نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۳، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۳۸۸، ص ۲۵-۲۰

Journal of Plant Protection
Vol. 23, No. 2, Fall-Winter 2009-10, p.20-25

مطالعه شاخص‌های تحمل به خشکی در لاین‌های اینبرد ذرت در شرایط آبیاری محدود و کامل

سعید صفری[۱] - حمید دهقانی[۲*] - رجب چوگان[۳]

تاریخ دریافت: ۸۶/۲/۱۹
تاریخ پذیرش: ۸۸/۷/۸

چکیده

به منظور بررسی ژنتیکی شاخص‌های مقاومت به خشکی، ۲۵ اینبرد لاین ذرت تحت سه محیط آزمایشی آبیاری نرمال، آبیاری محدود در دوره رویشی و آبیاری محدود در دوره زایشی مطالعه گردید. نتایج آزمایش آبیاری محدود در دوره رویشی نشان داد که بیشترین ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنتیکی مربوط به دو شاخص تحمل به ترتیب ۸۳/۸۳ و ۶۸/۰۴ درصد و برای شاخص حساسیت به تنش به ترتیب ۷۹/۵۹ و ۶۰/۱۹ درصد بدست آمد. شاخص‌های میانگین حسابی(MP)، میانگین هندسی(GMP) و تحمل تنش (STI) بیشترین همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی با عملکرد در شرایط آبیاری محدود و همبستگی معنی‌داری با صفات عملکرد، دانه در ردیف، ردیف در بلال و وزن ۵۰۰ دانه در شرایط آبیاری نرمال دارند. شاخص تحمل (TOL) و حساسیت به تنش (SSI) همبستگی ژنتیکی منفی و معنی‌دار با دو صفت دانه در ردیف و ردیف در بلال و همبستگی مثبت و معنی‌دار با وزن ۵۰۰ دانه در شرایط آبیاری محدود نشان می‌دهند. نتایج آزمایش آبیاری محدود در دوره زایشی نیز نشان می‌دهد که شاخص GMP بیشترین ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنتیکی را داراست. شاخص‌های میانگین حسابی (MP)، میانگین هندسی (GMP)، تحمل تنش (STI) و حساسیت به تنش (SSI) همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی معنی‌داری با صفات عملکرد، دانه در ردیف، ردیف در بلال و وزن ۵۰۰ دانه در شرایط آبیاری محدود در مرحله زایشی نشان می‌دهند. همچنین شاخص‌های MP، GMP و STI همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی معنی‌داری با صفات عملکرد، دانه در ردیف، ردیف در بلال و وزن ۵۰۰ دانه و شاخص TOL همبستگی بالایی با صفت عملکرد، ردیف در بلال و وزن ۵۰۰ دانه در شرایط آبیاری نرمال دارند. با توجه به ضرایب همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی جهت بهبود صفات مورد بررسی می‌توان از شاخص‌هایی که با این صفات همبستگی بالایی دارند، استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: ذرت، شاخص تحمل، خشکی، همبستگی، تنش رویشی، تنش زایشی

مقدمه

خشکی یکی از عوامل محدود کننده تولید در گیاهان زراعی از جمله ذرت می‌باشد (۱۳). اثرات زیان‌آور خشکی، بطور 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 دوره های رشد گیاهان بیشترین حساسیت را نسبت به تنش آب دارند. به عنوان مثال، تنش آب در زمان گرده افشانی ذرت باعث لقاح مقدار کمی از تخمک‌ها شده و یا هیچ یک از آنها تلقیح نمی شوند و در نتیجه بلال ذرت بدون دانه می‌ماند (۲۲). کمبود آب غالباً عملکرد دانه ذرت را کاهش می‌دهد. عموماً کاهش تعداد دانه تاثیر بیشتری از کاهش وزن دانه بر عملکرد دانه دارد (۱۹).

برای تولید جمعیت‌های مقاوم به خشکی، باید آنها تحت شرایط خشکی ارزیابی و سپس انتخاب صورت گیرد (۸ و۱۱). عملکرد نسبی ژنوتیپ‌ها در محیط دارای تنش خشکی و نرمال، نقطه شروع شناسایی صفات وابسته به مقاومت به خشکی و انتخاب ژنوتیپ‌های مورد نظر برای مناطق خشک می‌باشد (۱۰). عملکرد دانه تحت کنترل تعداد زیادی ژن می‌باشد و عوامل محیطی به شدت این صفت را تحت تاثیر قرار می‌دهند. یکی از موثرترین روش‌های انتخاب برای عملکرد، استفاده از شاخص‌های انتخاب می‌باشد. با استفاده از این شاخص‌ها می‌توان معیار یا معیارهایی را که دارای وراثت پذیری بالایی بوده و همبستگی زیاد با عملکرد دانه دارند، بصورت مجزا و یا همراه با افزایش عملکرد دانه به کار گرفت (۱۵).

واریانس ژنتیکی و وراثت‌پذیری عملکرد دانه در شرایط تنش معمولا کمتر از شرایط نرمال می‌باشد (۴). به هر حال به نظر می‌رسد که همبستگی ژنتیکی برای عملکرد دانه در شرایط تنش و نرمال، با افزایش شدت تنش، کاهش می‌یابد (۵ و ۱۱). میزان کاهش عملکرد بستگی به زمان، شدت و دوره فنولوژیکی گیاه در زمان کمبود آب

۱و۲- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیار گروه اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
(*- نویسنده مسئول : Email: dehghanr@modares.ac.ir)
۳- استادیار موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج

دارد (۱۵). در مطالعه ای کـه بـر روی نتـاج اینبـرد ذرت انجـام شـد، مشخص شد تحـت تـنش خشـکی شـدید، همبسـتگی ژنتیکـی بـین عملکرد دانه و تعداد بلال در گیاه ۰/۹ و بین عملکرد دانه و تعداد دانه در بلال ۰/۷۱ بود. اما همبستگی ژنتیکـی بـین عملکـرد دانـه و وزن هزار دانه پایین و برابر با ۰/۱۴ گزارش شد (۹). همچنین صفت فاصله ظهور گرده تا ظهور سیلک (ASI)[1] ارتباط تنگاتنگی با عملکـرد دانـه داشت (۷).

یکی از مسائل مهم در ارزیابی ارقام بـرای مقاومـت بـه خشـکی اندازه‌گیری شاخص‌های مقاومت به خشکی است (۱۰). جهت ارزیـابی مقاومت ژنوتیپ‌ها به خشکی شاخص‌های مختلفی تعریف شده اسـت. شاخص تحمل به تنش (TOL)[2] که بیانگر اختلاف عملکرد در محیط تنش و بدون تنش و همچنین شاخص متوسط محصول دهی (MP)[3] و شاخص حساسیت به تنش (SSI)[4]، برای ارزیابی مقاومـت پیشـنهاد گردیدند (۶ و ۲۰). فرناندز (۱۶) اظهار داشت که هنگامی که عملکـرد در شرایط نرمال (Y_P) با عملکرد در شرایط تن (Y_S) اختلاف زیادی داشته باشند، شاخص متوسط محصول دهی (MP) مستقل از عملکرد در شرایط نرمال نخواهد بود و به سمت آن دارای اریب می‌باشـد. امـا شاخص میانگین هندسـی محصـول دهـی (GMP)[5] چنـین اریبـی را نخواهد داشت. به همین دلیل فرناندز (۱۹۹۲)، شاخص تحمـل تـنش (STI)[6] را بر اساس شاخص میانگین هندسی محصول دهی پیشـنهاد نمود که این شاخص توانایی شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل در هـر دو محیط تنش و بدون تنش داراست.

اشکانی و پاک‌نیـت (۱۲) گـزارش کردنـد کـه شـاخص متوسـط محصول دهی بالاترین وراثت‌پذیری به میزان ۳۸/۷ درصد و شـاخص حساسیت به تنش پائین‌ترین میـزان وراثـت‌پـذیری بـه میـزان ۱۷/۸ درصد را به خود اختصاص دادند. همچنین شـاخص تحمـل بـه تـنش دارای بیشترین ضریب تغییرات ژنتیکی به میزان ۳۰/۸ درصد، شاخص حساسیت به تنش دارای بیشترین ضریب تغییـرات فنـوتیپی، شـاخص میانگین هارمونیک دارای بیشترین همبستگی ژنتیکی با عملکرد دانـه به میزان ۰/۹۸ درصد در شرایط آبیاری محـدود بـود. آنهـا همچنـین همبستگی تعداد دانه در ردیف و تعداد ردیف در بـلال بـا عملکـرد در شرایط تنش رطوبتی را به ترتیب برابر با ۰/۴۲ و ۰/۲۷ گزارش کردند.

کریستین و همکاران (۱۸) شـاخص میـانگین هندسـی (GMP)را برای لوبیا، فرنانـدز (۱۶) دو شـاخص تحمـل تـنش (STI) و متوسـط محصـول‌دهـی (MP) را بـرای مـاش، احمـدی و همکـاران (۱) دو شاخص تحمل تنش (STI) و میانگین هندسی (GMP) را برای ذرت به عنوان شاخص‌های مطلوب گزارش نمودند.

هدف از این آزمایش بررسی ژنتیکـی شـاخص‌هـای مقاومـت بـه خشکی و تعیین همبستگی این شاخص‌ها بـا عملکـرد دانـه، دانـه در ردیف، ردیف در بلال و وزن ۵۰۰ دانه و بهبود همزمان این صفات بـا شاخص‌های مـورد بررسـی در شـرایط آبیـاری محـدود در دو مرحلـه رویشی و زایشی و آبیاری مطلوب می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق ۲۵ لاین اینبرد ذرت حاصل از برنامه‌های به‌نژادی در قالب سه طرح بلوکهای کامل تصادفی در شرایط محیطـی آبیـاری نرمال، آبیاری محدود در مرحلـه رویشـی، آبیـاری محـدود در مرحلـه زایشی با سه تکـرار طـی سـال زراعـی ۸۳-۸۲ در مزرعـه تحقیقـاتی بخش ذرت و گیاهان علوفه‌ای مؤسسه تحقیقات اصلاح، تهیه نهال و بذر کرج از نظر تحمل به خشکی مورد بررسـی قـرار گرفتنـد. منطقـه کرج با متوسط بارندگی سالیانه ۲۵۰ میلیمتر و درجه حـرارت متوسـط ۱۵ درجه سانتیگراد در طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۶ دقیقـه و عـرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۹ دقیقه قرار دارد. پس از عملیات تهیه زمـین و بلوک‌بندی، بذور هر ژنوتیپ بصـورت هیـرم‌کـاری در کرتهـایی بـه مساحت ۳/۷۵ متر مربع شامل یک خط پنج‌متری با فواصل ردیف ۷۵ سانیتمتری کشت گردید. بلافاصله بعد از کاشت، اولین آبیـاری انجـام شد و عملیات آبیاری پس از آبیاری اول هر سـه آزمـایش بـه فاصـله هفت روز یکبار تـا مرحلـه ۶ برگـی انجـام گردیـد. از آن بـه بعـد در آزمایش آبیاری محدود در مرحله رویشی به مـدت ۲۱ روز تـا قبـل از شروع ظهور گل تاجی آبیاری قطع گردید. همچنین در آزمایش آبیاری محدود در مرحله زایشی نیز از آغاز گرده افشـانی تـا مرحلـه خمیـری شدن دانه، به مدت ۲۱ روز آبیاری قطع گردید. ضمن اینکـه آزمـایش آبیاری کامل به فاصله هفت روز یکبار تا پایان فصل برداشـت آبیـاری گردید. دو هفته پس از کاشت عملیات تنک کردن و وجین دستی نیـز انجام شد. میزان کود نیتروژنه و فسفات آمونیم مورد نیاز که بر اساس نتایج آزمایش خاک به ترتیب ۲۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار مشخص شد، که در کنار ردیف‌های کاشت به صورت سرک در دو مرحلـه سـه برگی شدن و ابتدای مرحله ظهور گل تاجی در اختیار گیـاه قـرار داده شد.

با استفاده از عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط آزمایش آبیاری نرمال و آبیاری محدود شاخصهای مقاومت زیر محاسبه گردیدند:

1- Anthesis Silking Interval
2- Stress Tolerance
3- Mean productivity
4- Stress Susceptibility Index
5- Geometric Mean Productivity
6- Stress Tolerance Index

۱- شاخص تحمل تنش $$STI = \frac{Y_p Y_s}{(\overline{Y}_p)^2}$$

۲- شاخص حساسیت به تنش $$SSI = \frac{1-(Y_s / Y_p)}{SI}$$

شدت تنش $$SI = 1 - \frac{\overline{Y}_s}{\overline{Y}_p}$$

۳- شاخص تحمل $$TOL = Y_p - Y_s$$

۴- شاخص بهره‌وری متوسط $$MP = \frac{Y_p + Y_s}{2}$$

۵- شاخص میانگین هندسی بهره‌وری متوسط $$GMP = \sqrt{Y_p . Y_s}$$

در فرمول‌های فوق‌الذکر Yp عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ در شرایط آبیاری نرمال، Ys عملکرد هر ژنوتیپ در شرایط آبیاری محدود، $\overline{Y}p$ میانگین عملکرد بالقوه کلیه ژنوتیپهای در شرایط آبیاری نرمال و $\overline{Y}s$ میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپها در شرایط آبیاری محدود می‌باشند.

برای برآورد ضرایب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی و ضرایب همبستگی، ابتدا با توجه به امیدهای ریاضی در جدول تجزیه واریانس، مقادیر واریانس ژنوتیپی (V_G) و واریانس فنوتیپی (V_p) بدست آمد و سپس ضرایب تغییرات فنوتیپی، ژنوتیپی و ضرایب همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی محاسبه گردید. تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم افزار MSTATC صورت گرفت.

نتایج و بحث

همانطور که جدول ۱ نشان می‌دهد، در آزمایش آبیاری محدود در مرحله رویشی و زایشی، ضرایب تغییرات ژنتیکی برای همه شاخص‌ها کمتر از ضرایب تغییرات فنوتیپی بود، که تفاوت موجود بین ضرایب تغییرات ژنتیکی وفنوتیپی ناشی از تاثیر محیط بر روی این شاخص‌ها می‌باشد. در آبیاری محدود در دوره رویشی بیشترین ضریب تغییرات ژنتیکی مربوط به دو شاخص TOL و SSI، به ترتیب ۶۸/۰۴ و ۶۰/۱۹ درصد بودند که با توجه به ماهیت دو شاخص تحمل به تنش و حساسیت به تنش که شاخص‌های حساسیت نامیده می‌شوند (۱۷ و ۲۰) و از طرفی تنش در مرحله رویشی تاثیر کمتری نسبت به مرحله زایشی بر روی عملکرد دارد (۳ و ۷)، پس تأثیر محیط بر روی این دو شاخص کمتر بوده و مقدار واریانس ژنتیکی (V_G) بالا می‌باشد و دو شاخص MP و GMP کمترین ضریب تغییرات ژنتیکی را داشتند که نشان دهنده تنوع ژنتیکی پایین این شاخص‌ها می‌باشد. در آبیاری محدود در مرحله رویشی ضریب تغییرات شاخص‌های حساسیت بیشتر از شاخص‌های تحمل بود (جدول۱). در آبیاری محدود در دوره زایشی نیز شاخص‌های GMP و STI با همدیگر مساوی و دارای بیشترین ضریب تغییرات ژنتیکی به میزان ۲۸/۳۳ درصد بودند که نشان دهنده انعطاف پذیری ژنتیکی بیشتر این شاخص‌ها نسبت به سایر شاخص‌ها می‌باشد. از طرفی شاخص TOL دارای کمترین ضریب تغییرات ژنتیکی بود. پس این شاخص دارای تنوع ژنتیکی پایینی می‌باشد. در آبیاری محدود در مرحله زایشی ضرایب تغییرات فنوتیپی و ژنتیکی شاخص‌های MP، GMP و STI بیشتر از شاخص‌های TOL و SSI بود (جدول۱). اختلاف بین ضرایب تغییرات ژنتیکی و فنوتیپی هر شاخص ناشی از تاثیر محیط می‌باشد که بیشترین اختلاف مربوط به شاخص تحمل می‌باشد که بیانگر تاثیر بیشتر محیط بر روی این شاخص می‌باشد که این مطلب به دلیل حساسیت گیاه ذرت به تنش در مرحله زایشی می‌باشد که هر چه شدت تنش بیشتر باشد، واریانس ژنتیکی با شدت بیشتری کاهش می‌یابد (۵) و تاثیر این کاهش بر روی شاخص های حساسیت در مرحله زایشی بیشتر است. با مقایسه ضرایب تغییرات دو مرحله رویشی و زایشی مشاهده می‌شود که به استثنای شاخص GMP، ضرایب تغییرات فنوتیپی و ژنتیکی در آبیاری محدود در مرحله رویشی بیشتر از مرحله زایشی می‌باشد که این امر نشان دهنده پراکندگی بیشتر شاخص‌ها در مرحله رویشی می‌باشد. بطور کلی میزان واریانس ژنتیکی عملکرد در شرایط تنش کمتر از شرایط نرمال بود (۴) و هر چه شدت تنش بیشتر باشد، کاهش واریانس سرعت بیشتری دارد (۹) بنابراین چون شاخص‌ها بر اساس عملکرد محاسبه شده‌اند، به نظر می‌رسد شاخص‌ها در مرحله رویشی پراکندگی بیشتری از خود نشان دهند.

جدول ۲ برآورد ضرایب همبستگی ژنتیکی و فنوتیپی بین شاخص‌های مورد بررسی و صفات عملکرد دانه و اجزای عملکرد در شرایط آبیاری محدود در مرحله رویشی و نرمال می‌باشد. همانطور که این جدول نشان می‌دهد، شاخص‌های MP، GMP و STI دارای بیشترین همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی با عملکرد در شرایط آبیاری محدود و آبیاری نرمال می‌باشند و شاخص هایی که همبستگی بالایی با عملکرد در شرایط آبیاری محدود و نرمال داشته باشند، جهت انتخاب ارقام متحمل به خشکی مناسب تر از سایر شاخص‌ها می‌باشند. بنابراین انتخاب در جهت مقادیر بالاتر این سه شاخص برای لاین‌های مورد بررسی موجب انتخاب لاین‌های با عملکرد بالاتر می‌شود. از طرفی صفت دانه در ردیف در شرایط آبیاری محدود با شاخص‌های TOL و SSI همبستگی بالا و منفی و دو صفت ردیف در بلال و وزن ۵۰۰ دانه با همه شاخص‌ها همبستگی ژنتیکی بالایی (برعکس همبستگی فنوتیپی) دارند. از آنجا که بالا بودن مقادیر MP،GMP و STI و کمتر بودن مقادیر TOL و SSI نشان دهنده تحمل بیشتر می‌باشد، از این رو دو صفت ردیف در بلال و وزن ۵۰۰ دانه در شرایط آبیاری محدود نمی توانند به تنهایی به عنوان عاملی برای تفکیک ارقام متحمل به خشکی مورد استفاده قرار گیرند.

(جدول۱)- برآورد پارامترهای فنوتیپی و ژنتیکی شاخص‌های مقاومت در آبیاری محدود در مرحله رویشی و زایشی

شاخص	آبیاری محدود	ضریب تغییرات ژنتیکی (٪)	ضریب تغییرات فنوتیپی (٪)	میانگین
TOL	مرحله رویشی	۶۸/۰۴	۸۳/۸۳	۱/۴۶
	مرحله زایشی	۱۱/۷۷	۲۱/۵۶	۴/۷۰
MP	مرحله رویشی	۲۰/۳۱	۳۳/۷۵	۵/۱۲
	مرحله زایشی	۲۲	۲۵/۷۴	۳/۵۰
GMP	مرحله رویشی	۲۰/۲۵	۲۶/۱۵	۵/۰۴
	مرحله زایشی	۲۸/۳۳	۳۴/۰۹	۲/۵۳
STI	مرحله رویشی	۳۸/۰۷	۴۷/۴۸	۰/۷۸
	مرحله زایشی	۲۸/۳۳	۳۱/۹۵	۰/۲۰
SSI	مرحله رویشی	۶۰/۱۹	۷۹/۵۹	۰/۹۴
	مرحله زایشی	۱۴	۱۸/۵۱	۰/۹۶

(جدول۲)- ضرایب همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی شاخص‌های مقاومت در شرایط آبیاری محدود در مرحله رویشی و آبیاری نرمال

شاخص	همبستگی	شرایط آبیاری نرمال				شرایط آبیاری محدود در مرحله رویشی			
		۵۰۰ دانه	ردیف در بلال	دانه در ردیف	عملکرد	۵۰۰ دانه	ردیف در بلال	دانه در ردیف	عملکرد
TOL	فنوتیپی	۰/۵۹۸**	۰/۴۲۱*	۰/۲۲۴^{ns}	۰/۶۴۵**	۰/۳۷۶^{ns}	-۰/۳۵۷^{ns}	-۰/۴۴۴*	-۰/۱۵۲^{ns}
	ژنتیکی	۱**	۰/۵۵۲**	۰/۱^{ns}	۰/۷۴۰**	۰/۹۲۵**	-۰/۸۸۳**	-۰/۸۷۸**	-۰/۰۳۶^{ns}
MP	فنوتیپی	۰/۷۹۶**	۰/۸۳۰**	۰/۴۹۴*	۰/۹۳۳**	۰/۱۵۰^{ns}	۰/۲۰۳^{ns}	۰/۰۷۶^{ns}	۰/۸۸۵**
	ژنتیکی	۱**	۰/۹۹۹**	۰/۶۴۴**	۰/۹۴۱**	۰/۵۶۳**	۰/۸۵۲**	۰/۲۳۴^{ns}	۰/۸۶۴**
GMP	فنوتیپی	۰/۷۶۴**	۰/۸۲۱**	۰/۸۴۷**	۰/۹**	۰/۱۱۵^{ns}	۰/۲۴۳^{ns}	۰/۱۱۵^{ns}	۰/۹۱۹**
	ژنتیکی	۱**	۰/۹۹۸**	۰/۶۵۶**	۰/۹۰۷**	۰/۴۷۷*	۰/۹۶۰**	۰/۳۱۷^{ns}	۰/۹۰۵**
STI	فنوتیپی	۰/۷۶۱**	۰/۸۰۳**	۰/۴۶۵*	۰/۸۹۴**	۰/۱۰۶^{ns}	۰/۲۰۵^{ns}	۰/۰۶۳^{ns}	۰/۹۰۸**
	ژنتیکی	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۷**	۰/۶۱۴**	۰/۸۸۲**	۰/۳۸۵^{ns}	۰/۸۰۳**	۰/۲۲۳^{ns}	۰/۹۲۴**
SSI	فنوتیپی	۰/۳۹۲*	۰/۱۹۷^{ns}	۰/۰۸۱^{ns}	۰/۳۹۷*	۰/۳۶۰^{ns}	-۰/۵۱۳**	-۰/۵۲۵**	-۰/۴۲۰*
	ژنتیکی	۱**	۰/۱۶۸^{ns}	-۰/۳۱^{ns}	۰/۴۹۳*	۰/۹۹۷**	-۰/۹۹۹**	-۰/۹۹۸**	-۰/۳۷۵^{ns}

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

همچنین در شرایط آبیاری نرمال سه صفت دانه در ردیف، ردیف در بلال و وزن ۵۰۰ دانه همبستگی بسیار بالایی با شاخص‌های MP، GMP و STI دارند (جدول۲). به دلیل همبستگی بالای این سه شاخص با عملکرد و اجزای عملکرد به عنوان بهترین شاخص معرفی می‌شوند. در شرایط آبیاری محدود در مرحله زایشی (جدول۳)، شاخص‌های تحمل (TOL) و میانگین حسابی (MP) دارای بیشترین همبستگی فنوتیپی با عملکرد دانه در شرایط آبیاری نرمال و شاخص‌های MP، GMP و STI دارای بیشترین همبستگی فنوتیپی با عملکرد در شرایط آبیاری محدود در مرحله زایشی و صفات دانه در ردیف و ردیف در بلال می‌باشد. از طرفی همبستگی فنوتیپی همه شاخص‌ها با صفت وزن ۵۰۰ دانه پایین می‌باشد. همچنین شاخص‌های تحمل، میانگین حسابی، میانگین هندسی بهره‌وری و تحمل تنش با صفت عملکرد دانه در شرایط آبیاری نرمال همبستگی ژنتیکی بالایی نشان می‌دهند، اما شاخص تحمل با عملکرد دانه در شرایط آبیاری محدود در مرحله زایشی همبستگی ژنتیکی بسیار پایینی دارد، ولی سه شاخص MP، GMP و STI دارای همبستگی ژنتیکی بسیار معنی‌داری با عملکرد دانه در شرایط آبیاری محدود در مرحله زایشی می‌باشند. همبستگی ژنتیکی شاخص‌های MP ، GMP و STI با صفات دانه در ردیف و ردیف در بلال معنی‌دار و مثبت می‌باشد. لذا با توجه به بالا بودن همبستگی ژنتیکی این شاخص‌ها با صفات دانه در ردیف و ردیف در بلال، این صفات می‌توانند به عنوان معیار مناسبی در شناسایی ارقام متحمل به خشکی در شرایط آبیاری محدود در مرحله زایشی به کار گرفته شوند. به استثنای شاخص SSI همبستگی ژنتیکی شاخص‌ها با صفت وزن ۵۰۰ دانه پایین می‌باشد.

در شرایط آبیاری نرمال همبستگی ژنتیکی و فنوتیپی شاخص‌های تحمل با صفت دانه در ردیف مثبت و بالا و شاخص‌های TOL،MP، GMP و STI دارای همبستگی بسیار بالایی با دو صفت ردیف در بلال و وزن ۵۰۰ دانه بودند.

با توجه به اینکه انتخاب بر اساس صفاتی که دارای تنوع کافی و وراثت‌پذیری بالایی هستند، موثرتر خواهد بود (۲۳)، می‌توان در آبیاری محدود در مرحله رویشی جهت انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب از سه شاخص TOL، SSI و STI و در آبیاری محدود در مرحله زایشی از شاخص‌های MP، GMP و STI استفاده کرد. همچنین با توجه به ضرایب همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی (جداول۲و۳) جهت بهبود صفات مورد بررسی می‌توان از شاخص‌هایی که با این صفات همبستگی بالایی دارند، استفاده کرد. لذا انتخاب در جهت شاخص‌های مطلوب در هر دوره منجر به انتخاب اینبرد لاین‌هایی می‌شود که از نظر عملکرد و اجزای عملکرد در شرایط آبیاری نرمال و آبیاری محدود از وضعیت مطلوبی برخوردار می‌باشند.

(جدول۳)- ضرایب همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی شاخص‌های مقاومت در شرایط آبیاری محدود در مرحله زایشی و آبیاری نرمال

شاخص	همبستگی	شرایط آبیاری نرمال				شرایط آبیاری محدود در مرحله زایشی			
		۵۰۰ دانه	ردیف در بلال	دانه در ردیف	عملکرد	۵۰۰ دانه	ردیف در بلال	دانه در ردیف	عملکرد
TOL	فنوتیپی	۰/۷۲۹**	۰/۶۹**	۰/۳۰۳^{ns}	۰/۹۲۹**	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۵۲^{ns}	۰/۰۴۲^{ns}	-۰/۱۲۸^{ns}
	ژنتیکی	۱**	۰/۷۷۲**	۰/۲^{ns}	۰/۹۱۹**	-۰/۱۰^{ns}	۰/۴۰۲*	۰/۲۲۶^{ns}	-۰/۰۰۰۷^{ns}
MP	فنوتیپی	۰/۸۹۷**	۰/۸۶**	۰/۵۸۶**	۰/۹۴۹**	۰/۲۴۸^{ns}	۰/۶**	۰/۶۵۷**	۰/۵۳۹**
	ژنتیکی	۱**	۰/۹۹۹**	۰/۷۲۵**	۰/۹۵۵**	۰/۲۸۸^{ns}	۰/۹۹۸**	۰/۸۲۸**	۰/۶۴۷**
GMP	فنوتیپی	۰/۷۵۱**	۰/۷۲۴**	۰/۶۳۳**	۰/۶۷۱**	۰/۳۹۲^{ns}	۰/۸۷۱**	۰/۹۱۲**	۰/۸۷۷**
	ژنتیکی	۱**	۰/۹۹۸**	۰/۸۹۰**	۰/۷۵۶**	۰/۴۹۷*	۱**	۰/۹۹۹**	۰/۸۹۶**
STI	فنوتیپی	۰/۷۵۸**	۰/۷۱۵**	۰/۶۲۵**	۰/۶۶۹**	۰/۳۴۱^{ns}	۰/۸۴۹**	۰/۸۹۸**	۰/۸۷۰**
	ژنتیکی	۱**	۰/۹۹۸**	۰/۹۴۳**	۰/۷۶۶**	۰/۴۰۴*	۱**	۰/۹۸۴**	۰/۸۹۲**
SSI	فنوتیپی	۰/۱۶۹^{ns}	۰/۱۴^{ns}	-۰/۱۰^{ns}	۰/۳۷۲^{ns}	-۰/۲۸^{ns}	-۰/۶۵۴**	-۰/۶۲۶**	-۰/۷۶۳**
	ژنتیکی	-۰/۰۲^{ns}	-۰/۰2^{ns}	-۰/۴۰۵*	۰/۳۲۹^{ns}	-۰/۶۱۵**	-۰/۵۲۵**	-۰/۵۱۰**	-۰/۷۱۳**

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

منابع

۱- احمدی ج.ح.، زینالی، رستمی م.ع. ، و چوگان ر. ۱۳۷۹ . بررسی شاخصهای مقاومت به خشکی و استفاده از روش بای‌پلات در هیبریدهای ذرت دانه‌ای. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۱ : ۵۲۳-۵۱۳.

۲- اشکانی ج. و پاک‌نیت ح. ۱۳۸۲. بررسی ژنتیکی شاخص‌های کمی مقاومت به خشکی در گلرنگ بهاره. مجله علوم و صنایع کشاورزی. ۱۷: ۳۱-۳۵.

۳- صفری س.، دهقانی ح. و چوگان ر.۱۳۸۶. ارزیابی لاین های اینبرد ذرت برای تحمل به خشکی بر اساس شاخص های مقاومت و روش بای پلات. مجله علوم کشاورزی ایران.۲: ۲۲۸-۲۱۵.

4- Banziger M., and Cooper M. 2001. Breeding for low input conditions and cosequnces for participitation plant breeding examples from tropical maize and Wheat. Euphtica. 122: 503-519

5- Banziger M., Betran F.J. and Laffite H.R. 1997. Breeding tropical maize for low N environmental. Crop Sci., 37:1103-1109.

6- Blum A. 1988. Plant breeding for stress environment. CRC press, Boca Rotan, FL. 38-78.

7- Bolanos J. and Edmeades G.O. 1996. The importance of the anthesis- silking interval in breeding for drought tolerance in tropical maize. Field Crop Res. 48: 65-80

8- Bolanos J., and Edmeades G.O. 1993. Eight cycles of selection for drought tolerance in lowland tropical Maize. I. Response in yield. Biomass and radiation utilization. Field Crop Res. 31: 233-252.

9- Chapman S.C., and Edmeades G.O. 1999. Selection improves drought tolerance in tropical Maize populations: Direct and correlated responses among secondary traits. Crop Sci., 39:1315-1324.

10- Clark J.M., Ronald M.D. and Towenly- Smith T.F. 1992. Evalution of methods for Quantification of drought tolerance in Wheat. Crop Science, 32:723-728.

11- Cooper, M., R.E. Stucher, H.I. Delacy and B.D. Harch.1997. Wheat breeding nurseries, target enviroment and indirect selection for grain yield. Crop Sci., 32:723-728.

12- Edmeades, G.O., J. Bolanos, S.C. Chapman, H.R. Lafitte and M. Banziger. 1999. Selection improves drought tolerance in tropical maize populations: I. Gains in biomass. Grian yield and harvest index. Crop Sci. 39: 1306-1315.
13- Edmeades G.O., Bolanos J. and Lafitte H.R. 1992. Progressin breeding for drought tolerance in Maize. 47th Annu. Washington
14- Falconer D.S. 1989. Introduction Quantitative Genetics. Longman. Newyork. Pp 415.
15- Farre I., Oijen M.V., Leffelaar P.A., Faci J.M. 2000. Analysis of Maize growth for different irrigation strategies in northeastern Spain. European J. of Agron. 12: 225-238.
16- Fernandez G.C.J. 1992. Effective selection criteria for Assessing plant stress tolerance. In: C. G. Kuo. (eds), Adaptation of food crops to temperature and water-stress, AVRDC, Shanhau, Taiwan. PP.259- 270.
17- Fischer R. and mourer R. 1987. Drought resistant in spring wheat cultivar. I. Grain responses. Australian Journal of Agriculture Research. (29): 897-912
18- Kristin A.A., Serna R.R., Perez F.I. Enriquez B.C., Gallegos J.A.A., Vallejo P.R., Wassimi N., and Kelley J.D. 1997. Improving common bean performance under drought stress. Crop Sci. 37: 43-50.
19- Quattar S.R., Jones J., and Crookston R.K. 1987. effect of water deficit during grain filling on the pattern of maize kernel growth and development. Crop Sci., 27:726-730.
20- Rosielle A.T. and Hambelen J. 1981. Drought stress and its effects on maize reproductive systems. Crop Sci. 21: 493-498
21- Sharma J.K. and Bgahalla S.K. 1990. Genetic of some drought tolerant traits in maize. Crop Improv., 17:144-149.
22- Westgate M.E. and Boyer J.S. 1986. Reproduction at low silk and pollen water potentials in maize. Crop Sci., 26:951-956.
23- Yadav T.P., Singh R.D. and Bhat J.S. 2003. Genetic studies under different levels of moisture stress in maize (*Zea mays L.*). Indian J. Gent. 63:119-123.