"مجله علوم زراعی ایران"
جلد دهم، شماره ٤، زمستان ١٣٨٧

ارزیابی تحمل به خشکی در هیبرید های دیررس و متوسط رس ذرت با استفاده از شاخص های تحمل به خشکی

Evaluation of drought tolerance in late and medium maturity maize hybrids using stress tolerance indices

عسگر شیرین زاده[1]، رضا ضرغامی[2] و محمد رضا شیری[3]

چکیده

شیرین زاده، ع.، ر. ضرغامی و م. ر. شیری. ١٣٨٧. ارزیابی تحمل به خشکی در هیبرید های دیررس و متوسط رس ذرت با استفاده از شاخص های تحمل به خشکی. **مجله علوم زراعی ایران. ١٠(٤): ٤٢٧-٤١٦.**

به منظور بررسی اثر تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد دانه و تعیین تحمل هیبرید های دیررس و متوسط رس ذرت دانه ای نسبت به تنش رطوبتی، آزمایشی بصورت اسپلیت بلوک در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ١٣٨٣ در مرکز تحقیقات کشاورزی مغان اجراء گردید. فاکتور های آزمایشی چهار رژیم آبیاری بعنوان عامل A شامل I_1 = آبیاری نرمال، I_2 = قطع آب در مرحله رویشی، I_3 = قطع آب درمرحله گل دهی و I_4 =قطع آب درمرحله پرشدن دانه در کرت های عمودی و هفت هیبرید تجارتی ذرت شامل SC٧٠٤، SC٧٠٣، SC٧٠٠، SC٧٢٠، SC٦٤٧، SC٧٢٤ و TWC٦٠٠ بعنوان عامل B در کرت های افقی بررسی شدند. بر اساس عملکرد دانه ژنوتیپ های مورد بررسی در شرایط بدون تنش رطوبتی و دارای تنش رطوبتی، شاخص های تحمل به خشکی، شاخص حساسیت (SSI)، شاخص تحمل(TOL)، میانگین محصول دهی(MP)، میانگین هندسی محصول دهی(GMP)، شاخص تحمل به تنش (STI) و میانگین هارمونیک (HAR) بر آورد شدند. نتایج نشان داد علاوه بر همبستگی معنی دار شاخص های STI، MP، GMP و HAR با عملکرد دانه، در بین شاخص های فوق الذکرنیز همبستگی معنی داری در شرایط تنش و بدون تنش خشکی وجود داشت. همچنین با توجه به اینکه شاخص STI توانست گروه A را از سایر گروه ها تشخیص دهد، بعنوان مناسب ترین شاخص برای گزینش ژنوتیپ های مقاوم به خشکی انتخاب شد. بنابراین در ترسیم نمودار های سه بعدی فقط از شاخص STI و عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش استفاده گردید. بر اساس عملکرد دانه در هر دو شرایط دارای تنش و بدون تنش (نمودار سه بعدی)، ژنوتیپ های SC٧٠٤ و SC٦٤٧ بعنوان متحمل ترین ارقام نسبت به خشکی انتخاب شدند.

واژه های کلیدی: تنش خشکی، دیررس، ذرت، شاخص های تحمل به خشکی، عملکرد دانه و متوسط رس.

تاریخ دریافت: ٨۴/٨/٣٠

١- عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد پارس آباد مغان (مکاتبه کننده).
٢- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین- پیشوا
٣-عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان).

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.4.7.6]

مقدمه

عملکرد گیاهان زراعی تحت تاثیر شرایط محیطی، ساختار ژنتیکی و اثر متقابل آنها است. اگر چه کلیه تنش های زنده و غیر زنده از عوامل مهم کاهش تولید محسوب می شوند (Entz and Flower, 1990)، اما تنش کمبود آب از عوامل اصلی محدود کننده تولید ذرت در مناطق خشک و نیمه خشک به شمار می آید. در مراحل نمو رویشی گیاه ذرت تنش آبی کوتاه مدت می تواند سرعت رشد برگ و در مراحل بعدی شاخص سطح برگ و کارایی مصرف نور (RUE = Radiation Use Efficiency) را کاهش دهد (Sarvar and Ali, 1999). تنش شدید آب می تواند منجر به بستن روزنه ها گردد و این امر جذب Co_2، فتوسنتز و تولید ماده خشک را کاهش دهد (Shiri, 2000). اقبال و مارانویل (Egball and Maranville , 1993) گزارش نمودند که تنش آب در مرحله رویشی ذرت، طول ریشه و کارایی مصرف آب را افزایش داده و تنش آب در زمان گرده افشانی ذرت باعث کاهش یا عدم لقاح تخمک ها می شود و در نتیجه تعداد دانه در بلال کاهش می یابد. اسبوران و همکاران (Osborne *et al*., 2000) نشان دادند که تنش رطوبتی در مراحل رویشی، گل دهی و پر شدن دانه گیاه ذرت، عملکرد دانه را به ترتیب به میزان ۲۵، ۵۰ و ۲۱ درصد کاهش می دهد. واسون و همکاران (Wasson *et al*., 2000) اثرحجم آبیاری را در سه مرحله از رشد و توسعه ذرت، بررسی و ملاحظه کردند که گیاه ذرت حساسیت بالایی نسبت به کمبود آب در مرحله گل دهی دارد تنش جزئی رطوبت در این مرحله از تشکیل آغازین های گل جلوگیری نموده و تعداد دانه ها را کاهش می دهد. 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 (ASI = Anthesis Silking Interval) می گردد و در نهایت موجب می شود انتشار و دریافت دانه گرده تقریباً و یا کلاً انجام نشود. ابریشم های 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 داخل تخمک ها تحت تاثیر قرار گرفته, باروری به خوبی صورت نگیرد و در نهایت تعداد دانه در بلال کاهش یابد. بولاناس و مارتینز (Bolanas and Martinaz, 1999) نتیجه گرفتند که در اثر تنش خشکی فاصله زمانی بین گرده افشانی و ظهور تارهای ابریشمی (ASI) از ۲/۲ روز در تیمار شاهد به ۴/۶ روز در تیمار تنش در مرحله گل دهی و ۸/۳ روز در تیمار تنش شدید قبل و بعد از گل دهی تغییر یافت و وقوع تنش در دوره پرشدن دانه، وزن نهایی دانه در ذرت را کاهش داد. گیاهان از طریق سازوکار های مختلف از جمله کاهش سطح برگ، بستن روزنه، ضخیم‌تر کردن کوتیکول، افزایش رشد ریشه، افزایش برخی پروتئین ها، بالا نگه داشتن فتوسنتز، کاهش تنفس و تنظیم اسمزی می توانند در برابر خشکی مقاومت کنند (Levitt, 1980). مقاومت گیاهان به خشکی، به میزان رطوبت خاک و ژنوتیپ بستگی دارد. به این ترتیب که در مقدار معینی از رطوبت خاک، توانایی عملکرد دانه یک ژنوتیپ ممکن است بیشتر از ژنوتیپ دیگر باشد. بر این اساس، مقاومت به خشکی در گیاه به مجموعه ای از سازوکارها و واکنش های پیچیده ای اطلاق می شود که گیاه در صورت مواجه شدن با کمبود آب، توانایی رشد و نمو موفقیت آمیز خود را تا حدودی حفظ می کند (Rostami and Yazdi Samadi, 1991). عملکرد دانه کاربردی ترین شاخص برای شناسایی ارقام سازگار به محیط های واجد تنش است. با این حال در محیط های پر تنش عملکرد دانه به تنهایی همیشه مفیدترین و یا ساده تر ین صفت انتخابی نیست (Shiri, 2000). بنا به اظهار ریچاردز (Richads, 1996) انتخاب بر اساس عملکرد دانه ژنوتیپ ها در هر دو محیط دارای تنش و بدون تنش باعث انتخاب ژنوتیپ های دارای عملکرد بالا در شرایط تنش می گردد، چون پاسخ به انتخاب در شرایط بدون تنش به دلیل بالا بودن وراثت پذیری عملکرد در شرایط

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.4.7.6]

بدون تنش، حداکثر است . فرناندز (Fernandez, 1992) ژنوتیپ ها را بر اساس عملکرد در شرایط محیطی تنش دار و بدون تنش به چهار گروه A (ژنوتیپ های که عملکرد بالایی در هر دو محیط دارند)، گروه B (ژنوتیپ های که صرفاً عملکرد خوبی در شرایط بدون تنش دارند)، گروه C (ژنوتیپ های که صرفاً عملکرد خوبی در شرایط دارای تنش دارند)، گروه D (ژنوتیپ های که عملکرد ضعیفی در هر دو محیط دارند) تقسیم می کند. به نظر فرناندز (Fernandez, 1992) مناسب ترین شاخص برای گزینش ژنوتیپ های مقاوم به خشکی شاخصی است که می تواند ژنوتیپ های گروه A را از سایر گروه ها تشخیص دهد. زیرا پایداری عملکرد ژنوتیپ های مربوط به این گروه بیشتر است. فیشر و مورر (Fisher and Maurer, 1978) شاخص حساسیت به تنش (SSI = Stress Susceptibility Index) را به منظور اندازه گیری پایداری عملکرد دانه ارایه کردند که تغییرات عملکرد دانه بالقوه و عملکرد دانه واقعی را در محیط های متغیر در بر می گیرد.

روزیلی و هامبلین (Roselle and Hambelen, 1981) شاخص تحمل (TOL = Tolerance Index) را به عنوان معیار تعیین اختلاف عملکرد در شرایط تنش بدون تنش و میانگین محصول دهی (MP = Mean Productivity) را به عنوان تخمین عملکرد متوسط مقداربالای شاخص TOL نشان دهنده حساسیت بالاتر ژنوتیپ ها به تنش خشکی است بنابراین برای گزینش ژنوتیپ های مطلوب، پایین تر بودن مقدار TOL یک معیار مناسب محسوب می شود (Roselle and Hambelen, 1981). گزینش بر مبنای شاخص میانگین محصول دهی (MP) در شرایط بدون تنش و تنش دار با مقدار عددی بالاتری برای آن همراه است (Ehdaie, 1993). شاخص تحمل به تنش (STI = Tolerance Index Stress)، به منظور شناسایی ژنوتیپ هایی که در شرایط تنش دار همانند شرایط بدون تنش عملکرد دانه بالایی دارند، توسط فرناندز (Fernandez, 1992) معرفی شد.

همچنین میانگین هندسی محصول دهی (GMP = Geometric MeanProductivity) توسط فرناندز (Fernandez, 1992) معرفی شد، میانگین هارمونیک (HAR = Harmonic Mean) نیز از شاخص هایی است که در ارزیابی تحمل به تنش ژرم پلاسم مورد استفاده قرار می گردد (Farshadfar, 2000).

هدف از اجرای این تحقیق تعیین تحمل به تنش کمبود آب در تعدادی از ژنوتیپ های دیررس و متوسط رس ذرت بود. بدین منظور از شاخص های تحمل به تنش برای برآورد عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش استفاده شد تا مناسب ترین شاخص یا شاخص های تحمل به تنش به همراه ژنوتیپ برتر معرفی گردد.

مواد و روش ها

این پژوهش در فصل زراعی سال ۱۳۸۳ در ایستگاه مرکز تحقیقات کشاورزی مغان واقع در شمالی ترین نقطه استان اردبیل در مرز جمهوری آذربایجان (بین ۳۹ درجه و ۴۱ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۳۲ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۴۵ تا ۵۰ متر از سطح دریای آزاد) اجراء شد. بر اساس آمار آب و هوایی ایستگاه هواشناسی سینوپتیک پارس آباد، این منطقه جزء اقلیم نیمه بیابانی خفیف بوده، دارای زمستان های ملایم و تابستان های گرم می باشد. حداکثر دما در مرداد ماه ۳۱/۴ درجه سانتی گراد و حداقل در دی ماه با ۱/۴ درجه سانتی گراد گزارش گردیده است. میانگین بارندگی در منطقه مورد مطالعه ۳۸۹/۵ میلی متر گزارش شده است. این پژوهش به صورت طرح اسپلیت بلوک در قالب بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گردید. فاکتور های مورد مطالعه چهار رژیم آبیاری بعنوان عامل A شامل I_1 = آبیاری کامل بر اساس نیاز آبی گیاه و عرف منطقه، I_2 = قطع آبیاری در مرحله رویشی (قطع آبیاری بعد از سبز شدن تا ظهور گل تاجی و ادامه آبیاری بعد از ظهور گل تاجی تا آخر دوره رشد)، I_3 = قطع آبیاری در مرحله گل دهی (قطع آبیاری از

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.4.7.6]

مرحله ظهور گل تاجی تا اتمام گرده افشانی و آبیاری در مراحل قبل و بعد از گل دهی)، I_4 = قطع آبیاری در دوره پرشدن دانه (آبیاری تا مرحله اتمام گرده افشانی و قطع آبیاری بعد از اتمام گرده افشانی تا آخر دوره رشد) در کرت های عمودی و هفت هیبرید دیررس و متوسط رس ذرت بعنوان عامل B شامل SCV۷۰۴ ، SCV۷۰۳، SCV۷۰۰، SCV۷۲۰، SC۶۴۷، SCV۷۲۴ و TWC۶۰۰ در کرت های افقی بودند. عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک زنی، لولر، فاروکشی، شیپرزنی، کود پاشی وکرت بندی بود. هر کرت آزمایشی شامل چهار خط به فاصله ۷۵ سانتی متر و به طول ۵/۷۶ متر بود. برای هر ژنوتیپ در هر کرت ۳۲ بوته به فاصله ۱۸ سانتی متر بصورت دستی کاشته شد. با احتساب ۷۵ سانتی متر فاصله خطوط کاشت، تراکم کشت در حدود ۷۵۰۰۰ هزار بوته در هکتار بود. برداشت فقط از دو خط وسط هر کرت به مساحت ۸/۶۴ متر مربع پس از حذف دو ردیف از طرفین و ۲۵ سانتی متر از ابتدا و انتهای هر کرت به عنوان حاشیه، انجام گردید. میزان آب ورودی و خروجی به کرت های آزمایشی، با استفاده از فلوم W.S.C. اندازه گیری شد. از آنجایی که در این پژوهش، رژیم های آبیاری I_2، I_3، و I_4 نسبت به آبیاری I_1 (شاهد) موجب تنش کمبود آب شدند، بنابراین در مورد هر یک از رژیم های آبیاری پس ازتعیین عملکرد دانه در شرایط دارای تنش و بدون تنش، شاخص های MP (میانگین محصول دهی)، GMP (میانگین هندسی محصول دهی)، TOL (تحمل)، STI (شاخص تحمل تنش)، SSI (شاخص حساسیت به تنش) و HAR (میانگین هارمونیک) محاسبه شد و با استفاده از نرم افزار MSTATC همبستگی بین شاخص ها در هر یک از رژیم های آبیاری تنش دار و بدون تنش به منظور تعیین بهترین شاخص محاسبه گردید. به دنبال آن، با استفاده از نرم افزار STATGRAPH نمودار سه بعدی برای هر یک از رژیم های آبیاری دارای تنش و در مورد هر یک از ژنوتیپ ها در محدود های A، B، C و D ترسیم گردید.

نتایج و بحث

مقادیر عملکرد دانه در شرایط بدون تنش(Yp) و عملکرد دانه در شرایط تنش(Ys) و شا خص های ارزیابی تحمل به خشکی ارقام مورد مطالعه در جداول (۱، ۲ و ۳) ارائه شده است. با توجه به عملکرد دانه در شرایط واجد تنش و بدون تنش می توان هیبرید ها را به چهار گروه A (عملکرد بالاتر از میانگین در هر دو شرایط تنش و بدون تنش)، B (عملکرد بالاتر از میانگین در شرایط بدون تنش)، C (عملکرد بالاتر از میانگین در شرایط تنش)، D (عملکرد پایین تر از میانگین در هر دو شرایط تنش و بدون تنش) تفکیک نمود. به نظر فرناندز (Fernandez, 1992) بهترین معیار آن است که بتواند گروه A را از سایر گروه ها تشخیص دهد. شدت تنش (سختی محیط) که با SI نشان داده می شود و در فرمول شاخص حساسیت به تنش آمده است حداکثر می تواند واحد باشد و در این آزمایش برای تیمارهای تنش در مراحل رویشی، گل دهی و پرشدن دانه به ترتیب (SI =۰/۲۷)، (SI =۰/۵۱) و (SI =۰/۳۹) که در جداول (۱، ۲، ۳) آمده است محاسبه شد. هرچه مقدار عددی شاخص SSI کوچکتر باشد، حساسیت به تنش کمتر و تحمل نسبی ژنوتیپ به تنش رطوبتی بیشتر است. به عبارت دیگر هر اندازه Y_S از نظر کمی به Y_P نزدیکتر باشد، به همان اندازه نیز حساسیت آن هیبرید به خشکی کمتر خواهد بود.

در این آزمایش، استفاده از شاخص SSI نشان داد، هیبرید های SCV۷۲۰ و SCV۷۲۴ با کمترین SSI یعنی به ترتیب با SSI برابر ۰/۴۳۱ و ۰/۶۷۵ متحمل ترین هیبریدها نسبت به شرایط تنش قطع آب در مرحله رویشی بودند. این هیبریدها دارای عملکرد دانه پایین تر از عملکرد دانه میانگین در شرایط بدون تنش بودند و بر اساس مدل فرناندز (Fernandez, 1992) در گروه C قرار گرفتند. در این مرحله SC۶۴۷ و SCV۷۰۰ به ترتیب با SSI برابر ۱/۸۳۱

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.4.7.6]

و ۱/۳۳۷ نسبت به شرایط تنش قطع آب حساس ترین هیبرید ها نشان دادند. در تیمار قطع آب در مرحله گل دهی، هیبرید های SC۶۴۷، SC ۷۰۴ و SCV۲۴ به ترتیب با SSI برابر ۰/۶۴۳، ۰/ ۷۷۱ و۰/۹۵۳ از تحمل بیشتری برخوردار بودند. مقایسه عملکرد دانه این هیبرید ها با عملکرد دانه میانگین در هر دو شرایط تنش و بدون تنش نشان دهنده اختلاف عملکرد دانه پایین تر نسبت به سایر هیبرید ها در هر دو شرایط بود. در این مرحله هیبرید های SC۶۴۷ و SCV۷۰۴ در گروه A و هیبریدSCV۲۴ در گروه D قرار گرفتند. حساس تر ین هیبرید ها در شرایط تنش قطع آب در مرحله گل دهی، SCV۲۰، SC ۷۰۳ و SCV۷۰۰ به ترتیب با SSI برابر ۱/۰۸۷، ۱/۳۵۰ و ۱/۱۹۱ شناخته شدند (جدول ۲). در مرحله پر شدن دانه هیبرید هایSCV۲۴ و SCV۷۰۴ با SSI برابر ۰/۸۲۲ و ۰/۸۶۴ متحمل ترین هیبرید ها نسبت به تنش قطع آب بودند. این هیبرید ها بر اساس مدل فرناندز (Fernandez, 1992) به ترتیب در گروه C و A قرار داشتند. حساس ترین هیبرید ها در این مرحله، SCV۷۰۳، TWC۶۰۰ و SCV۷۰۰ به ترتیب با SSI برابر ۱/۲۵۹، ۱/۱۶۸ و ۱/۰۱۱ نشان دادند (جدول۳). بنابراین، شاخص SSI گزینش را بسوی ارقام متحمل و کم بازدهی که دارای تغییرات عملکرد کمتر در هر دو محیط دارای تنش و بدون تنش رطوبتی است، سوق می دهد. با مراجعه به مقادیر عملکرد دانه هیبریدهای گزینش شده در هر سه مرحله (جدول ۱، ۲ و ۳). مشخص شد که شاخص SSI در تفکیک ژنوتیپ‌های گروه A از سایر گروه ها موفق نیست. از طرف دیگر مقایسه شاخص SSI برای تیمارهای تنش رطوبتی در مراحل سه گانه نتایج متناقضی را در رابطه به هیبرید های متحمل نشان داد.

جدول۱ - بر آورد شاخص های تحمل به تنش خشکی در هیبرید های ذرت بر اساس عملکرد دانه (تن در هکتار) در شرایط آبیاری نرمال و قطع آب در مرحله رویشی (SI =۰/۲۷)

Table 1. Estimation of stress tolerance indices for grain yields (tha^{-1}) for maize hybrids under normal irrigation and water stress conditions at the vegetative stage (SI = 0.27).

Hybrid	YP ($t\ ha^{-1}$)	YS ($t\ ha^{-1}$)	SSI	TOL	MP	GMP	STI	MHAR
SC703	12.317	8.920	1.038	3.397	10.618	10.482	0.754	10.348
SC700	12.204	7.869	1.327	4.348	10.030	9.792	0.658	9.558
SC720	11.323	10.025	0.431	1.298	10.674	10.654	0.779	10.633
SC647	12.434	6.285	1.861	6.149	9.359	8.840	0.536	8.351
SC724	11.299	9.272	0.675	2.027	10.285	10.235	0.719	10.186
TWC600	11.251	8.878	0.794	2.327	10.065	9.994	0.685	9.924
SC704	13.683	10.384	0.907	3.301	12.035	11.921	0.975	11.806
Mean	12.073	8.865	1.006	3.263	10.438	10.274	0.729	10.115

جدول ۲- بر آورد شاخص های تحمل به تنش در هیبرید های ذرت بر اساس عملکرد دانه (تن در هکتار) در شرایط آبیاری نرمال و قطع آب در مرحله گل دهی (SI = ۰/۵۱)

Table 2. Estimation of stress tolerance indices for grain yield (tha^{-1}) for maize hybrids under normal irrigation and water stress conditions at the reproductive stage (SI = 0.51)

Hybrid	YP (tha^{-1})	YS (tha^{-1})	SSI	TOL	MP	GMP	STI	MHAR
SC703	12.317	3.763	1.350	8.554	8.040	6.808	0.318	5.763
SC700	12.204	4.722	1.191	7.482	8.463	7.591	0.395	6.809
SC720	11.323	4.987	1.087	6.336	8.155	7.515	0.387	6.925
SC647	12.434	8.318	0.643	4.116	10.376	10.170	0.710	9.966
SC724	11.299	5.754	0.953	5.545	8.526	8.063	0.446	7.617
TWC600	11.251	5.260	1.034	5.991	8.256	7.693	0.406	7.169
SC704	13.685	8.254	0.771	5.431	10.969	10.628	0.775	10.297
Mean	12.073	5.856	1.004	6.207	8.969	8.352	0.491	7.792

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.4.7.6]

جدول ٣- برآورد شاخص های تحمل به تنش در هیبرید های ذرت بر اساس عملکرد دانه (تن در هکتار) در شرایط آبیاری نرمال و قطع آب در مرحله پرشدن دانه (SI =٠/٣٩)

Table 3. Estimation of stress tolerance indices for grain yield ($t.ha^{-1}$) for maize hybrids under normal irrigation and water stress conditions at the grain filling stage (SI = 0.39)

Hybrid	YP ($t.ha^{-1}$)	YS ($t.ha^{-1}$)	SSI	TOL	MP	GMP	STI	MHAR
SC703	12.317	3.763	1.259	6.176	9.229	8.697	0.519	8.196
SC700	12.204	4.722	1.011	4.916	9.746	9.431	0.610	9.126
SC720	11.323	4.987	0.940	4.238	9.204	8.957	0.550	8.716
SC647	12.434	8.318	0.946	4.683	10.092	9.817	0.661	9.549
SC724	11.299	5.754	0.822	3.699	9.450	9.267	0.589	9.088
TWC600	11.251	5.260	1.168	5.235	8.634	8.227	0.464	7.840
SC704	13.685	8.254	0.864	4.709	11.166	10.949	0.822	10.840
Mean	12.073	7.265	1.022	4.761	9.645	9.335	0.602	9.050

Y_P: پتانسیل عملکرد، Y_S عملکرد در شرایط تنش SSI: شاخص حساسیت به تنش TOL: شاخص تحمل تنشMP: میانگین محصول دهی، GMP: میانگین هندسی محصول دهی،STI: شاخص تحمل تنش، HAR: میانگین هارمونیک

Y_P: Potential Yield, Y_S: Yield Under Stress, SSI: Stress Susceptibility Index, TOL: Tolerance, MP: Mean productivity, GMP: Geometric Mean Productivity, STI: Stress Tolerance Index, MHAR: Harmonic Mean

برای مثال در تیمار تنش آب در مرحله رویشی هیبرید SC۶۴۷ جزوه حساس ترین ارقام نسبت به تنش قطع آب نشان داد در حالی که همین هیبرید در تیمار تنش قطع آب در مرحله گل دهی متحمل ترین هیبرید بود. به عبارت دیگر طبق مدل فرناندز (Fernandez, 1992) هیبرید SC۶۴۷ در شرایط تنش قطع آب در مراحل رویشی و گل دهی به ترتیب در گروه D و A انتخاب شدند. بهتر است از این شاخص در حذف ارقام حساس و نه گزینش ارقام متحمل به تنش استفاده کرد. در این رابطه علی مقدم و محمد حسن هادی زاده (Moghaddam and Hadizadeh, 2000)) نتایج مشابهی را ارائه کردند.

در ارزیابی هیبرید ها با استفاده از شاخص TOL طبق فرمول این شاخص مقدار بالای TOL حاکی از تغییرات بیشتر عملکرد هیبرید ها در شرایط تنش و بدون تنش رطوبتی می باشد و حساسیت هیبرید ها را نسبت به شرایط تنش قطع آب نشان می دهد. بر اساس شاخصTOL، تحمل نسبی بیشتر متعلق به هیبریدی است که TOL کوچکتری داشته باشد. بنابراین گزینش برای تحمل تنش با حداقل اختلاف در بین Y_P و Y_S همراه است. استفاده از شاخص TOL نشان داد در بین هیبریدهای مورد مطالعه، هیبرید SCV۲۰، SC ۷۲۴ و ۶۰۰ TWC با TOL برابر ۱/۲۹۸، ۲/۰۲۷ و ۲/۳۲۷ متحمل‌ترین هیبریدها نسبت به قطع آب در مرحله رویشی بودند و در گروه C قرار گرفتند. این هیبرید ها دارای عملکرد دانه پایین تر از میانگین در شرایط آبیاری نرمال بودند. در بین هیبرید های فوق الذکر، هیبرید SCV۲۰ به جهت تغییرات عملکرد کمتر در هر دو شرایط دارای تنش و بدون تنش رطوبتی، متحمل ترین هیبرید بود. هیبرید های SC۶۴۷ و SCV۰۰ با TOL برابر۶/۱۴۹ و ۴/۷۰۹ در این مرحله از تحمل کمتری برخوردار بودند. این هیبرید ها دارای عملکرد دانه بالاتر از عملکرد دانه میانگین در شرایط نرمال بودند (جدول ۱). در مرحله گل دهی هیبریدهایSC۶۴۷، SCV۲۴، TWC۶۰۰ و SCV۰۴ متحمل ترین هیبریدها، و هیبریدهایSCV۰۳ و SC ۷۰۰ حساس ترین هیبرید ها به نسبت تنش خشکی بودند. در مرحله پرشدن دانه هیبرید SCV۲۴، با توجه به تغییرات کمتر عملکرد در شرایط دارای تنش و بدون تنش رطوبتی، متحمل ترین هیبرید بود. این هیبرید دارای عملکرد دانه پایین تر از میانگین در شرایط نرمال بود. در این مرحله SCV۰۳ حساس ترین هیبرید بود. این هیبرید در شرایط بدون تنش رطوبتی عملکرد دانه بالاتر از میانگین داشته ولی به جهت تفاوت عملکرد دانه زیاد در دو محیط دارای تنش و بدون تنش رطوبتی و TOL بزرگتر، یک هیبرید حساس شناخته شد (جدول۳). بنابراین مشخص می شود که شاخص TOL در گزینش

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.4.7.6]

ژنوتیپ ها ی دارای عملکرد دانه بالا، در هر دو شرایط تنش و بدون تنش رطوبتی موفق نبوده و گزینش را بسوی هیبرید های کم بازده و متحمل سوق داد. این شاخص در تشخیص گروه A از سایر گروه ها نیز توفیقی نداشت. بطور کلی با توجه به نتایج بالا و همچنین همبستگی مثبت و معنی دار بین شاخص های SSI و TOL (**۰/۹۹ = r و ۰/۵۹ =۰ r و *۰/۹۵ = r به ترتیب برای شرایط قطع آب در مرحله رویشی،گل دهی و پر شدن دانه) می توان گفت این دو شاخص قدرت یکسانی در تفکیک گروه های هیبرید ها را دارند (جداول ۴، ۵ و ۶).

بر اساس شاخص MP از میان هیبرید های مورد مطالعه SC۷۰۴، SC۷۲۰ و SC۷۰۳ به ترتیب با میانگین محصول دهی ۱۲/۰۳۵، ۱۰/۶۷۴ و ۱۰/۶۱۸ از تحمل بیشتری در شرایط تنش در مرحله رویشی برخوردار بودند. در بین این هیبرید ها، SC۷۰۴ و SC۷۰۳ بدلیل عملکرد دانه بالاتر از میانگین در هر دو شرایط دارای تنش و بدون تنش در گروه A، و هیبرید SC۷۲۰ به جهت عملکرد دانه پایین تر از میانگین در شرایط نرمال در گروه C قرار گرفتند. در این مرحله هیبرید های SC۶۴۷، SC۷۰۰ و TWC۶۰۰ به ترتیب، نسبت به تنش خشکی حساس ترین هیبریدها بودند (جدول۱). در شرایط تنش رطوبتی در مرحله گل دهی هیبرید های SC۷۰۴ و SC۶۴۷ دارای MP بالاتر از سایر ژنوتیپ ها بودند. این هیبرید ها از عملکرد دانه بالاتر از میانگین در هر دو شرایط دارای تنش و بدون تنش برخوردار بوده و در گروه A قرار گرفتند (جدول۲). در مرحله پر شدن دانه هیبرید های SC۷۰۴ و SC۶۴۷ با توجه به میانگین محصول دهی متحمل ترین هیبرید ها انتخاب شدند. این هیبرید ها دارای عملکرد دانه بالاتر از میانگین در هر دو شرایط دارای تنش و بدون تنش بوده و تغییرات عملکرد دانه نیز در این ارقام کمتر بود. در این مرحله هیبرید های TWC۶۰۰ و SC۷۲۰ با MP برابر ۸/۶۳۴ و ۹/۲۰۴ به ترتیب حساس ترین ارقام بودند (جدول ۳). بطور کلی در هر سه مرحله رویشی، گل دهی و پرشدن دانه شاخص MP هیبرید SC۷۰۴ را بعنوان متحمل تر ین رقم نسبت به شرایط تنش رطوبتی انتخاب کرد. بنابراین شاخص MP گزینش را بسوی ارقام پر بازده در هر دو شرایط دارای تنش و بدون تنش سوق می دهد. نتایج این بررسی با نتایج احمد زاده (Ahmadzadeh, 1997) مقدم و هادی زاده (Moghaddam and Hadizadeh, 2000) که اعلام نمودند، شاخص MP در گزینش هیبریدهای متحمل به تنش نسبت به شاخص های SSI و TOL بهتر عمل می کند، کاملاً مطابقت دارد.

بر اساس مدل فرناندز(Fernandez, 1992) شاخص STI بر اساس میانگین هندسی عملکرد های تحت شرایط تنش و بدون تنش محاسبه می شود. مبنای ریاضی این

جدول۴- ضرایب همبستگی بین پتانسیل عملکرد دانه (Y_P)، عملکرد دانه در شرایط تنش در مرحله رویشی(Y_S)، و شاخص‌های تحمل به تنش

Table 4. Correlation coefficients between grain yield potential, grain yield under drought stress at the vegetative stage and drought tolerance indices

Treats	YP	YS	SSI	TOL	MP	GMP	STI	MHAR
YP	1.000	0.0277ns	0.4267ns	0.5233ns	0.5584ns	0.4243ns	0.4659ns	0.3212ns
YS	-	1.000	-0.8920ns	-0.8373*	0.8446*	0.9162**	0.8971**	0.9534**
SSI	-	-	1.000	0.9936**	-0.5116ns	-0.6362ns	-0.6007ns	-0.7158ns
TOL	-	-	-	1.000	0.4146ns	-0.5490ns	-0.5108ns	-0.6371ns
MP	-	-	-	-	1.000	0.9887**	0.9941**	0.9636**
GMP	-	-	-	-	-	1.000	0.9984**	0.9935**
STI	-	-	-	-	-	-	1.000	0.9862**
MHAR	-	-	-	-	-	-	-	0.1000

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.4.7.6]

جدول۵- ضرایب همبستگی بین پتانسیل عملکرد دانه (Y_P)، عملکرد دانه در شرایط تنش گل دهی (Y_S)، و شاخص های تحمل به تنش

Table 5.Correlation coefficients between grain yield potential, grain yield under drought stress at the reproductive stage and drought tolerance indices

Treats	YP	YS	SSI	TOL	MP	GMP	STI	MHAR
YP	1.000	0.5758ns	0.1563ns	-0.0879ns	0.7941*	0.6835ns	0.7119ns	0.6141ns
YS	–	1.000	0.4156ns	-0.8669**	0.9531**	0.9890**	0.9829**	0.9972**
SSI	–	–	1.000	0.5994ns	-0.2502ns	-0.3473ns	-0.3285ns	-0.9510**
TOL	–	–	–	1.000	-0.6753ns	-0.7862*	-0.7615*	-0.8384*
MP	–	–	–	–	1.000	0.9858**	0.9918**	0.9663**
GMP	–	–	–	–	–	1.000	0.9989**	0.9958**
STI	–	–	–	–	–	–	1.000	0.9909**
HAR	–	–	–	–	–	–	–	1.000

جدول۶- ضرایب همبستگی بین پتانسیل عملکرد دانه (Y_P)، عملکرد دانه در شرایط تنش در مرحله رویشی(YS)، و شاخص‌های تحمل به تنش

Table 6. Correlation coefficients between grain yield potential, grain yield under drought stress at the grain filling stage and drought tolerance indices

Treats	YP	YS	SSI	TOL	MP	GMP	STI	HAR
YP	1.000	0.6324ns	-0.1534ns	0.1812ns	0.8961**	0.8369*	0.8121*	0.7596*
YS	–	1.000	-0.8733*	-0.6472ns	0.9275**	0.9655**	0.9606**	0.9840**
SSI	–	–	1.000	0.9519**	-0.6289ns	-0.7169ns	-0.7037ns	-0.7725*
TOL	–	–	–	1.000	-0.3154ns	-0.4265ns	-0.4224ns	-0.5020ns
MP	–	–	–	–	1.000	0.9928**	0.9936**	0.9788**
GMP	–	–	–	–	–	1.000	0.9988**	0.9962**
STI	–	–	–	–	–	–	1.000	0.9946**
MHAR	–	–	–	–	–	–	–	1.000

ns: Non- significant

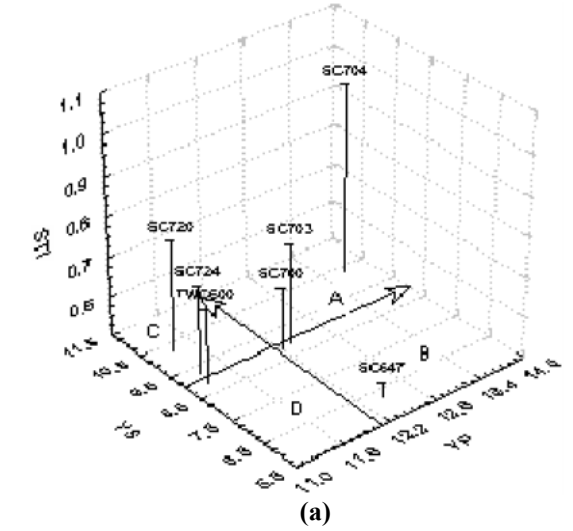
ns: غیر معنی دار

* و **: به ترتیب تفاوت معنی دار در سطوح ۵ و ۱ درصد

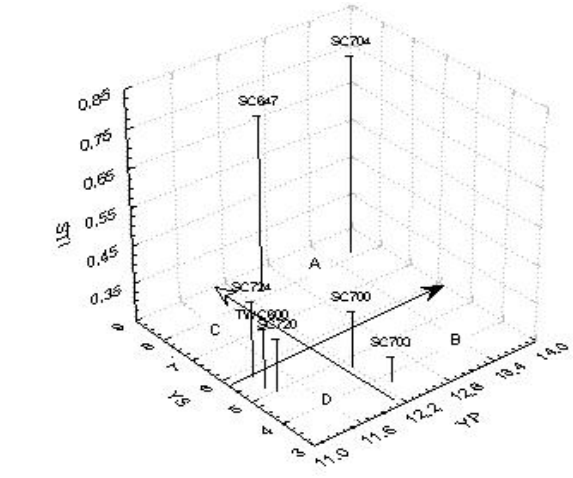
*and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively

شاخص طوری طراحی شده است که در صورت اختلاف بین دو مقداری که میانگین گیری می شود (یعنی دامنه اعداد بزرگ باشد) میانگین هندسی به سمت عدد کوچک تر متمایل می شود از این رو در انتخاب هیبرید های متحمل به تنش کارایی زیادی دارد. مقدار بالای شاخص STI حاکی از تحمل بیشتر ژنوتیپ نسبت به تنش خشکی است. با توجه به عملکرد دانه هیبرید ها (جدول۱، ۲ و ۳) در شرایط قطع آب در مرحله رویشی هیبرید های SC۷۰۴ و SC۷۰۳ در گروهA قرار گرفتند. در این مرحله هیبرید های SC۶۴۷ و SC ۷۰۰ در گروه B و هیبرید های SC۶۰۰، SC۷۲۴ و SC۷۲۰ در گروه C قرار گرفتند. در شرایط قطع آب در مرحله گل دهی هیبرید های SC۷۰۴ و SC۶۴۷ در گروه A، SC۷۰۰ و SC۷۰۳ در گروه B، SC۶۰۰، SC۷۲۴ و SC۷۲۰ در گروه D قرار گرفتند. در شرایط قطع آب در مرحله پر شدن دانه هیبرید های SC۷۰۴ و SC۶۴۷ در گروه A، هیبرید های SC۷۰۰ و SC۷۰۳ در گروه B، هیبرید های SC۶۰۰، SC۷۲۴، SC۷۲۰ در

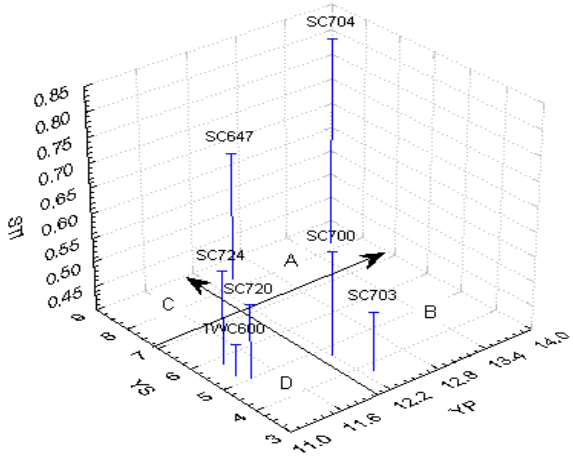
[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.4.7.6]



(a)



(b)



(c)

شکل ۱ . رابطه میان شاخص تحمل به تنش (STI)، پتانسیل عملکرد دانه (Y_P) و عملکرد دانه تحت شرایط تنش (Y_S) برای سه زمان تنش در مراحل رویشی (a)، گل دهی (b) و پر شدن دانه (c) در هیبرید های مختلف ذرت.

Fig .1. Relationship between STI, Y_P and Y_S under Stress in vegetative (a), flowering (b) and grain filling (c) stages for different maize hybrids

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.4.7.6]

گروه D قرار گرفتند. هیبرید های گروهA دارای عملکرد دانه بالاتر از میانگین در هر دو شرایط تنش و بدون تنش بودند. پس بطور کلی در این بررسی STI بالاتر متعلق به هیبرید SC۷۰۴ برای هر سه زمان اعمال تنش رطوبتی می باشد. با مراجعه به مقدار عملکرد دانه این هیبرید مشخص شد شاخص STI در گزینش ارقام پر بازده در هر دو شرایط دارای تنش و بدون تنش کاملاً موفق و دارای همبستگی بالای با عملکرد دانه در شرایط دارای تنش و بدون تنش (جدول۴، ۵ و ۶) است. طبق این شاخص هیبرید SC۶۴۷ در مرحله رویشی، هیبرید SC۷۰۳ در مرحله گل دهی و هیبرید TWC۶۰۰ در مرحله پر شدن دانه حساس ترین هیبریدها نسبت تنش به خشکی بودند.

نتایج ضرایب همبستگی ساده شاخص های تحمل به خشکی با عملکرد دانه برای هر یک از شرایط دارای تنش رطوبتی (جدول۴، ۵ و ۶) نشان داد شاخص STI با عملکرد دانه در شرایط دارای تنش در مرحله رویشی، گل دهی و پر شدن دانه همبستگی مثبت و معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد (به ترتیب** r = ۰/۸۹، ** r = ۰/۹۸ و ** r =۰/۹۶) داشت. بنابراین شاخصSTI در گزینش هیبرید های متحمل به تنش از کارایی بالایی برخوردار است. علاوه بر همبستگی شاخص هایMP، GMP، STI و HAR با عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش، در بین خود شاخص های ذکر شده نیز همبستگی بالایی وجود داشت. بنابراین در ترسیم نمودار سه بعدی فقط از شاخص STI استفاده شد (نمودار ۱). طبق این نمودار، در شرایط دارای تنش در مرحله رویشیSC۷۰۴، مرحله گل دهیSC۷۰۴ و SC۶۴۷ و مرحله پرشدن دانه ۷۰۴ SCدر گروه A قرارگرفتند. بنابراین مطابق نمودار سه بعدی (شکل۱) مشخص است که هیبرید SC۷۰۴ از عملکرد دانه بالایی در هر دو شرایط دارای تنش و بدون تنش برخوردار بود و متحمل ترین هیبرید در هر سه شرایط دارای تنش رطوبتی تعیین شد. بطور کلی در این پژوهش شاخص هایMP، GMP، STI و MHAR (بویژه شاخصSTI) در گزینش هیبریدهای متحمل موفق بودند و بعنوان شاخص های مناسب برای گزینش هیبرید های متحمل به خشکی با عملکرد دانه بالا معرفی می شود. احمدی و همکاران (Ahmadi *et al*., 2000) در بررسی خود بر روی هیبریدهای ذرت دانه ای شاخص هایGMP و STI، فتح باهری و همکاران (Fathe Baheri et al., 2003) شاخص‌هایMP،GMP ، HAR و STI را درجو، فرنانذز (Fernandez, 1992) GMP و STI را در لوبیا بعنوان معیارهای گزینشی برتر معرفی کردند. شیری (Shiri, 2000)، مقدم و همکاران (Moghaddam and Hadizadeh, 2000) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند.

منابع مورد استفاده

References

Ahamadzade, A. 1997. The determination of the best drought tolerance indices in corn elite lines. M.Sc. Thesis. Faculty of Agriculture, The university of Tehran. Pp. 90-150.

Bolanas, J, and **L. Martinaz. 1993.** Eight cycles of selection for drought tolerance in low land tropical maize. III. Responses in drought –adaptive physiological and morphological trait. Field Crop Res. 31: 269-286.

Eghball, B, and **J. W. Maranville. 1993.** Root development and nitrogen influx of corn genotyps grown under combined drought and nitrogen stresses. Agron. J. 85: 147-152.

Ehdaei, B. 1993. Selection for drought resistance in wheat. Papers presented in 1th Iranian crop sciences congress.

Entz, M. H., and **D. B. Flower. 1990.** Differential agronomic responses of winter wheat cultivars to pre-anthesis

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.4.7.6]

environmental stress. Crop Sci. 30: 1119-1123.

Fageria, N. K. 1992. Maximizing crop yield. Marcel Daker Inc. New York. Basel. Hongkong.

Farshadfar, A. 2000. Selection for drought resistance in bread wheat lines. Sciences and Agricultural industrials Journal. 14: 161-171.

Fernandez, G. C. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance pp.257-270.In:C.G.KUO(ed).Adaptation of food to temperature and water stress. Proc of Intrl.Symp.Tawain.

Fischer, A.T,and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I-Grain yield responses. Aust. J. Agric. Res. 29:897-912**.**

Levitt, J.1980. Responses of plants to environmental stresses. 2nd ed. Vol II. Water, Radiation, Salt and Stresses. Academic Press, New York. PP. 297.

Moghaddam, A, and M. H. Hadizadeh. 2002. Response of corn (*Zea mays* L.) hybrids and their parental lines to drought using different stress tolerance indices. 18(3): 255-272.

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

Richards, R. A. 1996. Defining selection criteria to improve yield under drought. Plant Growth Regul. 157-166.

Rosielle, A. T, and **J. Hamblin. 1981.** Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. Crop Sci. 21:943.945.

Rostami, M. A., and **B. Yazdi Samdi. 1991.** Studying drought resistance in alfalfa (*Medicago sativa* L.). Iranian J. Agric. Sci. 22(2,3): 4-9.

Shiri, M. R. 2000. The investigation of yield and yield component in wheat variety under water stress. M. Sc Thesis. Islamic Azad University, Ardabil Branch. pp. 143.

Sarvar, A. K. M. G, and **M. A. Ali. 1999.** Effect of water stresses on the growth features of different maize (*Zea mays* L.) cultivars. Pakistan Journal of Botany. 31 (2): 455-654

Wasson, J., J. Reese, Schumacher, and **T. E. Wicks.** 2000. Maize water content and solute potential at three stages of development. University of Illinois. Dept. of Crop Sciences. Maydica. 45(1):67–72

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.4.7.6]

Evaluation of drought tolerance in late and medium maize hybrids using stress tolerance indices

Shirinzadeh, A[1]., R. Zarghami[2] and M. R. Shiri[3].

ABSTRACT

Shirinzadeh, A., R. Zarghami and M. R. Shiri. 2009. Evaluation of drought tolerance in late and medium maize hybrids -using stress tolerance indices. **Iranian Journal of crop Sciences. 10(40: 416-427 (in Persian).**

In order to study the effect of drought stress on grain yield and determining maize hybrids with tolerance to drought stress, a field experiment was conducted in Moghan Agricultural Research field station in 2004 cropping seasons, using a split block arrangement in randomized complete block design with three replications. The experimental Factors were four irrigation regimes as factor A including: (I_1: normal irrigation, I_2: water stress at vegetative, I_3: water stress at flowering and I_4: water stress at grain filling stages) and 7 commercial maize hybrids as factor B including: SC704 , SC703, SC700, SC720, SC647, SC724,TWC600. Based on grain yield of hybrids in normal and stress conditions, stress susceptibility index (SSI), tolerance (TOL), mean productivity (MP), mean geometric productivity (GMP), stress tolerance index (STI) and Harmonic Mean (MHAR) were calculated. The results showed that, in addition to significant correlation between these indices and grain yield there were also significant relationships between different indices. Since stress tolerance index (STI) was more efficient index in identifying group A from other groups, it was chosen as the most suitable index for selecting tolerant genotypes to drought stress. Therefore, in three-dimension plot only STI index with grain yield in normal and drought stress conditions were used. The plot also identified SC704 and SC647 as tolerant hybrids under drought stress conditions.

Kay words: Drought Stress, Drought tolerance indices, Grain yield, Late maturity, Maize and Medium maturity.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.4.7.6]

Received: November, 2005

1- Faculty member, Pars Abad Branch, Islamic Azad University, Moghan, Iran (Corresponding author).
2- Assistant Professor, Pishva Branch, Islamic Azad University, varamin, Iran.
3- Faculty member, Ardabil Agriculture and Natural Resources Research Center, Moghan, Iran