دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

ارزیابی پایداری عملکرد لاین‌های اینبرد آفتابگردان در شرایط تنش شوری

سهیلا احمدپور[۱]، رضا درویش‌زاده[۲]، امید سفالیان[۳] و حسین حاتم‌زاده[۴]

۱- دانشجوی دکتری اصلاح نباتات، گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی
۲- استاد، گروه اصلاح و بیوتکنولوژی گیاهی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه ارومیه
۳- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی (نویسنده مسوول: o_sofalian@uma.ac.ir)
۴- دانشجوی دکتری اصلاح نباتات، گروه اصلاح و بیوتکنولوژی گیاهی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه ارومیه
تاریخ دریافت: ۹۶/۸/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۷/۳/۹
صفحه: ۱ تا ۱۰

چکیده

برهمکنش ژنوتیپ در محیط مسئله‌ای مهم در مطالعه صفات کمی می‌باشد زیرا تفسیر آزمایش‌های ژنتیکی را دشوار و پیش‌بینی‌ها را با مشکل مواجه می‌سازد، همچنین پایداری عملکرد در محیط‌های مختلف را تقلیل می‌دهد. روش‌های مختلفی برای درک الگوهای برهمکنش ژنوتیپ × محیط ارایه شده است. به‌منظور تعیین پایداری عملکرد و سازگاری لاین‌های اینبرد آفتابگردان و تجزیـه برهمکنش ژنوتیپ × محیط، ۱۰۰ لاین خالص آفتابگردان روغنی که از نقاط مختلف جهان تهیه شده‌اند، در دو شرایط تنش و بدون تنش شوری به‌مدت دو سال زراعی (۱۳۹۳-۱۳۹٤) یعنی ٤ محیط در محوطه گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در هر یک از شرایط معمول و شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر مورد ارزیابی قرار گرفتند. در تجزیه پایداری به روش واریانس محیطی و ضریب تغییرات محیطـی، لاین‌های با کد ۳۳ و ۷۱ کمترین مقادیر واریانس و ضریب تغییرات را نشان دادند. بر اساس واریانس انحراف از خط ابرهارت و راسل، لاین‌های ۲۵، ٤۰، ٤۵ ،۷۱ و بر اساس ارزش پایداری AMMI (ASV) لاین‌های ۷۱، ۹۳، ۷۷ و ۵۱ به‌عنوان لاین‌های پایدار شناسایی شدند. جهت شناسایی ژنوتیپ‌های سازگار با محیط‌های خاص از روش بای‌پلات استفاده شد. بر پایه نتایج بای‌پلات لاین‌های ۷۱، ٦۱ و ۱۷ پایـدارتر از دیگر لاین‌های مورد بررسی بودند. لاین ۷۱ عملکرد بالاتری نسبت به دو لاین دیگر داشت. لاین ۵۰ با عملکرد بالا، سازگاری خصوصی به محیط نرمال و لاین‌های ۹۰ و ٤۸ با عملکرد بالا، سازگاری خصوصی به شرایط شور نشان دادند. براساس آماره‌های پایداری مورد بررسی و روش AMMI، لاین ۷۱ به‌عنوان پایدارترین لاین تحت شرایط نرمال و تنش شوری معرفی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، برهمکنش ژنوتیپ × محیط، بای‌پلات، تنش شوری

مقدمه

آفتابگردان زراعی با نام علمی *Helianthus annuus* L. گیاهی یکساله از خانواده *Compositea* بوده و خاستگاه اولیه آن آمریکای مرکزی می‌باشد. این گیاه یکی از پنج گروه عمده گیاهان روغنی است که از نظر سطح زیر کشت پس از سویا، کلزا، پنبه و بادام زمینی قرار دارد. روغن آفتابگردان به دلیل داشتن اسیدهای چرب غیراشباع فراوان و فقدان کلسترول از کیفیت بالایی برخوردار است (۲۱). ایران پس از هند و پاکستان (۳۰) با دارا بـودن ۶/۸ میلیون هکتار اراضـی شور (۱۹) در صدر کشورهای در معرض تهدید تنش شوری می‌باشد. از آنجا که نیاز مبرم برای تهیه ارقام مناسب و سازگار به مناطق جغرافیایی مختلف و اهداف خاص وجود دارد، برآورد برهمکنش ژنوتیپ × محیط ضروری است. به‌طورکلی به ارقامی سازگار اطلاق می‌شود که در دامنه‌ای از محیط‌ها، ضمن داشتن عملکرد بالا، پایدار نیز باشند. ارقام با سازگاری وسیع در یک سری از محیط‌ها عملکرد متوسط و پایدار دارند، ولی ارقامی که به طور منحصر در شرایط مطلوب، از عملکرد بالایی برخوردارند در شرایط نامساعد، دارای عملکرد ضعیفی هستند و به‌عنوان ارقام، با سازگاری محدود شناخته می‌شوند (۱۸). استفاده از واریانس برهمکنش ژنوتیـپ × محـیط جهـت تعیین پایداری ارقام در سـال ۱۹۵۹ توسـط پلستد و پیترسون (۲۳) پیشنهاد گردید. شاخص پایداری اکووالانس ریک که یکی از پرکاربردترین روش‌های تعیین پایداری است در سال ۱۹۶۲ توسط ریک (۳۱) ارائه گردید. اسـتفاده از ضریب رگرسیون برای پایداری ارقام با پیشنهاد فینلی و ویلکینسون (۷) فراگیر گردید. آن‌ها در سال ۱۹۶۳ با استفاده از رگرسیون، پایداری ارقام جو در استرالیا را تعیین و اعلام نمودند که روش رگرسیون می‌تواند در امر ارزیابی پایداری و سازگاری ژنوتیپ‌ها در آزمایش‌های ناحیه‌ای عملکرد بـه کار رود. واریانس پایداری شوکلا نیز مشابه اکوولانس ریک است که در سال ۱۹۷۲ توسط شوکلا ارائه گردید (۲۸). در سال ۱۹۷۳ پینتوس (۲۵) استفاده از ضریب تغییرات در روش رگرسیون را برای تعیین پایداری ارائه نمود. فرانسیس و کاتنبرگ (۸) نیز ضریب تغییرات محیطی را در سال ۱۹۷۸ ارائه دادند. از میان روش‌های آماری، روش رگرسیون خطی بیشترین کاربرد را برای مطالعه واکنش ژنوتیپ‌ها داشته است (۱۸). ابرهارت و راسل (۵) از کمیت‌های آماری شیب خط رگرسیون (b_i) و واریانس انحراف از خط رگرسیون (S^2d_i) برای تعیین سازگاری و ثبات عملکرد ارقام استفاده کردند. بر اساس این مدل، حالت‌های مختلف b_i یعنی ($b_i<1$)، ($b_i=1$) و ($b_i>1$) بترتیب بیان موقعیت خوب، متوسط و ضعیف ژنوتیپ از نظر پایداری است. در این روش واریانس انحراف از خط رگرسیون (S^2d_i) بایستی برای ژنوتیپ پایدار کمتر بوده و در جدول تجزیه معنی‌دار نباشد. دهارو و همکاران (۴) با مطالعه ۱۹۹ ژنوتیپ آفتابگردان که از ۳۶ کشور مختلف جمع‌آوری شده بود، واریته FO_2 را به‌عنوان ژنوتیپی پایدار و سازگار معرفی نمودند زیرا علاوه بر تحمل به خشکی، سرما و شوری و همچنین مقاومت به بیماری‌ها در شرایط محیطی مختلف

رشد خوبی داشت. نارخده و پاتیل (۲۲) عملکرد و اجزای عملکرد ۹ ژنوتیپ آفتابگردان را در محیط‌های مختلف مطالعه کردند و بر اساس نتایج تجزیه برهمکنش ژنوتیپ × محیط، J.S.LF-48 را به‌عنوان ژنوتیپ پایدار معرفی کردند. رودرا و همکاران (۲۶) ۱۰ ژنوتیپ آفتابگردان را در سه مکان مختلف هندوستان ارزیابی کردند و بر اساس پارامترهای پایداری و میانگین عملکرد، ژنوتیپ‌های BIP-2, 98-51, 29-98 و A1 را به‌عنوان پایدارترین ارقام از لحاظ عملکرد برای کشت در آگرواکوسیستم بارانی شمال کارناتاک معرفی کردند. مدل AMMI ساختار داده‌های با ابعاد ماتریسی را به‌وسیله چند بردار مثل میانگین‌های ژنوتیپ و محیط و نیز مقادیر منفرد برای مؤلفه‌های اصلی اثر متقابل به ابعاد کوچکتر، مدل‌بندی می‌کند (۱۰). مدل‌هایی که براساس میانگین تیمارها بیان می‌شوند را مدل‌های کامل می‌نامند که معمولاً ناریب هستند در حالی‌که مدل‌هایی که از GER (ژنوتیپ × محیط × تکرار) مشاهده در محاسبه استفاده می‌نمایند، مدل‌های کاهشی نامیده شده که ممکن است به‌علت استفاده نشدن از تمام مؤلفه‌های اصلی و در نتیجه ریشه‌های مشخصه مربوطه دارای اریب باشند (۳۲). فتاحی و یوسفی (۶) با بررسی پایداری ژنوتیپ‌های جو، آماره‌های اکووالانس ریک، واریانس محیطی و آماره AMMI2 را مناسب‌ترین آماره برای انتخاب ژنوتیپ‌های پایدار معرفی کردند. روش‌های پارامتری و ناپارامتری مختلفی به‌منظور تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و تحلیل پایداری ارائه شده است، اما یک روش که توسط همه پذیرفته شده باشد، هنوز معرفی نگردیده است (۱۷). هدف از این پژوهش، بررسی واکنش لاین‌های اینبرد آفتابگردان روغنی در محیط‌های مختلف، جهت شناسایی و انتخاب لاین‌های سازگار و پایدار در محیط‌های مورد مطالعه و ارزیابی سازگاری خصوصی به محیط‌های آزمایشی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی سازگاری و پایداری عملکرد ۱۰۰ لاین خالص آفتابگردان روغنی اصلاح شده (جدول ۱) آزمایشی در دو شرایط تنش و بدون تنش شوری به مدت دو سال زراعی (۱۳۹۳-۱۳۹۴) یعنی ۴ محیط در محوطه گلخانه تحقیقاتی گروه اصلاح و بیوتکنولوژی گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه، واقع در منطقه نازلو با عرض جغرافیایی "۳۲ °۳۷ شمالی و طول جغرافیایی "۵ °۴۵ شرقی و ارتفاع از سطح دریای آزاد ۱۳۱۳ متر، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در هر یک از شرایط معمول و شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر انجام گرفت. ابتدا بذور هر لاین در ۶ گلدان ۲۴×۲۴ سانتی‌متر مربعی کاشته شدند و پس از رسیدن گیاهچه‌ها به مرحله ۸ برگی به سه گلدان شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر اعمال شد و به سه گلدان شوری اعمال نشد. جهت دست‌یابی به شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر، بر اساس مقدار شوری اولیه خاک هر گلدان مقدار ۱۲ گرم نمک NaCl در ۵۰۰ سی‌سی آب حل و به هر گلدان اضافه گردید (۲۰). کنترل مقدار شوری خاک گلدان‌ها به‌وسیله دستگاه EC سنج انجام گرفت. جهت جلوگیری از تنش اسمزی، اعمال شوری در دو مرحله انجام گرفت به این ترتیب که ۲۵۰ سی‌سی از محلول نمک، صبح و ۲۵۰ سی‌سی نیز بعد از ظهر همان روز اعمال گردید. سامانه آبیاری به‌صورت قطره‌ای و کوددهی در چندین نوبت در طول دوره رشد رویشی گیاه انجام گرفت. برداشت بوته‌ها در مرحله تغییر رنگ پشت طبق‌ها به زرد قهوه‌ای انجام گرفت. تجزیهٔ واریانس داده‌ها به صورت مرکب بر پایهٔ طرح بلوک کامل تصادفی با استفاده از مدل خطی عمومی (GLM) انجام گرفت. پارامترهای پایداری شامل پایداری فنوتیپی رومر (۲۷)، ضریب رگرسیون فینلی و ویلکینسون (۷)، شاخص پایداری اکووالانس ریک (۳۱)، واریانس پایداری شوکلا (۲۸) و ضریب تغییرات محیطی فرانسیس و کـانبرگ (۸) محاسبه شدند. هم‌چنین از روش تحلیل اثرات اصلی و اثرات متقابل ضرب‌پذیر (روش امی) برای تعیین ژنوتیپ‌های پایدار استفاده شد. روش امی در واقع ترکیبی از مدل تجزیه واریانس و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی است و مدل آن به‌صورت $Y_{ijk} = \mu + g_i + e_j + \Sigma\delta_n\zeta_{in}\eta_{jn}$ $+ \theta_{ij} + \varepsilon_{ijk}$ می‌باشد. در این رابطه Y_{ijk} عملکرد ژنوتیپ i در محیط j و در تکرار k، μ میانگین کل، g_i اثر اصلی ژنوتیپ (اختلاف میانگین یک ژنوتیپ از میانگین ژنوتیپ‌ها)، e_j اثر اصلی محیط (اختلاف میانگین یک محیط از میانگین محیط‌ها)، δ_n مقدار منفرد مربوط به n امین مؤلفه اصلی باقی‌مانده در مدل که برابر با جذر ریشه مشخصه مربوط به همان مؤلفه اصلی است، N تعداد مؤلفه‌های اصلی اثر متقابل (IPC) در مدل امی که برابر است با $N\leq \min(g-1), (e-1)$، ζ_{in} بردار مشخصه برای i امین ژنوتیپ از nامین مؤلفه اصلی اثر متقابل (IPC)، η_{jn} بردار مشخصه برای jامین محیط از n امین مؤلفه اصلی اثر متقابل (IPC)، θ_{ij} عبارت مربوط به مقدار باقیمانده (نویز) و ε_{ijk} عبارت مربوط به خطاست (۹).

پارامتر ارزش پایداری امی به‌منظور ارزیابی و رتبه‌بندی لاین‌ها با توجه به ثبات عملکرد آنها محاسبه گردید (۲۴). بـرای انجـام تجزیه واریانس و آزمون بارتلت از نرم‌افزار SAS 9.2 استفاده شد و تجزیه AMMI و آماره‌های پایداری و رسم گراف‌های بای‌پلات با استفاده از نرم‌افزارهای Excel، SAS 9.2 و IRRISTAT (۱۵) انجام گرفت.

جدول ۱- مشخصات لاین‌های آفتابگردان روغنی مورد مطالعه در شرایط نرمال و تنش شوری

Table 1. Characteristics of oily sunflower lines studied under normal and salt stress conditions

کد	نام لاین	نام کشور	نام مرکز تحقیقاتی	کد	نام لاین	نام کشور	نام مرکز تحقیقاتی
۱	H100A/83HR4	فرانسه	ASGROW	۵۱	RHA265	امریکا	USDA
۲	H209A/LC1064	فرانسه	ASGROW	۵۲	PM1-3	امریکا	USDA
۳	H205A/H543R	فرانسه	ASGROW	۵۳	RT948	فرانسه	RUSTICA
۴	AS5306	فرانسه	ENSAT	۵۴	283-ENSAT	-	-
۵	RHA858	امریکا	USDA	۵۵	QHP-1	فرانسه	INRAMONT
۶	H209A/83HR4	فرانسه	ASGROW	۵۶	SDR19	امریکا	USDA
۷	AS3211	فرانسه	ENSAT	۵۷	HA337B	امریکا	USDA
۸	254-ENSAT	فرانسه	ENSAT	۵۸	H100B	فرانسه	ASGROW
۹	AS5304	فرانسه	ASGROW	۵۹	B454/03	مجارستان	–
۱۰	1009329.2(100K)	فرانسه	ENSAT	۶۰	HA304	امریکا	USDA
۱۱	270-ENSAT	فرانسه	ENSAT	۶۱	RT931	فرانسه	RUSTICA
۱۲	AS613	فرانسه	ASGROW	۶۲	HA335B	امریکا	USDA
۱۳	A-F1POPA	فرانسه	NOVARTIS	۶۳	NS_B5	فرانسه	NOVARTIS
۱۴	OES	فرانسه	INRAMONT	۶۴	SDB3	امریکا	USDA
۱۵	H100A/LC1064	فرانسه	ASGROW	۶۵	LC1064C	فرانسه	ASGROW
۱۶	RHA266	امریکا	USDA	۶۶	NS-R5	فرانسه	NOVARTIS
۱۷	PAC2	فرانسه	ENSAT	۶۷	DM-2	امریکا	USDA
۱۸	H157A/LC1064	فرانسه	ASGROW	۶۸	H156A/RHA274	فرانسه	ASGROW
۱۹	5DES20QR	فرانسه	BRN	۶۹	SDB1	امریکا	USDA
۲۰	1009337(100K)	فرانسه	ENSAT	۷۰	HAR-4	امریکا	USDA
۲۱	AS3232	فرانسه	ENSAT	۷۱	AS5305	فرانسه	ASGROW
۲۲	12ASB3	فرانسه	ASGROW	۷۲	RHA274	امریکا	USDA
۲۳	8ASB2	فرانسه	ASGROW	۷۳	H158A/H543R	فرانسه	ASGROW
۲۴	9CSA3	فرانسه	Caussade semences	۷۴	H100A/RHA274	فرانسه	ASGROW
۲۵	H049+FSB	فرانسه	–	۷۵	H209A/H566R	فرانسه	ASGROW
۲۶	SSD-580	فرانسه	ASGROW	۷۶	ASO-1-POP-A	فرانسه	ENSAT
۲۷	$5AS\text{-}F_1/A_2{*}R_2$	فرانسه	ASGROW	۷۷	AS6305	فرانسه	ENSAT
۲۸	7CR16=PRH6	فرانسه	C.F	۷۸	B-F1POPB	فرانسه	NOVARTIS
۲۹	ENSAT699	فرانسه	ENSAT	۷۹	D34	امریکا	USDA
۳۰	SSD-581	فرانسه	ASGROW	۸۰	CAY	فرانسه	ENSAT
۳۱	TMB-51	فرانسه	INRAMONT	۸۱	346	ایران	SPII
۳۲	10-59	ایران	SPII	۸۲	$NS\text{-}F_1\text{-}A_5{*}R_5$	فرانسه	NOVARTIS
۳۳	110	ایران	SPII	۸۳	36	ایران	SPII
۳۴	H603R	فرانسه	INRAMONT	۸۴	38	ایران	SPII
۳۵	4	ایران	SPII	۸۵	SDB2	فرانسه	INRAMONT
۳۶	703-CHLORINA	فرانسه	ENSAT	۸۶	H158A/LC1064	-	-
۳۷	$NSF_1\text{-}A_4{*}R_5$	فرانسه	NOVARTIS	۸۷	H156A/H543R	فرانسه	ASGROW
۳۸	28	ایران	SPII	۸۸	H543R/H543R	فرانسه	ASGROW
۳۹	30	ایران	SPII	۸۹	H543R	فرانسه	–
۴۰	F1250/03	مجارستان	–	۹۰	15038	فرانسه	ASGROW
۴۱	SDR18	امریکا	USDA	۹۱	SF076	فرانسه	ENSAT
۴۲	LP-CSYB	فرانسه	ENSAT	۹۲	8A*LC1064C*	-	-
۴۳	803-1	صربستان	IFVC	۹۳	SF085	فرانسه	ENSAT
۴۴	1009370-1(100K)	فرانسه	ENSAT	۹۴	SF092	-	-
۴۵	CSWW2X	فرانسه	Caussade semences	۹۵	HC91	ایران	SPII
۴۶	1009370-3(100K)	فرانسه	ENSAT	۹۶	10-59	ایران	SPII
۴۷	H158A/H543R	فرانسه	ASGROW	۹۷	H-100A-90RL8	-	-
۴۸	H100A	فرانسه	ASGROW	۹۸	SF109	فرانسه	ENSAT
۴۹	15031	فرانسه	ASGROW	۹۹	SF105	فرانسه	ENSAT
۵۰	H205A/83HR4	فرانسه	ASGROW	۱۰۰	SF-023	-	-

نتایج و بحث

آزمون بارتلت بـا کای اسکور برابر با ۳/۸۳ نشان داد بین میانگین مربعات خطاهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. تجزیه واریانس مرکب داده‌های عملکرد دانه نشان داد بین محیط‌ها و لاین‌ها در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۲). اختلاف معنی‌دار بین لاین‌ها نشان‌دهنده اختلاف ژنتیکی برای عملکرد دانه می‌باشد. همچنین جدول تجزیه واریانس نشان داد برهمکنش

ژنوتیپ × محیط در سطح یک درصد معنی‌دار است که نشان می‌دهد واکنش لاین‌ها در محیط‌های مختلف متفاوت است. به‌منظور تجزیه برهمکنش و شناسایی لاین‌های پایدار، از آماره‌های مختلف پایداری و همچنین مدل AMMI استفاده گردید.

جدول ۲- تجزیه مرکب واریانس بر اساس طرح بلوک کامل تصادفی برای عملکرد دانه در آفتابگردان روغنی

Table 2. Combined analysis of variance based on RCBD for seed yield in oily sunflower

منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات
محیط	۳	۰/۹۹	۰/۳۳**
تکرار داخل محیط	۸	۲/۴۸	۰/۳۱**
ژنوتیپ	۹۹	۸/۱۴	۰/۰۸**
محیط × ژنوتیپ	۲۹۷	۵/۷۲	۰/۰۲**
اشتباه	۷	۱۱/۷۴	۰/۰۱
ضریب تغییرات			۹/۰۳

**، * و ns: بترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیرمعنی‌دار

نتایج تجزیه پایداری ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بر اساس روش ابرهارت و راسل (۵) در جدول ۳ آمده است. میانگین مربعات محیط خطی در برابر اثر متقابل ژنوتیپ × محیط خطی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. اثر متقابل ژنوتیپ در محیط (خطی) در مقابل انحراف از رگرسیون اختلاف معنی‌داری نشان نداد بدین معنی که ژنوتیپ‌های مختلف شیب خط مشابهی دارند (جدول ۳). این نتیجه با نتایج حاتم‌زاده و همکاران (۱۴) هم‌خوانی داشت اما با نتایج حسین و همکاران و کادی و همکاران (۱۳،۱۶) هم‌خوانی نداشت. آزمون میانگین مربعات انحراف از رگرسیون در برابر خطای متوسط نشان داد که در برخی ژنوتیپ‌ها $S^2_{d_i}$ با صفر اختلاف معنی‌دار دارد لذا مطابق ابرهارت-راسل ژنوتیپ‌های فوق ناپایدارند (۵). ضریب رگرسیون bi برای کلیه ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری با یک نداشت که حاکی از پایداری متوسط ژنوتیپ‌ها بود. لاین‌های با کد ۳۳، ۷۱، ۱۹ و ۲۲ از کمترین مقادیر واریانس محیطی برخوردار هستند (جدول ۴) ولی با توجه به اینکه فقط لاین‌های با کد ۷۱ و ۳۳ عملکردی بیشتر از میانگین کل دارند لاین‌های اخیر به‌عنوان پایدارترین لاین‌ها انتخاب می‌شوند. با توجه به ضریب تغییرات نیز لاین‌های با کد ۳۳، ۷۱ پایدارترین لاین‌ها هستند (جدول ۴). براساس آماره‌های پایداری واریانس شوکلا (۲۸) و اکووالانس ریک (۳۱) لاین‌های با کد ۷۱ و ۸۴ پایدارترین لاین‌ها هستند هرچند که لاین‌های دیگری کمترین مقادیر این آماره‌ها را دارند. بر اساس آماره فنیلی و ویلکینسون (۷) در تمام ژنوتیپ‌ها، شیب خط رگرسیون اختلاف معنی‌دار از یک نشان نداد و چون لاین‌های با کد ۷۲، ۹۲ دارای میانگین عملکردی بیشتر از میانگین کل هستند به‌عنوان لاین‌های پایدار شناخته می‌شوند (جدول ۴). واریانس انحراف از خط ابرهارت و راسل نشان داد که لاین‌های ۲۵، ۴۰، ۴۵ و ۷۱ به دلیل عدم اختلاف معنی‌دار از خط و عدم اختلاف معنی‌دار شیب خط آنها از یک و نیز دارا بودن عملکردی بیشتر از میانگین کل به‌عنوان لاین‌های پایدار شناخته می‌شوند.

جدول ۳- تجزیه پایداری به روش ابرهارت و راسل برای عملکرد دانه در آفتابگردان روغنی

Table 3. Stability analysis based on Eberhart and Russell method for seed yield in oily sunflower

منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات
کل	۳۹۹	۵/۱۱	۰/۰۱۳
ژنوتیپ	۹۹	۲/۹۴	۰/۰۳**
محیط داخل ژنوتیپ	۳۰۰	۲/۱۸	۰/۰۰۷۳ns
محیط (خطی)	۱	۲۸	۰/۲۸**
محیط (خطی) × ژنوتیپ	۹۹	۰/۶۲	۰/۰۱ns
انحراف از رگرسیون	۲۰۰	۲	۰/۰۱**
خطای متوسط	۷۹۲	۳/۹۱	۰/۰۰۵

**، * و ns: بترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیرمعنی‌دار

براساس شاخص سازگاری هندسی (GAI) که مبتنی بر میانگین هندسی ژنوتیپ‌ها می‌باشد ژنوتیپ‌هایی که GAI بالایی نشان دهند، مطلوب خواهند بود (جدول ۴). بنابراین، با توجه به مقادیر این شاخص بیشترین مقدار این آماره به ترتیب در لاین‌های ۷۱، ۱۱، ۵۰، ۵۷ و ۶۰ و کمترین مقدار در لاین‌های ۲۱، ۱۰، ۸۶ و ۶۹ مشاهده شد. نتایج تجزیه امی (AMMI) نشان می‌دهد از مجموع مربعات کل، ۶/۶ درصد مربوط به اثرات محیطی، ۵۴/۸ درصد مربوط به اثر ژنوتیپ و ۳۸/۴۵ درصد مربوط به اثر متقابل ژنوتیپ × محیط است (جدول ۵). مقدار کم مجموع مربعات محیط نشان می‌دهد که تنوع زیادی بین محیط‌ها نیست. مجموع مربعات ژنوتیپ تقریباً یک و نیم برابر اثر متقابل ژنوتیپ × محیط است که نشان می‌دهد اثر محیط روی ژنوتیپ‌ها کم بوده بنابراین گزینش ژنوتیپ‌های برتر با اطمینان بالایی صورت می‌گیرد. گونسالوز و همکاران (۱۲) در گزارشی اعلام نمودند هرگاه اثرات محیطی یا اثرات متقابل ژنوتیپ × محیط بزرگتر از اثر

ژنوتیپی باشد گزینش ژنوتیپ‌های برتر تحت تأثیر اثرات محیطی قرار گرفته و اثر واقعی ژنوتیپ پوشانده می‌شود. در آزمایش حاتم‌زاده و همکاران (۱۴) محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به ترتیب ۶۷/۶۷، ۲۳/۵ و ۹/۸ درصد مجموع مربعات کل بود. نتایج تجزیه واریانس جدول امی (AMMI) نشان داد که اولین مؤلفه (IPC_1) ۴۴ درصد و دومین مؤلفه (IPC_2) ۳۱ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را توجیه می‌کنند و میانگین مربعات هر دو مؤلفه معنی‌دار بود و درصد تجمعی تغییرات قابل توجیه ۷۶ درصد از تغییرات اثر متقابل کل بود. به عبارت دیگر دو مؤلفه اول اثر متقابل ۱۰۰ ژنوتیپ با ۴ محیط را بهتر توجیه می‌کند. بر پایه ارزش پایداری AMMI (ASV)، لاین‌های ۷۱، ۹۳، ۷۷و ۵۱ به‌عنوان لاین‌های پایدار معرفی می‌شوند. ژنوتیپ‌ها یا محیط‌هایی که مقدار IPCA بزرگ‌تری دارند (مثبت یا منفی) اثر متقابل بالایی دارند در حالی‌که مقدار IPCA کوچک و نزدیک به صفر نشان می‌دهد سهم اثر متقابل ناچیز می‌باشد (۱۵،۴). بای‌پلات بدست آمده از تجزیه امی (AMMI) نتایج نشان داد که لاین‌های ۶۷، ۳، ۶۲، ۶۸، ۴۸ و ۷۱ از اثر متقابل ناچیزی برخوردار بوده و پایداری بالایی دارند. از لاین‌های فوق، لاین ۷۱ میانگین عملکرد دانه بیشتری نسبت به سایر لاین‌ها و نسبت به متوسط عملکرد لاین‌ها نشان داد. لاین های ۷۸، ۳۹، ۲۶ و ۸۱ از اثر متقابل بالایی برخوردار بودند که بیانگر پایداری پایین این لاین‌ها می‌باشد (شکل ۱). شومن (۲۹) و آلبرت (۱) مدل AMMI را روش مفیدی برای تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بیان کردند که علاوه بر تعیین پایدارترین ژنوتیپ‌ها، می‌تواند در شناسایی سازگاری خصوصی ژنوتیپ‌ها نیز مفید باشد. آکورا و همکاران (۲) استفاده از دو مؤلفه اول معنی‌دار در مدل امی (AMMI) را بهترین حالت جهت بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط دانستند. در بای‌پلات بر اساس مؤلفه‌های اول و دوم (شکل ۲) لاین‌های ۹، ۶۵ و ۷۱ کمترین مقدار IPCAI و IPCAII را نشان دادند که بیانگر پایداری بالای آنها نسبت به سایر لاین‌ها است. از آنجایی‌که لاین ۷۱ از نظر میانگین عملکرد وضعیت بهتری نسبت به میانگین کل و سایر لاین‌ها دارد بعنوان ژنوتیپ پایدار معرفی می‌شود. عملکرد لاین‌های ۹ و ۶۵ از میانگین کل کمتر بود (شکل ۲). لاین‌های ۷۷، ۳۲، ۴۷، ۱۷، ۶۱ و ۸ نیز از نظر میزان IPCAI مشابه و نزدیک به لاین ۷۱ هستند ولی از نظر IPCAII از مبدأ فاصله گرفته‌اند. بنابراین این لاین‌ها نیز از پایداری نسبتاً خوبی برخوردارند. از میان آن‌ها لاین‌های ۱۷ و ۶۱ دارای میانگین عملکرد بیشتر و نزدیک میانگین کل بود. لاین ۵۰ عملکرد بالا و سازگاری خصوصی به محیط نرمال و لاین‌های ۹۰ و ۴۸ عملکرد بالا و سازگاری خصوصی به شرایط تنش شور نشان دادند (شکل ۲). محیط‌ها از نظر ۲ مؤلفه اصلی اثر متقابل، تنوع زیادی را نشان می‌دهند و به‌طورکلی مناطق در سال‌های مختلف از نظر اثر متقابل دارای تفاوت‌های بارزی هستند (شکل ۲).

جدول ۴- میانگین عملکرد و برخی پارامترهای پایداری در لاین‌های اینبرد آفتابگردان روغنی تحت شرایط نرمال و تنش شوری

Table 4. Mean seed yield and some stability parameters in oily sunflower lines under salt and normal conditions

ژنوتیپ	میانگین	رتبه	ضریب رگرسیون فنوتیپی و ژنوتیپی	انحراف از رگرسیون ابرهارت ـ راسل	واریانس محیطی	ضریب تغییرات محیطی	اکوولانس ریک	آماره شوکلا	اولین مولفه اثرمتقابل	دومین مولفه اثرمتقابل	ارزش پایداری AMMI	شاخص قابلیت عملکرد	شاخص سازگاری هندسی	سهم اثر متقابل	ضریب تبیین
GEN	Mean	Rank	b_i	S^2_{di}	S^2_{xi}	cv	W_i^2	σi^2	PCI۱	PCI۲	ASV	Ii	GAI	GE%	R^2
۱	۱۸/۴	۸۶	۰/۶۷^{ns}	۰/۰۱۵^{ns}	۰/۰۱	۰/۰۸	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۲	۰/۲۰۲	۱۲/۳۹	۱۸/۰	۰/۵۳	۴
۲	۱۷/۷	۹۰	۲/۵^{ns}	۰/۰۰۶^{ns}	۰/۰۱	۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۰۱	-۰/۰۱	-۰/۱	۰/۱۰۱	۱۶/۸۹	۱۷/۴	۰/۳۵	۵۸/۲
۳	۲۸/۱	۲۲	۱/۶۷^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۴	۰/۰۴۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۱	-۰/۰۸	۰/۰۸۱	۱۴/۹۷	۲۷/۹	۰/۰۰	۷۳/۶
۴	۲۱/۴	۶۳	۳/۰۰^{ns}	۰/۰۱۵^{ns}	۰/۰۱۸	۰/۱۰۲	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۲	۰/۰۲	۰/۲۸۹	۲۱/۸۷	۲۰/۷	۰/۷۰	۴۵/۸
۵	۲۳/۲	۴۸	-۰/۲^{ns}	۰/۰۰۴^{ns}	۰/۰۰۳	۰/۰۳۹	۰/۰۱	۰/۰۰	-۰/۱۰	۰/۰۰	۰/۱۴۴	۲۱/۴۳	۲۳/۰	۰/۱۸	۲/۰
۶	۱۹/۲	۸۰	-۰/۴^{ns}	۰/۰۰۶^{ns}	۰/۰۰۴	۰/۰۵۱	۰/۰۲	۰/۰۱	-۰/۱۴	۰/۰۳	۰/۲۰۴	۱۸/۴۶	۱۹/۱	۰/۳۵	۴/۲
۷	۲۲/۶	۵۲	-۲/۲^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۰/۰۰۸	۰/۰۶۷	۰/۰۴	۰/۰۱	-۰/۱۷	۰/۱۴	۰/۲۸۲	۱۶/۹۱	۲۲/۳	۰/۷۰	۵۸/۲
۸	۲۳/۲	۴۷	-۲/۵^{ns}	۰/۰۰۹^{ns}	۰/۰۱۲	۰/۰۸۱	۰/۰۵	۰/۰۲	-۰/۱۵	۰/۱۹	۰/۲۸۸	۱۶/۹۳	۲۲/۶	۰/۸۸	۴۷/۷
۹	۱۸/۱	۸۷	۰/۳۲^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۱	۰/۰۲۴	۰/۰۰	۰/۰۰	-۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۱۴	۱۸/۷۶	۱۸/۱	۰/۰۰	۱۰/۶
۱۰	۱۶/۹	۹۹	-۰/۴^{ns}	۰/۰۰۴^{ns}	۰/۰۰۳	۰/۰۴۴	۰/۰۱	۰/۰۰	-۰/۱۱	-۰/۰۴	۰/۱۶۴	۲۳/۱۴	۱۶/۸	۰/۱۸	۵/۵
۱۱	۳۴/۶	۳	۰/۷۱^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۲	۰/۰۲۷	۰/۰۰	۰/۰۰	-۰/۰۶	-۰/۰۴	۰/۰۹۵	۱۶/۱۹	۳۴/۵	۰/۰۰	۳۷/۸
۱۲	۲۲/۷	۵۱	۱/۳۸^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۴	۰/۰۴۶	۰/۰۱	۰/۰۰	-۰/۰۵	-۰/۰۶	۰/۰۹۴	۱۵/۳۶	۲۲/۵	۰/۱۸	۴۵/۵
۱۳	۳۲/۰	۷	۰/۷۳^{ns}	۰/۰۰۸	۰/۰۰۶	۰/۰۵۱	۰/۰۲	۰/۰۱	-۰/۰۴	-۰/۱۳	۰/۱۴۲	۲۰/۳۵	۳۱/۶	۰/۳۵	۸/۶
۱۴	۳۰/۲	۱۳	۲/۳۰^{ns}	۰/۰۱۹*	۰/۰۱۸	۰/۰۹۱	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۱۸	۰/۱۵	۰/۳۰۰	۲۷/۵۳	۲۹/۲	۰/۷۰	۲۷/۸
۱۵	۲۶/۳	۲۷	۰/۲۱^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۱	۰/۰۲۱	۰/۰۰	۰/۰۰	-۰/۰۶	-۰/۰۳	۰/۰۹۲	۲۲/۶۸	۲۶/۳	۰/۰۰	۴/۸
۱۶	۲۱/۱	۶۸	۰/۶۶^{ns}	۰/۰۰۹^{ns}	۰/۰۰۶	۰/۰۵۹	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۱۳	۰/۱۶۵	۲۸/۷۱	۲۰/۹	۰/۳۵	۶/۶
۱۷	۲۶/۰	۳۰	۱/۹۹^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۵	۰/۰۵۲	۰/۰۱	۰/۰۰	-۰/۰۱	-۰/۰۲	۰/۰۲۵	۲۴/۳۹	۲۵/۷	۰/۱۸	۶۷/۶
۱۸	۲۷/۸	۲۴	۲/۳۴^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۰/۰۰۸	۰/۰۶۳	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۱۲	۰/۰۲	۰/۱۷۴	۲۶/۰۷	۲۷/۴	۰/۱۸	۶۲/۱
۱۹	۲۲/۹	۴۹	-۰/۴۳^{ns}	۰/۰۰^{ns}	۰/۰۰۰	۰/۰۱۳	۰/۰۱	۰/۰۰	-۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۱۰۵	۲۳/۴۱	۲۲/۹	۰/۱۸	۵۱/۰
۲۰	۲۱/۳	۶۵	۰/۲۸^{ns}	۰/۰۰۶^{ns}	۰/۰۰۴	۰/۰۴۷	۰/۰۱	۰/۰۰	-۰/۰۷	-۰/۰۸	۰/۱۲۹	۲۰/۹۹	۲۱/۱	۰/۱۸	۱/۹
۲۱	۱۷/۱	۹۷	۱/۶۳^{ns}	۰/۰۰۶^{ns}	۰/۰۰۶	۰/۰۶۵	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۳	-۰/۱۰	۰/۱۰۹	۲۳/۰۵	۱۶/۹	۰/۱۸	۳۹/۱
۲۲	۲۰/۲	۷۵	-۰/۱^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰	۰/۰۱۶	۰/۰۰	۰/۰۰	-۰/۰۵	-۰/۰۱	۰/۰۷۳	۲۶/۲۱	۲۰/۲	۰/۰۰	۱/۴
۲۳	۱۹/۱	۸۱	-۰/۵^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۰/۰۰۳	۰/۰۴۶	۰/۰۲	۰/۰۱	-۰/۱۶	-۰/۰۲	۰/۲۳۲	۲۳/۰۲	۱۸/۹	۰/۳۵	۵/۹

ادامه جدول ۴

ژنوتیپ	میانگین	رتبه	ضریب رگرسیون فینلی ویلکینسون	انحراف از رگرسیون ابرهارت –راسل	واریانس محیطی	ضریب تغییرات محیطی	اکوولانس ریک	آماره شوکلا	اولین مولفه اثر متقابل	دومین مولفه اثر متقابل	ارزش پایداری AMMI	شاخص قابلیت عملکرد	شاخص سازگاری هندسی	سهم اثر متقابل	ضریب تبیین
GEN	Mean	Rank	b_i	S^2_{di}	S^2_{xi}	cv	W_i^2	σi^2	PCI۱	PCI۲	ASV	Ii	GAI	GE%	R^2
۲۴	۲۰/۸	۷۱	۳/۸۳ ns	۰/۰۲۴**	۰/۰۲۹	۰/۱۳۳	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۳	−۰/۲۶	۰/۲۶۴	۲۲/۱۵	۱۹/۶	۱/۲۳	۴۶/۱
۲۵	۲۴/۸	۳۴	۲/۹۶	۰/۰۰ ns	۰/۰۰۸	۰/۰۶۶	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۹	−۰/۰۶	۰/۱۴۳	۲۱/۱۶	۲۴/۴	۰/۱۸	۹۸/۰
۲۶	۲۹/۳	۱۷	۲/۷۳ ns	۰/۰۲۵**	۰/۰۲۴	۰/۱۰۶	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۲۳	۰/۱۱	۰/۳۴۹	۱۸/۶۷	۲۸/۰	۱/۰۵	۲۹/۱
۲۷	۱۹/۹	۷۶	۰/۵۷ ns	۰/۰۰۹ ns	۰/۰۰۷	۰/۰۶۳	۰/۰۱	۰/۰۲	−۰/۰۶	−۰/۰۸	۰/۱۱۸	۱۹/۰۵	۱۹/۶	۰/۳۵	۴/۶
۲۸	۱۷/۷	۹۱	۰/۷۵ ns	۰/۰۰۸ ns	۰/۰۰۶	۰/۰۶۲	۰/۰۱	۰/۰۲	−۰/۰۲	۰/۰۸	۰/۰۸۵	۲۱/۱۱	۱۷/۵	۰/۳۵	۸/۹
۲۹	۱۹/۸	۷۷	۰/۴۱ ns	۰/۰۰۸ ns	۰/۰۰۶	۰/۰۵۸	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۸	۰/۰۴	۰/۱۲۲	۱۹/۳۰	۱۹/۶	۰/۳۵	۲/۸
۳۰	۲۰/۳	۷۴	۱/۸۵ ns	۰/۰۰۷ ns	۰/۰۰۸	۰/۰۶۷	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۹	۰/۱۰	۰/۱۶۴	۲۱/۵۴	۲۰/۰	۰/۳۵	۴۲/۱
۳۱	۱۵/۵	۸۴	۱/۶۹ ns	۰/۰۰۳ ns	۰/۰۰۵	۰/۰۵۴	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۸	−۰/۰۳	۰/۱۱۹	۲۱/۰۵	۱۸/۳	۰/۱۸	۵۶/۴
۳۲	۱۷/۵	۹۴	۱/۵۵ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۳	۰/۰۴۳	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۱	−۰/۰۷	۰/۰۷۱	۲۷/۳۴	۱۷/۴	۰/۰۰	۷۷/۵
۳۳	۲۳/۷	۴۳	−۰/۴ ns	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۰	۰/۰۰۹	۰/۰۰	۰/۰۱	−۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۱۱۷	۲۷/۵۸	۲۳/۷	۰/۱۸	۹۴/۲
۳۴	۲۱/۹	۶۰	۱/۷۹ ns	۰/۰۰ ns	۰/۰۰۳	۰/۰۴۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۳	−۰/۰۴	۰/۰۵۹	۲۰/۳۴	۲۱/۸	۰/۰۰	۹۳/۶
۳۵	۲۱/۱	۶۹	۰/۴۸ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۱	۰/۰۲۵	۰/۰۰	۰/۰۰	−۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۸۲	۱۷/۴۹	۲۱/۰	۰/۰۰	۱۹/۸
۳۶	۱۸/۴	۸۵	۲/۰۲ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۵	۰/۰۵۴	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۰	۰/۰۵۸	۲۲/۵۴	۱۸/۲	۰/۱۸	۸۱/۹
۳۷	۳۱/۳	۸	۱/۵۲	۰/۰۰۳ ns	۰/۰۰۴	۰/۰۴۱	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۸۳	۲۱/۹۳	۳۱/۱	۰/۱۸	۵۵/۶
۳۸	۲۰/۵	۷۲	−۱/۱ ns	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۰۳	۰/۰۴۰	۰/۰۱	۰/۰۲	−۰/۱۰	−۰/۰۲	۰/۱۴۶	۲۲/۲۶	۲۰/۴	۰/۳۵	۴۱/۳
۳۹	۲۵/۶	۳۱	۲/۴۲ ns	۰/۴۳**	۰/۰۳۴	۰/۱۳۴	۰/۰۳	۰/۰۹	۰/۲۸	۰/۰۶	۰/۴۰۸	۲۱/۸۱	۲۴/۰	۱/۵۸	۱۵/۹
۴۰	۲۸/۰	۲۳	۲/۵۲ ns	۰/۰۰ ns	۰/۰۰۶	۰/۰۵۴	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۹	۰/۰۰	۰/۱۳۰	۱۷/۳۹	۲۷/۷	۰/۱۸	۹۶/۶
۴۱	۲۴/۶	۳۶	−۲/۴ ns	۰/۰۰۳ ns	۰/۰۰۷	۰/۰۶۱	۰/۰۱	۰/۰۴	−۰/۱۰	۰/۰۹	۰/۱۷۰	۲۵/۹۲	۲۴/۳	۰/۷۰	۷۴/۴
۴۲	۲۱/۰	۷۰	۰/۶۴ ns	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۰۱	۰/۰۱۸	۰/۰۰	۰/۰۰	−۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۴۲	۲۶/۴۳	۲۱/۰	۰/۰۰	۶۸/۱
۴۳	۲۱/۲	۶۷	۲/۴ ns	۰/۰۱۱ ns	۰/۰۱۳	۰/۰۸۶	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۱۷	۰/۰۵	۰/۲۵۰	۲۳/۷۷	۲۰/۷	۰/۵۳	۴۰/۵
۴۴	۳۰/۶	۱۰	۰/۸۸ns	۰/۰۲۵**	۰/۰۱۷	۰/۰۸۹	۰/۰۲	۰/۰۵	−۰/۰۲	−۰/۲۲	۰/۲۲	۲۴/۴۸	۲۹/۷	۰/۸۸	۴/۲
۴۵	۲۴/۶	۳۷	۲/۲ ns	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۰۴	۰/۰۴۸	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۳	−۰/۰۶	۰/۰۷۴	۱۸/۲۷	۲۴/۴	۰/۰۰	۹۶/۶
۴۶	۲۸/۷	۱۹	۲/۴۲	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۰۵	۰/۰۵۱	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۸	−۰/۰۴	۰/۱۲۲	۳۱/۸۴	۲۸/۳	۰/۱۸	۹۹/۱
۴۷	۲۲/۱	۵۷	۰/۸ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۱	۰/۰۲۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۴۳	۲۸/۱۹	۲۲/۰	۰/۰۰	۴۸/۴
۴۸	۳۰/۸	۹	−۰/۴ns	۰/۰۰۵ ns	۰/۰۰۳	۰/۰۳۹	۰/۰۱	۰/۰۲	−۰/۰۱	۰/۱۳	۰/۱۳۱	۲۳/۴۸	۳۰/۵	۰/۳۵	۴/۷
۴۹	۲۸/۳	۲۱	۱/۲ ns	۰/۰۲۸**	۰/۰۲۰	۰/۰۹۸	۰/۰۲	۰/۰۶	−۰/۱۳	۰/۰۸	۰/۲۰۴	۳۱/۷۹	۲۷/۲	۱/۰۵	۶/۴
۵۰	۳۶/۰	۲	۴/۷ ns	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۲۲	۰/۰۹۷	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۱۷	−۰/۰۴	۰/۰۲۴۸	۲۸/۹۱	۳۴/۵	۰/۷۰	۹۲/۸
۵۱	۲۶/۲	۲۸	۰/۸ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۱	۰/۰۲۷	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۲	−۰/۰۳	۰/۰۴۲	۲۹/۳۶	۲۶/۲	۰/۰۰	۴۷/۳
۵۲	۲۲/۱	۵۶	۰/۸۶ ns	۰/۰۱۴ ns	۰/۰۱۰	۰/۰۷۶	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۱۲	۰/۰۸	۰/۱۹۱	۲۶/۶۲	۲۱/۶	۰/۵۳	۶/۷
۵۳	۲۱/۹	۵۸	۱/۳۸ ns	۰/۰۱۹*	۰/۰۱۵	۰/۱۹۱	۰/۰۴	۰/۰۱	−۰/۱۴	−۰/۱۵	۰/۲۵۱	۲۴/۹۲	۲۱/۳	۰/۷۰	۱۲/۱
۵۴	۱۷/۴	۹۶	۱/۴۲ ns	۰/۰۰۵ ns	۰/۰۰۵	۰/۰۵۹	۰/۰۱	۰/۰۰	−۰/۰۶	۰/۰۰	۰/۰۸۶	۲۸/۰۷	۱۷/۲	۰/۱۸	۳۴/۶
۵۵	۲۴/۲	۴۰	۱/۵۸ ns	۰/۰۰۴ ns	۰/۰۰۵	۰/۰۵۲	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۹	۰/۰۳	۰/۱۳۳	۳۰/۵۴	۲۴/۰	۰/۱۸	۴۴/۸
۵۶	۲۳/۹	۴۲	۳/۵۹ ns	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۱۳	۰/۰۸۴	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۷	−۰/۱۴	۰/۱۷۳	۲۹/۷۰	۲۳/۳	۰/۳۵	۹۰/۱
۵۷	۳۴/۴	۴	۲/۲۳ ns	۰/۰۰۴ ns	۰/۰۰۷	۰/۰۵۶	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۱۴	۰/۰۵	۰/۲۰۸	۳۳/۴۲	۳۳/۹	۰/۱۸	۶۳/۳
۵۸	۲۹/۰	۱۸	۱/۹۱ ns	۰/۰۰۳ ns	۰/۰۰۵	۰/۰۴۹	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۵۳	۲۹/۴۵	۲۸/۷	۰/۱۸	۶۷/۲
۵۹	۲۵/۲	۳۲	۱/۱۵ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۲	۰/۰۳۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۵۹	۲۸/۹۰	۲۵/۱	۰/۰۰	۶۸/۶
۶۰	۳۴/۴	۵	۱/۵۹ ns	۰/۰۰۷ ns	۰/۰۰۷	۰/۰۵۴	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۹	−۰/۰۸	۰/۱۵۲	۳۰/۶۸	۳۳/۹	۰/۱۸	۳۴/۲
۶۱	۲۴/۳	۳۹	۱/۲۱ ns	۰/۰۰۸ ns	۰/۰۰۷	۰/۰۵۹	۰/۰۲	۰/۰۱	−۰/۰۱	۰/۱۰	۰/۱۰۱	۳۰/۷۶	۲۴/۰	۰/۳۵	۲۳/۸
۶۲	۲۷/۲	۲۶	۲/۸۶ ns	۰/۰۰۷ ns	۰/۰۱۲	۰/۰۷۷	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	−۰/۱۹	۰/۱۹۱	۴۲/۹۵	۲۶/۶	۰/۳۵	۶۲/۶
۶۳	۲۳/۶	۴۴	۶ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۱	۰/۰۲۶	۰/۰۱	۰/۰۰	−۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۱۳۵	۳۴/۱۷	۲۳/۶	۰/۱۸	۲۷/۵
۶۴	۱۹/۶	۷۸	۱/۵۷ ns	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۰۳	۰/۰۴۵	۰/۰۰	۰/۰۰	−۰/۰۲	−۰/۰۷	۰/۰۷۶	۳۲/۶۸	۱۹/۵	۰/۰۰	۶۷/۲
۶۵	۱۷/۸	۸۹	۱/۴۹ ns	۰/۰۰ ns	۰/۰۰۲	۰/۰۳۷	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۱	−۰/۰۱	۰/۰۱۸	۲۲/۰۷	۱۷/۷	۰/۰۰	۹۸/۳
۶۶	۱۷/۸	۸۸	۰/۷۲ ns	۰/۰۰۴ ns	۰/۰۰۳	۰/۰۴۳	۰/۰۱	۰/۰۰	−۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۷۶	۳۰/۳۰	۱۷/۷	۰/۱۸	۱۶/۴
۶۷	۲۸/۴	۲۰	۰/۴۰ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۱	۰/۰۲۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۰۲۰	۲۷/۳۷	۲۸/۳	۰/۰۰	۱۶/۵
۶۸	۳۰/۴	۱۲	۱/۴۲ ns	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۰۳	۰/۰۳۷	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۶۶	۲۷/۰۳	۳۰/۲	۰/۰۰	۶۲/۰
۶۹	۱۷/۰	۹۸	۰/۵۹ ns	۰/۰۰۶ ns	۰/۰۰۴	۰/۰۵۱	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۵	۰/۰۰	۰/۰۷۲	۳۳/۰۲	۱۶/۹	۰/۱۸۵	۸/۲
۷۰	۲۹/۴	۱۶	−۱/۰ ns	۰/۰۰۹ ns	۰/۰۰۷	۰/۰۵۶	۰/۰۳	۰/۰۱	−۰/۱۲	−۰/۰۶	۰/۱۸۳	۲۳/۸۵	۲۹/۰	۰/۵۳	۱۴/۰
۷۱	۳۶/۱	۱	۰/۴۲ ns	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۰۰	۰/۰۱۰	۰/۰۰	۰/۰۰	−۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۱۴	۴۰/۰۸	۳۶/۱	۰/۰۰	۷۲/۶
۷۲	۲۱/۹	۵۹	−۱/۰ ns	۰/۰۱۹*	۰/۰۱۳	۰/۰۸۷	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۱۹	۰/۲۰۹	۳۷/۶۷	۲۱/۴	۰/۸۸	۶/۷
۷۳	۲۶/۱	۲۹	−۱/۵ ns	۰/۰۰۹ ns	۰/۰۰۸	۰/۰۶۵	۰/۰۴	۰/۰۱	−۰/۱۱	−۰/۰۶	۰/۱۷۰	۳۴/۴۳	۲۵/۷	۰/۷۰	۲۵/۸
۷۴	۲۵/۲	۳۳	۲/۸۲ ns	۰/۰۱۲ ns	۰/۰۱۶	۰/۰۹۰	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۴	−۰/۱۷	۰/۱۸	۳۴/۰۸	۲۴/۴	۰/۵۳	۴۷/۴
۷۵	۱۷/۶	۹۲	۰/۷۶ ns	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۰۲	۰/۰۳۴	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۱	−۰/۰۵	۰/۰۵۲	۳۴/۳۵	۱۷/۶	۰/۰۰	۳۰/۳
۷۶	۲۳/۵	۴۵	۱/۸۲ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۴	۰/۰۴۴	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۶۱	۳۱/۸۶	۲۳/۳	۰/۰۰	۸۳/۲
۷۷	۲۱/۲	۶۶	۲/۵۱ ns	۰/۰۰۴ ns	۰/۰۰۹	۰/۰۷۱	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۰	−۰/۰۴	۰/۰۴	۳۹/۲۹	۲۰/۹	۰/۳۵	۶۶/۹
۷۸	۲۹/۸	۱۵	۳/۸۸ ns	۰/۰۴**	۰/۰۴۲	۰/۱۴۳	۰/۱۱	۰/۰۴	۰/۳۳	−۰/۰۲	۰/۴۷۶	۳۱/۷۸	۲۷/۲	۱/۹۳	۳۳/۱
۷۹	۲۲/۲	۵۴	−۱/۴ ns	۰/۰۰۹ ns	۰/۰۰۸	۰/۰۶۶	۰/۰۳	۰/۰۱	۱۰/−	−۰/۰۵	۰/۱۵۳	۳۳/۹۵	۲۱/۹	۰/۵۳	۲۳/۴

ادامه جدول ۴

ژنوتیپ	میانگین	رتبه	رگرسیون وایلکینسون ضریب	انحراف از رگرسیون ابرهارت- راسل	واریانس محیطی	ضریب تغییرات محیطی	اکوولانس ریک	آماره شوکلا	اولین مولفه اثر متقابل	دومین مولفه اثر متقابل	ارزش پایداری AMMI	شاخص قابلیت عملکرد	شاخص سازگاری هندسی	سهم اثر متقابل	ضریب تبیین
GEN	Mean	Rank	b_i	S^2_{di}	S^2_{xi}	cv	W_i^2	σi^2	PCI۱	PCI۲	ASV	Ii	GAI	GE%	R^2
۸۰	۱۸/۹	۸۳	۲/۴۴ ns	۰/۰۰ ns	۰/۰۰۶	۰/۰۵۹	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۴	-۰/۰۶	۰/۰۸۳	۱۹/۵۸	۱۸/۷	۰/۱۸	۹۸/۴
۸۱	۲۱/۹	۶۱	-۲/۶ ns	۰/۰۲۱*	۰/۰۲۱	۰/۱۰۸	۰/۰۸	۰/۰۳	-۰/۲۲	۰/۲۰	۰/۳۷۵	۲۹/۴۵	۲۱/۰	۱/۴۰	۳۱/۵
۸۲	۱۹/۰	۸۲	-۰/۲ ns	۰/۰۰۴ ns	۰/۰۰۳	۰/۰۴۱	۰/۰۱	۰/۰۰	-۰/۱۱	۰/۰۶	۰/۱۷۰	۲۹/۶۶	۱۸/۹	۰/۱۸	۱/۶
۸۳	۲۴/۵	۳۸	۱/۱۶ ns	۰/۰۰۲ ns	۰۰۳۸۰	۰/۰۳۶	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۳	-۰/۰۷	۰/۰۸۲	۳۲/۱۵	۲۴/۴	۰/۰۰	۴۹/۰
۸۴	۲۱/۳	۶۴	۰/۷۴ ns	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۰۲	۰/۰۳۱	۰/۰۰	۰/۰۰	-۰/۰۷	-۰/۰۴	۰/۱۰۹	۳۸/۸۵	۲۱/۳	۰/۰۰	۳۰/۲
۸۵	۲۴/۶	۳۵	-۰/۹ ns	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۰۲	۰/۰۳۲	۰/۰۱	۰/۰۰	-۰/۱۱	-۰/۰۱	۰/۱۵۹	۳۰/۲۲	۲۴/۵	۰/۱۸	۳۶/۶
۸۶	۱۶/۴	۱۰۰	-۲/۳ ns	۰/۰۰۳ ns	۰/۰۰۷	۰/۰۶۹	۰/۰۴	۰/۰۱	-۰/۰۷	۰/۱۴	۰/۱۷۳	۳۰/۳۹	۱۶/۱	۰/۷۰	۷۳/۲
۸۷	۲۳/۹	۴۱	۰/۹۴ ns	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۰۲	۰/۰۳۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۵	-۰/۰۱	۰/۰۷۳	۳۶/۵۶	۲۳/۹	۰/۰۰	۴۳/۱
۸۸	۱۷/۶	۹۳	۱/۰۱ ns	۰/۰۰۶ ns	۰/۰۰۵	۰/۰۵۶	۰/۰۱	۰/۰۰	-۰/۰۸	۰/۰۱	۰/۱۱۶	۴۰/۸۰	۱۷/۵	۰/۱۸	۲۰/۰
۸۹	۱۷/۴	۹۵	۰/۴۵ ns	۰/۰۰۴ ns	۰/۰۰۳	۰/۰۴۱	۰/۰۱	۰/۰۰	-۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۱۰۰	۴۴/۶۴	۱۷/۳	۰/۱۸	۷/۳
۹۰	۲۲/۹	۵۰	-۰/۷ ns	۰/۰۰۷ ns	۰/۰۰۵	۰/۰۵۳	۰/۰۲	۰/۰۱	-۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۱۶۶	۲۱/۸۴	۲۲/۶	۰/۳۵	۸/۹
۹۱	۳۰/۵	۱۱	۰/۸۱ ns	۰/۰۰۶ ns	۰/۰۰۴	۰/۰۴۵	۰/۰۱	۰/۰۰	-۰/۰۴	-۰/۰۶	۰/۰۸۳	۳۹/۲۲	۳۰/۲	۰/۱۸	۱۳/۸
۹۲	۱۹/۳	۷۹	۱/۱۳ ns	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۰۳	۰/۰۴۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۱۳۵	۳۸/۶۵	۱۹/۲	۰/۰۰	۴۵/۰
۹۳	۲۱/۸	۶۲	۰/۹۶ ns	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۰۲	۰/۰۳۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۳	۰/۰۳۰	۳۳/۰۳	۲۱/۸	۰/۰۰	۴۶/۷
۹۴	۳۳/۶	۶	۳/۶۷ ns	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۱۴	۰/۰۷۸	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۱۰	-۰/۰۲	۰/۱۴۶	۳۱/۹۲	۳۲/۷	۰/۳۵	۸۹/۲
۹۵	۳۰/۲	۱۴	۳/۱۹ ns	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۱۱	۰/۰۷۱	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۱۰	-۰/۱۲	۰/۱۸۸	۲۳/۴۱	۲۹/۵	۰/۳۵	۸۵/۸
۹۶	۲۲/۴	۵۳	۱/۱۵ ns	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۰۳	۰/۰۳۹	۰/۰۰	۰/۰۰	-۰/۰۵	-۰/۰۶	۰/۰۹۴	۳۴/۶۸	۲۲/۳	۰/۰۰	۴۳/۴
۹۷	۲۷/۴	۲۵	-۱/۸ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۴	۰/۰۴۳	۰/۰۲	۰/۰۱	-۰/۱۳	۰/۰۶	۰/۱۹۷	۴۲/۴۹	۲۷/۲	۰/۳۵	۸۲/۰
۹۸	۲۲/۲	۵۵	۰/۷۴ ns	۰/۰۱۸*	۰/۰۱۳	۰/۰۸۴	۰/۰۴	۰/۰۱	-۰/۰۳	-۰/۱۰	۰/۱۰۹	۳۸/۰۶	۲۱/۶	۰/۷۰	۴/۰
۹۹	۲۳/۴	۴۶	۳/۳۷ ns	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۱۲	۰/۰۷۹	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۲۰	۰/۲۰۲	۳۶/۰۱	۲۲/۹	۰/۳۵	۹۰/۴
۱۰۰	۲۰/۴	۷۳	۱/۷۴ ns	۰/۰۰۵ ns	۰/۰۰۶	۰/۰۵۹	۰/۰۱	۰/۰۰	-۰/۰۱	-۰/۱۰	۰/۱۰۱	۱۸/۸۷	۲۰/۲	۰/۱۸	۴۷/۰
میانگین	۲۷/۲۴														

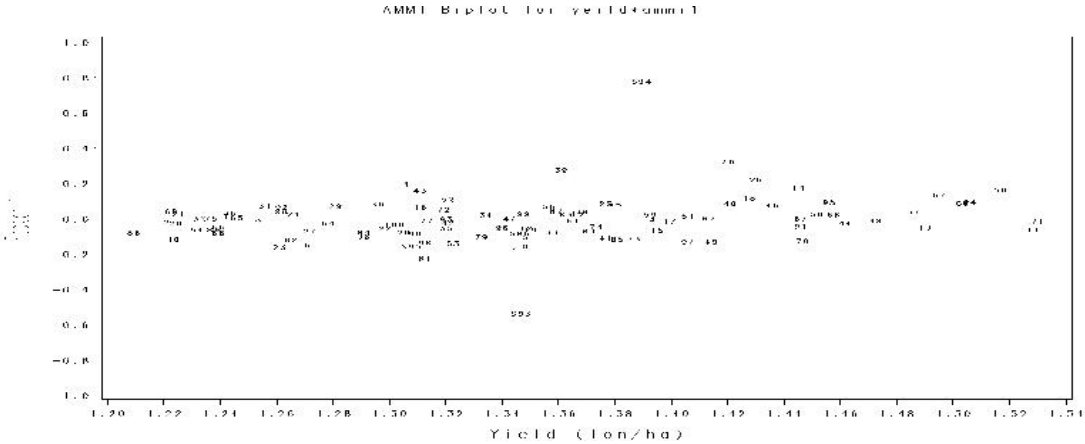
**، * و ns: بترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیرمعنی‌دار

جدول ۵- تجزیه واریانس مرکب و تجزیه امی (AMMI) اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای عملکرد دانه در لاین‌های اینبرد آفتابگردان روغنی تحت شرایط نرمال و تنش شوری در ۴ محیط

Table 5. Combined analysis of variance and AMMI analysis of GE interaction for grain yield in oily sunflower lines under salt and normal conditions within 4 enviroments

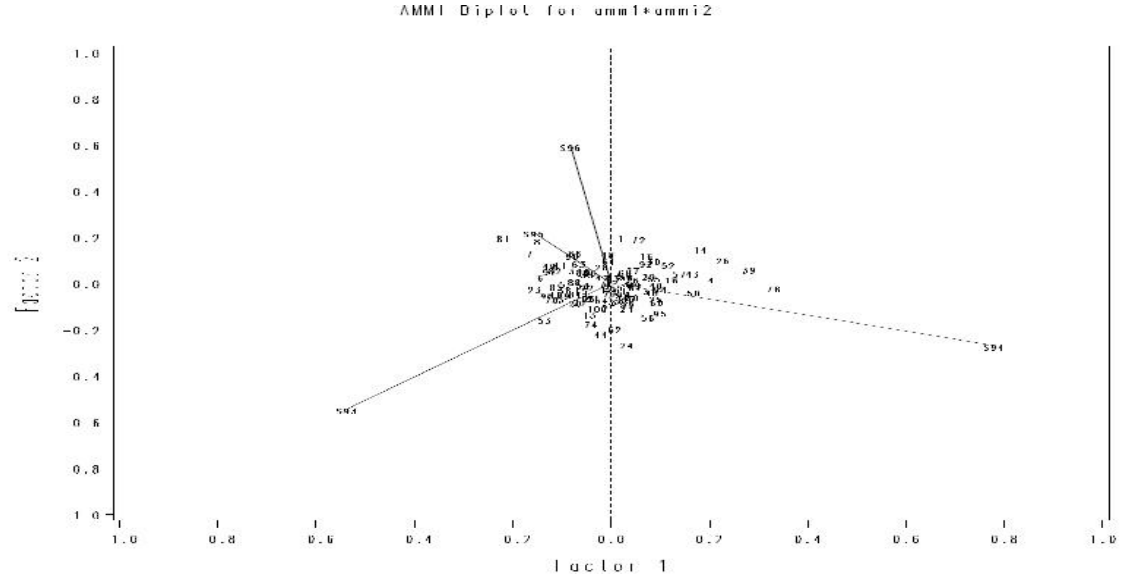
منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	سهم اثر متقابل
کل	۱۱۹۹	۹	۰/۰۲۴	
تکرار / محیط	۸	۲/۴۸	۰/۳۱*	
تیمار	۳۹۹	۱۴/۸۵	۰/۰۳۷**	
محیط	۳	۰/۹۹	۰/۳۳**	۶/۶۶
ژنوتیپ	۹۹	۸/۱۴	۰/۰۸**	۵۴/۸۱
محیط × ژنوتیپ	۲۹۷	۵/۷۱	۰/۰۲*	۳۸/۴۵
مؤلفه اول	۱۰۱	۲/۵۷	۰/۰۲۵**	۴۴/۹۴
مؤلفه دوم	۹۹	۱/۷۸۲	۰/۰۱۸*	۳۱/۱۸
مؤلفه سوم	۹۷	۱/۳۶۶	۰/۰۱۴ ns	۲۳/۸۸
خطای متوسط	۷۹۲	۱۱/۷۴	۰/۰۱	

**، * و ns: بترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیرمعنی‌دار



شکل ۱- بای پلات AMMI برای میانگین ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها و مقادیر مؤلفه اصلی آنها. شماره در داخل پلات مربوط به کد ژنوتیپ‌هاست. برای محیط ۱ (شرایط نرمال- سال اول) کد N93، برای محیط ۲ (شرایط نرمال- سال دوم) کد N94، برای محیط ۳ (شرایط تنش شوری- سال اول) کد S93 و برای محیط ۴ (شرایط تنش شوری- سال دوم) کد S94 در نظر گرفته شد.

Figure 1. AMMI Biplot for the average of genotypes and enviroments and their main component values. The number inside the plot is the genotype codes. For environment 1 (normal conditions - first year), code of N93, for environment 2 (normal conditions - second year) code of N94, for environment 3 (salt stress conditions - first year) code of S93 and for environment 4 (salt stress conditions - second year) code of S94 was considered.



شکل ۲- بای‌پلات AMMI برای میانگین مقادیر مؤلفه‌های اصلی اول و دوم ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها. شماره در داخل پلات مربوط به کد ژنوتیپ‌هاست. برای محیط ۱ (شرایط نرمال- سال اول) کد N93، برای محیط ۲ (شرایط نرمال- سال دوم) کد N94، برای محیط ۳ (شرایط تنش شوری- سال اول) کد S93 و برای محیط ۴ (شرایط تنش شوری- سال دوم) کد S94 در نظر گرفته شد.

Figure 2. AMMI Biplot for the mean values of first and second principal components of genotypes and environments. The number inside the plot is genotype codes. For environment 1 (normal conditions - first year), code of N93, for environment 2 (normal conditions - second year) code of N94, for environment 3 (salt stress conditions - first year) code of S93 and for environment 4 (salt stress conditions - second year) code of S94 was considered.

در جمع‌بندی نتایج بر اساس روش AMMI لاین‌های ۷۱، ۶۱ و ۱۷ به‌عنوان لاین‌های سازگار و پایدار معرفی می‌شوند و در این میان لاین ۷۱ با توجه به عملکرد بالا وضعیت بهتری نسبت به دو لاین دیگر دارد. لاین ۵۰ با عملکرد بالا، سازگاری خصوصی به محیط نرمال و لاین‌های ۹۰ و ۴۸ عملکرد بالا و سازگاری خصوصی به شرایط شور نشان دادند. بر اساس روش AMMI و سایر آماره‌های پایداری مورد بررسی، لاین ۷۱ به عنـوان پایدارترین ژنوتیپ تحت شرایط نرمال و تنش شوری معرفی می‌شود. از لاین‌های پایدار می‌توان در تهیه ارقام هیبرید استفاده کرد. بررسی نشان داده‌اند که ارتباط مستقیم بین خصوصیات والدین و هیبریدهای حاصل وجود دارد.

منابع

1. Albert, M.J.A. 2004. A comparison of statical methods to describegenotype × environment interaction and yield stability in multi-location maizetrials. M.Sc. Thesis, Department of Plant Science, the University of the Free State, Blomfontein, South Africa. 96 pp.
2. Akcura, M., Y. Kaya and S. Taner. 2005. Genotype-environment interaction andphenotypic stability analysis for grain yield of durum wheat in the centralAntaolian region. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 29(5): 369-375.
3. Crossa, J., H.G. Gauch and R.W. Zobel. 1990. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two maize cultivar trials. Crop Science, 30(3): 493-500.
4. Deharo, A., M. Del Rio, J.C. Lopez, M.A. Garcia, M.J. Palomares and J. Fernandes Martines. 1997. Evaluation of the world collection of safflower for oil quality and otherseed characters. Sesame Safflower Newsl, 6: 94-99.
5. Eberhart, S.A. and W.A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science, 6(1): 36-40.
6. Fattahi, F. and A. Yusefi. 2005. Evaluation of yield stability of barley genotypesusing stability parameters and pattern analysis via AMMI model. Iranian Journal of Agricultural Sciences, 37: 317-326.
7. Finlay, K.W. and G.N. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding program. Australian Journal of Agricultural Research, 14(6): 742-754.
8. Francis, T.R. and L.W. Kannenberg. 1978. Yield stability studies in short-season maize. Canadian Journal of Plant Science, 58(4): 1029-1034.
9. Farshadfar, E. 2000. Application of Biometrical Genetics in Plant Breeding. Razi University Press, Kermanshah, Iran. 396 pp. (In Persian).
10. Gauch, H.G. 1992. Statistical Analysis of Regional Yield Trials: AMMI Analysis of Factorial Designs. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier, 278 pp.
11. Guach, H.G. and R.W. Zobel. 1997. Identifying mega environments andtargeting genotypes. Crop Science, 37(2): 311-326.
12. Goncalves, P., N. Bartoletto, R. Martns and G. Gallo. 2003. Genotype-environment interaction and phenotypic stability for girth growth and rubber yield of hevea clones in Sao Paulo state, Brizil. Genetics and MolecularBiology, 26(4): 441-48.
13. Hossain, M.A., L. Rahmand and A.K.M. Shamsuddin. 2003. Genotype environment interaction and stability analysis in soybean. Journal of Biological Sciences, 3(11): 1026-1031.
14. Hatamzadeh, H., A. Khazai and K.H. Alizadeh. 2011. Identification of stable genotypes of rapeseed using some parametric and non-parametric methods under dryland conditions. International Research Journal of Applied and Basic Sciences, 2(1): 73-84.
15. IRRISTAT 4.3 for Windows. 2002. Tutorial Manual, Biometrics Unit. International Rice Research Institute, 182 pp.
16. Kadi, Z., F. Adjel and H. Bouzerzour. 2010. Analysis of genotype environment interaction of barley grain yield (*Hordeum vulgar* L.) under semi arid conditions. Advances in Environmental Biology, 4(1): 34-40.
17. Kaya, Y., M. Akcura and S. Taner. 2006. GGE-Biplot analysis of multi environment yield trials in bread wheat. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 30(6): 325-337.
18. Lin, C. and M.R. Binns. 1991. Genetic properties of four types of stability parameter. Theoretical and Applied Genetics, 82(4): 505-509.
19. Moameni, A., H. Siadat and M.J. Malakouti. 1999. The extent distribution and management of saltaffected soils of Iran. FAO Global Network on Integrated Soil Management for Sustainable Use of Salt affected Soils. Izmir, Turkey.
20. Morsali Aghajari, F., R. Darvishzadeh, H. Hatami Maleki, M. Barin and N. Abbaspour. 2015. Identification of QTLs controlling yield and yield components in sunflower under salinity stress conditions. Iranian Journal of Filed Crop Science, 47(1): 87-98 (In Persian).
21. Nezami, A., H.R. Khazaei, Z. Boroumand Rezazadeh and A. Hosseini. 2008. Effects of drought stress and defoliation on sunflower (*Helianthus annuus* L.) in controlled conditions. Desert, 12(2): 99-104.
22. Narkhede, B.N. and A.M. Patil. 1990. Phenotypic stability in safflower. Journal of Maharashtra Agricultural University, 15(1): 95-96.
23. Plaisted, R.L. and L.C. Peterson. 1959. A technique for evaluating the ability of selection to yield consistently in different locations and seasons. American Potato Journal, 36(11): 381-385.
24. Purchase, J.L., H. Hatting and C.S. Vandeventer. 2000. Genotype×environment interaction of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in South Africa: II. Stability analysis of yield performance. South African Journal of Plant and Soil, 17(3): 101-107.
25. Pinthus, J.M. 1973. Estimate of genotype value: a proposed method. Euphitica, 22(1): 121-123.
26. Rudra, V., B.N. Harish and S.D. Yaragoppa. 2005. Phenotypic stability for safflower advanced breeding lines under rainfed ecosystem of north Karnataka. VIth International SafflowerConference, 26-30 pp.
27. Roemer, T. 1917. Sin die ertragsreichen sorten ertragssicherer. Mitt. DLG, 32: 87-89.
28. Shukla, G.K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. Heredity, 29: 237-245.
29. Schoeman, L.J. 2003. Genotype× environment interaction in sunflower (*Helianthus annuus*) in south Aefrica. M. Sc. Thesis, Department of Agronomy, University of the Free State, Bloemfontein, South Africa. 200 pp.
30. Vashev, B., T. Gaiser, T. Ghawana, A. de Vries and K. Stahr. 2010. Biosafor Project Deliverable 9: Cropping Potentials for Saline Areas in India, Pakistan and Bangladesh. University of Hohenheim, Hohenheim, Germany.
31. Wricke, G. 1962. Uber eine methode zur refassung der okologischen streubretite in feldversuchen. Flazenzuecht, 47: 92-96.
32. Zobel, R.W. and H.G. Gauch. 1988. Statistical analysis of a yield trial. Agronomy Journal, 80(3): 388-393.

Evaluation of Yield Stability of Sunflower Inbred Lines under Salt Stress Conditions

Soheila Ahmadpour[1], Reza Darvishzadeh[2], Omid Sofalian[3] and Hossein Hatamzadeh[4]

1- Ph.D. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2- Professor, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran
3- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, (Corresponding author: o_sofalian@uma.ac.ir)
4- Ph.D. Student, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

Received: November 4, 2017 Accepted: May 30, 2018

Abstract

The genotype by environment interaction is a major challenge in the study of quantitative characters because it complicates the interpretation of genetic experiments and do predictions difficult, also it reduces grain seed yield stability in different environments. In order to determine the yield stability, adaptability and analysis of the genotype × environment interaction of oily sunflower inbred lines under normal and salt stress conditions, 100 genotypes coming from different geographical regions were evaluated using a randomized complete block design with three replications for two successive years (2006 to 2007). In stability analysis using statistics such as environmental variance and coefficient of variation, lines 71 and 33 showed minimum variations compared to other lines. Based on Eberhart and Russell regression method, lines 71, 45, 40 and 25 was the most stable genotypes. AMMI statistics revealed lines with code numbers of 71, 77, 93 and 51 as the most stable genotypes. Biplot technique was used to identify the appropriate genotypes for special environments. Based on this method, lines 71, 61 and 17 showed the lowest interaction and considered as the most stable genotypes. However, line 71 showed highest seed yield compared two other lines. The line with code number of 50 showed special stability and high yield under normal conditions whereas lines 90, 48 showed special stability and high yield under salt stress conditions. In conclusion, based on different stability analysis statistics and AMMI analysis the line 71 are introduced as most stable line under normal and salt stress conditions.

Keywords: Biplot, Genotype by Environment Interaction, Salt Stress, Sunflower