تحقیقات غلات
سال دوم/ شماره اول / ۱۳۹۱ (۴۴ -۳۱)

اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و بررسی پایداری عملکرد شکر ۳۰ ژنوتیپ نیشکر در مناطق نیشکرکاری استان خوزستان

محمود فولادوند[1*]، حسین شاهسوند حسنی[2]، قاسم محمدی نژاد[3] و مسعود پرویزی آلمانی[4]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد اصلاح نباتات دانشگاه شهید باهنر کرمان و کارشناس اصلاح نیشکر موسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر خوزستان، ۲ و ۳- به ترتیب دانشیار و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۴- عضو هیأت علمی موسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر خوزستان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۱/۲۸- تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۸/۲۰)

چکیده

اثر متقابل ژنوتیب × محیط برای عملکرد شکر ۲۶ کلون امیدبخش نیشکر و ۴رقم شاهد (CP48-103، CP57-614، CP69-1062 و NCO310) در سه منطقه نیشکر کاری استان خوزستان (کشت و صنعت‌های امیرکبیر، امام خمینی (ره) و میان آب) در سه سال زراعی (از ۱۳۸۷ تا ۱۳۸۹) برای مراحل کشت جدید و بازرویی اول و دوم مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از تجزیه مرکب عملکرد شکر نشان داد که اثر تیمار (ژنوتیپ) و اثرات متقابل ژنوتیپ × مکان و سال × مکان در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بودند، در حالی که اثر متقابل سه گانه ژنوتیپ × سال × مکان معنی‌دار نبود. برای بررسی پایداری ژنوتیپ‌های مورد آزمایش از روش‌های ریک، شوکلا، روش رگرسیونی ابرهارت و راسل، روش گزینش همزمان، روش AMMI و روش SHMM استفاده شد. روش‌های ریک، شوکلا، روش رگرسیونی ابرهارت و راسل، روش گزینش همزمان و روش SHMM به طور مشترک کلون شماره ۸/۲۹ را به عنوان ژنوتیپ پایدار معرفی نمودند. تجزیه بر اساس روش AMMI نیز نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۸/۲۳، ۱/۱۱۳، ۱/۲۶، ۶/۶۰، ۶/۱۲ و ۶/۸ به واسطه دارا بودن کمترین اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و بالاترین میانگین عملکرد به عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند و در بین این ژنوتیپ‌ها، کلون ۶/۸ به دلیل اختصاص اثر متقابل بسیار پایین به عنوان پایدارترین ژنوتیپ شناخته شد. با توجه به این که در این پژوهش، نتایج روش AMMI و SHMM با نتایج روش‌های ابرهارت و راسل، میانگین رتبه و انحراف معیار مشابه بود، از اینرو روش‌های رتبه‌بندی و ابرهارت و راسل پس از دو روش AMMI و SHMM به عنوان مناسب‌ترین روش‌ها جهت بررسی پایداری ژنوتیپ‌ها پیشنهاد می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: اثر متقابل ژنوتیب × محیط، رقم امیدبخش، رقم شاهد، مدل AMMI، مدل SHMM

* نویسنده مسئول: foolad594@yahoo.com

مقدمه

صنعت شکر در بسیاری از کشورهای در حال توسعه جهان از مهمترین فعالیت‌های اقتصادی- صنعتی بوده و در حدود ۱۱۴ کشور شکر را از نیشکر تولید می‌نمایند. برآورد شده است که ۲۵ درصد تولید شکر وارد بازار جهانی شده و به عنوان یک منبع مهم و ارزشمند ارز خارجی برای آن کشورها به شمار می‌آید. به هر ترتیب، استفاده جامع از نیشکر و صنایع جانبی آن یعنی کاغذ، خوراک دام، تخته، الکل، آنتی بیوتیک‌ها و سایر تولیدات بیوتکنولوژی کمک زیادی به حفاظت از محیط زیست و کاهش آلاینده‌های آن به منظور برقراری کشاورزی پایدار در نظام بهره‌برداری نموده است. تخمین زده می‌شود که مصرف سرانه شکر در کشورمان نزدیک به ۳۰ کیلوگرم بوده و سالیانه حدود ۲ میلیون تن شکر به صورت مستقیم و غیر مستقیم مصرف می‌شود.

نظر به اهمیت اقتصادی این محصول و گسترش سطح زیر کشت آن در خوزستان توجه به مسائل علمی و فنی این گیاه ضروری است. هر چند سابقه کشت نیشکر در ایران به حدود هزار سال پیش بر می‌گردد، ولی کشت آن به شیوه مدرن امروزی از اوایل دهه چهل شروع شده است. از آن زمان تا کنون فقط از تعداد محدودی واریته که از کشورهای مختلف دنیا وارد شده اند، استفاده شده است. این واریته‌ها در طول زمان به آفات و بیماری‌های مختلفی حساس شده‌اند. این محدودیت‌ها و مشکلاتی نظیر شوری اراضی تحت کشت، بالا بودن سطح آب زیر زمینی، بادهای داغ منطقه، کمبود آب و ... همه و همه باعث کاهش عملکرد در واحد سطح شده است. بنابراین لزوم جایگزینی واریته‌های موجود با ارقام اصلاحی جدید اجتناب ناپذیر است. واریته‌های جدید باید واجد خصوصیاتی باشند که در شرایط آب و هوایی و اکولوژیکی منطقه عملکرد مطلوب و قابل قبولی را داشته باشند. مواد اصلاحی اولیه که در مراکز تحقیقاتی تولید می‌شوند قبل از آزاد سازی و معرفی به کشاورز باید در مناطق مختلف و مستعد کشت شده و از نظر پایداری عملکرد مورد آزمایش قرار گیرند.

اثر متقابل بین ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها در فرآیند آزاد سازی لاین‌های جدید حایز اهمیت است، به طوری که ارزیابی لاین‌های جدید در یک سری آزمایش‌های یکنواخت به منظور شناسایی درجه سازگاری آن به شرایط متفاوت محیطی مهم است (Jarrah and Gang, 1997). پایداری عملکرد به توانایی ژنوتیپ‌های گیاهی در بروز ظرفیت عملکرد در دامنه وسیعی از محیط‌ها اطلاق می‌شود. کشت آنها در اقلیم‌های مورد آزمایش طی سال‌ها و مکان‌های مختلف به عنوان نمونه‌ای از محیط‌ها، موجب تعیین پایداری عملکرد شده و ژنوتیپ‌های با اثر متقابل ژنوتیپ × محیط کمتر گزینش می‌شوند. پایداری عملکرد به حداقل خسارت ناشی از تغییرات اقلیمی، تنش یا آفات نیز اطلاق می‌شود (Phoelman and Sleper, 1996). گاهی به جای پایداری عملکرد از واژه انعطاف پذیر فنوتیپی نیز استفاده می‌شود. پایداری عملکرد به ساختار ژنتیکی یا عکس‌العمل ژنوتیپ‌های فردی یا گروهی وابسته است. پایداری نتیجه اثر متقابل رقم و عوامل محیطی بوده و برآیند این واکنش با ساختار ژنتیکی رقم و شدت عوامل محیطی به خصوص عوامل محدود کننده وابسته است (Falconer, 1985).

در اصلاح نباتات، گیاهان بر مبنای فنوتیپ آنها گزینش می‌شوند، در نتیجه تاثیر گزینش به مقدار زیادی به آن قسمت از فنوتیپ بستگی دارد که متاثر از ژنوتیپ است. بنابراین برای آنها میزان تاثیر محیط روی صفات کمی اهمیت زیادی دارد (Hayward *et al.*, 1993). لین و بینز (Lin and Binns, 1991) ضمن مقایسه روش‌های مختلف پایداری فنوتیپی و ارزیابی کارآیی آنها، روش‌های تجزیه پایداری را در چهار گروه قرار دادند. روماگوزا و فاکس (Romagosa and Fox, 1993) نیز روش‌های ارزیابی پایداری زراعی را در چهار گروه شامل روش‌های تجزیه واریانس، روش‌های رگرسیونی، روش‌های غیر پارامتری و روش‌های چند متغیره گروه‌بندی کردند.

روش AMMI که یکی از روش‌های مناسب برای تجزیه و تحلیل مطالعات سازگاری است، ترکیبی از تجزیه واریانس و تجزیه به مولفه‌های اصلی است. در این روش با استفاده از تجزیه واریانس، اثر اصلی ژنوتیپ‌ها و محیط برآورد شده (اثر اصلی جمع‌پذیر) و سپس با استفاده از تجزیه به مولفه‌های اصلی، اثر متقابل ژنوتیپ و محیط (اثر متقابل ضرب‌پذیر) مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. ژنوتیپ‌های پایدار بر اساس این روش با نمودار پلات دو مولفه اصلی که بیشترین تغییرات را توجیه می‌کنند، تعیین

می‌شوند (Gauche, 1990; Clay and Dombek, 1995). نجفیان و همکاران (Najafian *et al.*, 2010) با استفاده از روش AMMI، ژنوتیپ‌های پایدار را در مطالعه خود تعیین و اظهار داشتند که این روش می‌تواند در تعیین ژنوتیپ‌های با سازگاری عمومی و خصوصی برای مکان‌های مختلف مورد استفاده قرار گیرد.

به منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها در مطالعات اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، دو روش ضرب‌پذیر شامل روش ضرب‌پذیر تغییر یافته یا SHMM (Cornelius, 1993) و روش رگرسیون مکانی یا SREG (Seyedsadr and Cornelius, 1996) پیشنهاد شده است. در روش SHMM که در این مطالعه استفاده می‌شود، محیط‌ها و ژنوتیپ‌ها بر پایه کمترین حداکثر درست نمایی گروه‌بندی شده و بر مبنای شکل ارایه شده می‌توان ژنوتیپ‌های پایدار را مشخص کرد.

هدف از این مطالعه، تعیین ارقام امیدبخش پایدار نیشکر برای مناطق نیشکرخیز خوزستان بر پایه هر یک از روش‌های تجزیه و تحلیل پایداری و تعیین کارایی روش‌های مبتنی بر گراف بود.

مواد و روش‌ها

در این بررسی تعداد ۲۶ رقم امیدبخش (اصلاح شده) و ۴ رقم شاهد (رقم تجاری) نیشکر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سه منطقه شامل کشت و صنعت‌های امیرکبیر، امام خمینی (ره) و میان‌آب در سه سال زراعی (۱۳۸۹-۱۳۸۷) برای کشت جدید، بازرویی اول و بازرویی دوم مورد بررسی قرار گرفتند. والدین و تعداد کلون‌های انتخابی از بین نتاج طی مراحل انتخاب در جدول ۱ ارایه شده است. سال به عنوان فاکتور تصادفی و مکان و رقم به عنوان فاکتورهای ثابت در نظر گرفته شدند.

هر واحد آزمایشی شامل چهار فاروی پنج متری با فواصل ۱/۸۳ سانتی‌متر بود و مساحت هر واحد آزمایشی برابر با ۸۷ متر مربع در نظر گرفته شد. کشت بذر (قلمه) ژنوتیپ‌ها در ایستگاه‌های ذکر شده به طور هم‌زمان در شهریور ماه سال ۸۶ انجام شد. مراحل داشت گیاهان در هر سه منطقه به طور مشابه و مطابق روش معمول انجام شد و وقتی که گیاهان به مرحله برداشت رسیدند، ساقه‌ها برداشت و عملکرد شکر مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. پس از ثبت داده‌ها، ابتدا یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی مورد بررسی قرار گرفت و سپس تجزیه‌های آماری زیر به منظور بررسی پایداری ژنوتیپ‌ها انجام شد:

۱) تجزیه واریانس مرکب ارقام برای بررسی اثرات اصلی و اثرات متقابل دو گانه و سه گانه انجام شد.

۲) تجزیه پایداری ژنوتیپ‌های مورد بررسی با استفاده از روش ابرهارت و راسل (Eberhart and Russell, 1966) انجام شد.

۳) شاخص‌های پایداری اکووالانس ریک (Wricke, 1962) و ورایانس پایداری شوکلا (Shukla, 1972) برای همه ژنوتیپ‌ها تعیین شد.

۴) بررسی پایداری ژنوتیپ‌ها با استفاده از روش غیر پارامتری بر پایه میانگین و انحراف معیار رتبه برای سه سال زراعی و میانگین آنها انجام شد. بدین منظور رتبه هر ژنوتیپ از نظر میانگین عملکرد در مجموع ژنوتیپ‌های مورد بررسی برای هر آزمایش تعیین شد و سپس میانگین رتبه ($\overline{R}$) و انحراف معیار آن (Standard Deviation of Rank: SDR) محاسبه شد.

۵) نسبت شاخص عملکرد (Yield Index Ratio : YIR) هر ژنوتیپ در تمامی مکان‌ها و سال‌ها به عنوان معیار دیگری از پایداری عملکرد تعیین شد. بدین منظور میانگین عملکرد شکر هر ژنوتیپ در تمام محیط‌ها به متوسط عملکرد تمامی ژنوتیپ‌ها در تمام محیط‌ها تقسیم و به صورت درصد نشان داده شد (Fox and Russell, 1982).

۶) پایداری ژنوتیپ‌ها بر مبنای روش گزینش همزمان (Y_{si}) نیز محاسبه شد. برای این منظور از روش پیشنهادی کانگ (Kang, 1993) استفاده شد.

۷) پایداری ژنوتیپ‌ها بر اساس روش AMMI نیز تعیین شد (Cornelius, 1993; Cornelius *et al.*, 1996).

کلیه محاسبات آماری مربوطه با استفاده از نرم افزارهای MATLAB، SAS، SPSS و GEST انجام شد.

نتایج

جدول تجزیه واریانس مرکب سه ساله عملکرد شکر در مناطق مورد مطالعه در جدول ۲ ارایه شده است. نتایج حاصل نشان داد که اثر تیمار (ژنوتیپ) و اثرات متقابل

جدول ۱- والدین و تعداد کلون‌های انتخابی از بین نتاج آنها در مراحل مختلف انتخاب

Table 1. Parents and the selected clones from their offspring at different selection stages

تلاقی Cross	والدین Parents	گیاهچه Seedling	کلونال ۱ Clonal 1	کلونال ۲ Clonal 2	آزمایش‌های تکراردار Repeated tests	آزمایش‌های منطقه‌ای Regional tests
1	CP62-258× CP48-103	138	11	28	11	6
2	CP62-258× CP70-1133	–	–	–	–	–
3	CP62-258× CP65-315	209	56	28	8	4
4	L60-25× CP52-36	11	6	6	5	3
5	PC*× CP65-392	–	–	–	–	–
6	CP70-1133× CP52-43	34	22	16	11	8
7	CP72-2086× CO6806	28	15	8	3	1
8	PC*× CP52-43	75	40	33	6	4
9	PC*× CP65-392	–	–	–	–	–
10	CP85-1006× CP70-1133	9	7	6	2	–
Total	جمع کل	504	185	125	46	26

* Poly crosses

* پلی کراس

سال × مکان و ژنوتیپ × مکان در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بودند، اما سایر اثرات اصلی و متقابل از جمله اثر متقابل سه گانه ژنوتیپ × سال × مکان معنی‌دار نشد (جدول ۲). معنی‌دار بودن اثر متقابل سال × مکان، نشان دهنده تفاوت بین مکان‌ها از سالی به سال دیگر بود. با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ × مکان چنین به نظر می‌رسد که بین عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف در هر یک از مکان‌های مورد بررسی اختلاف معنی‌داری وجود دارد. میانگین مربعات ژنوتیپ‌ها نیز معنی‌دار بود و نشان داد که عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف در مناطق مختلف یکسان نبوده و تفاوت آماری معنی‌داری بین عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف در مکان‌های مختلف وجود دارد. به عبارت دیگر، واکنش ژنوتیپ‌ها در مناطق مختلف متفاوت بوده و این احتمال وجود دارد که در هر منطقه یکی از ژنوتیپ‌های مورد مطالعه عملکرد شکر بالاتری داشته باشد. با توجه به این موضوع، برای بررسی دقیق‌تر این اثر متقابل و تعیین ژنوتیپ‌های سازگار در شرایط محیطی مختلف، می‌توان تجزیه پایداری ژنوتیپ‌ها را با روش‌های مربوطه انجام داد و بهترین ژنوتیپ‌ها را برای مناطق مختلف تعیین نمود.

میانگین عملکرد شکر ($\overline{Y}$)، میانگین رتبه ($\overline{R}$) و انحراف معیار رتبه (RSD) ژنوتیپ‌ها در سه سال زراعی ۸۹-۱۳۸۷ در هر یک از مناطق مورد مطالعه در جدول ۳ ارایه شده است. کلون ۱/۹۳ در بین کلون‌های مورد مطالعه، با اختصاص کمترین میانگین رتبه و انحراف معیار رتبه پایدارترین ژنوتیپ از نظر این روش بود. کلون‌های ۶/۸، ۶/۲۶، ۳/۱۰۱، ۷/۱۲ و ۶/۳۱ نیز به ترتیب با داشتن میانگین و انحراف معیار رتبه کمتر پس از کلون ۱/۹۳ قرار گرفتند. از نظر این روش، کلون‌های ۴/۵، ۳/۳، ۶/۲۸ و رقم تجاری CP48-103 با اختصاص بالاترین میانگین رتبه و انحراف معیار آن از پایداری عملکرد شکر ضعیف‌تری برخوردار بودند.

مقادیر مربوط به نسبت شاخص عملکرد (YIR) که بر پایه میانگین نتایج سه سال زراعی محاسبه شده و در جدول ۳ درج شده است، معیار غیر پارامتری دیگری است که بر پایه آن کلون ۶/۲۶ با اختصاص بالاترین نسبت شاخص عملکرد (۱۰۹/۰۰۶ درصد)، بهترین کلون در بین کلون‌های مورد مطالعه بر پایه این معیار بود.

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب عملکرد شکر کلون‌های امیدبخش نیشکر در مناطق مورد مطاله در سه سال زراعی ۱۳۸۹- ۱۳۸۷
Table 2. Combined analysis of variance for sugar yield of the promising sugarcane clones in studied locations during three year (2008-2010)

منابع تغییر Sources of variation	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean squares
سال Year	2	158.10^{ns}
مکان Location	2	39.24^{ns}
مکان × سال Year × Location	4	178.37^{**}
بلوک / (سال × مکان) Block / (Year × Location)	18	4.77
ژنوتیپ Genotype	29	3.71^{**}
مکان × ژنوتیپ Genotype × Location	58	1.54^{**}
سال × ژنوتیپ Genotype × Year	58	1.02^{ns}
مکان × سال × ژنوتیپ Genotype × Year × Location	116	1.11^{ns}
خطای آزمایش Experimental Error	522	1.05

ns غیر معنی‌دار. ns Non significant.

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪. *, ** Significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

کلون‌های ۱/۹۳، ۷/۱۲، ۶/۸ و ۶/۳۱ نیز از نظر نسبت شاخص عملکرد پس از کلون ۶/۲۶ قرار گرفتند و ژنوتیپ‌های نسبتاً پایداری بودند، اما ژنوتیپ‌های شماره ۶/۲۸، ۱/۹ و ۳/۳ که از نسبت شاخص عملکرد پایینی برخوردار بودند، ناپایدار تلقی شدند. این شاخص که منحصراً بر پایه میانگین عملکرد، ژنوتیپ‌ها را گروه‌بندی می‌کند، می‌تواند مکمل دو میعار میانگین رتبه و انحراف معیار در گزینش ژنوتیپ‌های پایدار باشد. در مجموع، بر اساس سه معیار فوق، کلون‌های ۱/۹۳، ۶/۲۶، ۶/۳۱، ۷/۱۲ و ۶/۸ در گروه کلون‌های پایدار قرار گرفتند.

در این روش غیر پارامتری ژنوتیپ‌ها قابل گروه‌بندی برای سازگاری عمومی و سازگاری‌های خصوصی نیستند و این موضوع به عنوان مشکل اساسی این روش به شمار می‌رود. به هر حال، با توجه به ساده بودن این روش، در آزمایش‌هایی که تعداد زیادی ژنوتیپ مورد مطالعه قرار می‌گیرند، می‌توان با استفاده از این روش اطلاعات اولیه‌ای در مورد ژنوتیپ‌ها به دست آورد و ژنوتیپ‌های ناپایدار را تا حدود زیادی کاهش داد و سپس با استفاده از روش‌های موثرتر، گزینش مطلوبی برای ژنوتیپ‌های پایدار انجام داد. بکر ولئون (Becker and Leon, 1988) آزمون‌هایی را برای اثر متقابل رتبه ارائه و مشخص کردند که یک ژنوتیپ وقتی پایدار شناخته می‌شود که رتبه آن در محیط‌های مختلف ثابت باشد.

نتایج تجزیه پایداری ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بر اساس روش اکووالانس ریک (Wricke, 1962)، واریانس پایداری شوکلا (Shukla, 1972) و روش رگرسیونی ابرهارت و راسل (Eberhart and Russell, 1966) در جدول ۴ ارایه شده است. معنی‌دار بودن میانگین مربعات ژنوتیپ‌ها در روش ابرهارت و راسل نشان دهنده وجود تنوع ژنتیکی وسیع در بین ژنوتیپ‌ها بود. معنی‌دار بودن اثر

محیط خطی نیز نشان داد که رگرسیون خطی قابل ملاحظه‌ای بین عملکرد هر محیط و شاخص محیطی وجود دارد (نتایج ارایه نشده‌اند). اثر متقابل ژنوتیپ × محیط خطی معنی‌دار شد و نشان داد که در محیط‌های یکنواخت‌تر، واکنش ژنوتیپ‌ها به محیط‌ها، نزدیک‌تر است. با توجه به معنی‌دار شدن میانگین مربعات انحراف از خط رگرسیون (S^2_{di}) تمامی ژنوتیپ‌ها در این روش، نمی‌توان ژنوتیپ‌های پایدار را معرفی نمود، با وجود این، کلون ۴/۶ با اختصاص میانگین عملکرد شکر ۷/۷۰ تن در هکتار و ضریب رگرسیون نزدیک به یک، از کلون‌های نسبتاً پایدار بر پایه این روش تعیین شد. کلون‌های ۸/۱۰، ۸/۲۹، ۳/۸۷ و رقم تجاری CP57-614 پس ازکلون شماره ۴/۶ به ترتیب در مکان‌های بعدی از جنبه پایداری قرار گرفتند. این روش توسط ییتز و کوکران (Yates and Cochran, 1983)، نیز استفاده و گزارش شد که با این روش می‌توان ژنوتیپ‌های پایدار و با عملکرد بالا را معرفی نمود (جدول۴).

جدول ۳- پایداری کلون‌های امیدبخش نیشکر بر اساس روش‌های غیرپارامتری در مکان‌های مورد مطالعه در سال‌های ۱۳۸۹- ۱۳۸۷

Table 3. Stability of the promising sugarcane clones based on nonparametric methods in the studied locations during 2008-2010

شماره کلون Clone no.	مکان‌ها Places: امیرکبیر Amirkabir	امام خمینی Imamkhomeyni	میان آب Mian-Ab	$\overline{Y}$	$\overline{R}$	RSD	YIR
1.113	7.98	6.90	8.02	7.64	18.67	7.371	97.610
1.26	8.28	6.76	7.92	7.65	17.33	1.155	97.846
1.66	8.28	6.36	8.44	7.69	16.33	12.220	100.083
1.9	7.82	6.29	7.77	7.30	25.67	4.933	93.274
1.90	8.46	6.63	7.38	7.49	21.67	5.508	95.758
1.93	9.37	7.66	8.33	8.45	3.33	2.517	108.081
3.101	9.12	7.32	8.15	8.20	7.67	3.215	104.777
3.3	8.65	6.21	7.13	7.33	24.33	9.815	93.734
3.62	8.11	6.58	8.12	7.60	20.00	7.937	97.197
3.87	8.54	7.81	8.20	8.18	8.33	6.506	104.618
4.1	8.71	6.72	7.69	7.71	18.33	6.429	98.503
4.5	8.26	6.63	7.37	7.42	23.67	4.041	94.842
4.6	8.38	6.62	8.10	7.70	17.67	6.028	98.465
6.12	9.23	7.31	7.79	8.11	10.67	7.506	103.693
6.26	9.01	7.40	9.17	8.53	5.33	3.786	109.006
6.28	8.06	6.28	7.14	7.16	27.33	2.887	91.509
6.31	9.11	7.81	7.95	8.29	7.00	7.211	105.980
6.33	8.18	7.03	7.98	7.73	16.67	3.786	98.845
6.39	8.85	7.04	8.16	8.02	10.33	3.215	102.470
6.60	8.02	7.52	7.73	7.75	17.67	10.214	99.128
6.8	9.03	7.66	8.24	8.31	5.67	1.528	106.209
7.12	9.27	7.30	8.43	8.33	6.00	5.292	106.536
8.10	8.81	6.81	7.76	7.79	15.67	6.110	99.618
8.12	8.01	7.12	7.78	7.63	19.33	6.506	97.593
8.23	7.75	6.74	7.89	7.46	22.33	6.807	95.362
8.29	8.68	6.75	8.38	7.94	12.00	7.000	101.464
CP48-103	7.98	6.60	7.61	7.39	26.00	1.732	94.529
CP57-614	8.76	7.48	7.63	7.96	13.67	9.074	101.729
CP69-1062	8.59	7.32	8.74	8.22	8.67	6.110	105.044
NCo310	8.12	7.55	7.39	7.69	17.67	11.150	98.250

$\overline{Y}$ میانگین عملکرد شکر، $\overline{R}$ میانگین رتبه ژنوتیپ‌ها، RSD انحراف معیار رتبه و YIR نسبت شاخص عملکرد ژنوتیپ‌ها.

$\overline{Y}$, Average sugar yield; $\overline{R}$, Average rank; RSD, Ranking standard deviation and YIR, Yield index ratio.

بر اساس معیار اکووالانس ریک، کلون‌های شماره ۸/۱۲، ۸/۲۹، ۶/۶۰ ،۶/۳۱ و ۶/۱۲ با داشتن کمترین میزان اکووالانس و در نتیجه سهم کمتر در مقدار اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، از نظر این روش پایدار محسوب شدند. همچنین به جز کلون‌های ۶/۶۰ و ۸/۱۲ سایر کلون‌ها (۸/۲۹، ۶/۳۱ و ۶/۱۲) دارای میانگین عملکرد شکر بالاتر از میانگین کل کلون‌ها بودند. در مقابل، کلون‌های ۱/۹۳، ۳/۳، ۷/۱۲ و ۶/۲۸ به واسطه داشتن بیشترین ضریب اکوالانس و در نتیجه سهم بیشتر در مقدار اثر متقابل ژنوتیپ در محیط ناپایدار شناخته شدند.

واریانس پایداری شوکلا نیز نشان داد که کلون‌های ۸/۱۲، ۸/۲۹، ۶/۶۰، ۶/۳۱، ۶/۸ و ۶/۱۲ به واسطه داشتن کمترین واریانس، پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند. کلون‌های ۱/۹۳، ۷/۳،۱۲/۳ و ۶/۲۸ دارای بیشترین واریانس بوده و از پایداری چندانی برخوردار نبودند (جدول‌های ۴ و ۵). مقایسه این دو معیار نشان داد که گزینش ژنوتیپ‌ها بر پایه این معیارها تا حد قابل توجهی مشابه بوده و همبستگی بالایی بین این دو معیار وجود دارد. مقایسه نتایج اکووالانس ریک و واریانس پایداری شوکلا با نتایج مبتنی بر معیارهای غیر پارامتریک میانگین رتبه و انحراف معیار آن و نسبت شاخص عملکرد حاکی از آن بود که اگرچه همبستگی بالایی بین نتایج این روش‌ها نیست، اما همه معیارها توانسته‌اند کلون‌های ۶/۸ و ۶/۳۱ را به عنوان پایدارترین کلون‌ها گزینش و معرفی کنند.

جدول ۴- تجزیه پایداری کلون‌های نیشکر بر اساس روش اکووالانس ریک، واریانس پایداری شوکلا و روش رگرسیونی ابرهارت و راسل
Table 4. Stability analysis of the promising sugarcane clones based on Wricke's ecovalence, Shukla's stability variance and Eberhart and Russell regression methods

ژنوتیپ Genotype	میانگین عملکرد Yield average	اکووالانس ریک Wricke's ecovalence	واریانس پایداری شوکلا Shukla's stability variance	ضریب رگرسیون Regression coefficient	واریانس انحراف از خط رگرسیون Deviation variance from the regression line (S^2_{di})
1.113	7.635	3.18	0.41	0.82	2.74
1.26	7.654	3.38	0.44	1.03	4.38
1.66	7.692	3.07	0.4	1.00	4.01
1.9	7.296	1.73	0.22	0.92	2.54
1.90	7.490	1.69	0.21	0.97	2.67
1.93	8.454	6.85	0.9	1.28	7.26
3.101	8.196	1.89	0.24	1.04	2.91
3.3	7.332	4.61	0.6	1.08	5.66
3.62	7.603	3.14	0.41	1.05	4.19
3.87	8.184	4.06	0.53	0.89	4.76
4.1	7.705	3.62	0.47	1.00	4.63
4.5	7.419	1.31	0.16	1.07	2.34
4.6	7.702	2.53	0.32	1.17	3.29
6.12	8.111	3.18	0.41	0.99	4.21
6.26	8.527	6.43	0.85	0.92	7.24
6.28	7.158	1.16	0.14	0.94	2.08
6.31	8.290	3.46	0.45	1.00	4.51
6.33	7.732	2.39	0.31	0.91	3.21
6.39	8.015	3.9	0.51	1.34	3.79
6.60	7.754	3.65	0.47	0.75	3.01
6.8	8.308	1.9	0.24	1.07	2.92
7.12	8.334	4.59	0.6	1.22	5.15
8.10	7.792	0.8	0.09	1.09	1.82
8.12	7.634	3.15	0.41	0.73	3.00
8.23	7.459	2.14	0.27	0.88	2.81
8.29	7.937	2.58	0.33	0.88	3.29
CP48-103	7.394	0.75	0.09	0.86	1.38
CP57-614	7.958	4.63	0.61	1.13	5.56
CP69-1062	8.217	4.19	0.55	1.15	5.04
NCo310	7.685	4.26	0.56	0.82	4.68

بر مبنای معیار گزینش همزمان برای عملکرد شکر و پایداری (Y_{si})، ارقام تجاری و کلون‌های NCO310، CP57-614، ۸/۲۹، ۸/۱۲، ۸/۱۰، CP48-103 و ۶/۳۹ به ترتیب با Y_{si} برابر با ۲۹، ۲۹، ۲۷، ۲۳، ۲۲، ۲۱ و ۲۰ جزء پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند (جدول ۵). کلون‌های ۶/۶۰، ۶/۳۳، ۶/۲۳ و ۴/۶ از جنبه این معیار در مراتب بعدی پایداری قرار گرفتند. کلون‌های پایدار بر مبنای این روش با نتایج روش‌های رگرسیونی ابرهارت و راسل، اکووالانس ریک، واریانس پایداری شوکلا و روش غیر پارامتری میانگین و انحراف معیار رتبه مشابهت نسبی داشت.

تجزیه پایداری بر اساس روش AMMI نشان داد که مولفه اصلی اول ۲۶/۶ درصد از تغییرات مربوط به اثر غیرخطی ژنوتیپ × محیط را توجیه می‌کند (جدول ۶). برمبنای روش AMMI، ژنوتیپ‌های پایدار حائز مقادیر مثبت و کمتر برای مولفه‌های اصلی که بخش عمده‌ای از تغییرات اثر غیر خطی ژنوتیپ × محیط را به خود اختصاص داده باشند، به عنوان ژنوتیپ‌های پایداری تعیین می‌شوند. کلون‌های ۶/۳۹، ۳/۳، ۱/۹۳، ۳/۶۲، ۴/۶، ۱/۹۰ و ۶/۲۶ دارای اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بزرگ بوده و میانگین عملکرد شکر آنها نیز به ترتیب ۸/۰۱، ۷/۳۳، ۸/۴۵، ۷/۶۰، ۷/۷۰، ۷/۴۹ و ۸/۵۲ تن در هکتار بود. این ژنوتیپ‌ها دارای پایداری کمتر و واجد سازگاری خصوصی با برخی از محیط‌ها بودند. ارقام و کلون‌های CP57-614، CP69-1062، ۸/۱۰، ۱/۶۶ و ۸/۲۹ دارای اثر متقابل ژنوتیپ × محیط متوسط بوده و در گروه ژنوتیپ‌های با پایداری کم قرار گرفتند. کلون‌های ۸/۲۳، ۱/۱۱۳، ۱/۲۶، ۶/۶۰، ۶/۱۲ و ۶/۸ دارای اثر متقابل ژنوتیپ × محیط کم بوده و در گروه ژنوتیپ‌های پایدار قرار گرفتند.

جدول ۵- پایداری عملکرد شکر کلون‌های نیشکر بر اساس روش گزینش همزمان

Table 5. Stability of sugar yield of the promising sugarcane clones based on simultaneously selection method

ژنوتیپ Genotype	میانگین عملکرد Average yield	رتبه عملکرد Yield Rank	ضریب اصلاح رتبه Ranking correction coefficient	رتبه اصلاح شده Corrected rank	واریانس پایداری Stability variance	رتبه پایداری Stability rank	معیار گزینش همزمان Simultaneously selection criterion
6.28	7.16	16	-8	8	0.41^{ns}	0	8
1.9	7.30	4	-7	-3	0.44^{ns}	0	-3
3.3	7.33	8	-6	2	0.4^{ns}	0	2
CP48-103	7.39	27	-6	21	0.22^{ns}	0	21**
4.5	7.42	12	-5	7	0.21^{ns}	0	7
8.23	7.46	25	-4	21	0.9^{ns}	-8	13**
1.90	7.49	5	-3	2	0.24^{ns}	0	2
3.62	7.60	9	-2	7	0.6^{ns}	-4	3
8.12	7.63	24	-1	23	0.41^{ns}	0	23**
1.113	7.64	1	-1	0	0.53^{ns}	0	0
1.26	7.65	2	-1	1	0.47^{ns}	0	1
NCO310	7.69	30	-1	29	0.16^{ns}	0	29**
1.66	7.69	3	-1	2	0.32^{ns}	0	2
4.6	7.70	13	-1	12	0.41^{ns}	0	12**
4.1	7.71	11	-1	10	0.85^{ns}	-8	2
6.33	7.73	18	-1	17	0.14^{ns}	0	17**
6.60	7.75	20	-1	19	0.45^{ns}	0	19**
8.10	7.79	23	-1	22	0.31^{ns}	0	22**
8.29	7.94	26	1	27	0.51^{ns}	0	27**
CP57-614	7.96	28	1	29	0.47^{ns}	0	29**
6.39	8.02	19	1	20	0.24^{ns}	0	20**
6.12	8.11	14	1	15	0.6^{ns}	-4	11**
3.87	8.18	10	1	11	0.09^{ns}	0	11**
3.101	8.20	7	1	8	0.41^{ns}	0	8
CP69-1062	8.27	22	1	29	0.43^{ns}	0	29**
	Mean=7.82						Mean=11.92

^{ns} Non significant

** Significant at 1% level of probability.

^{ns} غیر معنی‌دار.

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪.

جدول ۶- پایداری عملکرد شکر کلون‌های امیدبخش نیشکر بر اساس روش AMMI
Table 6. Stability of sugar yield of the promising sugarcane clones based on AMMI method

مولفه Component	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean squares	درصد توجیه مولفه Justification of the component	درصد تجمعی Cumulative percent	F_AMMI
1	36	2.04**	26.59	26.59	1.77
2	34	1.55ns	19.03	45.62	1.34
3	32	1.34ns	15.53	61.14	1.16
4	30	1.15ns	12.49	73.64	1.00
5	28	0.92ns	9.38	83.01	0.80
6	26	0.81ns	7.63	90.64	0.70
7	24	0.62ns	5.41	96.05	0.54
8	22	0.50ns	3.95	100.00	0.43
9	20	0.00ns	0.00	100.00	0.00

ns غیر معنی‌دار.
** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪.

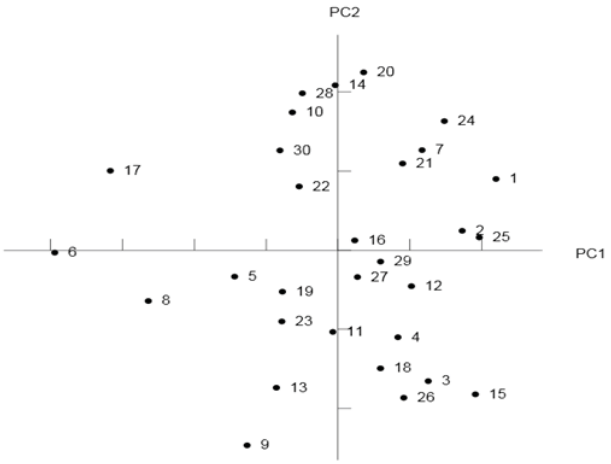
ns Non significant
** Significant at 1% level of probability.

نتایج حاصل از تجزیه پایداری بر مبنای روش AMMI با نتایج معیارهای قبلی پایداری تقریباً مشابه بود. در همه این روش‌ها، کلون ۶/۸ به واسطه میانگین عملکرد دانه بالاتر از میانگین کل ژنوتیپ‌ها و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط پایین، به عنوان پایدارترین ژنوتیپ شناخته شد. در مقابل، کلون‌های ۸/۰۱، ۷/۳۳، ۸/۴۵، ۷/۶۰، ۷/۷۰، ۷/۴۹ و ۸/۵۲ به واسطه حداکثر اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در ردیف ژنوتیپ‌های با پایداری ضعیف قرار گرفتند.

شکل‌های ۱ و ۲ به ترتیب پراکنش ژنوتیپ‌ها را از نظر اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و موقعیت مکان‌های این مطالعه را از این جنبه نشان می‌دهد. ژنوتیپ‌هایی که روی یک دایره قرار دارند، از نظر اثر متقابل ژنوتیپ × محیط مشابه هستند. ژنوتیپ‌هایی که به محور مختصات نزدیک‌تر هستند از نظر پایداری عمومی حایز اهمیت هستند (شکل ۱). با توجه به نتایج روش AMMI، به ترتیب کلون‌های ۸/۲۳، ۱/۱۱۳، ۱/۲۶، ۶/۶۰، ۶/۱۲ و ۶/۸ با بالاترین میانگین عملکرد و کمترین اثر متقابل ژنوتیپ × محیط جزو پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند.

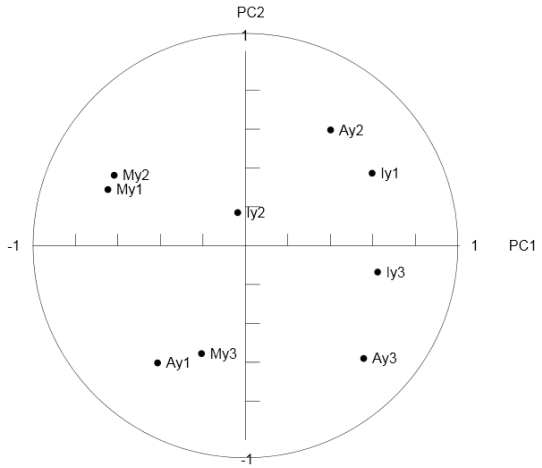
گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر مبنای مدل SHMM (مدل ضرب‌پذیر تغییر یافته) و قطع دندروگرام در نقطه یک واحد، ژنوتیپ‌ها را به سه گروه تقسیم کرد (شکل ۳). در گروه اول ارقام و کلون‌های ۱/۱۱۳، ۸/۱۲، ۳/۶۲، ۱/۲۶، ۴/۱، ۶/۶۰، ۶/۱۲، ۶/۳۱، ۳/۳، NCO310، ۳/۸۷، CP69-1062، ۶/۳۹، ۷/۱۲ و CP57-614 قرار گرفتند. گروه دوم به دوازده کلون ۱/۹، ۱/۹۰، ۸/۲۳، ۳/۱۰۱، ۶/۸، ۴/۶، ۶/۳۳، ۸/۲۹، ۴/۵، ۶/۲۸، ۸/۱۰ و CP48-10 اختصاص یافت و گروه سوم نیز فقط شامل دو ژنوتیپ ۱/۹۳ و ۶/۲۶ بود.

گروه اول شامل ژنوتیپ‌هایی بود که میانگین عملکرد آنها در گروه خوب قرار داشت و از جنبه مقادیر اولین و دومین مولفه اصلی شامل مقادیر نسبتاً کوچک برای مولفه اول و مقادیر مثبت و نسبتاً کوچک برای دومین مولفه بودند. در گروه دوم ژنوتیپ‌هایی با میانگین عملکرد متوسط قرار گرفتند که مقادیر دو مولفه در آنها نزدیک به صفر و یا منفی بود. گروه سوم شامل ژنوتیپ‌هایی بود که مقادیر بالا و منفی را از جنبه اولین و دومین مولفه به خود اختصاص دادند. کورنلیوس (Cornelius, 1993) نیز در مطالعات خود از این روش استفاده کرد و آن را در گروه‌بندی لاین‌ها از جنبه اثر متقابل ژنوتیپ در محیط توصیه کرد.



شکل ۱- پراکنش ژنوتیپ‌های نیشکر مورد مطالعه از نظر اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و موقعیت آنها.

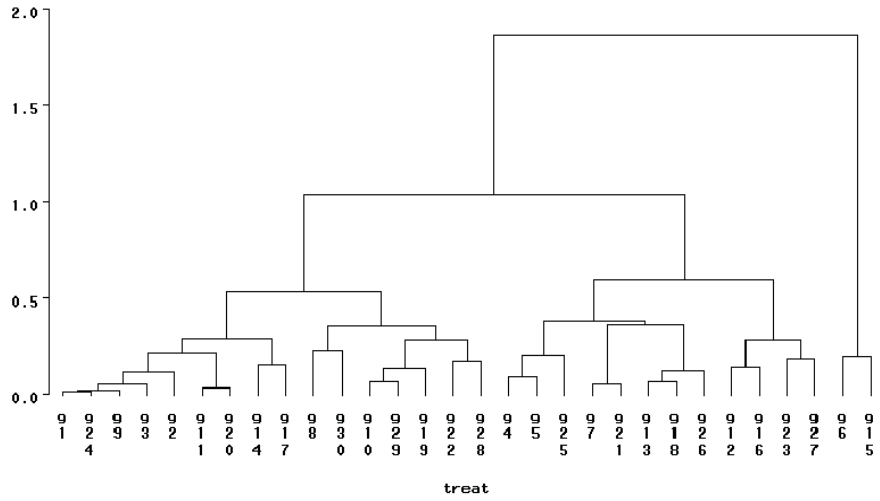
Figure 1. Distribution of the studied sugarcane genotypes for genotype × environment interaction and their position.



شکل ۲- پراکنش مکان‌های مورد آزمایش از نظر اثر متقابل ژنوتیپ × محیط.

Figure 2. Distribution of the tested locations for genotype × environment interaction.

گروه‌بندی مناطق مورد بررسی بر اساس روش ضرب‌پذیر تغییر یافته (SHMM) نشان داد که در محدوده ۱/۵ در مقیاس تغییر یافته، چهار گروه به دست می‌آید که در گروه اول ایستگاه امیرکبیر در مرحله کشت جدید و راتون دوم، ایستگاه امام خمینی (ره) در مرحله بازرویی دوم و ایستگاه میان‌آب نیز در مرحله بازرویی دوم (AP، MR2، AR2 و IR2) قرار گرفتند. در گروه دوم ایستگاه امام خمینی (ره) در مرحله کشت جدید و راتون اول و ایستگاه میان‌آب در مرحله بازرویی اول (IP، IR1 و MR1) قرار گرفتند. در گروه سوم ایستگاه امیرکبیر در مرحله راتون اول (AR1) و در گروه چهارم نیز ایستگاه میان‌آب در مرحله کشت جدید (MP) قرار گرفتند (شکل ۳). مکان‌هایی که در یک گروه قرار گرفتند از نظر مقادیر اثر متقابل ژنوتیپ × محیط نزدیک به هم بودند.



شکل ۳- گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بر اساس روش ضرب‌پذیر تغییر یافته (SHMM).

Figure 3. Grouping of the studied genotypes based on modified multiplicative model (SHMM).

در مجموع نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در روش‌های ریک و شوکلا، ژنوتیپ‌های پایدار شامل کلون‌های ۸/۱۲، ۸/۲۹، ۶/۶۰، ۶/۳۱ و ۶/۱۲ بودند که به غیر از کلون‌های ۶/۶۰ و ۸/۱۲ سایر ژنوتیپ‌ها از میانگین عملکرد بالایی برخوردار بودند. در روش ابرهارت و راسل کلون‌های ۴/۶، ۸/۱۰، ۸/۲۹، ۳/۸۷ و CP57-614 و در روش گزینش همزمان کلون‌های NCO310، CP57-614، ۸/۲۹، ۸/۱۲، ۸/۱۰، CP48-103 و ۶/۳۹ پایدار بودند. روش ابرهارت و راسل به واسطه اختصاص ژنوتیپ‌های پایدار و با عملکرد بالا روش مناسبی برای تعیین پایداری ژنوتیپ‌ها می‌باشد، ولی به دلیل تفاوت نتایج بین ضریب رگرسیون و انحراف از خط رگرسیون، به طور قطع نمی‌توان روش ابرهارت و راسل و سایر روش‌هایی که نتایج مشابه با این روش دارند را به عنوان روش برتر انتخاب کرد.

در روش AMMI، علاوه بر محاسبه اثر جمع‌پذیر ساده که در روش‌های قبلی نیز مورد استفاده قرار گرفت می‌توان اثر اصلی ضرب‌پذیر (تجزیه به مولفه‌های اصلی) را نیز محاسبه و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را با جزئیات بیشتر مورد بررسی قرار داد (جدول ۷). با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط تجزیه بر اساس این روش نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۸/۲۳، ۱/۱۱۳، ۱/۲۶، ۶/۶۰، ۶/۱۲ و ۶/۸ به واسطه اختصاص کمترین اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و بالاترین میانگین عملکرد به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار شناخته شدند و کلون ۶/۸ به دلیل اختصاص اثر متقابل بسیار پایین در بین کلون‌های مورد مطالعه به عنوان پایدارترین ژنوتیپ شناخته شد. با توجه به این که نتایج این روش تا حدودی زیادی با نتایج روش ابرهارت و راسل، میانگین رتبه و انحراف معیار رتبه مشابه بود، می‌توان روش رتبه و ابرهارت و راسل را پس از دو روش AMMI و SHMM به عنوان روش‌های مناسب برای بررسی پایداری ارقام پیشنهاد نمود. در پایان پیشنهاد می‌شود که از روش‌های جدیدتر تجزیه پایداری نظیر AMMI و SHMM که شامل اثرات اصلی جمع‌پذیر و ضرب‌پذیر هستند و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را کامل‌تر و با جزئیات بیشتری مورد بررسی قرار می‌دهند، برای تعیین پایداری و سازگاری ژنوتیپ‌ها مورد استفاده قرار گیرند.

سپاسگزاری

از کلیه پژوهشگران، کارشناسان و تکنسین‌های موسسه به ویژه مدیریت محترم بخش به‌نژادی و بیوتکنولوژی آقای مهندس پرویزی همچنین کارشناسان، تکنسین‌ها و کارگران زحمتکش این بخش آقایان مهندس حمودی، فضلی، پیرپور و کلیه کارگران بخش که در اجرای آزمایش‌ها و ثبت داده‌های اولیه نقش داشته‌اند، تشکر و قدردانی می‌شود.

جدول ۷- مقادیر مولفه‌های اصلی در ژنوتیپ‌های نیشکر مورد مطالعه در روش AMMI

Table 7. Principle component values of the studied sugarcane genotypes in the AMMI method

ژنوتیپ Genotype	میانگین عملکرد Average Yield	مولفه اول PC1	مولفه دوم PC2	مولفه سوم PC3
1.113	7.64	-0.513	-0.306	-0.135
1.26	7.65	-0.560	-0.099	-0.254
1.66	7.69	-0.141	0.398	0.108
1.9	7.3	-0.237	0.325	-0.117
1.90	7.49	0.387	0.197	0.132
1.93	8.45	1.077	-0.127	0.033
3.101	8.2	-0.303	-0.332	0.382
3.3	7.33	0.751	0.191	0.198
3.62	7.06	0.286	0.706	-0.098
3.87	8.18	0.334	-0.594	-0.153
4.1	7.71	-0.109	0.395	-0.708
4.5	7.42	-0.231	0.040	-0.182
4.6	7.7	0.301	0.548	-0.083
6.12	8.11	0.011	-0.676	0.028
6.26	8.53	-0.494	0.556	0.553
6.28	7.16	-0.141	-0.197	0.273
6.31	8.29	0.594	-0.254	-0.457
6.33	7.73	-0.392	0.311	-0.133
6.39	8.02	0.325	0.441	0.451
6.60	7.9	-0.046	-0.631	-0.041
6.8	8.41	-0.285	-0.263	0.075
7.12	8.22	0.453	-0.372	-0.065
8.10	7.73	0.226	0.256	-0.041
8.12	7.66	-0.527	-0.320	0.450
8.23	7.55	-0.617	-0.045	-0.502
8.29	7.84	-0.276	0.437	0.059
cp48-103	7.34	-0.101	0.095	-0.243
cp57-614	7.97	0.070	-0.306	0.764
cp69-1062	8.26	0.059	-0.134	0.535
Nco310	7.69	0.099	-0.243	-0.827

References

Becker, H. C. and Leon, J. 1988. Stability analysis in plant in plant breeding. **Plant Breeding** 101: 1-23.

Clay, H. and Dombek, D. 1995. Comparing soybean cultivar ranking and selection for yield with *AMMI* and full- data performance estimates. **Crop Science** 35: 1536- 1541.

Cornelius, P. L. 1993. Statistical tests and retention of terms in the additive main effects and multiplicative interaction model for cultivar trials. **Crop Science** 33: 1186-1193.

Cornelius, P. L., Crossa, J. and Seyedsadr, M. S 1996. Statistical tests and estimators for multiplicative models for cultivar trials. In: Kang, M. S. and Gauche, H. G. (Eds.). Genotype × environment interaction. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. pp. 199-234.

Eberhart. S. A. and Russell, W. A. 1966. Stability parameters for comparing varieties **Crop Science** 6: 36-40.

Einspruch, E. L. 2005. An introductory guide SPSS for windows. Stage Publication, Inc. Thousand Oaks, CA.

Falconer, D. S. 1985. Introduction to quantitative genetics. Longman, U.S.A.

Fox, D. N. and Russell, A. 1982. Reducing the influence of environmental main effects of plant breeding environments. **Euphytica** 31: 645-656.

Gauche, H. G. 1990. Full and reduced models for yield trials. **Theoretical and Applied Genetics** 80: 153-160.

Hayward, M. D., Bosenard, N. O. and Romagosa, I. 1993. Plant breeding. Chapman and Hall Press, U.K.

Jarrah, M. and Geng, I. 1997. Variability of physiological traits of Mediterranean durum cultivars. **Rachis** 16 (1,2): 52-56.

Kang, M. S. 1993. Simultaneous selection for yield and stability in crop performance trials: Consequences for growers. **Agronomy Journal** 85: 754-757.

Lin, C. S. and Binns, M. R. 1991. Genetic properties of four types of stability Parameters. **Theoretical and Applied Genetics** 82: 505-509.

Najafian1, G., Kaffashi, A. K. and Jafar-Nezhad, A. 2010. Analysis of grain yield stability hexaploid wheat genotypes grown in temperate regions of Iran using additive main effects and multiplicative interaction. **Journal of Agricultural Science and Technology** 12: 213-222.

Phoelman, J. M. and Sleper. D. A. 1996. Breeding field crops (4^{th} ed.). Iowa State University Press, Ames, USA.

Romagosa, I. and Fox, P. N. 1993. Genotype × environment interaction and adaptation. In: Hayward, M. D., Bose mark, N. O., and Romagosa, I. (Eds.). Plant breeding: Principles and prospects. Chapman and Hall Press, London, UK. pp. 676-690.

Seyedsadr. M. S. and Cornelius, P. L. 1992. Shifted multiplicative model for non-additive two- way tables. **Communications in Statistics, Simulation and Computation** 21: 807-822.

Shukla, G. K. 1972. Some statistical of partitioning genotype-environment components of variability. **Heredity** 29 (2): 237-245.

Wricke, G. 1962. Uber eine methode zur refassung der okologischen streubretite in feldversuchen. **Flazenzuecht** 47: 92-96.

Yates, F. and W. G. Cochran. 1983. The analysis of groups of experiments**. Journal of Agricultural Science** 28: 556-580.

Genotype by environment interaction and study of sugar yield stability in the sugarcane cultivars in Khuzestan locations by stability criteria

Mahmood Fooladvand[1], Hossein Shahsavand[2], Ghasem Mohamadinejad[3] and Masoud Parvizi Almani[4]

1. MSc Student of Plant breeding, Shahid Bahonar University of Kerman and Expert of Sugarcane breeding in Khuzestan Sugarcane Development Research and Training Institute, 2 and 3. Assoc. and Assist. Prof., respectively, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Shahid Bahonar University of Kerman, 4. Staff Member of Khuzestan Sugarcane Development Research and Training Institute

(Received: February 17, 2012- Accepted: November 10, 2012)

Abstract

The effects of genotype by environment interactions on the sugar yield of 26 promising sugarcane cultivar and 4 standard cultivars (CP48-103, CP57-614,CP69-1062 and NCO310) as checks were investigated for new Plant,first Ratoon and second Ratoon at three locations (Amirkabir, Imam Khomeini and Mian-Ab Agro-Industries) and for three cropping seasons (2008-2010). Combined analysis was done with regard to fixed effects of treatment and location and random effect year. Effect of year, Location, year × location and treatment were found to be significant (P <0. 01) and Effect of treat × location was found to be significant (P <0. 05). To investigate the stability of genotypes were tested, use the Rick, Shukla, Eberhart-Russell, simultaneous selection, AMMI and SHMM methods. Wrick, Shukla, Eberhart and Russell, Simultaneous Selection and SHMM method in their stable clones listed, 8/29 to jointly introduce. Analysis based on AMMI showed that the genotypes 8/23, 1/113, 1/26, 6/60 and 6/8 by assigning the lowest genotype by environment interactions and highest average yield are as the most stable genotypes and clone 6/8 to account very low the interaction among the clones studied were identified as the most stable genotype. Such that the results this method was similar with the results of Eberhart and Russell method and the average rating and standard deviations can proposed rating and Eberhart and Russell methods as a suitable method after two AMMI and SHMM method.

Keywords: AMMI model, Genotype by environment interactions, Promising variety, SHMM model, Tester variety

*Corresponding author: foolad594@yahoo.com