Downloaded from jcb.sanru.ac.ir at 20:17 +0430 on Sunday June 13th 2021

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

تجزیه پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.)

محتشم محمدی[۱]، پیمان شریفی[۲] و رحمت‌الله کریمی‌زاده[۳]

۱ و ۳- دانشیار و مربی، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور (ایستگاه گچساران)
۲- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رشت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، رشت، ایران، (نویسنده مسوول: kadose@yahoo.com)
تاریخ دریافت: ۹۲/۷/۸ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۱/۱

چکیده

کارایی انتخاب بهترین ژنوتیپ‌های گلرنگ می‌تواند با استفاده از ترکیب روش‌های گرافیکی و تجزیه‌های آماری افزایش یابد. آزمایش حاضر به‌منظور تعیین پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گلرنگ با استفاده از دو روش فوق انجام شد. بیست ژنوتیپ گلرنگ در گچساران، چرام، بهبهان و ده‌دشت در سه سال زراعی (۱۳۸۲-۱۳۷۹) با استفاده از طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. تجزیه واریانس ساده برای هر کدام از محیط‌ها به‌طور جداگانه انجام شد که نتایج حاکی از اثر معنی‌دار ژنوتیپ برای عملکرد دانه بود. نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثرات ژنوتیپ، محیط، اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط خطی معنی‌دار بود. با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، هفت آماره پایداری شامل واریانس محیطی، ضریب تغییرات محیطی، اکووالانس ریک، واریانس پایداری شوکلا، ضریب رگرسیون فینلی و ویلکینسون و انحراف معیار انحراف از خط رگرسیون برای تجزیه پایداری مورد محاسبه قرار گرفتند و نتایج نشان داد که ژنوتیپ ۳ (PI250536-2) بیشترین پایداری عملکرد دانه را داشت. مدل امی با چهار مؤلفه اصلی ($AMMI_4$) ۹۸/۷۴ درصد از تغییرات اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را توجیه می‌کرد. بر پایه آماره‌های فوق و بای‌پلات حاصل از تجزیه امی، ژنوتیپ‌های ۳ (PI250536-2)، ۱۰ (Syrian hama 1)، ۱۴ (Saffir) و ۱۶ (PI 251268) به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار و سازگار برای مناطق مورد مطالعه شناسایی شدند.

واژه‌های کلیدی: امی، بای‌پلات، اثرمتقابل ژنوتیپ × محیط

مقدمه

گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) یکی از گیاهانی است که به طور سنتی به دلیل تهیه روغن خوراکی و غذای پرندگان و به‌عنوان چاشنی غذا در مناطقی مانند مصر، چین و هند کاشته می‌شد و امروزه به‌عنوان یک گیاه روغنی و همچنین برای تهیه علوفه استفاده می‌شود (۲۴). به موازات رشد جمعیت و بهبود سطح زندگی در کشورهای در حال توسعه، تقاضا برای روغن‌های گیاهی که در زمره شاخص‌های ارتقاء کیفی وضعیت غذایی است، افزایش یافته است. گلرنگ با توجه به اینکه دارای ۱۳ تا ۴۶٪ روغن می‌باشد و ۹۰٪ از این روغن اسیدهای چرب غیر اشباع هستند، یکی از گیاهان مهم در بین گیاهان روغنی می‌باشد (۱). سطح زیر کشت گلرنگ در جهان در سال ۲۰۱۲ حدود ۸۱۲۱۹۵ هکتار با میانگین عملکرد ۹۶۱ کیلوگرم در هکتار و سطح زیر کشت آن در ایران ۸۰۳ هکتار با میانگین تولید ۷۱۴ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (۴).

انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد در یک محیط معیار مناسبی نمی‌باشد، بنابراین واریته‌ها باید حتی‌الامکان در دامنه وسیع و متنوعی از تغییرات محیطی (مکانها و سالهای مختلف) مورد ارزیابی قرار گیرند تا با اطلاعات حاصل از تخمین میزان سازگاری و ثبات عملکرد آنها، معیار مطمئن‌تری برای توصیه ژنوتیپ‌ها و توسعه کشت آنها در مدت زمان کوتاهتر بدست آید و کارایی گزینش در روند معرفی ژنوتیپ‌ها افزایش یابد (۵). برای تعیین ژنوتیپ‌های پایدار، ژنوتیپی که عملکردی مناسب در واکنش به پتانسیل تولیدی محیط مورد آزمایش نشان می‌دهد، روش‌های متعددی ارائه گردیده‌اند که به‌طورکلی شامل روش‌های تجزیه واریانس، تجزیه رگرسیون، چند متغیره و غیرپارامتری می‌باشد (۹). روش‌های مبتنی بر تجزیه واریانس خود شامل واریانس محیطی (S^2_i)، ضریب تغییرات محیطی (CV_i) (۷)، پلستد و پترسون (θi) (۲۳)، اکووالانس ریک (W^2_i) (۲۷)، واریانس پایداری شوکلا (σ^2_i) (۲۵) و واریانس درون مکانی لین و بینز ($MS_{y/l}$) (۱۵) است. از روش‌های رگرسیونی می‌توان به روش فینلی و ویلکینسون (b_i) (۶)، پرکینز و جینکز (B_i) (۲۰) و روش ابرهارت و راسل (۳) اشاره نمود. بنا به نظر ابرهارت و راسل (۳) ژنوتیپ‌های ایده‌آل و سازگار ژنوتیپ‌های هستند که شیب خط رگرسیون آنها معادل یک، میانگین مربعات انحرافات از رگرسیون آنها کوچک و میانگین عملکرد آنها از میانگین کل آزمایش بیشتر باشد. در همین راستا، لین و همکاران (۱۶) اظهار داشته‌اند که برای مطلوبیت روش رگرسیون، باید ضریب

Downloaded from jcb.sanru.ac.ir at 20:17 +0430 on Sunday June 13th 2021

تبیین بیشتر از ۷۰٪ باشد. های‌وارد و همکاران (۱۰) پیشنهاد کردند که برای سودمند بودن تجزیه پایداری با استفاده از روش رگرسیون، بایستی نسبت مجموع مربعات ژنوتیپ × محیط خطی (یکنواختی ضرائب رگرسیون) به مجموع مربعات ژنوتیپ × محیط حداقل ۵۰٪ باشد. در بین روش‌های چند متغیره پایداری می‌توان به تجزیه به مقادیر ویژه[1]، تجزیه به مولفه‌های اصلی[2]، تجزیه عاملی[3]، تجزیه خوشه‌ای[4]، تجزیه تشخیص[5] تجزیه واکنش ژنوتیپی[6] و روش امی (AMMI)[7] اشاره نمود (۱۰،۲). علاوه بر روش‌های پارامتری فوق، روش‌های غیرپارامتری نظیر رتبه، انحراف معیار رتبه‌ها و گزینش توام برای عملکرد و پایداری نیز برای تعیین پایداری ژنوتیپ‌ها پیشنهاد شده است که در اکثر آنها ژنوتیپ‌ها رتبه‌بندی می‌شوند و ژنوتیپی پایدار محسوب می‌شود که در تمام محیط‌ها رتبه مشابه داشته باشد (۱۳).

مدل امی ترکیبی از تجزیه واریانس و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی است که در آن ابتدا با استفاده از تجزیه واریانس معمولی اثرات اصلی ژنوتیپ‌ها و محیط برآورد می‌شوند (اثرات اصلی جمع‌پذیر) و سپس با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی اثرمتقابل بین ژنوتیپ و محیط (اثرات متقابل ضرب‌پذیر) مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. بخش ضرب‌پذیر در مدل امی، اثر متقابل بین ژنوتیپ و محیط را به یک تا N مولفه اصلی (PCA) تجزیه می‌کند (۸). بای‌پلات حاصل از تجزیه امی، موقعیت ژنوتیپ‌ها را نسبت به محیط‌ها بر اساس مقادیر مؤلفه‌های اصلی نشان می‌دهد. یک ژنوتیپ (یا محیط) با فاصله زیاد از مرکز بای‌پلات، دارای اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بزرگی می‌باشد. زاویه بین بردارهایی که یک ژنوتیپ و یک محیط را به مرکز بای‌پلات متصل می‌کند، نشاندهنده مثبت یا منفی بودن اثر متقابل است (۱۴،۱۲).

مطالعات متعددی در زمینه بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بر روی گلرنگ انجام شده است که نتایج حاکی از معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بر روی عملکرد دانه در گلرنگ بودند. امیدی و همکاران (۱۸) در مطالعه‌ای با استفاده از روش ابرهارت و راسل (۳) در بررسی پایداری ژنوتیپ‌های زمستانه و بهاره گلرنگ نشان دادند که اثر متقابل ژنوتیپ × محیط (خطی) معنی‌دار و برازش مدل رگرسیونی مناسب است.

در مطالعه‌ای دیگر حاتم‌زاده (۹) نشان داد که اثرمتقابل ژنوتیپ در سال خطی، معنی‌دار بوده و لاین ۳۳۸ و ژنوتیپ PI258417 جزء سازگارترین ژنوتیپ‌ها بودند. امیدی و همکاران (۱۹) در مطالعه‌ای دیگر با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل، جهت بررسی دقیق‌تر ژنوتیپ‌ها و تعیین پایداری عملکرد دانه از روش‌های پارامتری استفاده نمودند. در مطالعه‌ای دیگر، شریف مقدسی و امیدی تبریزی (۲۴) بر روی تعدادی از لاین‌های گلرنگ اثر معنی‌دار ژنوتیپ و ژنوتیپ × محیط خطی را نشان دادند، اما انحراف از رگرسیون معنی‌دار نبود. در تحقیقی دیگر، امیدی تبریزی (۱۷) با استفاده از تجزیه رگرسیون به روش ابرهارت و راسل (۳) نشان داد که اثر ژنوتیپ و ژنوتیپ × محیط خطی معنی‌دار و انحراف از رگرسیون غیر معنی‌دار بود و لاین جدید LRV.51.51 را به‌عنوان یک ژنوتیپ پایدار از لحاظ مقدار روغن و عملکرد معرفی نمود. واعظی و همکاران (۲۶) در مطالعه‌ای با استفاده از روش‌های مختلف پایداری، ژنوتیپ‌های Sina، Cyprus Bergon، Syrian، CW-4440 و Leasaf را به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا جهت کاشت در شرایط دیم گچساران و مناطق مشابه توصیه نمودند. هدف از تحقیق حاضر بررسی سازگاری و پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های گلرنگ و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر و پایدار با عملکرد بالا در شرایط دیم می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، تعداد ۲۰ ژنوتیپ گلرنگ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مناطق گچساران، بهبهان، چرام و ده‌دشت بمدت سه سال (۸۲-۱۳۷۹) مورد ارزیابی قرار گرفتند. آزمایش در گچساران در هر سه سال انجام گرفت، اما در سایر مناطق در تمام سال‌ها توأم با موفقیت نبود و لذا آزمایش در قالب ۶ محیط شامل گچساران (در سه سال)، بهبهان (۸۰-۱۳۷۹)، چرام (۸۰-۱۳۷۹) و ده‌دشت (۸۱-۱۳۸۰) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نام و منشأ هر کدام از ژنوتیپ‌ها مورد مطالعه و همچنین مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های جغرافیایی به ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است. همچنین در جدول ۳ اطلاعات دما و میزان بارندگی هر منطقه در دوره کشت ارائه شده است.

در تمام محیط‌ها، هر ژنوتیپ در پنج ردیف بطول پنج متر با فاصله ۳۰ سانتی‌متر و فاصله ۱۰ سانتی‌متری بذور روی ردیف‌ها کشت شد. کود ازته و فسفاته مورد نیاز بر اساس نتایج تجزیه خاک محاسبه و قبل از کاشت با خاک مخلوط شدند و تمام عملیات زراعی مطابق معمول انجام شد.

کاشت در منطقه گچساران در سال‌های اول، دوم و سوم به ترتیب در تاریخ‌های ۱۱ آذر، ۸ دی و ۵ دی انجام پذیرفت. ژنوتیپ‌های گلرنگ در مناطق چرام، ده‌دشت و بهبهان به ترتیب در تاریخ‌های ۵ آذر، ۱۰ آذر و ۸ آذر کاشته شدند. در اواخر خرداد و اوایل تیر با

1- Singular value decomposition
2- Principal components analysis
3- Factor analysis
4- Cluster analysis
5- Discriminant analysis
6- Pattern analysis
7- Additive main effect and multiplicative interaction

Downloaded from jcb.sanru.ac.ir at 20:17 +0430 on Sunday June 13th 2021

توجه بـه تـاریخ‌هـای کاشـت مختلـف در هـر محـیط و رسیدگی دانه‌ها برداشت انجـام شـد و عملکـرد دانـه در واحد سطح اندازه‌گیری شد. داده‌های مربوط به عملکـرد دانه در محیط‌های مختلف ابتدا به‌صورت جداگانه تجزیه واریانس شد و مقایسه میـانگین‌هـا بـا اسـتفاده از روش LSD انجام شد. برای تعیین پایداری ژنوتیپ‌هـای مـورد بررسی در این تحقیق از پارامترهای تک‌متغیره واریـانس محیطـی (S^2_i)، ضـریب تغییـرات محیطـی (CV_i) (۷)، اکووالانس ریک (W^2_i) (۲۷)، واریـانس پایـداری شـوکلا (σ^2_i) (۲۵)، ضریب رگرسیون فینلـی و ویلکینسـون (b_i) (۶)، میانگین مربعات انحـراف از خـط رگرسـیون (S^2d_i) (۳) و انحـراف معیـار انحـراف از خـط رگرسـیون (Sd_i) استفاده شد. علاوه بـر پارامترهـای تـک متغیـره فـوق و روش چند متغیره‌امی از روش گرافیکـی بـای‌پـلات نیـز برای تعیین ژنوتیپ‌های پایدار استفاده شد. برای تجزیـه واریانس، مقایسه میانگین‌هـا و تجزیـه مرکـب داده‌هـا از نـــرم‌افـــزار SAS و بـــرای تجزیـــه پایـــداری از نرم‌افزارهـای Irristat و PBSTAT اسـتفاده شـد. آزمون بارتلت برای بررسـی همگنی واریانس خطاهای آزمایشی انجام شد و فرض صـفر مبنـی بـر عـدم وجـود اخـتلاف معنـی‌دار بـین واریـانس خطاها در آزمایش‌های جداگانه مورد بررسی قرار گرفت (۱۵).

جدول ۱- نام و منشأ ۲۰ ژنوتیپ گلرنگ

شماره ژنوتیپ	نام ژنوتیپ	منشأ
۱	Syrian	سوریه
۲	PI 250536-1	مصر
۳	PI 250536-2	مصر
۴	PI 251982	ترکیه
۵	PI 251984	ترکیه
۶	PI 301055-1	ترکیه
۷	PI 301055-2	ترکیه
۸	Syrian 1	سوریه
۹	PI 537598	آمریکا
۱۰	Syrian hama 1	سوریه
۱۱	Syrian hama 2	سوریه
۱۲	Dinger 118	ترکیه
۱۳	Kino 76	امریکا
۱۴	Saffir	کانادا
۱۵	PI 250538	مصر
۱۶	PI 251268	اردن
۱۷	PI 537631	آمریکا
۱۸	Syrian II	سوریه
۱۹	محلی اصفهان	ایران
۲۰	اراک ۲۸۱۱	ایران

جدول ۲- مشخصات جغرافیایی محل انجام آزمایش‌ها

مکان	ارتفاع از سطح دریا (متر)	طول جغرافیائی	عرض جغرافیایی	درصد مواد آلی	بافت خاک
گچساران	۷۳۰	۳۰°:۲۱´ شمالی	۴۷°:۱۷´ شرقی	۱-۱/۵	Silty clay loam
چرام	۷۳۵	۳۰°:۴۵´ شمالی	۵۰°:۴۴´ شرقی	>۱/۵	Clay loam
بهبهان	۳۲۸	۳۰°:۳۵´ شمالی	۵۰°:۱۴´ شرقی	<۱	Clay loam
ده‌دشت	۸۱۴	۳۰°:۴۷´ شمالی	۵۰°:۳۳´ شرقی	۱-۱/۵	Silty clay loam

جدول ۳- اطلاعات دما و میزان بارندگی هر منطقه در دوره کشت

منطقه	سال		آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	جمع بارندگی
گچساران	۸۰-۱۳۷۹	بارندگی (mm)	۸۷/۷	۵۱/۲	۱۹/۰	۹/۰	۱۵/۱	۰/۰	۰/۰	۱۷۹
		متوسط دما (C°)	۹/۰	۵/۹	۳/۹	۵/۵	۱۰/۶	۱۵/۹	۲۰/۲	
گچساران	۸۱-۱۳۸۰	بارندگی (mm)	-	۱۲۵/۱	۴۹/۸	۴۲/۹	۶۷/۸	۰/۰	۰/۰	۲۸۵/۶
		متوسط دما (C°)	۱۰/۲	۷/۰	۳/۹	۶/۱	۱۰/۹	۱۳/۵	۱۵/۹	
گچساران	۸۲-۱۳۸۱	بارندگی (mm)	-	۶۶/۹	۹۱/۰	۴۷/۴	۲۶/۸	۳۹/۹	۰/۰	۲۷۲
		متوسط دما (C°)	۱۰/۱	۵/۱	۳/۲	۵/۷	۸/۶	۱۴/۵	۱۷/۹	
چرام	۸۰-۱۳۷۹	بارندگی (mm)	۸۴/۴	۷۲/۶	۳۸/۳	۳۱/۱	۳۹/۹	۲/۹	۰/۰	۲۵۹/۲
		متوسط دما (C°)	۶/۹	۴/۸	۳/۱	۴/۲	۸/۱	۱۳/۱	۱۸/۴	
بهبهان	۸۰-۱۳۷۹	بارندگی (mm)	۶۶/۳	۴۳/۷	۱۷/۷	۸/۹	۱۳/۱	۰/۰	۰/۰	۱۴۹/۷
		متوسط دما (C°)	۱۱/۰	۷/۱	۶/۲	۸/۴	۱۳/۱	۱۹/۴	۲۶/۱	
ده‌دشت	۸۱-۱۳۸۰	بارندگی (mm)	۹۱/۱	۴۹/۸	۶۱/۲	۳۲/۳	۴۸/۷	۰/۰	۰/۰	۲۸۳/۱
		متوسط دما (C°)	۷/۹	۵/۵	۳/۴	۴/۵	۱۰/۸	۱۴/۲	۲۰/۲	

Downloaded from jcb.sanru.ac.ir at 20:17 +0430 on Sunday June 13th 2021

نتایج و بحث

تجزیه واریانس ساده برای هر کدام از محیط‌ها به طور جداگانه انجام شد که نتایج حاکی از اثر معنی‌دار ژنوتیپ بود که نشان می‌داد بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر عملکرد دانه در تمامی محیط‌ها تفاوت معنی‌دار وجود داشت. اثر تکرار فقط در سال زراعی ۸۰-۱۳۷۹ در دو منطقه گچساران و چرام معنی‌دار بود (جدول ۴). ضریب تغییرات آزمایش از ۷/۳۱ (محیط ۱) تا ۱۸/۲۶ (محیط ۶) متغیر بود که بیانگر دقت آزمایش بود.

جدول ۴- تجزیه واریانس ساده عملکرد ژنوتیپ‌های گلرنگ در شش محیط

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		گچساران (۱) ۸۰-۱۳۷۹	گچساران (۲) ۸۱-۱۳۸۰	گچساران (۳) ۸۲-۱۳۸۱	چرام (۴) ۸۰-۱۳۷۹	بهبهان (۵) ۸۰-۱۳۷۹	ده‌دشت (۶) ۸۱-۱۳۸۰
تکرار	۲	۲۸۹۱۳/۱۵**	۳۹۵۱۶/۱۲	۲۰۲۳۵/۸۲	۱۷۳۷۴۰/۰۲*	۱۴۰۰/۵۵	۱۳۴۹۵/۲۲
ژنوتیپ	۱۹	۱۴۳۷۴۱/۶۴**	۲۸۸۷۶۴/۲۹**	۶۸۹۹۱/۳۹**	۱۴۶۰۱۶/۷۵**	۸۵۰۰۹/۶۶**	۱۷۰۵۰۸/۵۸**
خطای آزمایشی	۳۸	۳۹۲۶/۵۷	۶۳۰۴۳/۱۶	۷۰۳۳/۱۹	۵۱۰۷۲/۶	۸۲۵۸/۶۶	۴۵۲۷۸/۵۷
ضریب تغییرات		۷/۳۱	۱۵/۱۱	۹/۷۹	۱۰/۴۴	۱۴/۵۹	۱۸/۲۶

* و**: به ترتیب معنی‌د ار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که ژنوتیپ ۱۹ (ژنوتیپ محلی اصفهان) کمترین عملکرد را در ۵ محیط آزمایشی دارا بود. البته در منطقه چرام کمترین عملکرد بدون اختلاف معنی‌دار با ژنوتیپ محلی اصفهان، متعلق به ژنوتیپ ۱۷ بود (جدول ۵).

جدول ۵- مقایسه میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های گلرنگ در شش محیط (کیلوگرم در هکتار)

شماره ژنوتیپ	محیط						میانگین
	گچساران (۱) ۸۰-۱۳۷۹	گچساران (۲) ۸۱-۱۳۸۰	گچساران (۳) ۸۲-۱۳۸۱	چرام (۴) ۸۰-۱۳۷۹	بهبهان (۵) ۸۰-۱۳۷۹	ده‌دشت (۶) ۸۱-۱۳۸۰	
۱	۷۹۲	۱۸۲۷/۵۴	۸۵۵/۷۷	۲۳۱۰	۵۶۴	۱۱۷۸/۲۷	۱۲۵۴/۶۰
۲	۸۴۴	۱۸۲۰/۸۸	۸۶۲/۹۹	۲۵۳۵/۳۳	۵۶۱	۱۱۵۹/۵۱	۱۲۹۷/۲۸
۳	۱۰۷۷	۱۳۸۱/۸۸	۸۸۱/۸۷	۲۱۳۰	۷۷۶	۱۱۱۱/۱۱	۱۲۲۶/۳۱
۴	۸۱۷	۱۶۷۷/۸۰	۹۴۷/۴۰	۱۹۳۰	۶۹۴	۱۲۹۰/۸۶	۱۲۲۶/۱۸
۵	۵۹۳	۱۷۳۱/۵۷	۸۲۸/۵۶	۲۱۱۰	۴۹۸	۱۱۹۳/۰۹	۱۱۵۹/۰۳
۶	۷۸۶	۱۷۳۱/۷۹	۹۳۶/۸۵	۲۰۶۳	۵۹۷	۱۱۹۵/۰۶	۱۲۱۸/۶۲
۷	۹۵۳	۱۶۳۸/۷۰	۹۷۰/۱۷	۲۲۰۹	۸۵۷	۹۵۱/۱۱	۱۲۶۳/۱۶
۸	۱۰۳۴	۱۴۷۳/۴۱	۸۴۱/۸۹	۲۴۹۴	۸۱۵	۱۳۶۳/۹۵	۱۳۳۷/۰۴
۹	۸۰۴	۱۶۰۶/۲۷	۸۹۷/۹۷	۱۹۸۵	۶۳۷	۱۵۷۱/۳۶	۱۲۵۰/۲۷
۱۰	۱۰۰۹	۱۸۴۶/۲۱	۱۰۹۱/۷۹	۲۲۷۱	۷۵۵	۱۳۰۸/۶۴	۱۳۸۰/۲۷
۱۱	۸۴۰	۲۰۱۴/۶۱	۸۱۱/۹	۲۳۴۳	۴۳۳	۱۲۵۵/۳۱	۱۲۸۲/۹۷
۱۲	۷۰۶	۱۸۸۰/۸۶	۷۱۹/۱۶	۱۹۸۴	۵۰۶	۱۱۸۰/۲۵	۱۱۶۲/۷۱
۱۳	۱۰۶۳	۱۹۸۳/۹۵	۱۱۰۲/۸۹	۲۴۳۹	۸۰۳	۱۵۴۴/۶۹	۱۴۸۹/۴۲
۱۴	۱۰۲۴	۱۹۱۸/۱۹	۱۰۱۰/۷۱	۲۲۰۲	۸۲۹	۱۲۷۰/۱۲	۱۳۷۵/۶۷
۱۵	۱۳۰۲	۲۰۱۰/۶۱	۷۶۹/۶۹	۲۴۵۲	۵۲۳	۱۱۸۱/۲۳	۱۳۷۳/۰۹
۱۶	۸۶۸	۱۲۳۵/۶۹	۸۱۱/۶۹	۲۰۳۴	۷۲۰	۹۲۲/۴۷	۱۰۹۸/۶۸
۱۷	۷۳۱	۱۶۷۷/۸۰	۷۳۹/۷	۱۷۹۸	۴۸۶	۱۱۳۵/۸	۱۰۹۴/۷۲
۱۸	۱۰۲۳	۱۶۴۰/۹۲	۹۵۳/۵۱	۲۱۸۶	۷۷۳	۱۲۱۷/۷۸	۱۲۹۹/۰۳
۱۹	۳۴۵	۷۰۳/۳۸	۴۴۵/۳۸	۱۷۹۹	۲۸۳	۶۰۳/۴۶	۶۹۶/۳۷
۲۰	۵۱۴	۱۴۳۸/۶۲	۶۴۸/۶۳	۱۹۸۴	۳۴۷	۶۶۸/۶۴	۹۳۳/۴۸
میانگین	۸۵۶/۲۵	۱۶۶۲/۱۳	۸۵۶/۴۴	۲۱۶۲/۸۷	۶۲۲/۸۵	۱۱۶۵/۱۳	۱۲۲۰/۹۴
LSD 0.05	۱۰۳/۵۸	۴۱۵/۰۲	۱۳۸/۶۲	۳۷۳/۵۵	۱۵۰/۲۱	۳۵۱/۷۲	

LSD 0.05: حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪.

Downloaded from jcb.sanru.ac.ir at 20:17 +0430 on Sunday June 13th 2021

همچنین ژنوتیپ ۱۵ در محیط ۱، ژنوتیپ ۱۱ در محیط ۲، ژنوتیپ ۱۳ در محیط ۳، ژنوتیپ ۲ در محیط ۴، ژنوتیپ ۷ در محیط ۵ و ژنوتیپ ۹ در محیط ۶ بیشترین عملکرد را در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه داشتند. بیشترین و کمترین میزان میانگین عملکرد دانه برای تمام ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مورد بررسی به ترتیب مربوط به محیط چهارم (چرام، ۸۰-۱۳۷۹) و پنجم (بهبهان، ۸۰-۱۳۷۹) بود. تفاوت عملکرد ژنوتیپ‌ها در مناطق و سال‌های متفاوت نشان داد که ارزیابی عملکرد ژنوتیپ‌ها در یک منطقه و یا یک سال نمی‌تواند قابل توصیه باشد و بایستی ژنوتیپ‌ها در طی چند سال و مکان مورد ارزیابی قرار گیرد و میزان سازگاری و پایداری آنها مشخص شود (۱۶). میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط چهارم (چرام، ۸۰-۱۳۷۹) بیشتر از سایر محیط‌ها بود که نشان‌دهنده شرایط آب و هوایی مناسب‌تر این منطقه برای کشت گلرنگ بود.

همانطورکه از جدول ۵ بر می‌آید میزان عملکرد در سال زراعی ۸۱-۱۳۸۰ در مقایسه با دو سال دیگر در منطقه چرام بیشتر بوده است، که یکی از دلایل آن می‌تواند افزایش میزان بارش در این سال زراعی در مقایسه با دو سال دیگر باشد (جدول ۳). همچنین یکی از دلایل میزان کمتر محصول در سال زراعی ۸۲-۱۳۸۱ در مقایسه با سال زراعی ۸۱-۱۳۸۰ در این منطقه می‌تواند تنش رطوبتی اوایل اردیبهشت ماه و مصادف با زمان آغاز گل‌دهی باشد که موانعی محدودکننده در تحقق پتانسیل عملکرد ژنوتیپ‌ها هستند. در همین راستا عملکرد بالا در منطقه چرام در سال ۸۰-۱۳۷۹ نیز می‌تواند ناشی از شرایط جوی مناسب این منطقه در مقایسه با سایر مناطق باشد.

آزمون بارتلت برای بررسی همگنی واریانس خطاهای آزمایشی در محیط‌های مختلف انجام شد و نتایج حاکی از عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین واریانس خطاها در آزمایش‌های جداگانه بود ($\chi2$=۴/۹۶)، لذا با توجه به یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی، تجزیه واریانس مرکب برای عملکرد دانه با فرض تصادفی بودن سال‌ها و مکان‌ها و ثابت بودن ژنوتیپ‌ها انجام شد. نتایج تجزیه مرکب داده‌ها حاکی از معنی‌دار بودن اثر محیط، ژنوتیپ و اثرمتقابل ژنوتیپ × محیط برای عملکرد دانه بود (جدول ۶). معنی‌دار بودن اثر ساده محیط، نشان می‌دهد که عوامل جوی (میزان بارندگی، طول روز، حداقل و حداکثر دمای هوا و خاک) و همچنین عوامل جغرافیایی (خصوصیات فیزیکی و شیمیای خاک، طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا) سبب اختلاف در میزان عملکرد ژنونیپ‌های مورد مطالعه شده است. در تطابق با نتیجه حاضر، امیدی و همکاران (۱۸،۱۹)، واعظی و همکاران (۲۶) و پورداد و محمدی (۲۳) نیز اثرات معنی‌دار محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را بر عملکرد دانه در گلرنگ گزارش نمودند. معنی‌دار بودن اثرمتقابل ژنوتیپ × محیط نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌ها در واکنش به محیط‌ها دارای نوساناتی بودند. تجزیه مرکب داده‌ها فقط اطلاعاتی در مورد وجود و یا عدم وجود اثر متقابل ژنوتیپ × محیط ارائه می‌دهد و لذا تجزیه پایداری برای شناسایی ژنوتیپ‌های پایدارتر سودمند خواهد بود. در چنین شرایطی انتخاب بر اساس عملکرد برای این ژنوتیپ‌ها کافی نیست و برای حصول عملکرد مطلوب دانه نیاز به ژنوتیپ‌هایی است که سازگاری خوبی با شرایط محیطی مورد آزمایش داشته باشند. برای تشخیص ژنوتیپی که در تمام مناطق عملکرد قابل قبولی داشته و سازگاری وسیعی را با محیط‌های مختلف دارا باشد، بایستی اقدام به بررسی سازگاری ژنوتیپ‌ها و پایداری عملکرد آنها در محیط‌های مختلف نمود. از این رو، تجزیه پایداری ژنوتیپ‌ها با استفاده از آماره‌های موردنظر انجام پذیرفت. از طرف دیگر، با توجه به وجود اثر متقابل معنی‌دار بین ژنوتیپ و محیط در هنگام انتخاب بهترین ژنوتیپ، باید سعی شود، ژنوتیپی انتخاب شود که با وجود تولید محصول زیاد، نوسان عملکرد کمتری داشته باشد و به عبارتی دیگر از پایداری عملکرد بیشتری برخوردار باشد (۵).

جدول ۶- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گلرنگ در شش محیط

منابع تغییرات	درجه آزادی	
محیط	۵	۲۰۵۰۳۱۸۶/۱۶**
خطای اول (تکرار (محیط))	۱۲	۴۶۲۱۶/۸۱
ژنوتیپ	۱۹	۵۴۳۴۱۵/۳۰**
ژنوتیپ × محیط	۹۵	۷۱۹۲۳/۴۱**
خطای آزمایشی	۲۲۸	۲۹۷۶۸/۷۹
ضریب تغییرات		۱۴/۱۳

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

Downloaded from jcb.sanru.ac.ir at 20:17 +0430 on Sunday June 13th 2021

تجزیه پایداری برای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بر اساس روش ابرهارت و راسل (۳) انجام گرفت و نتایج نشان داد که میانگین مربعات ژنوتیپ‌ها برای عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۷). از دیگر نتایج این تجزیه، معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط خطی بود که بیانگر عکس‌العمل متفاوت ژنوتیپ‌ها در پاسخ به شرایط محیطی است، یا به عبارت دیگر شیب خط رگرسیون ژنوتیپ‌ها متفاوت است. متوسط مربعات انحرافات یا انحراف از رگرسیون میانگین ژنوتیپ‌ها بر روی شاخص محیطی، سهم هر ژنوتیپ و محیط را توضیح می‌دهد. بر اساس این پارامتر (Sd_i^2)، اگر ژنوتیپی دارای انحراف از خط رگرسیون صفر یا حداقل باشد، آن ژنوتیپ پایدار است. بر این اساس ژنوتیپ‌های ۸، ۹، ۱۲ و ۱۵ دارای واریانس انحراف از خط رگرسیون معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ بودند. یعنی تغییرات عملکرد این ژنوتیپ‌ها در طول تغییرات خطی با شاخص محیطی دارای نوساناتی بوده است. سایر ژنوتیپ‌ها انحراف از رگرسیون غیرمعنی‌دار داشتند. بر طبق نظر ابرهارت و راسل (۳) ژنوتیپی پایدار است که میانگین مربعات انحراف از رگرسیون آن کوچک باشد، بنابراین با توجه به این معیار، ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۱۸، ۱۰، ۲، ۱۳، ۱۴ و ۶ به ترتیب کمترین مقدار میانگین مربعات انحراف از رگرسیون را به خود اختصاص داده و پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند.

جدول ۷- تجزیه رگرسیون اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گلرنگ در شش محیط

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
محیط	۵	۶۸۸۲۷۵**
ژنوتیپ	۱۹	۱۸۱۱۲۵**
ژنوتیپ × محیط	۹۵	۲۳۹۷۱/۶**
ژنوتیپ × محیط خطی	۱۹	۳۶۳۰۰/۸*
انحراف از رگرسیون	۸۰	۱۹۸۶۳/۵۱
خطا	۲۲۸	۹۹۲۲/۹۳

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

معیارهای پایداری عملکرد با استفاده از روش‌های مختلف تعیین شد (جدول ۸). پارامترهای پایداری واریانس و ضریب تغییرات محیطی نشان دادند که ژنوتیپ ۳ با داشتن کمترین مقدار واریانس و ضریب تغییرات محیطی، بیشترین پایداری عملکرد دانه را داشت. از نظر واریانس محیطی و ضریب تغییرات محیطی به ترتیب ژنوتیپ‌های ۱۶ و ۱۴ بعد از ژنوتیپ ۳ در رتبه‌های دوم و سوم قرار داشتند. بر اساس روش رگرسیون میانگین عملکرد دانه نسبت به شاخص محیطی، ژنوتیپ ۲۰ با ضریب رگرسیون بیشتر از یک (b_i=۱/۰۷) و میانگین عملکرد ($\bar{g}$ =۹۳۳/۴۸) کمتر از میانگین کل ژنوتیپ‌ها ($\bar{X}$ =۱۲۲۰/۹۵)، ژنوتیپ دارای پایداری کمتر از متوسط و سازگاری خصوصی به محیط‌های نامساعد تشخیص داده شد. ژنوتیپ ۳، دارای ضریب رگرسیون کمتر از یک (b_i=۰/۸۱) و میانگین عملکرد ($\bar{g}$ =۱۲۲۶/۳۱) بیشتر از میانگین کل ژنوتیپ‌ها ($\bar{X}$ =۱۲۲۰/۹۵) بود، بنابراین پایداری آن بیشتر از متوسط بود، ولی به محیط‌های مساعد واکنش ضعیف نشان می‌داد. از نظر شاخص ضریب تشخیص (R^2) نیز به استثنای ژنوتیپ‌های ۹ و ۱۹ بقیه ژنوتیپ‌ها تقریباً R^2 بسیار بالایی داشته و می‌توانند، به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار تلقی شوند. البته با توجه به اینکه در تحقیق حاضر ضریب تبیین اکثر ژنوتیپ‌ها نزدیک به هم شده است، این معیار نمی‌تواند ژنوتیپ‌های پایدار را به خوبی از هم تمیز دهد. با استفاده از سه عامل دارا بودن عملکرد بیشتر از میانگین کل، ضریب رگرسیون معادل یک و کمترین واریانس انحراف از خط رگرسیون، ژنوتیپ ۱۰ با میانگین عملکرد بالاتر از میانگین کل ($\bar{g}$ =۱۳۸۰/۲۷)، ضریب رگرسیون نزدیک به یک (b_i=۰/۹۷) و واریانس انحراف از خط رگرسیون (S_i^2 =۲۲۲۸/۹۳) از ژنوتیپ‌های پر محصول با عملکرد پایدار بود. بر اساس روش‌های واریانس شوکلا و اکووالانس ریک، ژنوتیپ ۱۰ که کمترین مقدار این دو پارامتر را دارا بود و همچنین از عملکرد بالایی نیز برخوردار بود به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ شناسایی شد. ژنوتیپ ۱۵ با دارا بودن بیشترین میزان دو پارامتر فوق، دارای کمترین پایداری بود.

تحقیقات مشابهی در مورد بررسی سازگاری و پایداری عملکرد دانه با استفاده از روش‌های مختلف پایداری تک‌متغیره در گلرنگ انجام پذیرفته است. در این راستا، در مطالعه‌ای حاتم‌زاده (۹) لاین ۳۳۸ و ژنوتیپ PI258417 را با توجه به دارا بودن شیب خط کمتر از یک و متوسط عملکرد بیشتر از متوسط کل و همچنین کمترین واریانس انحراف از خط رگرسیون، جزء سازگارترین ژنوتیپ‌ها معرفی نمودند. امیدی و همکاران (۱۹) در مطالعه‌ای با استفاده از روش ابرهارت

Downloaded from jcb.sanru.ac.ir at 20:17 +0430 on Sunday June 13th 2021

و راسل (۳)، لاین جدید K.W.2 را ژنوتیپی با پایداری عمومی خوب در تمام محیط‌ها و عملکردی بالا به‌عنوان ژنوتیپ مطلوب انتخاب نمودند. شریف مقدسی و امیدی تبریزی (۲۴) در مطالعه‌ای روی تعدادی از لاین‌های گلرنگ اثر معنی‌دار ژنوتیپ و ژنوتیپ × محیط خطی را نشان دادند و لاین LRV.51.51 را به‌عنوان یک ژنوتیپ پایدار نشان دادند. در تحقیقی دیگر، امیدی تبریزی (۱۷) لاین جدید LRV.51.51 را به‌عنوان یک ژنوتیپ پایدار از لحاظ مقدار روغن و عملکرد معرفی نمودند. واعظی و همکاران (۲۶) در مطالعه‌ای با استفاده از روش‌های مختلف پایداری، ژنوتیپ‌های Sina، yprus، Bergon، Syrian، CW-4440 و Leasaf را به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا جهت کاشت در شرایط دیم گچساران و مناطق مشابه توصیه نمودند.

جدول ۸- پارامترهای پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های گلرنگ در شش محیط

شماره ژنوتیپ	میانگین	واریانس محیطی (S_i)	ضریب تغییرات محیطی (CV)	اکووالانس ریک (W_i^2)	واریانس پایداری شوکلا (σ_i^2)	ضریب رگرسیون (b_i)	ضریب تبیین (R^2)	واریانس انحراف از خط رگرسیون (Sd_i^2)
۱	۱۲۵۴/۶۰	۴۵۹۵۹۰/۵	۵۴/۰۴	۴۹۹۷۸/۴۶	۹۷۷۴/۶۵	۱/۱۶	۰/۹۹	۱۸۷۳/۰۹
۲	۱۲۹۷/۲۸	۵۵۲۴۱۸/۷	۵۷/۲۹	۱۳۳۰۱۴	۲۸۲۲۶/۹۰	۱/۲۷	۰/۹۹	۲۲۸۲/۷۲
۳	۱۲۲۶/۳۱	۲۳۹۵۶۷/۹	۳۹/۹۱	۱۵۵۲۰۰	۳۳۱۵۷/۱۳	۰/۸۱	۰/۹۲	۲۲۵۹۳/۵۹
۴	۱۲۲۶/۱۸	۲۴۶۳۷۴/۵	۴۰/۴۸	۸۴۹۹۴/۹۳	۱۷۵۵۶	۰/۸۴	۰/۹۷	۹۷۲۲/۹۸
۵	۱۱۵۹/۰۳	۴۱۹۹۷۳	۵۵/۹۱	۷۱۰۶۶/۶۱	۱۴۴۶۰/۸۲	۱/۰۹	۰/۹۷	۱۴۰۳۴/۲۴
۶	۱۲۱۸/۶۲	۳۲۶۳۷۹/۷	۴۶/۸۸	۲۸۰۴۰/۹	۴۸۹۹/۵۵	۰/۹۷	۰/۹۸	۶۶۲۶/۹۳
۷	۱۲۶۳/۱۶	۲۹۶۰۰۵/۹	۴۳/۰۷	۱۱۴۹۰۷/۸	۲۴۲۰۳/۳۱	۰/۹	۰/۹۳	۲۴۴۳۰/۱۹
۸	۱۳۳۷/۰۴	۳۹۳۴۸۲/۹	۴۶/۹۲	۱۷۲۶۵۱	۳۷۰۳۵/۱۳	۱/۰۳	۰/۹۱	۴۲۹۱۲/۱**
۹	۱۲۵۰/۲۷	۲۹۳۸۰۵/۳	۴۳/۳۵	۱۹۹۲۷۸/۶	۴۲۹۵۲/۳۷	۰/۸۷	۰/۸۸	۴۲۷۹۰**
۱۰	۱۳۸۰/۲۷	۳۲۵۵۳۰/۷	۴۱/۳۴	۱۰۰۴۴/۳۹	۹۰۰/۳۳	۰/۹۷	۰/۹۹	۲۲۲۸/۹۳
۱۱	۱۲۸۲/۹۷	۵۶۰۰۶۰/۶	۵۸/۳۳	۱۸۰۰۲۸/۶	۳۸۶۷۴/۵۹	۱/۲۷	۰/۹۷	۱۴۶۲۴/۹۵
۱۲	۱۱۶۲/۷۱	۴۰۵۴۳۲	۵۴/۷۶	۱۱۴۷۹۵/۵	۲۴۱۷۸/۳۶	۱/۰۶	۰/۹۵	۲۷۱۹۷*
۱۳	۱۴۸۹/۴۲	۳۹۰۳۴۵/۱	۴۱/۹۵	۲۷۳۴۰/۲۴	۴۷۴۳/۸۵	۱/۰۶	۰/۹۹	۵۱۵۴/۸۲
۱۴	۱۳۷۵/۶۷	۳۰۸۸۰۰/۹	۴۰/۳۹	۲۸۹۱۸/۱۲	۵۰۴۹/۴۹	۰/۹۴	۰/۹۹	۵۸۷۹/۶۱
۱۵	۱۳۷۳/۰۹	۵۳۹۸۱۶/۳	۵۳/۵۱	۲۸۲۵۹۴/۲	۶۱۴۶۶/۹۶	۱/۲۱	۰/۹۲	۵۲۳۴۰**
۱۶	۱۰۹۸/۶۸	۲۴۰۷۰۰/۴	۴۴/۶۵	۱۷۹۲۰۴/۶	۳۸۴۹۱/۴۸	۰/۸	۰/۹۱	۲۷۶۸۷
۱۷	۱۰۹۴/۷۲	۲۹۳۰۲۸/۹	۴۹/۴۵	۸۶۶۷۹/۱۷	۱۷۹۳۰/۲۸	۰/۹	۰/۹۵	۱۷۶۹۸/۰
۱۸	۱۲۹۹/۰۳	۲۷۶۴۹۹	۴۰/۴۸	۲۶۹۴۱/۲۴	۴۶۵۵/۱۸	۰/۹	۰/۹۹	۲۱۹۴/۵۷
۱۹	۶۹۶/۳۷	۳۱۵۹۲۰/۷	۷۱/۸۰	۲۶۲۵۷۶/۲	۵۷۰۱۸/۵	۰/۸۹	۰/۸۴	۶۰۰۴۶/۷۳**
۲۰	۹۳۳/۴۸	۴۰۵۹۹۱/۹	۶۸/۲۶	۶۹۰۵۵/۰۲	۱۴۰۱۳/۸	۱/۰۷	۰/۹۷	۱۴۹۵۰/۵۲
حداکثر	۱۴۸۹/۴۲	۵۶۰۰۶۰/۶	۸۰/۷۱	۲۸۲۵۹۴/۲	۶۱۴۶۶/۹۶	۱/۲۷	۰/۸۴	۱۸۷۳/۰۹
حداقل	۶۹۶/۳۷	۲۳۹۵۷۶/۹	۳۹/۹۱	۱۰۰۴۴/۳۹	۹۰۰/۳۳	۰/۸	۰/۹۹	۶۰۰۴۶/۷۳

در ادامه برای مطالعه ماهیت اثر متقابل ژنوتیپ × محیط از روش امی استفاده شد که نتایج حاکی از معنی‌دار بودن مؤلفه‌های اثر متقابل اول تا چهارم برای عملکرد دانه بود (جدول ۹). مولفه‌های اثر متقابل اول تا چهارم به ترتیب ۴۸، ۲۷، ۱۳ و ۱۱ درصد از تغییرات اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را در عملکرد دانه به خود اختصاص دادند. مؤلفه اصلی باقیمانده، تنها ۱ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل را توجیه نمود. بنابراین مدل امی با چهار مؤلفه اصلی ($AMMI_4$) که ۹۹ درصد از تغییرات اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را توجیه می‌نمود، در نظر گرفته شد.

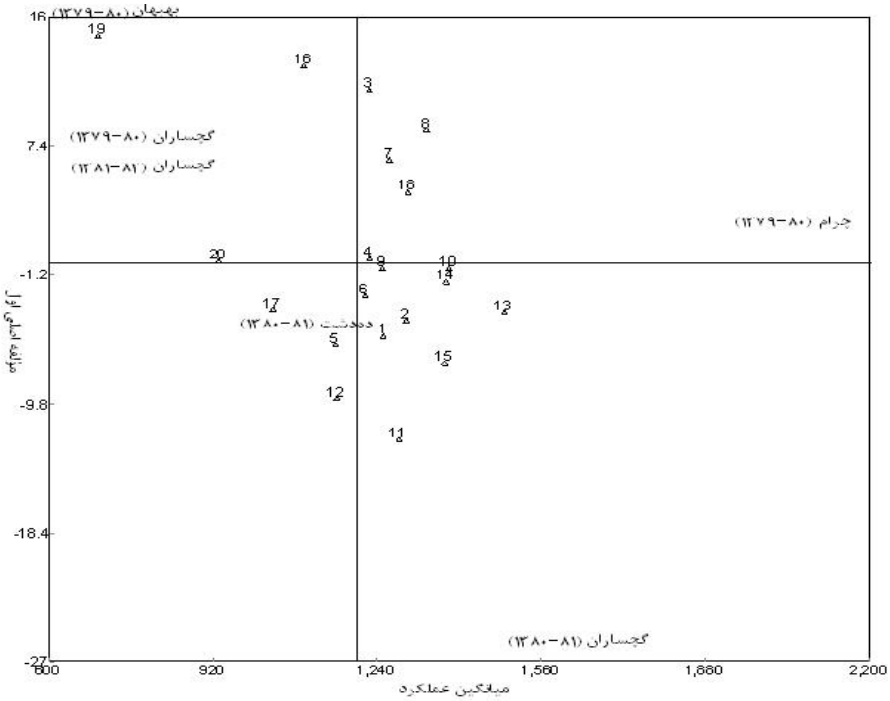
در بای‌پلات محور افقی نمایانگر اثرات اصلی جمع‌پذیر (یا میانگین عملکرد دانه) و محور عمودی اثرات متقابل ضرب‌پذیر (یا مقادیر اولین مؤلفه اصلی، $IPCA_1$) یعنی ضرایب عاملی برای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها به طور جداگانه می‌باشند (۲۹). در این پای‌پلات جفت داده‌های مربوط به میانگین عملکرد هر ژنوتیپ (محور افقی) و مقادیر اولین مؤلفه اصلی هر ژنوتیپ (محور عمودی) و همچنین میانگین عملکرد هر محیط (محور افقی) و مقادیر اولین مؤلفه اصلی هر محیط (محور عمودی) نشان داده شده است (شکل ۱). بر اساس این بای‌پلات، ژنوتیپ‌هایی که در مرکز بای‌پلات قرار گرفته‌اند، اثر متقابل نزدیک به صفر دارند و دارای پایداری عمومی بیشتری هستند. بر این اساس ژنوتیپ‌های ۴، ۱۰، ۱۴ و ۲۰ دارای اثرمتقابل کمتری می‌باشند، در حالیکه از بین آنها، ژنوتیپ‌های ۱۰ و ۱۴ به دلیل دارا بودن میانگین عملکرد بالاتر از میانگین کل می‌توانند به‌عنوان ژنوتیپ‌هایی با پایداری مطلوب مورد توجه قرار گیرند.

Downloaded from jcb.sanru.ac.ir at 20:17 +0430 on Sunday June 13th 2021

جدول ۹- تجزیه واریانس امی برای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گلرنگ در شش محیط

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	سهم هر مؤلفه	درصد تجمعی
محیط	۵	۶۸۸۲۷۵**		
ژنوتیپ	۱۹	۱۸۱۱۲۵**		
ژنوتیپ × محیط	۹۵	۲۳۹۷۱/۶**		
مؤلفه اصلی اول	۲۳	۴۷۸۶۵/۹**	۰/۴۸	۰/۴۸
مؤلفه اصلی دوم	۲۱	۲۹۵۵۱/۶**	۰/۲۷	۰/۷۵
مؤلفه اصلی سوم	۱۹	۱۵۵۸۳**	۰/۱۳	۰/۸۶
مؤلفه اصلی چهارم	۱۷	۱۳۵۹۳**	۰/۱۱	۰/۹۹
باقیمانده	۱۵	۱۹۰۹/۸۶**	۰/۰۱	۱/۰۰
خطا	۲۲۸	۲۹۷۶۸/۷۹		

* و**: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

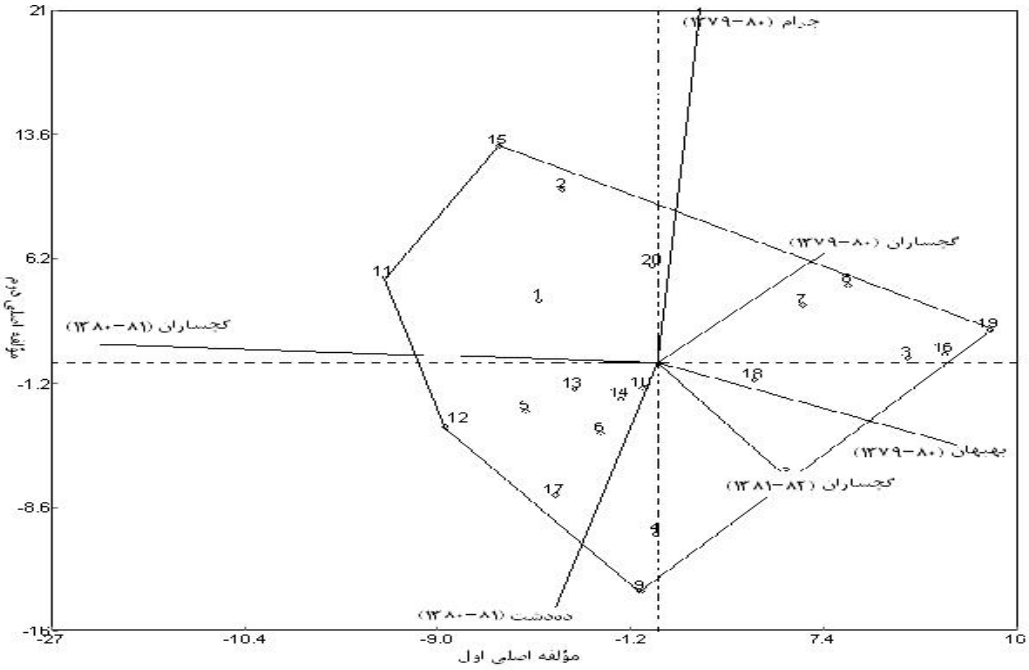


شکل ۱- بای‌پلات میانگین ژنوتیپ‌ها (مثلث) و محیط‌ها (دایره) و مقادیر اولین مؤلفه اصلی آنها ($AMMI_1$).

شکل ۲، بای‌پلات مرتبط با محیط‌ها و ژنوتیپ‌ها را نشان می‌دهد که در آن محیط‌ها به‌صورت بردار و ژنوتیپ‌ها به‌صورت نقطه بر اساس مقادیر مؤلفه‌های اصلی اول و دوم نقطه‌یابی شده‌اند. این بای‌پلات ۷۵ درصد از تغییرات اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را در ارتباط با عملکرد دانه توجیه می‌کند که سهم مؤلفه اصلی اول و دوم به ترتیب برابر با ۴۸ و ۲۷ درصد است. در این بای‌پلات، یک چندضلعی ایجاد می‌شود که می‌توان با استفاده از آن بهترین ژنوتیپ‌ها را برای هر یک از محیط‌ها شناسایی نمود. چندضلعی با استفاده از ژنوتیپ‌هایی که در دورترین نقطه از مرکز بای‌پلات قرار گرفته شده است، ترسیم می‌گردد بطوریکه تمام ژنوتیپ‌های باقیمانده در داخل چند ضلعی واقع شوند. با استفاده از خطوطی عمودی، بای‌پلات به بخش‌هایی تقسیم می‌شود و بهترین ژنوتیپ از نظر عملکرد در هر محیط آن ژنوتیپی است که از بین ژنوتیپ‌های موجود در آن بخش دورتر از همه قرار دارند و مابقی ژنوتیپ‌ها واقع در آن بخش نیز مناسب برای آن محیط می‌باشند (۲۸). نتایج این بای‌پلات حاکی از آن بود که عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های ۱۰، ۱۴، ۱۳ و ۱۸ نسبت به میانگین عملکرد بیشتر بود و کمترین فاصله را با مرکز بای‌پلات داشتند، از آنجا که هر چقدر فاصله ژنوتیپ‌ها از مرکز بای‌پلات کمتر باشد، آن ژنوتیپ برای تمام محیط‌ها از پایداری یکسانی برخوردار هستند (۲۸)

Downloaded from jcb.sanru.ac.ir at 20:17 +0430 on Sunday June 13th 2021

ژنوتیپ‌های فوق از پایداری بالاتری نسبت به دیگر ژنوتیپ‌ها برخوردار بودند. ژنوتیپ‌های ۱۹، ۱۱، ۱۵، ۱۲ و ۹ در دورترین نقطه از مبدأ مختصات قرار داشتند و تشکیل چند ضلعی می‌دادند که هر کدام از آنها بهترین ژنوتیپ‌ها برای محیط‌هایی بودند که در آن بخش واقع می‌شدند. با توجه به نتایج این چند ضلعی می‌توان گفت که ژنوتیپ‌های ۱۹، ۷، ۸، ۳ و ۱۶ از سازگاری خصوصی بالایی در محیط‌های ۱ و ۴ برخوردار بودند و از بین آنها ژنوتیپ ۱۹ با بیشترین عملکرد، پایدارترین ژنوتیپ در دو محیط اخیر بودند. در محیط ۲، ژنوتیپ‌های ۱، ۲۰، ۲، ۱۱ و ۱۵ از پایداری خصوصی بالای برخوردار بودند که در بین آنها ژنوتیپ ۱۵ که در دورترین نقطه قرار داشت و بیشترین عملکرد را در بین ژنوتیپ‌های مذکور دارا بود، بهترین ژنوتیپ بود. ژنوتیپ ۱۸ در محیط‌های ۳ و ۵ از سازگاری خصوصی خوبی برخوردار بودند. در محیط ۶ ژنوتیپ‌های ۱۰، ۱۳، ۱۴، ۵، ۶، ۱۷، ۱۲ و ۹ از پایداری خصوصی بالای برخوردار بودند و در بین این ژنوتیپ‌ها، ژنوتیپ ۹ با عملکرد بالاتر به‌عنوان بهترین ژنوتیپ بود. در تحقیقی پورداد و جمشید مقدم (۲۲) با استفاده از روش بای‌پلات، شش ژنوتیپ برتر و چهار محیط بزرگ را شناسایی و ژنوتیپ‌های مناسب را در هر محیط بزرگ مشخص کردند و با بررسی همزمان پایداری و عملکرد ژنوتیپ‌ها با استفاده از بای‌پلات نشان دادند که ارقام Gila، Hartman و Sina با عملکرد زیاد دارای پایداری عملکرد بیشتری نیز بودند.



شکل ۲- بای‌پلات بر اساس مقادیر مؤلفه‌های اصلی اول و دوم ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها ($AMMI_1$)

در رابطه با سودمندی تجزیه پای‌بلات، که بدون نیاز به پارامترهای مختلف و با استفاده از نمودارهای حاصله می‌توان اقدام به شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار کرد، اظهار شده است که آنچه که در ارزیابی ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف بسیار حائز اهمیت است این است که اثر محیط در اکثر موارد بسیار بزرگ بوده، اما قابل بهره‌برداری نیست. لذا حذف اثر محیط از داده‌ها و تمرکز بر اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ×محیط حائز اهمیت است (۸). و از آنجا که تنها اثر ژنوتیپ و ژنوتیپ×محیط است که در گزینش ژنوتیپ‌های پاید ار اهمیت دارند و نکته اساسی این است که دو اثر ژنوتیپ و ژنوتیپ×محیط می‌بایست به‌صورت توأم بررسی شوند. روش امی GGE بای‌پلات این امکان را می‌دهد که این دو اثر همزمان و به صورت ترسیمی مورد بررسی قرار گیرند (۲۸).

در مجموع بر اساس نتایج حاصل از روش‌های مختلف پارامتری و بای‌پلات، ژنوتیپ‌های ۳ (PI 250536-2، با منشا مصر)، ۱۰(Syrian hama 1، با منشا سوریه) و ۱۴(Saffir، با منشا کانادا) که دارای عملکرد بالاتر از میانگین کل بودند، به‌عنوان سازگارترین و پایدارترین ژنوتیپ‌ها شناسایی شدند که می‌توانند در مناطق مورد مطالعه استفاده شوند.

Downloaded from jcb.sanru.ac.ir at 20:17 +0430 on Sunday June 13th 2021

منابع

1. Camas, N., C. Çirak and E. Esendal. 2007. Seed yield, oil content and fatty acids composition of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown in northern Turkey condition. Journal of Faculty Agriculture, 22: 98-104.
2. Crossa, J. 1990. Statistical analyses of multilocation trials. Advanced Agronomy. 44: 55-85.
3. Eberhart, S.A. and W.A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science, 6: 36- 40.
4. FAO. 2012. available in: http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx/Page 567.
5. Farshadfar, E. 1998. Application of Biometrical Genetics in Plant Breeding. Secend edition. Razi University Publications. Kermanshah, Iran, 396 pp. (In Persian)
6. Finlay, K.W. and G.N. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding program. Australian Journal of Agriculture Research, 14: 742-754.
7. Francis, T.R. and L.W. Kannenberg. 1978. Yield stability studies in short-season maize.1. A descriptive method for grouping genotypes. Canadian Journal of Plant Science, 58: 1029-1034.
8. Gauch, H.G. 1992. Statistical Analysis of Regional Trials. AMMI Analysis of Factorial Designs. Elsevier Pub. Amsterdam, Netherlands. 278 pp.
9. Hatamzadeh H. 2007. Study of seed yield stability in safflower lines and cultivars in entezari planting under rainfed condition of Kermanshah. Seed and Plant Improvement Journal, 23: 145-159. (In Persian)
10. Hayward, A.D., N.O. Bosemark and I. Romagosa. 1993. Plant Breeding. Chapman and Hall, U.K. 576 pp.
11. Jobson, J.D. 1992. Applied multivariate data analysis, Vol : II. Springer – Verlag, New York, INC. 731 pp.
12. Kempton, R.A. 1984. The use of biplot in interpreting variety by environment interaction. Journal of Agriculture Science Cambridge. 122: 335-342.
13. Ketata, H. 1988. Genotype and Environment Iinteraction. Proceedings of Biometrical Techniques for Cereal Breeders. ICARDA, Aleppo, Syria, 16-32 pp.
14. Kroonenberg, P.M. 1995. Interaction to biplots for G.E tables. Department of Mathematics Research Report. No. 51, University of Queensland Australia, 22 pp.
15. Lin, C.S. and M.R. Binns. 1991. Genetic properties of four types of stability parameter. Theoretical and Applied Genetics, 82: 505- 509.
16. Lin, C.S., G. Butler, I. Hall, C. Nault and B. Watt. 1990. S116, analysis of genotype × environment interaction. Canada, 27 pp.
17. Omiditabrizi, A.H. 2006. Stability and Adaptability Estimates of Some Safflower Cultivars and Lines in Different Environmental Conditions. Journal of Agriculture Science and Technology, 8: 141-151.
18. Omidi, A.H., M.R. Shahsavari, S. Motalebipour and A.A. Mohammadi. 2010. Estimation of adaptability and stability of new spring safflower lines for seed and oil yields in different environmental conditions. Seed and Plant Improvement Journal, 26: 351-366. (In Persian)
19. Omidi, A.H., M.R. Shahsavari, M.R. Shahsavariand and A. Jahanbin. 2011. Estimation of Adaptability and Stability of New Spring Safflower Lines for Seed and Oil Yields in Different Environmental Conditions. Seed and Plant Improvement Journal, 27: 287-303. (In Persian)
20. Perkins, J.M. and J.L. Jinks. 1968. Environment and genotype-environment components of variability Heredity, 23: 339-356.
21. Plaisted, R.L. and L.C. Peterson. 1959. A technique for evaluation the ability of selection to yield consistently in different locations or seasons. American Potato Journal, 36: 381-385.
22. Pourdad S. and M. Jamshid Moghaddam. 2013. Study on Genotype×Environment Interaction through GGE Biplot in Spring Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Crop Production and Processing, 2: 99-108. (In Persian)
23. Pourdad, S.S. and R. Mohammadi. 2008. Use of stability parameters for comparing safflower genotypes in multi-environment trials. Asian Journal of Plant Science, 7: 100-104.
24. Sharrifmoghaddasi M. and A.H. Omiditabrizi. 2010. Stability analysis of seven Iranian winter safflower cultivars. World Applied Sciences Journal, 8: 1366-1369.
25. Shukla, G.K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype – environmental components of variability Heredity, 29: 237- 245.
26. Vaezi, B., J. Ahmadi and H. Naraki, 2011. Genotype × environment interaction and stability analysis for safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes under warm rainfed conditions. Iranian Journal of Crop Science, 13: 395-407. (In Persian)
27. Wricke, G. 1962. Über eine Methode zür Erfassung der Okologischen streubreite in Feldresuchen. Z. Pflanzen-Zuchtg, 47: 92-96.
28. Yan, W. and M. Kang. 2003. GGE Biplot Analysis: A Graphical Tool for Breeders, Geneticists, and Agronomists. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, 288 pp.
29. Zali, H., S.H. Sabaghpour, E. Farshadfar, P. Pezeshkpour, M. Safikhani and R. Sarparast. 2008. Stability Analysis of Yield in Chickpea Genotypes by Additive Main Effects and Multiplicative Interaction (AMMI). Journal of Water and Soil Science, 11: 173-180. (In Persian)

Stability Analysis of Seed Yield of Safflower Genotypes (*Carthamus tinctorius* L.)

Mohtasham Mohammadi[1], Peyman Sharifi[2] and rahmat Allah Karimizadeh[3]

1 and 3- Associate Professor and Instructor, Dryland Agricultural Research Institute, Gachsaran Station, Iran
2- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran, (Corresponding author: kadose@yahoo.com)
Received: September 30, 2013 Accepted: January 21, 2014

Downloaded from jcb.sanru.ac.ir at 20:17 +0430 on Sunday June 13th 2021

Abstract

The selection efficiency of the most desirable safflower genotypes can be improved by incorporating the graphical methods and statistical analysis. This experiment was carried out to determine grain yield stability of safflower genotypes using the graphical and statistical methods. Twenty safflower genotypes were evaluated in Chachsaran, Choram, Behbehan and Dehdasht using randomized complete block design with three replications in three cropping seasons (2001-2004). The results of simple analysis of variance indicated the significance of genotype effect on grain yield. The results of combined analysis of variance revealed significance of genotype, environment, genotype × environment interaction and linear genotype × environment interaction effects. Since the genotype × environment interaction effect was significant, seven stability statistics including S_i, CV, W_i^2, σ_i^2, b_i, Sd_i^2 and Sd_i were calculated for stability analysis and the results indicated genotype 3 (PI250536-2) had the highest grain yield stability. The results of AMMI (Additive main effect and multiplicative interaction) model showed that 98.74% of total genotype ×environment interaction variation was due to four principle components (PCs). Based on the above statistics and the biplots derived from AMMI analysis, genotypes 3 (PI250536−2), 10 (Syrian hama 1), 14 (Saffir) and 16 (PI 251268) had grain yield stability. These genotypes were identified as suitable and adapted genotypes with grain stability for the studied environments.

Keywords: AMMI, Biplot, Genotype × environment interaction