"مجله علوم زراعی ایران"
جلد سیزدهم، شماره ۲ تابستان ۱۳۹۰

اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و تجزیه پایداری برای ژنوتیپ‌های گلرنگ در شرایط دیم گرمسیر

Genotype × environment interaction and stability analysis for safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes under warm rainfed conditions

بهروز واعظی[۱]، جعفر احمدی[۲] و هوشنگ نارکی[۳]

چکیده

واعظی، ب.، ج. احمدی و ه. نارکی ۱۳۹۰. اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و تجزیه پایداری برای ژنوتیپ‌های گلرنگ در شرایط دیم گرمسیر. **مجله علوم زراعی ایران. ۱۳(۲): ۴۰۷-۳۹۵.**

گلرنگ یکی از گیاهان روغنی بومی و با ارزش ایران است که از زمانهای بسیار قدیم در کشور کشت می‌شود. انتخاب ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا یکی از اهداف مهم اصلاح گلرنگ برای مناطق دیم می‌باشد. در این تحقیق تعداد ۱۶ لاین و رقم گلرنگ اصلاح شده به همراه رقم شاهد محلی اصفهان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط گرم و دیم منطقه گچساران به مدت سه سال زراعی (۱۳۸۵- ۱۳۸۳) از نظر پایداری و ثبات عملکرد دانه مورد ارزیابی قرار گرفتند. تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر متقابل رقم × سال معنی‌دار بود. برای تعیین ارقام و لاین‌های پایدار از معیارهای مختلف پایداری استفاده گردید. بر اساس میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های پایدار انتخاب شده با استفاده از روش‌های مختلف گزینشی ، دو شاخص میانگین رتبه و آماره پایداری - عملکرد (YSi) نسبت به سایر معیارهای پایداری برتری داشتند. همچنین بر اساس دو شاخص برتر میانگین رتبه و آماره پایداری – عملکرد، پنج رقم و لاین Sina ، Cyprus Bergon ، Syrian ، CW-4440 و Leasaf به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا جهت کشت در شرایط دیم گچساران و سایر مناطق مشابه قابل توصیه می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: پایداری، ژنوتیپ، عملکرد دانه و گلرنگ.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۸/۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۷/۲۱

۱- عضو هیات علمی ایستگاه تحقیقات کشاورزی گچساران (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک:bvaezi2009@gmail.com)
۲- دانشیار دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)
۳- پژوهشگر ایستگاه تحقیقات کشاورزی گچساران

مقدمه

گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) از تیره آستراسه (Asteraceae)، جنس Sinadareh و گونه کمپوزیته یکی از گیاهان روغنی بومی و با ارزش ایران است که از زمان‌های بسیار قدیم در کشور کشت می‌شود. از بین کشورهای دنیا به ترتیب آمریکا، استرالیا و مکزیک مهم‌ترین کشورهای تولید کننده گلرنگ محسوب می‌شوند (Naraki, 2007). پایداری و ثبات عملکرد هر رقم یا لاین در ابعاد زمانی و مکانی حائز اهمیت می‌باشد. ژنوتیپ‌هایی که دارای اثر متقابل ژنوتیپ × محیط معنی‌داری باشند، از ثبات عملکرد دانهٔ کمتری برخوردارند. در این ژنوتیپ‌ها عملکرد دانه در سال‌های مختلف از روند ثابت و قابل اعتمادی تبعیت نمی‌کند. همچنین اکثر صفات اقتصادی از قبیل عملکرد دانه از لحاظ ژنتیکی بصورت چند ژنی کنترل شده و از پایداری پائینی برخوردار می‌باشند (Aghaee *et al.*, 1993). لذا در برنامه‌های به‌نژادی، ژنوتیپ‌ها می‌بایستی در دامنهٔ وسیعی از تغییرات محیطی در مکان‌ها و سال‌های متفاوت مورد ارزیابی قرار گیرند تا اطلاعات حاصل از تخمین سازگاری و ثبات عملکرد ژنوتیپ‌ها معیار مطمئن‌تری در توصیه و توسعهٔ کشت آنها ارائه داده و کارائی گزینش و معرفی را افزایش دهد (Mousavian, 1997; Farshadfar, 1998).

برای برآورد پایداری و سازگاری ژنوتیپ‌ها روش‌های متعددی پیشنهاد شده است. یکی از شاخص‌های پایداری، واریانس محیطی (S^2_i) است، بر اساس این شاخص، ژنوتیپی پایدار محسوب می‌شود که واریانس محیطی آن کمتر باشد. استفاده از شاخص واریانس محیطی در محدوده جغرافیائی با تنوع کم موثرتر است (Lin *et al.*, 1986; Farshadfar, 1998). فرانسیس و کاننبرگ (Francis and Kannenberg, 1978) ضریب تغییرات مربوط به هر رقم را به عنوان پارامتر پایداری معرفی کردند و ژنوتیپ‌های با عملکرد بیشتر از میانگین و ضریب تغییرات کمتر از میانگین را به عنوان واریته پایدار تشخیص دادند. همچنین لین و همکاران (Lin *et al.*, 1986) اعلام داشتند که چنانچه محقق علاقمند به تعیین پایداری در دامنه معینی از شرایط محیطی باشد، شاخص پایداری ضریب تغییرات معیار مفیدی است. ریک (Wricke, 1962) شاخص پایداری دیگری (Wi) را معرفی نمود که در واقع جمع مربعات اثرات متقابل ژنوتیپ × محیط برای هر ژنوتیپ بود. شوکلا (Shukla, 1972) شاخص واریانس پایداری (σ^2_i) را برای هر ژنوتیپ مطرح نمود. طبق دو روش یاد شده فوق ژنوتیپ‌هایی پایدار محسوب می‌شوند که مقدار هر یک از دو شاخص اخیر در آنها حداقل باشد (Farshadfar, 1998). شاخص ضریب رگرسیون نیز برای نخستین بار بوسیله فینلی و ویلکینسون (Finlay and Wilkinson, 1963) و پس از آن بوسیله ابرهارت و راسل (Eberhart and Russel, 1966) برای نشان دادن سازگاری ژنوتیپ های نسبت به تغییرات محیط مورد استفاده قرار گرفت. فینلی و ویلکینسون (Finlay and Wilkinson, 1963) بیان کردند که ضریب رگرسیون (bi) معیاری برای نشان دادن سازگاری و پایداری ژنوتیپ است. ابرهارت و راسل (Eberhart and Russel, 1966) علاوه بر دو معیار اخیر انحراف از خط رگرسیون (S^2d_i) را به عنوان معیاری دیگر جهت تشخیص واریته‌های پایدار بکار بردند. به نظر آنها واریته‌های ایده‌آل بایستی دارای عملکرد بالا، ضریب رگرسیون یک و انحراف از رگرسیون معادل صفر باشد. پینتوس (Pinthus, 1973) پیشنهاد کرد که به جای میانگین مربعات انحراف از خط رگرسیون، از ضریب تشخیص (R^2) استفاده شود، زیرا R^2 به شدت وابسته به S^2d_i است. یکی دیگر از روش‌های بررسی پایداری، روش رتبه‌بندی (Ketata, 1988) می‌باشد. در روش غیرپارامتری رتبه ژنوتیپ‌ها در هر سال و در کلیه محیط‌ها براساس عملکرد دانه رتبه‌بندی شده و میانگین رتبه برای هر رقم (R) و انحراف معیار رتبه‌ها (S.D.R) برای هر رقم محاسبه می‌گردد. ژنوتیپ‌هایی که دارای

مقادیر رتبه و انحراف رتبه کمتری باشند به عنوان ژنوتیپ‌های پرپتانسیل و پایدار در نظر گرفته می‌شوند. اخیراً توجه بیشتر محققان به تلفیق پایداری با عملکرد جهت گزینش ژنوتیپ‌های پایدار پرمحصول معطوف شده است. در این راستا تعدادی روش گزینش همزمان پیشنهاد گردیده است که کاربردی‌ترین آنها مربوط به کنگ (Kang, 1988, 1991, 1993; Kang and Pham, 1991) می باشد، که سه معیار گزینش همزمان برای عملکرد و پایداری ارائه نمود. کنگ در سال ۱۹۸۸ روش مجموع رتبه، در سال ۱۹۹۱ روش مجموع رتبه تغییر یافته و در سال ۱۹۹۳ روش آماره کاربردی عملکرد- پایداری (YSi) را معرفی نمود.

در سال‌های اخیر با هماهنگی بعمل آمده توسط بخش تحقیقات دانه‌های روغنی مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم، صدها لاین و رقم گلرنگ در ایستگاه‌های مراغه، کرمانشاه، گچساران و چندین ایستگاه تحقیقاتی دیگر در سطح کشور مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج حاصله منجر به استفاده از ژنوتیپ‌های سازگار گلرنگ در عرصه دیمزارها بویژه در مناطق معتدل و سردسیری کشور بوده است. بررسی تنوع ژنتیکی گلرنگ در شرایط دیم برای اولین بار در ایران در سال ۱۳۷۶ با استفاده از ۱۶۹ رقم و لاین داخلی وخارجی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم سرارود آغاز گردید (Pourdad and Singh, 2002). پور داد و محمدی (Pourdad and Mohammadi, 2008) در آزمایشی از چندین پارامتر پایداری برای بررسی پایداری عملکرد ۱۷ ژنوتیپ گلرنگ بهاره در ۲۶ محیط در شرایط دیم ایران استفاده کردند. در نتیجه گیری نهایی از این آزمایش مشخص شد که عملکرد و پایداری باید بطور همزمان در مطالعات اثر متقابل و گزینش ژنوتیپ‌های مطلوب در نظر گرفته شوند. محمدی و همکاران (Mohammadi *et al.*, 2008) در آزمایش تجزیه پایداری عملکرد ژنوتیپ های گلرنگ نشان دادند که استفاده از یکی از شاخص‌های پایداری اکووالانس ریک، واریانس پایداری شوکلا، ضریب تغییرات و روش AMMI در انتخاب ژنوتیپ‌ها کفایت می‌کند. در حالی که ضریب رگرسیون در کنار سایر شاخص‌ها می‌تواند منحصراً استفاده شود. مقدم و پورداد (Moghaddam and Pourdad, 2009) در آزمایشات پایداری عملکرد گندم از ۱۵ شاخص پایداری تک متغیره استفاده کردند و سه شاخص ضریب رگرسیون، پایداری- عملکرد (YS یا RS) و TOP (تعداد محیط‌هایی که ژنوتیپ مورد نظر جزء سه رتبه اول آن باشد) را به عنوان شاخص‌های برتر در تجزیه پایداری شناسایی و معرفی کردند. محمدی و همکاران در آزمایشی (Mohammadi *et al.*, 2009) همبستگی ده شاخص پایداری را در چهار گیاه گندم نان، گندم ماکارونی، جو و گلرنگ مورد مطالعه قرار دادند. با استفاده از ضرایب همبستگی اسپیرمن، ده روش پایداری در سه گروه طبقه بندی شدند و در نتیجه گیری نهایی از این آزمایشات مشخص شد که سه پارامتر $Si^{(2)}$، RS و TOP می‌توانند اطلاعات کافی در خصوص پایداری و سازگاری ژنوتیپ‌های مختلف را برای هر محصول در اختیار اصلاحگران قرار دهند. علیزاده (Alizadeh, 2002) با بررسی ۲۵ لاین گلرنگ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه طی سال زراعی ۸۰-۱۳۷۹ گزارش داد که لاین شماره ۴۰۵، علیرغم بارندگی کم (۲۰۲ میلیمتر) میزان ۸۳۵ کیلوگرم در هکتار تولید دانه داشته است. حاتم زاده و پورداد (Hatamzadeh and Pourdad, 2002) با بررسی شاخص‌های گزینش عملکرد دانه در گلرنگ بهاره تحت شرایط دیم گزارش نمودند که عملکرد تحت تاثیر صفات تعداد دانه در طبق و تعداد طبق در بوته قرار می‌گیرد. امیدی و همکاران (Omidi *et al.*, 2000) پایداری عملکرد دانه و روغن چند لاین و رقم گلرنگ زمستانه را در سه منطقه طی سه سال بررسی کرده و نتیجه گرفتند که در بیشتر مناطق و سال‌های مورد بررسی اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها وجود داشت.

از آنجا که هر گروه از محققان از یکی از روش‌ها یا بسته به ضرورت ترکیبی از آنها در مطالعات خود جهت یافتن واریته‌های پرمحصول و پایدار استفاده کرده‌اند، در این تحقیق نیز تلفیقی از روش‌های مختلف جهت تعیین پایداری ژنوتیپ‌های گلرنگ مور استفاده قرار گرفته است. هدف از اجرای این تحقیق مقایسه عملکرد ژنوتیپ‌های گلرنگ همراه با ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط و برآورد ثبات و پایداری عملکرد طی سالهای مختلف در شرایط دیم گچساران و مناطق مشابه و معرفی پایدارترین ژنوتیپ بوده است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق تعداد ۱۶ لاین و رقم گلرنگ اصلاح شده به همراه رقم شاهد محلی اصفهان شامل (Sina, Syrian, PI-537636, CW-4440, Leasaf, Cyprus Bergon, CW-74, kino-76, S-541, PI-250536, PI-250537, Hartman, Gila, Isfahan Local, PI-537636-S, PI-198290, Dincer) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط گرم و دیم منطقه گچساران به مدت سه سال زراعی (۱۳۸۵- ۱۳۸۳) از نظر پایداری و ثبات عملکرد دانه مورد ارزیابی قرار گرفتند. هر رقم در هر کرت آزمایشی در ۵ خط ۴ متری و با فاصله خطوط ۳۰ سانتی متر کشت شدند. کشت بذور ژنوتیپ‌ها برای سه سال زارعی به ترتیب در ۱۴، ۱۶ و ۱۲ آذرماه انجام گرفت. زمین محل اجرای آزمایش سال قبل آیش بود. پس از آماده سازی زمین مقدار کود مصرفی بر اساس توصیه بخش مدیریت منابع ایستگاه تحقیقاتی گچساران شامل ۳۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره و ۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفر از منبع فسفات آمونیوم بود. میزان بارندگی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم گچساران در طی سال‌های زراعی ۸۴-۱۳۸۳ تا ۸۶ -۱۳۸۵ به تفکیک ماهیانه در جدول یک نشان داده شده است.

جدول ۱- میزان بارندگی ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم گچساران طی سال‌های زراعی (۸۵- ۱۳۸۳)

Table 1. The amount of rainfall in Gachsaran rain-fed station on cropping (2004-2006)

ماه Month		میزان بارندگی سالیانه Yearly amount of rainfall (mm)		
		2003-2004	2004-2005	2005-2006
Oct.	مهر	0.0	0.0	0.0
Nov.	آبان	3.5	74.4	31.3
Dec.	آذر	181.3	32.0	133.1
Jan.	دی	159.8	282.0	64.4
Feb.	بهمن	70.5	102.3	84.1
Mar.	اسفند	93.9	2.2	29
Apr.	فروردین	5.8	65.0	167.3
May.	اردیبهشت	0.4	2.8	2
Total	جمع	515.2	560.7	511.2

در پایان هر سال بعد از برداشت محصول، عملکرد دانه و روغن ژنوتیپ‌ها اندازه گیری شد. اندازه گیری مقدار روغن با استفاده از روش NMR در بخش دانه‌های روغنی موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج انجام گرفت. برای آزمون یکنواختی خطاهای آزمایشی، آزمون بارتلت انجام گرفت و سپس تجزیهٔ واریانس مرکب برای سه سال بر روی عملکرد دانه جهت تعیین وجود اثر متقابل ژنوتیپ × محیط انجام گرفت. به منظور مطالعه پایداری ژنوتیپ‌ها آماره‌های پایداری، واریانس پایداری شوکلا (σ^2_i)، اکوواریانس ریک (Wi)، واریانس محیطی (S^2_i)، ضریب تغییرات محیطی (CV_i)، ضریب رگرسیونی

فینلی و ویلکینسون (bi)، میانگین مربعات انحراف از خط رگرسیون (S^2d_i)، ضریب تشخیص خطی (R^2)، آماره غیرپارامتریک رتبه بندی (R) و انحراف معیار رتبه (S.D.R) و همچنین آماره عملکرد- پایداری (YSi) محاسبه گردید. از نرم افزارهای MSTATC و Excel برای تجزیه داده‌ها و محاسبه آماره‌های مختلف استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج آزمون یکنواختی خطاهای آزمایشی (بارتلت) نشان داد که واریانس خطاهای آزمایشی در هر سه سال آزمایش یکنواخت بود (X^2 = ۵/۷۷). بنابراین آزمایشات ساده ادغام شده و تجزیه واریانس مرکب برای عملکرد دانه صورت گرفت. نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب برای عملکرد دانه نشان داد که اختلاف بین میانگین عملکرد سه سال زراعی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲) که این نوع تاثیر تحولات و نوسات آب و هوائی را بر روی عملکرد محصول در منطقه مورد آزمایش نشان می‌دهد. مقایسه میانگین بین سه سال زراعی از لحاظ عملکرد دانه سه گروه‌بندی را بوجود آورد (جدول ۲)، که سال دوم بیشترین عملکرد (با متوسط ۱۶۸۰ کیلوگرم در هکتار) را نشان داد و سال سوم (با متوسط ۱۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) و سال اول (با متوسط ۹۶۰ کیلوگرم در هکتار) در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. با توجه به آمار هواشناسی منطقه مورد آزمایش (جدول ۱) که میزان بارندگی در سال دوم به مراتب بیشتر از سال سوم و اول بوده است، این گروه‌بندی عملکرد قابل انتظار بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین ۱۷ رقم و لاین مورد آزمایش از نظر عملکرد دانه اختلاف در سطح یک درصد معنی‌دار بوده و بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها رقم سینا با ۱۵۴۰/۲ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد، ژنوتیپ‌های Cyprus Bergon با ۱۵۲۹/۷ کیلوگرم در هکتار و Syrian با ۱۴۹۹/۲ کیلوگرم در هکتار و لاین CW-4440 با ۱۴۴۲/۵ کیلوگرم در هکتار در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (جدول ۵). اثر متقابل رقم × سال در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شده و بیانگر واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها و لاین‌ها نسبت به شرایط متفاوت سال‌ها می‌باشد (جدول ۲). بنابراین انتخاب و توصیه رقم گلرنگ مناسب جهت کشت طی سالیان متمادی بایستی با احتیاط انجام گیرد و رقمی توصیه شود که علاوه بر عملکرد بالا، نوسانات کمتری از سالی به سال دیگر، به خصوص در شرایط کشت دیم داشته باشد. بدین منظور و برای پی بردن به میزان اثر متقابل ژنوتیپ × محیط از روش‌های مختلف تجزیه پایداری استفاده گردید. پورداد و محمدی (Pourdad and Mohammadi, 2008) نیز نشان دادند که اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در گلرنگ بهاره معنی‌دار بوده و انتخاب بر اساس عملکرد کافی نمی‌باشد. ماهلر و آلد (Mahler and Auld, 1991) نیز در آزمایش خود اثر متقابل معنی‌داری بین محیط و ژنوتیپ‌های کلزا بدست آوردند. آنها اظهار داشتند که برای حصول عملکرد دانه و روغن بالا نیاز به ژنوتیپ‌هایی است که سازگاری خوبی با شرایط محیطی مورد آزمایش داشته باشند. امیدی و همکاران (Omidi *et al*., 2000) نیز اثر متقابل ژنوتیپ × محیط معنی‌داری را برای ژنوتیپ‌های گلرنگ گزارش نمودند. مقایسه پایداری ژنوتیپ‌ها از نظر واریانس محیطی نشان داد که بترتیب ژنوتیپ‌های S-541، CW-74، PI-537636 و Hartman با کمترین واریانس محیطی از پایداری بیشتری برخوردار بودند. در حالی که رقم محلی اصفهان (شاهد) بیشترین نوسانات محیطی را نشان داد (جدول ۳).

مهم‌ترین عیب شاخص واریانس محیطی این‌است که ارقام و لاین‌های کم محصول را که تغییرات محیطی کمتری نشان می‌دهند، به عنوان رقم پایدار معرفی می‌نماید. با استفاده از شاخص پایداری ضریب تغییرات که یک معیار بدون واحد بوده و رابطه بین

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب سه ساله برای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گلرنگ در شرایط دیم گچساران (۸۵-۱۳۸۳)

Table 2. Combined analysis of variance for grain yield of safflower genotypes in Gachsaran under rainfed condition (2004-2006)

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات (MS)
Year	سال ■	2	6.72**
Rep/Year	تکرار/ سال	6	0.309
Cultivar	رقم	16	0.254**
Cultivar × Year	رقم× سال	32	0.115*
Error	خطای آزمایش	96	0.070

■- مقایسه میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گلرنگ بین سه سال زراعی (۸۵-۱۳۸۳)

■- Mean comparison of grain yield of safflower genotypes among three years (2004-2006)

Grain yield ($kg.ha^{-1}$) عملکرد دانه		
2004	2005	2006
960 c	1680 a	1200 b

* و **: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

* and ** : Significant at 5% and 1% probability level, respectively

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند

Means followed by similar letter(s) are not significantly different using Duncan's Multiple Range Test

میانگین و واریانس را خنثی می‌کند، ژنوتیپ‌های S-541 ، PI-537636 و CW-74 با ضریب تغییرات محیطی کمتر به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار تلقی شدند. با توجه به فرمول ضریب تغییرات، ژنوتیپ‌های پایدار معمولا عملکرد کمتری دارند، بنابراین استفاده از این معیار به تنهایی می‌تواند اشتباه آمیز باشد. ژای (Xie, 1996) بیان کرد، بدلیل اینکه واریانس محیطی با اثر سال و مکان اختلاط یافته است می‌تواند دارای اریب باشد. نتایج حاصل از این آزمایش می‌تواند در توافق با نظر ژای باشد، زیرا ژنوتیپ S-541 که بر اساس واریانس پایداری شوکلا (۰/۱۳۹) و واریانس ریک (۰/۲۵۰) دارای اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بالاتری بوده و در رتبه آخر از نظر این شاخص‌ها بودند، از نظر واریانس محیطی و ضریب تغییرات بسیار پایین بوده و در رتبه اول قرار گرفت. بنابراین انتخاب بر اساس ضریب تغییرات می‌بایست با احتیاط صورت پذیرد. از نظر شاخص R^2 به استثنای ژنوتیپ‌های محلی اصفهان (شاهد)، Cyprus Bergon و PI-537636-S بقیه ژنوتیپ‌ها تقریبا R^2 بسیار بالایی داشته و می‌توانند به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار تلقی شوند. بیکر و لیون (Becker and Leon, 1988) نیز مفید بودن معیار ضریب تبیین (R^2) جهت گزینش ژنوتیپ‌های پایدار را مورد تاکید قرار داده‌اند. براساس آماره ریک (Wi) بترتیب ژنوتیپ‌های Dincer، Syrian ، Gila، Leasaf و PI-198290 و بر اساس آماره پایداری شوکلا (σ^2) بترتیب ژنوتیپ‌های Dincer، Syrian، PI-250536، Gila و PI-198290 با حداقل مقادیر شاخص‌های فوق بدلیل اینکه سهم کمتری از اثر متقابل داشتند، جزء ژنوتیپ‌های پایدار تلقی شدند. لازم به ذکر است که ضریب تبیین این ژنوتیپ‌ها بسیار بالا بوده و ژنوتیپ‌های Dincer، Syrian، PI-250536، Gila و PI-198290 با بالاترین مقدار R^2 جزء ژنوتیپ‌های پایدار از لحاظ سه شاخص فوق شناخته شدند.

نتایج محاسبه شاخص رتبه ژنوتیپ‌ها، میانگین رتبه ژنوتیپ‌ها (R) و انحراف معیار رتبه ژنوتیپ‌ها (S.D.R) در جدول ۴ نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود رقم سینا با میانگین رتبه ۲/۶۸ و انحراف معیار ۰/۵۸ با میانگین عملکرد ۱۵۴۰ کیلوگرم در هکتار در رتبه اول پایداری و عملکرد، بعد از آن رقم Cyprus Bergon با میانگین رتبه ۳/۳۳ و

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد دانه و روغن و شاخص‌های پایداری در ژنوتیپ‌های گلرنگ

Table 3. Mean comparison of grain and oil yield of safflower genotypes and stability parameters

ژنوتیپ‌های گلرنگ Safflower genotypes	واریانس پایداری شوکلا ($\sigma^2 i$)	اکووالانس ریک (Wi^2)	ضریب تشخیص (R^2)	انحراف از رگرسیون (S^2d_i)	ضریب رگرسیون (bi)	ضریب تغییرات محیطی (C.V.)	واریانس محیطی (S^2_i)	عملکرد روغن Oil yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)
Sina	0.015	0.031	0.97	0.006	1.31	31.0	0.23	497.7	1540 a+
Syrian	0.002	0.009	0.98	0.000	1.18 ns	28.5	0.18	520.6	1500 ab
PI-537636	0.060	0.110	0.98	0.033	0.46	15.7	0.04	406.9	1340 abcde
CW-4440	0.011	0.024	0.92	0.024	1.04 ns	27.2	0.15	567.7	1440 abc
Leasaf	0.007	0.017	0.99	0.005	1.21	31.7	0.20	461.3	1400 abcd
Cyprus Bergon	0.029	0.056	0.52	0.008	1.43	34.0	0.27	493.2	1530 ab
CW-74	0.075	0.138	0.99	0.033	0.37	17.7	0.03	314.7	1050 de
Kino-76	0.012	0.025	0.91	0.025	0.97 ns	33.6	0.14	403.9	1100 cde
S-541	0.139*	0.250	0.95	0.000	0.03	1.1	0.01	487.6	1220 abcde
PI-250536	0.003	0.010	0.97	0.001	0.81	23.2	0.09	490.7	1260 abcde
PI-250537	0.009	0.021	0.97	0.004	1.25	37.3	0.21	420.9	1220 abcde
Hartman	0.010	0.023	1.00	0.001	0.71	25.9	0.07	305.0	1000 e
Gila	0.005	0.014	0.96	0.009	0.87 ns	24.9	0.10	485.6	1290 abcde
Isfahan	0.256**	0.456	0.45	0.012	2.30	73.1	0.70	264.5	1150 bcde
PI-537636-S	0.014	0.029	0.63	0.002	1.32	39.1	0.23	435.2	1220 abcde
PI-198290	0.005	0.014	0.96	0.006	0.83 ns	27.9	0.09	333.7	1100 cde
Dincer	0.000	0.001	0.99	0.000	0.94ns	25.6	0.12	437.5	1330 abcde

+: Means followed by similar letter(s) are not significantly different

ns , * and ** : Non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

+: میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، تفاوت آماری معنی‌داری ندارند

ns، *و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

انحراف معیار ۲/۰۸ با میانگین عملکرد ۱۵۳۰ کیلوگرم در هکتار در رتبه دوم و بعد از آن به ترتیب ژنوتیپ‌های Syrian، CW-4440 و PI-537636 در رتبه-های بعدی قرار گرفتند. با توجه به اینکه ژنوتیپ‌های انتخاب شده از نظر میانگین عملکرد در بالاترین مقدار نیز قرار داشتند می‌توان آنها را به عنوان ژنوتیپ‌های پرمحصول پایدار تلقی نمود.

نتایج گام به گام محاسبه آماره عملکرد- پایداری (YSi) و گزینش همزمان ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا (جدول ۵) نشان داد که با استفاده از YSi ، ژنوتیپ‌های با آماره YSi بزرگتر از میانگین YSi ها (۳۰ درصد اول)، به ترتیب ژنوتیپ‌های Sina، CyprusBergon، Syrian، CW-4440، Leasaf و PI-537636 به عنوان ژنوتیپ‌های پرمحصول پایدار انتخاب می‌شوند. دو رقم Sina و Cyprus Bergon با بیشترین YSi دارای میانگین عملکرد ۱۵۳۵ کیلوگرم در هکتار بودند.

پنج روش مختلف گزینش ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا به همراه لاین‌های انتخابی و میانگین عملکرد آنها (جدول ۶) مشخص نمود، در صورتی که گزینش فقط بر اساس عملکرد و بدون در نظر گرفتن شاخص پایداری صورت گیرد، به ترتیب ژنوتیپ‌های Sina، Cyprus Bergon، Syrian، CW-4440، Leasaf، Dincer و Gila با میانگین عملکرد ۱۴۳۳ کیلوگرم در هکتار انتخاب خواهند شد. در صورتی که در گزینش علاوه بر عملکرد ژنوتیپ‌ها به شاخص‌های واریانس محیطی یا ضریب تغییرات محیط نیز توجه شود، بطوریکه عملکرد بالا (بیشتر از میانگین کل) و واریانس محیطی یا ضریب تغییرات پایین ملاک گزینش باشد، به ترتیب ژنوتیپ‌های PI-537636، PI-250537 و Dincer با میانگین عملکرد ۱۲۹۹ کیلوگرم در هکتار انتخاب می‌شوند. بنابراین مشاهده می‌شود که با در نظر گرفتن یکی از شاخص‌های پایداری در کنار عملکرد، به غیر از رقم Dincer سایر ژنوتیپ‌ها که جزء ژنوتیپ‌های پرمحصول بودند، از نظر پایداری انتخاب نمی‌شوند.

جدول ۴- میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های گلرنگ و رتبه بندی آنها در سه سال در شرایط دیم گچساران (۸۵-۱۳۸۳)

Table 4. Grain yield and ranking of safflower genotypes on three years in Gachsaran under rain-fed condition (2004-2006)

ژنوتیپ‌های گلرنگ Safflower genotypes	میانگین عملکرد دانه Mean of grain yield (kg.ha^{-1})	رتبه Ranking	میانگین رتبه Mean of ranking	انحراف معیار رتبه (S.D.R)
Sina	1540 a+	1	2.67	0.58
Syrian	1500 ab	3	3.67	1.53
PI-537636	1340 abcde	5	6.67	6.03
CW-4440	1440 abc	4	4.67	2.52
Leasaf	1400 abcd	6	6.67	3.06
Cyprus Bergon	1530 ab	2	3.33	2.08
CW-74	1050 de	14	13.33	3.51
Kino-76	1100 cde	15	13.33	3.21
S-541	1220 abcde	8	8.33	7.51
PI-250536	1260 abcde	9	9.67	1.15
PI-250537	1220 abcde	11	11.00	3.61
Hartman	1000 e	17	15.67	0.58
Gila	1290 abcde	10	9.67	2.52
Isfahan Local (Control)	1150 bcde	13	11.67	7.57
PI-537636-S	1220 abcde	12	11.33	3.51
PI-198290	1.10 cde	16	13.67	0.58
Dincer	1.33 abcde	7	7.67	1.53

+: میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، تفاوت آماری معنی‌داری ندارند

+: Means followed by similar letter(s) are not significantly different

جدول ۵- نتایج آماره عملکرد- پایداری (YSi) به منظور گزینش همزمان برای عملکرد و پایداری در ژنوتیپ‌های گلرنگ

Table 5. Results of yield-stability statistics for simultaneous selection for stability and yield on safflower genotypes

ژنوتیپ‌های گلرنگ Safflower genotypes	میانگین عملکرد دانه Mean of grain yield ($kg.ha^{-1}$)	رتبه عملکرد Yield ranking	تصحیح رتبه Rank correct	رتبه تصحیح شده Corrected rank	واریانس پایداری شوکلا (σ^2_i)	نمرات پایداری Stability score	آماره (YSi)
Sina	1540 a+	17	2	19	0.015	0	19#
Syrian	1500 ab	15	1	16	0.002	0	16#
PI-537636	1340 abcde	12	1	13	0.060	0	13#
CW-4440	1440 abc	14	1	15	0.011	0	15#
Leasaf	1400 abcd	13	1	14	0.007	0	14#
Cyprus Bergon	1530 ab	16	2	18	0.029	0	18#
CW-74	1050 de	2	-1	1	0.075	0	1
Kino-76	1100 cde	3	-1	2	0.012	0	2
S-541	1220 abcde	6	-1	5	0.139*	-2	3
PI-250536	1260 abcde	9	-1	8	0.003	0	8
PI-250537	1220 abcde	7	-1	6	0.009	0	6
Hartman	1000 e	1	-2	-1	0.010	0	-1
Gila	1290 abcde	10	1	11	0.005	0	11#
Isfahan Local	1150 bcde	5	-1	4	0.256**	-4	0
PI-537636-S	1220 abcde	8	-1	7	0.014	0	7
PI-198290	1.10 cde	4	-1	3	0.005	0	3
Dincer	1.33 abcde	11	1	12	-0.002	0	12#
	میانگین عملکرد (Mean) = 1276				LSD 0.05 = 0.35		

+: Means followed by similar letter(s) are not significantly different

+: میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، تفاوت آماری معنی‌داری ندارند

#: Stable genotypes with high yield

#: ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا

در گزینش ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد، ضریب رگرسیون و واریانس انحراف از رگرسیون یا ضریب تبیین به طوری که عملکرد بالا، ضریب رگرسیون غیر معنی‌دار با یک و انحراف از رگرسیون حداقل یا ضریب تبیین حداکثر ملاک گزینش باشد، به ترتیب ژنوتیپ‌های CW-4440، Syrian ، Dincer و Gila با میانگین عملکرد ۱۳۹۲ کیلوگرم در هکتار انتخاب می‌شوند. در صورتی که گزینش ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد بالا، میانگین رتبه بالا و حداقل انحراف معیار رتبه باشد، به ترتیب ژنوتیپ‌های Sina ، Cyprus Bergon ، Syrian ، CW-4440 و Leasaf با میانگین عملکرد ۱۴۸۲ کیلوگرم در هکتار انتخاب خواهند شد. چنانچه از گزینش همزمان عملکرد- پایداری استفاده شود، بطوریکه ۳۰ درصد بالاترین YSiها ملاک گزینش باشد، به ترتیب ژنوتیپ‌های Sina ، Cyprus Bergon ، Syrian ، CW-4440 و Leasaf با میانگین عملکرد ۱۴۸۲ کیلوگرم در هکتار به عنوان ژنوتیپ‌های پرمحصول با حداکثر پایداری انتخاب می‌شوند.

مقایسه میانگین عملکرد حاصل از ژنوتیپ‌های انتخاب شده در روش‌های مختلف گزینشی (جدول ۶) نشان از عدم تفاوت بین روش‌های گزینشی (عملکرد دانه + میانگین رتبه + انحراف معیار رتبه) با آماره پایداری – عملکرد (YSi) داشته و بر سایر معیارهای مختلف گزینشی از نظر میانگین عملکرد برتری داشتند. بنابراین پنج ژنوتیپ انتخاب شده (Sina، Cyprus Bergon ، Syrian ، CW-4440 و Leasaf) با استفاده از این دو روش می‌توانند به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا جهت کشت در شرایط دیم گچساران و سایر مناطق مشابه توصیه شوند.

بر اساس نتایج حاصل از این آزمایش، ترتیب و نوع ژنوتیپ‌های انتخاب شده با استفاده از روش‌ها و شاخص‌های مختلف گزینش به صورت جزئی متفاوت بود. فرخی و احمدی (Farrokhi and Ahmadi, 1998) در ارزیابی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های کنجد در شمال ایران از شش روش پایداری استفاده نمودند که نتایج حاصل از روش‌های مختلف پایداری در آزمایش آنان نیز متفاوت بود. با توجه به گزینش ژنوتیپ‌های تقریبا مشابه با ترتیب رتبه متفاوت و در برخی موارد

جدول۶ – مقایسه پنج روش گزینش ژنوتیپ‌های پایدار پرمحصول و میانگین عملکرد آنها در ژنوتیپ های گلرنگ

Table 6. Comparison of five high yield-stable genotypes selection methods and their yield mean in safflower genotypes

میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های انتخاب شده Mean of yield of selected genotypes (kg.ha^{-1})	ژنوتیپ‌های انتخاب شده Selected genotypes	شاخص (های) گزینش Selection parameters
1433	Sina, Cyprus Bergon, Syrian, CW-4440, Leasaf, Dincer, Gila	عملکرد دانه (Grain yield)
1299	PI-537636, PI-250537, Dincer	عملکرد دانه + واریانس محیطی یا C.V. (Grain yield + Environmental variance or C.V.)
1392	CW-4440, Syrian, Dincer, Gila	عملکرد دانه+ ضریب رگرسیون + S^2d_i یا R^2 (Grain yield + bi + S^2d_i or R^2)
1482	Sina, Cyprus Bergon, Syrian, CW-4440, Leasaf	عملکرد دانه + میانگین رتبه + انحراف معیار رتبه (Grain yield + Rank + S.D.R)
1482	Sina, Cyprus Bergon, Syrian, CW-4440, Leasaf	آماره پایداری – عملکرد (YSi) (Yield-Stability statistics)

انتخاب ژنوتیپ‌های کاملا متفاوت با استفاده از شاخص‌های مختلف پایداری و همچنین اخذ نتایج یکسان در مقایسه با نتایج سایر محققان (Mousavian, 1997; Farrokhi and Ahmadi, 1998;

Omidi *et al*., 2000; Alizadeh, 2002; Hatamzadeh Pourdad, 2002; Moghaddam and Pourdad, 2009; Mohammadi *et al*., 2009) پیشنهاد می‌شود که پس از محاسبه کلیه آماره‌ها، گزینش ژنوتیپ‌ها از لحاظ سایر ویژگی‌های زراعی، مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی یا کیفیت نیز انجام گیرد. با توجه به اینکه عملکرد روغن گلرنگ حائز اهمیت است، بنابراین توجه به این صفت در کنار عملکرد دانه و پایداری می‌تواند مهم باشد. با توجه به مقدار عملکرد روغن (جدول ۳) ملاحظه می‌شود که به ترتیب ژنوتیپ‌های CW-4440، Syrian، Sina، Cyprus Bergon و Gila با بیشترین مقدار روغن در رتبه‌های بالا قرار دارند. از آنجا که ژنوتیپ‌های مذکور جزء ژنوتیپ‌های انتخابی از نظر عملکرد و پایداری نیز می‌باشند، به عنوان ژنوتیپ‌های پرمحصول پایدار با مقدار روغن بالا برای کشت در مناطق دیم گچساران و سایر مناطق مشابه قابل توصیه هستند.

منابع مورد استفاده

References

Aghaee, M., M. Valizadeh, M. Moghaddam, H. Kazemi and A. Banaei. 1993. Study of genotype×year interaction in barley cultivars on Tabriz region. J. Agric. Sci. 4: 31-45. (In Persian with English abstract).

Alizadeh, Kh. 2002. Evaluation of sawflower cultivars stability on rainfed condition. Proceeding of 7th Iranian Crop Science Congress, 24-26 Aug. Karaj, Iran. (In Persian).

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

Eberhart, S. A. and W. S. Russel. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop. Sci. 6: 36-40.

Farrokhi, A. and M. R. Ahmadi. 1998. Study of seasam cultivars yield stability in north region of iran under various irrigation methods. Iran. J. Agric. Sci. 29(2): 275-283. (In Persian with English abstract).

Farshadfar, E. 1998. Application of quantitative genetics in plant breeding. Razi-Kermanshah University Press. (In Persian).

Finlay, K. W. and G. M. Wilkinson. 1963. The analysis adaptation in the plant breeding programs. Aust. J. Agric. Res. 14: 772-745.

Francis T. R. and L. W. Kannenberg. 1978. Yield stability studies in short-season Maize:1.A descriptive method for grouping genotypes. Can. J .Plant Sci. 58: 1029-1034.

Hatamzadeh, H. V. and S. S. Pourdad. 2002. Grain yield selection parameters in sawflower under rainfed condition. Proceeding of 7th Iranian Crop Science Congress, 24-26 Aug. Karaj, Iran. (In Persian).

Kang, M. S. 1988. A rank-sum method for selecting high yielding, stable crop genotypes. Cereal Res. Comm. 16: 113-115.

Kang, M. S. 1991. Modified rank-sum method for selecting high yielding, stable crop genotypes. Cereal Res. Comm. 19: 361-364.

Kang, M. S. and H. N. Pham. 1991. Simultaneous selection for high yielding and stable crop genotypes. Agron. J. 83: 161-165.

Kang, M. S., D. P. Gorman., and H. N. Pham. 1991. Application of a stability statistic to international maize yield trials. Theor. Appl. Genet. 81: 162-165.

Kang, M. S. 1993. Simultaneous selection for yield and stability in crop performance trials: consequences for

growers. Agron. J. 85: 754-757.

Ketata, H. 1988. Genotype environment interaction. ICARDA. Proceeding of Biometrical Technique for Cereal Breeders. pp. 16-32.

Lin, C. S., M. R. Binns and L. P. Lefkovitch. 1986. Stability analysis. Crop. Sci. 26: 894-899.

Mahler, K. A. and D. L. Auld. 1991. Effect of production environment on yield and qulity of winter rapeseed in the U.S.A. In: D. I. McGregor (Ed.) Proc. 8th Inter. Rapeseed Congress, 9-11 July, Saskatoon, Canada.

Moghaddam, M. J. and S. S. Pourdad. 2009. Comparison of parametric and non-parametric methods for analysing genotype×environment interactions in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). J. Agric. Sci. 147: 601-612. (In Persian with English abstract).

Mohammadi, R., S. S. Pourdad and A. Amri. 2008. Grain yield stability of spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Aust. J. Agric. Res. 59(6): 546–553.

Mohammadi, R., M. Aghaee, R. Haghparast, S. S. Pourdad, M. Rostaii, Y. Ansari, A. Abdolahi and A. Amri. 2009. Association among non-parametric measures of phenotypic stability in four annual crops. Middel East. Russian J. Plant Sci Biotech. 3: 20-24.

Mousavian, M. 1997. Study of genotype×invironment interactions and estimation of yield stability and adaptation in wheat cultivars. Iran. J. Agric. Sci. 2: 3-17. (In Persian with English abstract).

Naraki, H. 2009. Safflower. Technical Issue of Agricultural Research and Education Organization. No. 93. (In Persian).

Omidi, A. H., M. R. Ahmadi and S. Karimi. 2000. Study on stability of grain and oil yield in several cultivars and lines of winter safflower. Plant and Seed, 16: 130-145. (In Persian with English abstract).

Pinthus, M. J. 1973. Estimate of genotypic value: A proposed method. Euphytica, 22:121-123.

Pourdad, S. S. and R. Mohammadi. 2008. Use of stability parameters for comparing safflower genotypes in multi-environment trials. Asian J. Plant Sci. 7: 100-104.

Pourdad,S. S. and J. B. Singh. 2002. Evaluation of germplasm collection of safflower (*Carthamus tinctorius* and *C. oxycantha*) in dryland condition of Iran. Ind. J. Genet. Plant Breed. 62(1): 87-88.

Shukla, G. H. 1972. Some statistical aspects for partitioning genotype- environment component of variability. Heredity, 29: 237-245.

Wricke, G. 1962. Uber eien method zur erfassung der ecologischen streubreite in feldversuchen. Z. Pflanzenzuchtung, 47: 92-96.

Xie, M. 1996. Selection of stable cultivars using phenotypic variances. Crop Sci. 36: 572- 576.

Yazdi-Samadi, B. and S. Abdemishani. 1991. Breeding of Crops. Nashre Daneshgahi Press. pp.283. (In Persian).

Genotype × environment interaction and stability analysis for safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes under warm rainfed conditions

Vaezi B.[1], J. Ahmadi[2] and H. Naraki[3]

ABSTRACT

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 Sciences. 13(2): 395-407. (In Persian).**

Safflower is one of the important oil seed crops and is grown in Iran for many years. Selection of stable cultivars with high seed yield is an important objective in safflower breeding programs for rainfed conditions. To study stability of seed yield and genotype × environment interaction, sixteen cultivars/ lines of safflower and a check variety (Local Isfahan) were evaluated using randomized complet block design with three replications in Gachsaran Agricultural Research stations in2004 to 2006 cropping seasons. Results of combined analysis of variance showed that year × genotype interaction was significant. Various stability methods were used to identify cultivars/lines with high yield stability. Based on yield mean comparisons of selected stable genotypes-using different yield stability parameters, two parameters: mean of rank (R) and yield-stability statistics (Ysi) were identified as suitable parameters in selection of genotypes with high yield and yield stability. Using these two stability parameters(R and Ysi), five cultivars and lines namely Sina, Cyprus Bergon, Syrian, CW-4440 and Leasaf were identified as cultivars with high yield and yield stability for rainfed conditions of Gachsaran and similar warm rainfed areas.

Key Words: Genotype, Grain yield, Safflower and Yield stability.

Received: October, 2009 Accepted: October, 2010

1- Faculty member, Gachsaran Agricultural Research Station, Gachsaran, Iran (Corresponding author) (Email:bvaezi2009@gmail.com)
2- Associate Prof., Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran
3- Researcher, Gachsaran Agricultural Research Station, Gachsaran, Iran