته در آندوسپرم تأثیر می‌گذارند، از میان انواع ذرت متمایز شده است و کاربرد آن را به‌عنوان سبزی ممکن می‌سازد. حدود ۳۰ سال قبل الل قندی‌بودن (su) بر روی کروموزوم شمارهٔ ٤ ذرت شیرین شناسایی شد و امروزه، حداقل ۷ ژن دیگر نیز شناسایی شده‌اند که بر ساخت کربوهیدرات آندوسپرم اثر می‌گذارند و به‌صورت انفرادی و ترکیبی در ارقام ذرت شیرین به‌کار می‌روند [۱۳]. این ژن‌ها بر کیفیت خوراکی (طعم، نرمی و بافت)، ظاهر بلال و بوته و قدرت زندگی اثر می‌گذارند. از میان این ژن‌ها، ژنی که در وسیع‌ترین شکل به‌کار می‌رود، ژن چروکیدگی (sh2) است [۱۳].

به‌طور کلی به هر عامل یا ترکیبی از عوامل محیطی که باعث شود گیاه نتواند به اندازهٔ پتانسیل ژنتیکی خود رشد کند، تنش گفته می‌شود. تنش خشکی در نتیجهٔ نبود تعادل بین تبخیر و تعرق و بارندگی به وجود می‌آید. در واقع خشکی نتیجهٔ بارندگی کم، دمای بالا و وزش باد است و واکنش گیاه نسبت به آن، بستگی به مرحله‌ای از رشد گیاه دارد که خشکی در آن روی می‌دهد [۱۵].

در جهان حدود ۱٦۰ میلیون هکتار ذرت به‌صورت فاریاب کشت می‌شود که به دلیل وجود شرایط خشکی حدود ۲۵ درصد کاهش عملکرد گزارش شده است [٦]. به دلیل توزیع غیریکنواخت و نامنظم بارندگی کاهش محصول در مناطق گرمسیری بیشتر است. در نواحی که آب کافی برای کشت ذرت موجود باشد، برداشت سودآور محصول به دلیل کاهش حجم آب آبیاری میّسر نیست [۱٦، ۱۲]. از آنجا که تحمل خشکی صفتی پیچیده است و با تعداد زیادی ژن کنترل می‌شود، پیشرفت به‌نژادی ذرت برای تحمل خشکی بسیار کند انجام می‌شود. بنابراین، به‌نژادگران به منظور اصلاح ذرت از صفات ثانویه و شاخص‌های انتخاب برای گزینش ژنوتیپ‌های برتر تحت شرایط تنش خشکی بهره برده‌اند [۱۳]. عملکرد نسبی ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مطلوب و شرایط تنش می‌تواند به‌عنوان معیاری برای شناسایی ژنوتیپ‌های مناسب برای محیط‌های با بارندگی پیش‌بینی‌نشده استفاده شود [۱٤].

در مطالعه‌ای برای شناسایی ژنوتیپ‌های با تحمل زیاد به خشکی تحت شرایط تنش خشکی ملایم (SI=۰/۲۳)[1] و شدید (SI=۰/۷٦)، انتخاب بر مبنای شاخص تحمل (TOL)[2] به نفع ژنوتیپ‌هایی عمل کرد که پتانسیل محصول‌دهی پایینی داشتند. همچنین، انتخاب بر مبنای شاخص میانگین محصول‌دهی (MP)[3] را ژنوتیپ‌هایی شناسایی کردند که پتانسیل محصول‌دهی بالایی داشتند. شاخص حساسیت به تنش (SSI)[4] نیز ژنوتیپ‌هایی را انتخاب می‌کرد که متحمل به تنش بودند، ولی پتانسیل عملکرد پایینی داشتند. این شاخص‌های انتخاب در شناسایی ژنوتیپ‌هایی ناموفق بودند که پتانسیل عملکرد بالا و همچنین، تحمل به تنش بالایی داشتند. بنابراین، یک شاخص انتخاب به نام شاخص تحمل به تنش (STI)[5] پیشنهاد شد که بتواند ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد و تحمل به تنش بالا را شناسایی کند. این شاخص پتانسیل عملکرد را در محیط‌های بدون تنش، تحت شرایط تنش ملایم و تنش شدید در نظر می‌گیرد. بنابراین، هرچه مقدار STI برای یک ژنوتیپ در محیط تنش بیشتر باشد، پتانسیل عملکرد و تحمل آن به تنش نیز بالاتر است [۷].

در بررسی عملکرد ژنوتیپ‌ها در ۲ محیط تنش و بدون تنش، عکس‌العمل گیاهان را می‌توان به ٤ گروه زیر تقسیم کرد: گروه A: ژنوتیپ‌هایی که عملکرد خوبی در هر ۲ محیط تنش و بدون تنش دارند؛ گروه B: ژنوتیپ‌هایی که

1.Stress Intensity
2. Tolerance Index
3. Mean Productivity
4. Stress Susceptibility Index
5. Stress Tolerance Index

www.SID.ir

Archive of SID

فقط عملکرد خوبی در محیط بدون تنش دارند؛ گروه C: ژنوتیپ‌هایی که دارای عملکرد بالایی در محیط تنش هستند و گروه D: ژنوتیپ‌هایی که عملکرد ضعیفی در هر ۲ محیط دارند. مناسب‌ترین معیار انتخاب، معیاری است که نتواند گروه A را از گروه‌های دیگر تشخیص دهد [۷].

در تحقیقی که طی ۳ آزمایش جداگانه برای تعیین بهترین شاخص تحمل به خشکی در لاین‌های ذرت از ۳ گروه رسیدگی مختلف انجام شد، شاخص‌های مختلف (SSI، Harm، TOL، STI، GMP و MP) با استفاده از عملکرد دانهٔ تحت شرایط تنش و بدون تنش محاسبه شدند. همچنین، روابط میان این شاخص‌ها با استفاده از روش ترسیمی بای‌پلات نمایش داده شد. در گروه دیررس شاخص‌های STI، GMP، MP و Harm توانستند لاین‌های پرمحصول و متحمل به خشکی را شناسایی کنند، ولی شاخص‌های TOL و SSI کارایی خوبی نداشتند. از آنجا که همبستگی ۲ شاخص GMP و MP با عملکرد تحت شرایط تنش و بدون تنش بالا بود، این شاخص‌ها به‌عنوان شاخص‌های برتر شناسایی شدند. در گروه متوسط‌رس نیز نتایج مشابه گروه دیررس به‌دست آمد. در گروه زودرس، شاخص‌های MP، GMP، Harm و STI همگی در شناسایی لاین‌های مورد نظر موفق بودند و کارایی ۲ شاخص TOL و SSI نیز به علت وجود همبستگی مثبت بین عملکرد تحت شرایط تنش و بدون تنش افزایش یافت [۱]. مطالعهٔ دیگری دربارهٔ ذرت نشان داده است که GMP و STI می‌توانند برای انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در شرایط تنش و غیرتنش به‌کار روند [٤]. به نظر می‌رسد شاخص‌های Harm، STI و GMP توانایی یکسانی در تمایز ژنوتیپ‌های حساس و متحمل داشته باشند [۹]. این تحقیق نیز به منظور مقایسه و تعیین بهترین شاخص‌های تحمل خشکی در هیبریدهای ذرت شیرین و با هدف شناسایی مناسب‌ترین هیبرید متحمل به این تنش انجام شد.

۲. مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر کرج با مشخصات جغرافیایی ۳۵ درجه و ٤۸ دقیقهٔ عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۱۰ دقیقهٔ طول شرقی و ارتفاع ۱۳۲۱ متری از سطح دریا اجرا شد. فاکتور اصلی شامل ۳ رژیم آبیاری بهینه (شاهد)، تنش ملایم و شدید (به ترتیب آبیاری پس از ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A) و فاکتور فرعی شامل ۱۲ هیبرید ذرت شیرین شامل هیبریدهای سینگل‌کراس ٤۰۳[1]، چیس[2]، اسکوایر[3]، ریوال[4]، ویل[5]، دیوا[6]، شیمر[7]، شیکر[8]، پی‌اس۱۰۷[9]، گلدا[10]، رویالتی[11] و رانا[12] بودند. هیبرید سینگل‌کراس ٤۰۳ هیبریدی داخلی و هیبریدهای شمارهٔ ٦ (دیوا)، ۷ (شیمر) و ۸ (شیکر) ذرت بسیار شیرین[13] و بقیه ذرت شیرین معمولی بودند.

زمین آزمایش، در پاییز ۱۳۸٤، شخم عمیق زده شد و در بهار ۱۳۸۵ به محض امکان شروع عملیات کشاورزی اقدام به شخم سبک، کودپاشی، دیسک و ماله برای تسطیح شد. در نیمهٔ دوم اردیبهشت‌ماه، عملیات کاشت به روش دستی اجرا شد. در این آزمایش ۳۰۰ کیلوگرم کود فسفات آمونیوم هم‌زمان با کاشت و ٤۰۰ کیلوگرم کود اوره در ۲ مرحله، ۱ مرحله قبل از کاشت و نیمی در مرحلهٔ ۷ تا ۹ برگی به‌صورت سرک به مزرعه آزمایشی داده شد. هر

1. KSC403su
2. Chase
3. Esquire
4. Rival
5. Reveille
6. Diva
7. Shimmer
8. Shaker
9. PS107
10. Golda
11. Royalty
12. Rana
13. Super sweet corn

www.SID.ir

Archive of SID

کرت شامل ٤ خط به طول ٥ متر بود و فاصلهٔ بین خطوط کاشت ٧٥ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در هر ردیف بذور با فاصلهٔ ١٧/٥ سانتی‌متر از هم قرار داده شدند و در هر کپه ٢ بذر کاشته شد که در مرحلهٔ ٥ تا ٦ برگی عملیات تنک اجرا و تراکم حدود ٧/٦١ بوته در مترمربع حاصل شد. اولین آبیاری، پس از کاشت در اول خردادماه ١٣٨٥ اجرا و به‌عنوان تاریخ کاشت منظور شد. تا مرحلهٔ ٨ تا ١٠ برگی تمامی بوته‌ها به‌صورت یکسان هر هفته یک‌بار آبیاری شدند. از این مرحله به بعد آبیاری براساس میزان تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A در ٣ سطح ٧٥، ١٠٠ و ١٢٥ میلی‌متر اجرا شد.

برای کسب نتایج آماری صحیح و حذف اثر حاشیه، ٢ ردیف از هر طرف و همچنین، ١ متر از ابتدا و انتهای هر ردیف در هنگام نمونه‌برداری و برداشت حذف شد و عملکرد دانه از روی سطحی معادل ٤/٥ مترمربع اندازه‌گیری شد. در این آزمایش از ٥ شاخص میانگین حسابی (MP)، شاخص تحمل (TOL)، میانگین هندسی (GMP)، شاخص حساسیت به تنش (SSI) و شاخص تحمل به تنش (STI) برای تعیین میزان تحمل یا حساسیت هیبریدها به خشکی براساس روابط زیر استفاده شد. شاخص تحمل (TOL) به‌صورت اختلاف عملکرد محیط تنش و بدون تنش محاسبه شد. همچنین، شاخص متوسط محصول‌دهی (MP) به‌صورت میانگین عملکرد در ٢ محیط تنش و بدون تنش برآورد شد [١٥].

$$MP = \frac{Y_p + Y_s}{٢}$$

$$TOL = Y_p - Y_s$$

که در روابط (١) و (٢)، Y_p و Y_s به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

Y_p: عملکرد بالقوه هر هیبرید در محیط بدون تنش

Y_s: عملکرد بالقوه هر هیبرید در محیط تنش

شاخص حساسیت به تنش(SSI) از طریق فرمول زیر محاسبه شد:

$$SSI = \frac{١ - (Y_s / Y_p)}{SI}$$

در مبحث تحمل به خشکی باید شرایط کلی محیط تنش و شدت خشکی محیط را در نظر گرفت. برای محاسبهٔ شدت خشکی محیط یا شدت تنش (SI) باید عملکرد در محیط بهینه را که آبیاری کافی داشته است با عملکرد در محیط تنش مقایسه کرد. بنابراین، شدت تنش از رابطهٔ زیر به‌دست آمد:

$$SI = ١ - (\frac{\overline{Y}_s}{\overline{Y}_p})$$

$\overline{Y}_p$: میانگین عملکرد همهٔ هیبریدها در محیط بدون تنش

$\overline{Y}_s$: میانگین عملکرد همهٔ هیبریدها در محیط تنش

شاخص تحمل به تنش (STI) برای شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا تحت هر ٢ شرایط تنش و بدون تنش با فرمول زیر محاسبه شد(٧):

$$STI = (\frac{Y_p}{\overline{Y}_p})(\frac{Y_s}{\overline{Y}_s})(\frac{\overline{Y}_s}{\overline{Y}_p}) = \frac{(Y_p)(Y_s)}{(\overline{Y}_p)^٢}$$

میانگین هندسی محصول‌دهی (GMP) نیز به‌صورت زیر محاسبه شد:

$$GMP = \sqrt{Y_p \times Y_S}$$

٣. نتایج و بحث

مقایسهٔ میانگین عملکرد دانه در رژیم‌های مختلف آبیاری نشان داد که بیشترین عملکرد دانه از رژیم آبیاری بهینه (شاهد) حاصل شد. با افزایش اجرای تنش خشکی از آبیاری بهینه به تنش ملایم عملکرد دانه به میزان ٤٧/٤ درصد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. تنش شدید نیز موجب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه به میزان ٦٩/٩ درصد نسبت به شاهد شد (جدول ١). مقایسهٔ میانگین هیبریدها نشان داد که هیبرید پی‌اس ١٠٧ بیشترین عملکرد دانه را داشته است و پس از آن به غیر از هیبرید گلدا سایر هیبریدها عملکرد نسبتاً مشابه و کمتری داشتند (جدول٢).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. میانگین عملکرد دانه در رژیم‌های مختلف آبیاری

رژیم آبیاری	عملکرد دانه (تن در هکتار)
آبیاری نرمال	۹/۹٦۷ a
تنش ملایم	۵/۲۳۹ b
تنش شدید	۳/۰۰۲ c

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون براساس روش چنـددامنـه‌ای دانکـن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۲. مقایسهٔ میانگین عملکرد دانهٔ ۱۲ هیبرید ذرت شیرین

هیبریدها	عملکرد دانه (تن در هکتار)		هیبریدها	عملکرد دانه (تن در هکتار)		هیبریدها	عملکرد دانه (تن در هکتار)	
سینگل‌کراس ٤٠٣	bcd	٦/١٦٤	رِویل	cd	۵/۷٤۵	پی‌اس۱۰۷	a	۸/۳۵۰
چیس	d	٤/٩٣١	دیوا	cd	۵/٤٠٩	گلدا	cd	۵/۲۸٤
اسکوایر	bcd	٦/١٤٨	شیمر	bcd	٦/١١٤	رویالتی	ab	۷/٤۷۵
ریوال	d	٤/٨٦٤	شیکر	cd	۵/۸۵۷	رانا	bc	٦/٤٩٣

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون براساس روش چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

۱.۳. ارزیابی ژنوتیپ‌ها براساس شاخص‌های تحمل به خشکی

شدت تنش (SI) برای محیط با تنش ملایـم ۰/٤۷ و بـرای محیط با تنش شدید ۰/۷ بود. براسـاس شـرایط حـاکم بـر محیط‌های تنش ملایم و شدید، برای تعیـین مناسـب‌تـرین ارقام متحمل بـه خـشکی، شـاخص‌هـای تحمـل مختلـف براساس عملکرد ارقـام در محـیط بـدون تـنش (Y_p) و در محـیط تـنش (Y_s) بـه‌دسـت آمـد (جـداول ۳ و ٤). همـهٔ شاخص‌های تحمل بـه خـشکی، رونـد افـزایش و کـاهش تقریباً یکـسانی بـرای هیبریـدهـای مـورد بررسـی داشـتند (جداول ۳ و ٤). هیبریدهای پی‌اس ۱۰۷ و رویالتی در هـر ۲ محیط تنش ملایـم و شـدید بیـشترین مقـادیر شـاخص تحمـل بـه تـنش (TOL) و میـانگین هندسـی (GMP) را داشتند و تحمل خوبی نسبت به تنش نشان دادند. در مقابل هیبریدهای چیس و گلدا از نظر شـاخص‌هـای تحمـل بـه تنش و میانگین هندسی جزء هیبریدها حساس قرار گرفتند (جـــداول ۳ و ٤). در مطالعـــه دربـــارهٔ گنـــدم دوروم شاخص‌های STI، MP و GMP در هـر ۲ محـیط تـنش و بـدون تـنش بـه‌عنـوان معیـاری مناسـب بـرای انتخـاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا معرفی شده‌انـد [۸]. در مقابـل گزارش شده است که شـاخص‌هـای Harm، STI و GMP در تمایز ژنوتیپ‌های حساس و متحمل یکسان هستند [۹]. مطالعهٔ دیگری نیز نشان داده است کـه از ٦ شـاخص STI، SSI، TOL، MP، GMP و Harm شـاخص‌هـای GMP و STI برای جداکردن ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی از سایر ژنوتیپ‌ها موفق‌ترند [۲].

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. تخمین میزان حساسیت هیبریدها با شاخص‌های مختلف تحمل به خشکی(تنش ملایم) در هیبریدهای ذرت شیرین

شاخص‌های تحمل به تنش خشکی							
شمارهٔ هیبرید	SSI	STI	TOL	GMP	MP	Y_S	Y_P
سینگل‌کراس ۴۰۳	۰/۹۸۴	۰/۵۰۲	۴/۵۰۹	۷/۰۶۴	۷/۴۱۶	۵/۱۶۱	۹/۶۷
چیس	۰/۸۴۲	۰/۳۲۹	۲/۹۴۴	۵/۷۱۷	۵/۹۰۳	۴/۴۳۱	۷/۳۷۵
اسکوایر	۰/۷۱۳	۰/۵۰۹	۲/۹۵۱	۷/۱۱	۷/۲۶۲	۵/۷۸۶	۸/۷۳۷
ریوال	۱/۰۹۷	۰/۳۹	۴/۶۷۱	۶/۲۲۴	۶/۶۴۸	۴/۳۱۲	۸/۹۸۳
رِویل	۰/۹۲۴	۰/۴۸۱	۴/۰۳۸	۶/۹۱۳	۷/۲۰۲	۵/۱۸۳	۹/۲۲۱
دیوا	۱/۲۷۵	۰/۴۳۴	۶/۳۱۱	۶/۵۶۶	۷/۲۸۵	۴/۱۲۹	۱۰/۴۴
شیمر	۱/۰۴۲	۰/۴۹۱	۴/۸۵	۶/۹۸۵	۷/۳۹۴	۴/۹۶۹	۹/۸۱۹
شیکر	۰/۶۳۲	۰/۴۷۸	۲/۴۶۹	۶/۸۹۳	۷/۰۰۳	۵/۷۶۸	۸/۲۳۷
پی‌اس۱۰۷	۱/۱۴۹	۱/۰۲۴	۸/۱۳۴	۱۰/۰۸۴	۱۰/۸۷۳	۶/۸۰۶	۱۴/۹۴
گلدا	۱/۳۹۳	۰/۳۵۹	۶/۷۷	۵/۹۷۲	۶/۸۶۵	۳/۴۸	۱۰/۲۵
رویالتی	۰/۹۰۶	۰/۸۲۸	۵/۱۵۹	۹/۰۷۱	۹/۴۳۱	۶/۸۵۱	۱۲/۰۱
رانا	۰/۸۳۴	۰/۵۹۸	۳/۹۱۸	۷/۷۱	۷/۹۵۵	۵/۹۹۶	۹/۹۱۴
میانگین	۰/۹۸۳	۰/۵۳۵	۴/۷۲۷	۷/۱۹۲	۷/۶۰۳	۵/۲۳۹	۹/۹۶۶

جدول ۴. تخمین میزان حساسیت هیبریدها با شاخص‌های مختلف تحمل به خشکی (تنش شدید) در هیبریدهای ذرت شیرین

شاخص‌های تحمل به خشکی							
شمارهٔ هیبرید	SSI	STI	TOL	GMP	MP	Y_S	Y_P
سینگل‌کراس ۴۰۳	۰/۸۸۹	۰/۳۵۶	۶/۰۰۸	۵/۹۵۱	۶/۶۶۶	۳/۶۶۲	۹/۶۷
چیس	۰/۸۵۱	۰/۲۲۲	۴/۳۸۹	۴/۶۹۳	۵/۱۸۱	۲/۹۸۶	۷/۳۷۵
اسکوایر	۰/۷۸۹	۰/۳۴۵	۴/۸۱۶	۵/۸۵۳	۶/۳۲۹	۳/۹۲۱	۸/۷۳۷
ریوال	۱/۲۲۴	۰/۱۱۷	۷/۶۸۷	۳/۴۱۲	۵/۱۴	۱/۲۹۶	۸/۹۸۳
رِویل	۰/۹۹۲	۰/۲۶۳	۶/۳۹۱	۵/۱۰۸	۶/۰۲۶	۲/۸۳	۹/۲۲۱
دیوا	۱/۲۰۳	۰/۱۷۴	۸/۷۸۲	۴/۱۶	۶/۰۴۹	۱/۶۵۸	۱۰/۴۴
شیمر	۰/۹۱۳	۰/۳۵۱	۶/۲۶۵	۵/۹۰۷	۶/۶۸۷	۳/۵۵۴	۹/۸۱۹
شیکر	۰/۸۱۱	۰/۲۹۶	۴/۶۷۱	۵/۴۲	۵/۹۰۲	۳/۵۶۶	۸/۲۳۷
پی‌اس۱۰۷	۱/۱۱۵	۰/۴۹۶	۱۱/۶۴	۷/۰۲۲	۹/۱۲	۳/۳	۱۴/۹۴
گلدا	۱/۱۳۴	۰/۲۱۹	۸/۱۲۵	۴/۶۶۷	۶/۱۸۸	۲/۱۲۵	۱۰/۲۵
رویالتی	۱/۰۰۷	۰/۴۳	۸/۴۵	۶/۵۳۹	۷/۷۸۵	۳/۵۶	۱۲/۰۱
رانا	۰/۹۱۵	۰/۳۵۶	۶/۳۴۴	۵/۹۴۹	۶/۷۴۲	۳/۵۷	۹/۹۱۴
میانگین	۰/۹۸۷	۰/۳۰۲	۶/۹۶۴	۵/۳۹	۶/۴۸۵	۳/۰۰۲	۹/۹۶۶

www.SID.ir

Archive of SID

۲.۳. همبستگی‌های بین شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش

برای تعیین بهترین شاخص تحمل به خشکی باید شاخصی انتخاب شود که دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه در هر ۲ شرایط تنش و بدون تنش باشد [۷]. ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل به خشکی در تنش ملایم در هیبریدهای مختلف (جدول ۵) نشان داد که همبستگی بین Y_p و شاخص‌های STI، TOL، MP و GMP مثبت و معنی‌دار بود. همچنین، همبستگی بین Y_s و شاخص‌های STI، MP و GMP نیز مثبت و معنی‌دار شد. ضرایب همبستگی بین عملکرد در محیط‌های بدون تنش و تنش ملایم با شاخص STI معنی‌دار و به ترتیب برابر ۰/۸۷۸ و ۰/۸۵۵ بود. این ضرایب برای شاخص GMP نیز معنی‌دار و به ترتیب برابر ۰/۸۵۹ و ۰/۸۷۹ برآورد شد. شاخص‌های TOL و SSI دارای همبستگی مثبت با Y_p بودند؛ در حالی که، این همبستگی با Y_s منفی بود (جدول ۵). باید توجه داشت که مقادیر کمتر این ۲ شاخص نشان‌دهندهٔ حساسیت کمتر هیبریدها به تنش خشکی است. در مطالعه‌ای ۱۸ ژنوتیپ لوبیا، سویا، نخود و لوپین را براساس شاخص حساسیت به تنش (SSI) به ۲ گروه مقاوم و حساس تقسیم کردند. در ارقام مقاوم شاخص حساسیت به تنش کمتر از ۰/۳۱ و در ارقام حساس این شاخص بیشتر از ۰/٤٤ بود. در این مطالعه بین صفات فنولوژیک و تحمل به خشکی ارتباطی مشاهده نشد.

به نظر می‌رسد هیبریدهای با مقادیر کمتر TOL و SSI در شرایط تنش خشکی افت عملکرد کمتری خواهند داشت؛ اما برای انتخاب هیبریدهای متحمل به خشکی باید به پتانسیل عملکرد آن رقم و یا همان عملکرد در شرایط عادی و بدون تنش (Y_p) نیز توجه شود. ولی هیبریدهای دارای شاخص‌های TOL و SSI بالا در شرایط بدون تنش عملکرد مطلوبی نداشتند. هیبریدهای شمارهٔ ۲ (چیس)، ۳ (اسکوایر) و ۸ (شیکر) دارای شاخص‌های TOL و SSI پایین بودند (حساسیت کمتر به خشکی)، در حالی که عملکرد مطلوبی در شرایط بدون تنش نداشتند. در مقابل هیبریدهای شمارهٔ ۹ (پی‌اس ۱۰۷) و ۱۱ (رویالتی) که عملکرد بالایی در هر ۲ شرایط تنش و بدون تنش داشتند، شاخص‌های TOL و SSI بالایی (حساسیت بیشتر به خشکی) داشتند. در حالی که، برای انتخاب هیبریدهای مقاوم به خشکی از شاخصی باید استفاده شود که در هر ۲ شرایط تنش و بدون تنش دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با Y_p و Y_s باشند [۳، ۷].

جدول ۵. ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل به خشکی در تنش ملایم در هیبریدهای ذرت شیرین

شاخص‌ها	Y_P	Y_S	SSI	STI	TOL	MP	GMP
Y_P	۱						
Y_S	۰/۵۱۱	۱					
SSI	۰/٤۵۱	−۰/۵۲۹	۱				
STI	۰/۸۷۸**	۰/۸۵۵**	−۰/۰۲۵	۱			
TOL	۰/۸٤٤**	−۰/۰۳۰	۰/۸۵٤**	۰/٤۸۸	۱		
MP	۰/۹٤۰**	۰/۷۷۳**	۰/۱۲۳	۰/۹۸٦**	۰/٦۱۱*	۱	
GMP	۰/۸۵۹**	۰/۸۷۹**	−۰/۰٦٤	۰/۹۹٦**	۰/٤۵۰	۰/۹۸۲**	۱

* و ** به ترتیب در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد معنی‌دارند.

www.SID.ir

Archive of SID

در شرایط تنش شدید و با توجه به ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش شدید با شاخص‌های دیگر (جدول٦)، همبستگی بین Y_p و شاخص‌های STI، TOL، MP و GMP مثبت و معنی‌دار بود؛ اما Y_s فقط با شاخص‌های STI و GMP همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. ضرایب همبستگی بین عملکرد در محیط‌های بدون تنش و تنش شدید با شاخص STI به ترتیب برابر ۰/٦۳۹ و ۰/۸۰۵ و برای شاخص GMP به ترتیب معادل ۰/۵۷۷ و ۰/۸۵۰ بود. شاخص‌های TOL و SSI دارای همبستگی مثبت با Y_p بودند؛ در حالی که، با Y_s همبستگی منفی داشتند (جدول ٦). باید توجه داشت که انتخاب، فقط براساس این ۲ شاخص نمی‌تواند مبنای درستی برای گزینش هیبریدهای متحمل به خشکی باشد، زیرا پایین‌بودن این ۲ شاخص فقط نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌ها فقط در محیط تنش حساسیت کمتری به خشکی دارند [۱]. هیبریدهای شمارهٔ ۲ (چیس)، ۳ (اسکوایر) و ۸ (شیکر) کمترین میزان TOL و SSI را دارا بودند (جدول ٤) که نشان‌دهندهٔ حساسیت کمتر این هیبریدها به خشکی در شرایط تنش است؛ ولی این هیبریدها عملکرد پایینی در شرایط بدون تنش داشتند (جدول ٤). بنابراین، گزینش این هیبریدها برای تحمل به خشکی نمی‌تواند مبنای درستی داشته باشد. با این حال، هیبریدهایی که در هر ۲ محیط بدون تنش و تنش شدید عملکرد بالایی داشتند، از نظر شاخص‌های TOL و SSI مناسب نبودند. همچنین، در آزمایش دیگری عنوان شده است که شاخص‌های TOL و SSI همبستگی مثبت و بالایی با عملکرد در هر ۲ شرایط تنش و بدون تنش دارند [۱، ۳].

به‌طور کلی شاخص‌هایی که در هر ۲ شرایط تنش و بدون تنش دارای همبستگی مثبت، معنی‌دار و نسبتاً بالایی با عملکرد باشند، به‌عنوان بهترین شاخص معرفی می‌شوند. بنابراین، به نظر می‌رسد در این مطالعه شاخص‌های STI و GMP به دلیل همبستگی‌های معنی‌دار و بالایی که در هر ۲ محیط با عملکرد داشتند، شاخص‌های مناسبی برای برآورد پایداری عملکرد در هر ۲ شرایط تنش ملایم و شدید باشند.

جدول ٦. ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل به خشکی در تنش شدید در هیبریدهای ذرت شیرین

شاخص‌ها	YP	YS	SSI	STI	TOL	MP	GMP
YP	۱						
YS	۰/۰٦۳	۱					
SSI	۰/٤۷۱	-۰/۸٤۱**	۱				
STI	۰/٦۳۹*	۰/۸۰۵**	-۰/۳٦٦	۱			
TOL	۰/۹۱۱**	-۰/۳۵۳	۰/۷۸۹**	۰/۲٦۷	۱		
MP	۰/۹۲**	۰/٤۵۰	۰/۰۹۰	۰/۸۸۹**	۰/٦۷٦*	۱	
GMP	۰/۵۷۷*	۰/۸۵**	-۰/٤۳۸	۰/۹۹٤**	۰/۱۹۰	۰/۸۵۱**	۱

* و ** به ترتیب در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد معنی‌دارند.

www.SID.ir

Archive of SID

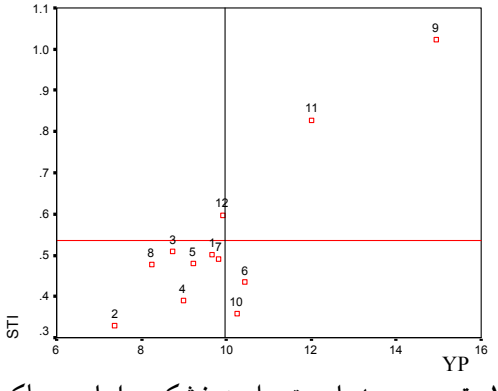
۳.۳. تعیین هیبریدهای متحمل به خشکی

برای تعیین هیبریدهای متحمل به خشکی با عملکرد بالا در هر ۲ محیط از شکل پراکنش هیبریدها با توجه به شاخص‌های تحمل به خشکی استفاده شد. عملکرد دانه در محیط تنش و بدون تنش در ۲ شکل جداگانه بر روی محور Xها و یکی از شاخص‌های انتخاب‌شده (STI یا GMP) بر روی محور Yها نمایش داده شدند (شکل‌های ۱ تا ۸).

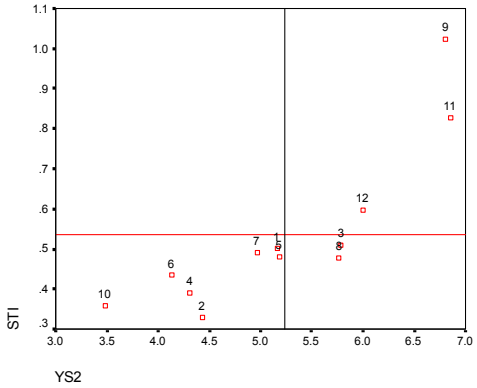
برای نشان‌دادن روابط بین ۳ متغیر عملکرد در محیط تنش، عملکرد در محیط بدون تنش و شاخص مربوطه و جداکردن ژنوتیپ‌های گروه A از گروه‌های دیگر (B، C و D) و همچنین، تشخیص سودمندی شاخص مورد نظر به‌عنوان معیاری برای انتخاب هیبریدهای پرمحصول و متحمل به خشکی، سطح همهٔ شکل‌ها براساس میانگین‌های عملکرد و شاخص مربوطه به ٤ قسمت تقسیم شد.

٤.۳. بررسی تحمل به خشکی هیبریدها در شرایط بدون تنش و تنش ملایم

هیبرید شمارهٔ ۹ (پی‌اس ۱۰۷) از نظر شاخص‌های STI و GMP برتر از سایر هیبریدها شناخته شد (جدول ۲). براساس ۲ شاخص مذکور هیبریدهای شمارهٔ ۱۱ (رویالتی) و ۱۲ (رانا) نیز در هر ۲ شرایط بدون تنش و تنش دارای عملکرد بالایی بودند (جدول ۳ و شکل‌های ۱ تا ٤). بنابراین، این هیبریدها به گروه A تعلق دارند [۷]. بر همین اساس هیبریدهای شمارهٔ ٦ (دیوا) و ۱۰ (گلدا) در شرایط بدون تنش دارای عملکرد مناسبی بودند، به‌طوری که میانگین عملکرد این ۲ هیبرید در شرایط بهینه و بدون تنش از میانگین کلی هیبریدها در شرایط بدون تنش بالاتر و نزدیک به گروه A بود؛ ولی در شرایط تنش ملایم عملکرد هر ۲ هیبرید کاهش یافت. بنابراین، این ۲ هیبرید در گروه B قرار می‌گیرند (جدول ۳ و شکل‌های ۱ تا ٤). طبق شاخص‌های STI و GMP هیبریدهای شمارهٔ ۳ (اسکوایر) و ۸ (شیکر) عملکرد ضعیفی در شرایط بدون تنش داشتند؛ به‌طوری که عملکرد هر ۲ هیبرید در شرایط بدون تنش از میانگین کلی هیبریدها در شرایط تنش پایین‌تر بود، اما عملکرد هر دو در شرایط تنش بالا بوده است. بنابراین، این هیبریدها در گروه C قرار گرفتند (جدول ۳ و شکل‌های ۱ تا ٤). در نهایت، براساس شاخص‌های مذکور هیبریدهای شمارهٔ ۱ (سینگل کراس۴۰۳)، ۲ (چیس)، ٤ (ریوال)، ۵ (رِویل) و ۷ (شیمر) در هر ۲ شرایط بدون تنش و تنش دارای عملکرد کمی بودند و بنابراین، این هیبریدها در گروه D قرار می‌گیرند (جدول ۳ و شکل‌های ۱ تا ٤). بنابراین، هیبریدهای شمارهٔ ۹ (پی‌اس ۱۰۷)، ۱۱ (رویالتی) و ۱۲ (رانا) در گروه A، هیبریدهای شمارهٔ ٦ (دیوا) و ۱۰ (گلدا) در گروه B، هیبریدهای شمارهٔ ۳ (چیس) و ۸ (شیکر) در گروه C و هیبریدهای شمارهٔ ۱ (سینگل کراس ٤۰۳)، ۲ (چیس)، ٤ (ریوال)، ۵ (رِویل) و ۷ (شیمر) در گروه D قرار گرفتند.



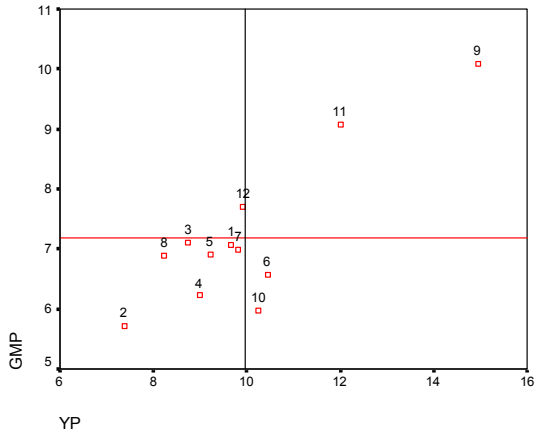
شکل ۱. تعیین هیبریدهای متحمل به خشکی براساس عملکرد در شرایط بدون تنش و شاخص STI در تنش ملایم



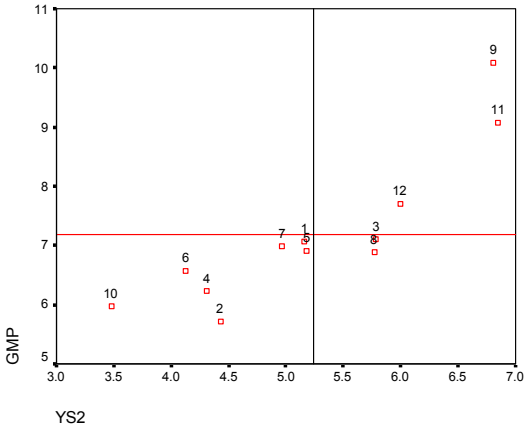
شکل ۲. تعیین هیبریدهای متحمل به خشکی براساس عملکرد در شرایط تنش ملایم و شاخص STI در تنش ملایم

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳. تعیین هیبریدهای متحمل به خشکی براساس عملکرد در شرایط بدون تنش و شاخص GMP در شرایط تنش ملای



شکل ٤. تعیین هیبریدهای متحمل به خشکی براساس عملکرد در شرایط تنش ملایم و شاخص GMP در شرایط تنش ملایم

۵.۳. بررسی تحمل به خشکی هیبریدها در شرایط بدون تنش و تنش شدید

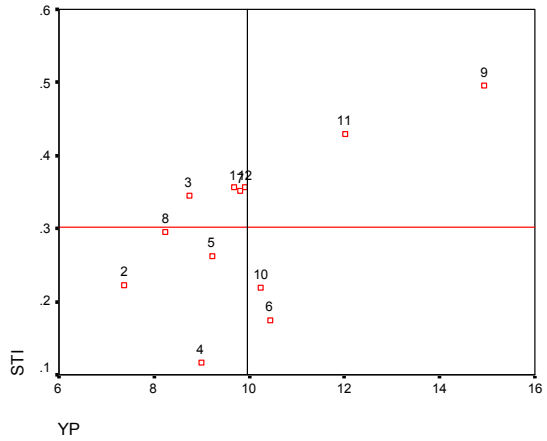
هیبرید شمارهٔ ۹ (پی‌اس ۱۰۷) از نظر شاخص‌های STI و GMP برتر از سایر هیبریدها شناخته شد (جدول ٤). این هیبرید همراه با هیبریدهای شمارهٔ ۱۱ (رویالتی) و ۱۲ (رانا) در شرایط تنش و بدون تنش عملکرد مناسب و بالایی داشتند. عملکرد هر ۳ هیبرید نیز در شرایط بدون تنش و در شرایط تنش شدید از میانگین هیبریدها در این ۲ شرایط بالاتر بود. بنابراین، این ۳ هیبرید در گروه A قرار می‌گیرند (جدول ٤ و شکل‌های ۵ تا ۸).

هیبریدهای شمارهٔ ٦ (دیوا) و ۱۰ (گلدا) از نظر شاخص‌های STI و GMP مانند شرایط تنش ملایم، در محیط بهینه و بدون تنش دارای عملکرد مناسبی بودند، ولی با حاکم‌شدن شرایط تنش شدید، عملکرد هر ۲ هیبرید به میزانی کمتر از میانگین عملکرد هیبریدها در شرایط تنش شدید رسید و بدین ترتیب در محیط تنش عملکرد ضعیفی نشان دادند. در نتیجه این ۲ هیبرید در گروه B جای می‌گیرند (جدول ٤ و شکل‌های ۵ تا ۸). براساس شاخص‌های مذکور هیبریدهای شمارهٔ ۱ (سینگل‌کراس ٤۰۳)، ۳ (اسکوایر)، ۷ (شیمر) و ۸ (شیکر) در شرایط بدون تنش عملکرد پایینی داشتند، اما در شرایط تنش شدید عملکرد این هیبریدها بالاتر از میانگین کلی هیبریدها بود و به این ترتیب دارای عملکرد مناسبی در شرایط تنش شدید بودند. با در نظرگرفتن این وضعیت این هیبریدها در گروه C تقسیم‌بندی می‌شوند (جدول ٤ و شکل‌های ۵ تا ۸).

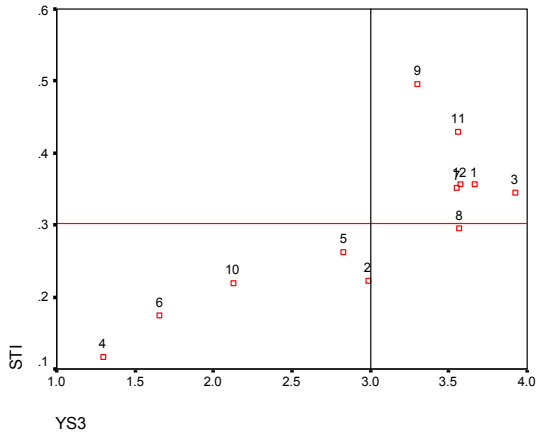
سرانجام با توجه به شاخص‌های تحمل به خشکی و میانگین هندسی و به دلیل اینکه هیبریدهای شمارهٔ ۲ (چیس)، ٤ (ریوال) و ۵ (رویل) عملکرد پایینی در شرایط بدون تنش و تنش شدید داشتند، بنابراین، این هیبریدها در گروه D جای می‌گیرند (جدول ۳ و شکل‌های ۵ تا ۸). همچنین، هیبریدهای شمارهٔ ۹ (پی‌اس ۱۰۷)، ۱۱(رویالتی) و ۱۲(رانا) در گروه A، هیبریدهای شمارهٔ ٦ (دیوا) و ۱۰(گلدا) در گروه B، هیبریدهای شمارهٔ ۱ (سینگل کراس٤۰۳)، ۳ (اسکوایر)، ۷ (شیمر) و ۸ (شیکر) در گروه C و هیبریدهای شمارهٔ ۲ (چیس)، ٤ (ریوال) و ۵ (رویل) در گروه D قرار گرفتند.

www.SID.ir

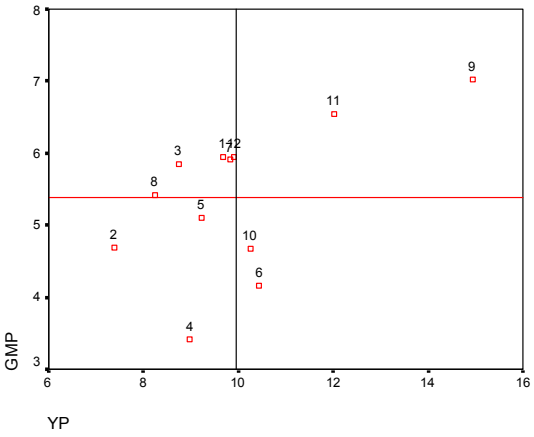
Archive of SID



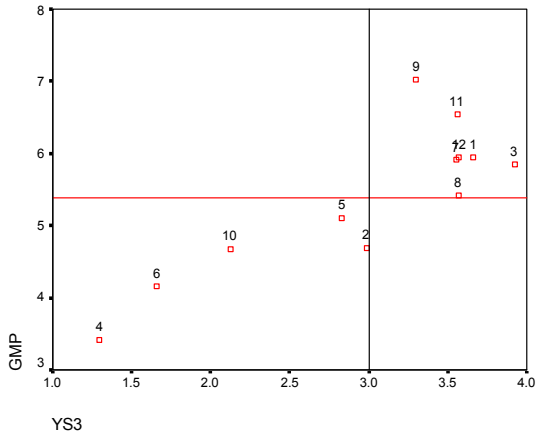
شکل ۵. تعیین هیبریدهای متحمل به خشکی براساس عملکرد در شرایط بدون تنش و شاخص STI در تنش شدید



شکل ٦. تعیین هیبریدهای متحمل به خشکی براساس عملکرد در شرایط تنش شدید و شاخص STI در تنش شدید



شکل ۷. تعیین هیبریدهای متحمل به خشکی براساس عملکرد در شرایط بدون تنش و شاخص GMP در شرایط تنش شدید



شکل ۸. تعیین هیبریدهای متحمل به خشکی براساس عملکرد در شرایط تنش شدید و شاخص GMP در شرایط تنش شدید

٦.٣. نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد به دلیل اینکه ۲ شاخص تحمل به خشکی (STI) و میانگینهندسی (GMP) همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش (ملایم و شدید) داشتند، می‌توان از آن‌ها برای شناسایی و ارزیابی هیبریدهای متحمل به خشکی استفاده کرد. بنابراین، انتخاب هیبریدهای متحمل به خشکی و پرمحصول برای هر ۲ محیط بدون تنش و دارای تنش خشکی از طریق این ۲ شاخص انجام شد. این شاخص‌ها نشان دادند که هیبریدهای پی‌اس ۱۰۷، رویالتی و رانا دارای عملکرد بالایی در هر ۲ محیط بودند و بنابراین، کشت این هیبریدها در هر ۲ شرایط کمبود و در دسترس‌بودن آب توصیه می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

۱. احمـــدزاده، ا؛ (۱۳۷٦). «تعیـــین بهتـــرین شـــاخص مقاومت بـه خـشکی در لایـن‌هـای برگزیـدهٔ ذرت». دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تهران، تهـران، *پایـان‌نامـه کارشناسی ارشد*.

۲. ایزانلـــو، ع؛ زینـــالی خانقـــاه، ح؛ حـــسین‌زاده، ع؛ مجنون‌حسینی، ن؛ (۱۳۸۱). «تعیین بهترین شاخص‌های تحمل خشکی در ارقام تجاری سویا». چکیده مقـالات، *هفتمین کنگرهٔ علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران*. کرج، مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر کرج.

۳. حـــاجی‌بابـــایی، م؛ عزیـــزی، ف؛ (۱۳۹۰). «ارزیـــابی شاخص‌های تحمل تنش خشکی در برخی هیبریدهای جدید ذرت». *مجلهٔ الکترونیک تولید گیاهـان زراعـی*. ٤، ۳، ص. ۱۳۹_۱۵۵.

٤. خلیلی، م؛ کـاظمی، ح؛ مقـدم، م؛ شـکیبا، م؛ (۱۳۸۳). «ارزیابی شاخص‌های مقاومت به خشکی در مراحـل مختلف رشد ژنوتیپ‌هـای دیـررس ذرت». هـشتمین *کنگرهٔ علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران*. رشت، ٤۱ صفحه.

۵. نورمند مؤید، ف؛ (۱۳۷٦). «بررسی تنوع صفات کمی و رابطهٔ آن‌ها با عملکرد گندم نـان در شـرایط دیـم و آبی و تعیین بهترین شاخص مقاومـت بـه خـشکی». دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تهران، تهـران، *پایـان‌نامـه کارشناسی ارشد*.

6. Edmeades GO (2008) Drought Tolerance in Maize: An Emerging Reality. A Feature *In* James, Clive (Eds.). 2008. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2008. ISAAA Brief No. 39. ISAAA: Ithaca, NY.

7. Fernandez GC (1992) Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance *In*: Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress, Publication, Tainan, Taiwan, 13-16 Aug. 1992. By C.G. Kuo. AVRDC.

8. Golabadi M, Arzani A and Maibody SAM (2006) Assessment of drought tolerance in segregating populations in durum wheat. African Journal of Agricultural Research. 5:162–171.

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

10. Goodman MM and Brown WL (1988) Races of corn, *In*: Corn and corn improvement, Sprague, G.F. and Dudley, J. W., eds., American Society of Agronomy. Madison, WI.

11. Grzesiak S, Filek W, Skrudlik G and Niziol B (1996) Screening for drought tolerance: Evaluation of seed germination and seedling growth for drought resistance in legume plants. Journal of Agronomy and Crop Science. 177:245-252.

12. Hirich A, Rami A, Laajaj K, Choukr-Allah R, Jacobsen SE, El youssfi L, El Omari H (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, Engineering and Technology. 61:840-847.

www.SID.ir

Archive of SID

13. Mhike X, Okori1 P, Magorokosho C and Ndlela T (2012) Validation of the use of secondary traits and selection indices for drought tolerance in tropical maize (Zea mays L.). African Journal of Plant Science. 6(2): 96-102.

14. Mohammadi R, Armion M, Kahrizi D and Amri A (2010) Efficiency of screening techniques for evaluating durum wheat genotypes under mild drought conditions. International Journal of Plant Production. 4:11–24.

15. Osmanzai M, Rajaram S and Knapp EB (1987) Breeding for moisture – stressed areas *In*: Srivastava, J.P., E. Porceddu, E. Acevedo and S. Varma (Eds.), Drought tolerance in winter cereals. John Wiley and Sons. New York. pp: 151-161.

16. Rosegrant MW, Paisner MS, Meijer S and Witcover J (2002) 2020 Global Food Outlook: Trends, Alternatives, and Choices. A Vision for Food, Agriculture and the Environment Initiative. Washington DC, International Food Policy Research Institute, p. 322.

17. Russell WA and Hallauer AR (1988) Corn, *In*: Hybridization of crop plants, Fehr, W.R. and H.H. Hadley (Eds.). American Society of Agronomy and Crop Science of America, Publishers, USA. , pp: 229-312.

www.SID.ir