مقاله پژوهشی

نشریه علمی تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijrfpbgr.2020.127008.1348
جلد ۲۹، شماره ۱، صفحه ۷۸-۶۴ (۱۴۰۰) شناسه دیجیتال (DOR): 20.1001.1.17350891.1400.29.1.6.3

ارزیابی مدل‌های تجزیه پایداری برای گزینش عملکرد و پایداری عملکرد گل در ژنوتیپ‌های گل‌محمدی (*Rosa damascena* Mill.)

بایزید یوسفی[1*] و سیدرضا طبایی‌عقدایی[2]

۱*- نویسنده مسئول مکاتبات، دانشیار پژوهشی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سنندج
پست‌الکترونیک: bayzidyousefi@yahoo.com

۲- استاد پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۴/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱/۱۸

چکیده

به‌منظور دستیابی به مدل‌های مناسب تشخیص پایداری، عملکرد گل ۳۵ ژنوتیپ گل‌محمدی (*Rosa damascena*) به مدت دو سال (۸۷-۱۳۸۶) در هشت منطقه (کردستان، همدان، کرمان، فارس، خوزستان، همدان، اصفهان، مرکزی و خراسان) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار ارزیابی گردید. اختلاف معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) از لحاظ عملکرد گل بین ژنوتیپ‌ها (G)، مکانها (L)، محیط ها (E) و نیز برای اثرهای متقابل ژنوتیپ × مکان (GL) و ژنوتیپ× محیط (GE) مشاهده شد. ژنوتیپ‌های پایدار (Stable) و سازگار (Adaptable) با برخی آماره‌های دارای مفهوم استاتیک پایداری مانند واریانس محیطی (S^2) و ضریب رگرسیون ($b\approx 0$) دارای عملکرد اندک اما با برخی دیگر مانند ضریب تغییرات محیطی (CV)، عملکرد متوسط و بالایی داشتند. ژنوتیپ‌های پایدار با مدل ابرهارت و راسل و مفهوم دینامیک پایداری ($bi\approx$۱، $\sum Sdi^2\approx$۰ و $\bar{Y}_i$ بالا) عملکرد گل متوسط و بالاتر داشتند. با استفاده از شاخص برتری (P) ژنوتیپ‌های پرمحصول به‌عنوان سازگار (پایدار در مکان) معرفی شدند. ژنوتیپ‌های پایدار با کمترین واریانس اثر متقابل سال در مکان ($MS_{Y/P}$)، حداقل گل را تولید کردند. رابطه عملکرد گل با آماره‌های S^2، b و $MS_{Y/P}$ مثبت و معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱)، با P و CV منفی و معنی‌دار و با Sd^2 مثبت و غیرمعنی‌دار بود. در نهایت با در نظر گرفتن عملکرد گل و پایداری عملکرد به‌صورت توأم ژنوتیپ‌های یزد۲، اصفهان۵، اصفهان۸، اصفهان۴ و خوزستان۱ دارای عملکرد گل بالا و پایداری و سازگاری عمومی، ژنوتیپ اصفهان۹ دارای عملکرد گل بالا و پایداری و سازگاری خصوصی با مناطق نیمه‌خشک و خشک و همچنین ژنوتیپ اصفهان۷ دارای عملکرد گل بالا و پایداری و سازگاری خصوصی با مناطق نیمه‌معتدل و سردسیری بودند. نتایج نشان داد که یک ژنوتیپ می‌تواند همزمان دارای پایداری استاتیک، دینامیک و عملکرد گل بالا باشد. در مجموع آماره ضریب تغییرات (CV)، جنبه دینامیک آماره‌های رگرسیون ($b\approx 1, Sd^2\approx 0$) و شاخص برتری (P) به‌عنوان پارامترهای مطلوب برای ارزیابی جنبه‌های مختلف (استاتیک و دینامیک) پایداری اسانس در گل‌محمدی پیشنهاد شدند.

واژه‌های کلیدی: اثر متقابل ژنوتیپ× محیط، پایداری استاتیک و دینامیک، گل‌محمدی (*Rosa damascena*)، سازگاری

مقدمه

گل‌محمدی (*Rosa damascena* Mill.) یکی از مهمترین گونه‌های دارویی، معطر و زینتی است که در بسیاری از مناطق جهان مانند بلغارستان، هندوستان، ترکیه و ایران کاشته می‌شود (Yousefi *et al.* 2009; Tabaei Aghdaei *et al.*, 2005). بخش‌های مختلف گل‌محمدی به‌ویژه گل‌های آن در صنایع دارویی، غذایی و معطره (اسانس دار) دارای ارزش و کاربرد می‌باشند. ارزشمندترین بخش گیاه گل‌محمدی (*Rosa*

damascena Mill)، گل‌های معطر آن است. اگرچه در ایران استفاده از گل‌محمدی به‌طور عمده به تهیه گلاب و استفاده دارویی از گلبرگ‌ها محدود شده است اما امروزه توجه به اسانس و عطر و حتی تفاله حاصل از صنایع تبدیلی گل-محمدی معطوف و اسانس گل می‌تواند یکی از منابع ارزشمند صادراتی و درآمدزا برای کشور باشد. بنابراین مهمترین هدف اصلاح نژاد گل‌محمدی تولید و معرفی ارقام با عملکرد گل و اسانس بالا است اما با توجه به متنوع بودن شرایط اکولوژیکی مناطق مورد کشت این گیاه در کشور و تأثیر عوامل محیطی بر عملکرد آن، سازگاری و ثبات عملکرد یا پایداری عملکرد گل ژنوتیپ‌ها نیز به اندازه خود عملکرد آنها اهمیت دارد. از دیدگاه به‌نژادی، ژنوتیپ موفق ژنوتیپی با عملکرد بالا است که برتری عملکرد آن در شرایط محیطی مختلف قابل اعتماد یعنی پایدار باشد. برخی ارقام به طیف وسیعی از شرایط محیطی مختلف سازگاری دارند و برخی دیگر فقط در برخی محیط‌های خاص دارای پایداری خصوصی هستند و عملکرد آنها به‌طور مستقیم بستگی به شرایط محیطی دارد (Wright, 1973). یکی از تکنیک‌های مؤثر آماری برای ارزیابی اثرهای متقابل ژنوتیپ و محیط و تشخیص پایداری صفات تجزیه پایداری (Stability analysis) است که پس از تجزیه واریانس مرکب و تعیین اثرهای محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط و همچنین معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ و محیط انجام می‌شود. آماره‌های پایداری متفاوتی برای ارزیابی پایداری پیشنهاد شده است (Lin *et al*., 1986) که به‌طورکلی در دو گروه روش‌های پارامتری و ناپارامتری تفکیک می‌شوند (Farshadfar, 1998). روش‌های پارامتری نیاز به فرضیات خاصی در مورد داده‌ها و روابط ژنوتیپ‌ها با محیط‌ها (مانند داشتن داده‌هایی با توزیع نرمال، توزیع تصادفی در محیط، یکنواختی واریانس خطای آزمایشی محیط‌های مختلف، افزایشی بودن اثرها) دارند و عدم تحقق آنها، اعتماد به نتایج را کاهش می‌دهد. روش‌های پارامتری خود به دو گروه یک‌متغیره و چندمتغیره تقسیم می‌شوند. روش‌های پارامتری یک‌متغیره نیز شامل:

الف) روش‌های مبتنی بر واریانس محیطی ژنوتیپ مانند واریانس محیطی (S_i^2) و ضریب تغییرات محیطی (CV_i) (Francis &Kannenberg, 1973)؛

ب) روش‌های مبتنی بر تجزیه واریانس مانند برآورد آماره θ_i در روش‌های Plaisted و Peterson (۱۹۵۶) و Plaisted (۱۹۶۰)، اکووالانس ریک (W_i) (Wricke, 1962)، واریانس پایداری شوکلا (σ_i^2) (Shukla, 1972)؛

ج) روش‌های مبتنی بر رگرسیون عملکرد ژنوتیپ بر محیط (b_i) مانند روش Finlay و Wilkinson (۱۹۶۳) و مدل Eberhart و Russel (۱۹۶۶)؛

د) سایر روش‌ها مانند روش Freeman و Perkins (۱۹۷۱)، شاخص برتری (Pi) Lin و Binns (۱۹۸۸) و روش همبستگی‌های ژنتیکی (بین محیط‌ها) می‌باشد.

روش‌های دیگری هم مانند روش Perkins و Jinks (۱۹۶۸)، ضریب تبیین (r^2) (Pinthus, 1973) پیشنهاد شده‌اند که در اصل تغییر یافته روش Eberhart و Russel (۱۹۶۶) هستند.

روش‌های چند متغیره مورد استفاده در تجزیه پایداری را می‌توان به دو گروه انتصابی (Ordination) و طبقه‌بندی (Classification) تفکیک نمود (Farshadfar, 1998). مهمترین روش چند متغیره مورد استفاده در مطالعه اثرهای متقابل و پایداری ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف، مدل اثرهای اصلی جمع‌پذیر و اثر متقابل ضرب‌پذیر Additive Main effects and Multiplicative Interaction (AMMI)) است (Gauch, 1988; Crossa *et al*., 1991; Cornelius, 1993).

ازجمله مهمترین روش‌های ناپارامتری می‌توان به روش-های مجموع رتبه (عملکرد + واریانس شوکلاء) و آماره"پایداری عملکرد" یا YS_i (Kang, 1993) و شاخص پایداری (I)Bajpai و Prabhakaran (۲۰۰۰) اشاره نمود. Lin و همکاران (۱۹۸۶) رابطه بین آماره‌های پایداری را ارزیابی و سه تیپ پایداری را تعریف نمودند و شاخص پایداری (Pi) Lin و Binns (۱۹۸۸) را نیز به‌عنوان تیپ چهارم پایداری مطرح کردند.

هدف این تحقیق، ارزیابی و مقایسه کارآیی مجموعه‌ای از

کاربردی‌ترین آماره‌ها و روش‌های تجزیه پایداری متعلق به تیپ‌های مختلف برای سنجش پایداری (بر اساس اثر متقابل ژنوتیپ × محیط) و سازگاری (بر اساس اثر متقابل ژنوتیپ × مکان) عملکرد گل ۳۵ ژنوتیپ گل‌محمدی در هفت منطقه کشور و طی دو سال بوده است.

مواد و روش‌ها

تعداد ۳۵ ژنوتیپ گل‌محمدی متعلق به تقریباً کل مناطق اکولوژیکی کشور (جدول۱) در هشت مکان شامل استان-های کردستان، همدان، کرمان، فارس، خوزستان، همدان، اصفهان، مرکزی و خراسان رضوی با ویژگی‌های اکولوژیکی متفاوت و مندرج در جدول ۲ طی دو سال (۱۳۸۶ و ۱۳۸۷) بررسی شدند. در قالب طرح ملی سازگاری ژنوتیپ‌های مختلف گل‌محمدی (مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور)، از هر ژنوتیپ به تعداد کافی نهال یکنواخت و سالم برای مناطق اجرایی تهیه و در اسفند ماه ۱۳۸۳ در مناطق اجرایی پروژه در قالب طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و در هر تکرار سه پایه با فاصله ۳×۳ متر (۱۱۱۱ پایه در هکتار) و در چاله‌های با قطر و عمق مناسب (حدود یک متر) کشت گردید. در هر منطقه عملیات زراعی و داشت (آبیاری به-صورت قطره‌ای، وجین دستی و غیره) متناسب در زمان مقتضی و در هر سال انجام شد. اندازه‌گیری و ارزیابی عملکرد گل در پایه به تفکیک ژنوتیپ، تکرار، منطقه و سال به صورت یکنواخت در مزارع تحقیقاتی در سالهای چهارم و پنجم کاشت (۱۳۸۶ و ۱۳۸۷) انجام گردید. برای برآورد میانگین مربعات (واریانس) ژنوتیپ‌ها (G)، محیط-ها (E) و اثرهای متقابل ژنوتیپ ×محیط (GE)، داده‌های عملکرد گل، پس از انجام آزمون بارتلت (Bartlett's test) برای بررسی همگنی خطاهای آزمایش، مورد تجزیه مرکب (به‌صورت اسپلیت پلات در مکان و زمان با طرح پایه بلوکهای کامل تصادفی) قرار گرفتند. تجزیه پایداری بر اساس اثرهای متقابل ژنوتیپ × محیط (برای تشخیص ژنوتیپ‌های پایدار) و ژنوتیپ × محیط (برای تشخیص ژنوتیپ‌های سازگار) با آماره‌ها و روش‌های واریانس محیطی (S_i^2) و ضریب تغییرات (CV_i) Francis و Kannenberg (۱۹۷۳)، روش Finlay و Wilkinson (۱۹۶۳)، روش Eberhart و Russel (۱۹۶۶) و روش Lin و Binns (۱۹۸۸) مشتمل بر دو آماره الف- شاخص پایداری (P_i) و ب- واریانس سال درون مکان ($MS_{Y/P}$) انجام شد. برآورد آماره‌های هر روش بر اساس الگوریتم تعریف شده توسط پیشنهادکنندگان آنها و Singh و Chaudhary(۱۹۷۷) به‌شرح زیر انجام گردید.

۱- واریانس محیطی (S_i^2) از طریق رابطه ۱ برآورد گردید.

رابطه۱: $S_i^2=\Sigma(Y_{ij}-\bar{Y}_{io})^2/q-1$

که در آن Y_{ij} عملکرد گل ژنوتیپ iام در محیط jام، $\bar{Y}_{io}$میانگین عملکرد ژنوتیپ iام در همه محیط‌ها و q تعداد محیط است.

۲- ضریب تغییرات محیطی (CV_i) از طریق رابطه ۲ برآورد شد.

رابطه۲: $$CVi = \left[\frac{Si2}{\bar{Y}i}\right] \times 100$$

۳- ضریب رگرسیون عملکرد گل بر شاخص محیطی (b_i) از طریق رابطه ۳ برآورد گردید.

رابطه۳: $$I_j = \bar{Y}_{oj} - \bar{Y}_{oo} \quad و \quad b_i = \frac{\sum Yij\ Ij}{\sum Ij}$$

که در آن I_j شاخص محیطی، $\bar{Y}_{oj}$ میانگین عملکرد گل ژنوتیپ‌ها در در محیط iام و $\bar{Y}_{oo}$ میانگین کل محیط‌هاست. برای آزمون وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار ضریب رگرسیون برآورد شده با مقدار مورد نظر از آزمون t مطابق رابطه ۴ استفاده شد.

رابطه۴: $$t = \frac{b-\beta}{\sqrt{\frac{MSe(p)}{\sum jI_j^2}}}$$

که در آن β برابر مقدار مفروض، Mse (p) متوسط اشتباه (Mse تجزیه مرکب تقسیم بر تعداد تکرار) و $\sum I_j^2$ مجموع

توان دوم شاخص‌های محیطی می‌باشد. t بدست‌آمده با t جدول با درجه آزادی (g(e-۲ df = (g تعداد ژنوتیپ و e تعداد محیط) و α (۱٪ یا ۵٪) مقایسه گردید.

۴- واریانس ناشی از انحراف از رگرسیون (Sd_i^2) از طریق رابطه ۵ برآورد شد.

رابطه۵: $$Sd_i^2 = \frac{1}{q-2}(\Sigma \delta_{ij}^2) \quad \text{و} \quad \Sigma\delta_{ij}^2 = (\Sigma_j Y_{ij}^2 - Y_{io}^2/q) - (\Sigma_j Y_{ij} I_j)^2 / \Sigma_j I_j^2$$

در فرمول مذکور q تعداد محیط و $\Sigma\delta_{ij}^2$ برابر SS انحرافات، $(\Sigma_j Y_{ij}^2 - Y_{io}^2/q)$ برابر SS کل و $(\Sigma_j Y_{ij} I_j)^2 / \Sigma_j I_j^2$ برابر SS رگرسیون است، یعنی: $SS_{Dev} = SS_{Total} - SS_{Reg}$. برای آزمون معنی‌دار بودن واریانس تلفیقی انحرافات و همچنین واریانس انحراف از خط هر ژنوتیپ از متوسط اشتباه یا اشتباه تلفیقی Mse (p) استفاده شد.

۵- برای آزمون معنی‌دار بودن اختلاف میانگین عملکرد گل ژنوتیپ‌ها با میانگین کل از آزمون t به صورت $t = \frac{(\bar{Y} - \mu)}{\sqrt{(\sum Sd2i)/e}}$ استفاده شد که در آن $\bar{Y}_i$ میانگین ژنوتیپ i، μ میانگین کل ژنوتیپ‌ها در جمعیت، $\sum Sd_i^2$ واریانس تلفیق شده انحرافات و e تعداد محیط می‌باشد. t بدست‌آمده با t جدول با درجه آزادی (g(e-۲ df = و α (۱٪ یا ۵٪) مقایسه شده است

۶- شاخص برتری (Pi): Lin و Binns (۱۹۸۸) کمیت برتری ارقام (P_i) را به صورت مربع مجموع اختلافات عملکرد رقم i ام با میانگین عملکرد رقم با حداکثر عملکرد در هر مکان تقسیم بر دو برابر تعداد مکان (رابطه ۶) برآورد نموده‌اند.

رابطه۶ : $$Pi = \frac{\sum(\bar{y}ij - \bar{y}jmax)^2}{2p}$$ (p تعداد مکان)

۷- واریانس سال درون مکان ($MS_{Y/P}$) برای هر ژنوتیپ به صورت جداگانه پس از تنظیم جدول دو طرفه سال در مکان برای عملکرد گل از رابطه ۷ برآورد گردید.

رابطه۷ :

$$MS_{Y/P} = \frac{SSY/P}{8} \quad \text{و} \quad SS_{Y/P} = SS_{Total} - SS_P \quad \text{(p مکان)}$$

جدول ۱- ژنوتیپ‌های گل‌محمدی مورد بررسی

ژنوتیپ	کد	منشأ	ژنوتیپ	کد	منشأ	ژنوتیپ	کد	منشأ
آذربایجان‌شرقی۱	EA1	استان آذربایجان‌شرقی	فارس۲	FA2	استان فارس	یزد۲	YZ2	استان یزد (یزد)
آذربایجان‌غربی۱	WA1	استان آذربایجان‌غربی	قزوین۱	QZ1	استان قزوین	اصفهان۱	IS1	استان اصفهان (کاشان، کامو)
اردبیل۱	AR1	استان اردبیل	کردستان۱	KR1	استان کردستان	اصفهان۲	IS2	استان اصفهان (کاشان، کامو)
ایلام۱	IL1	استان ایلام	کرمان۱	KM1	استان کرمان	اصفهان۳	IS3	استان اصفهان (کاشان، قمصر)
تهران۱	TH1	استان تهران (دماوند)	کرمانشاه۱	KS1	استان کرمانشاه	اصفهان۴	IS4	استان اصفهان (کاشان، مشهد اردهال)
چهارمحال۱	CM1	چهارمحال و بختیاری	خراسان۲	KO2	استان خراسان رضوی	اصفهان۵	IS5	استان اصفهان (کاشان، کامو)
قم۱	QM1	استان قم	گیلان۱	GU1	استان گیلان	اصفهان۶	IS6	استان اصفهان (کاشان، قمصر)
خوزستان۱	KZ1	استان خوزستان	لرستان۱	LO1	استان لرستان	اصفهان۷	IS7	استان اصفهان (کاشان، مشهد اردهال)
زنجان۱	ZA1	استان زنجان	مرکزی (اراک)۱	AK1	استان مرکزی (اراک)	اصفهان۸	IS8	استان اصفهان (کاشان، کامو)
سمنان۱	SM1	استان سمنان (شاهرود)	هرمزگان۱	HO1	استان هرمزگان	اصفهان۹	IS9	استان اردبیل
سمنان۲	SM2	استان سمنان (سمنان)	همدان۱	HA1	استان همدان	اصفهان۱۰	IS10	استان اصفهان (کاشان، کامو)
بلوچستان۱	BA1	سیستان وبلوچستان	یزد۱	YZ1	استان یزد (شیرکوه)			استان اصفهان (کاشان، قمصر)

جدول ۲- برخی مشخصات اکولوژیکی مناطق مورد مطالعه گل‌محمدی

نام منطقه *	طول جغرافیایی (شرقی)	عرض جغرافیایی (شمالی)	ارتفاع ایستگاه (متر)	دما (درجه سانتی‌گراد)			درصد متوسط رطوبت	بارندگی سالانه (میلیمتر)	تعداد روزهای یخبندان	تبخیر سالانه (میلیمتر)	مجموع ساعات آفتابی
				حداقل	حداکثر	متوسط					
کردستان (سنندج)	۴۷/۰۰	۳۵/۲۰	۱۳۷۳/۴	۵/۴	۲۱/۴	۱۶	٪۴۷	۴۶۲/۴	۱۰۵/۸	۱۳۴۰	۲۸۶۰
همدان (همدان)	۴۸/۳۲	۳۴/۵۱	۱۷۴۹	۳/۳	۱۹/۱	۱۵/۸	٪۵۴	۳۱۶/۶	۱۲۴/۹	۱۵۰۰	۲۹۲۹/۱
مرکزی (اراک)	۴۹/۴۶	۳۴/۶	۱۷۰۸	۶/۹	۲۰/۷	۱۳/۸	٪۴۶	۳۴۱/۵	۹۱/۴	۱۷۵۰	۲۹۷۳/۳
اصفهان (کاشان)	۵۱/۲۷	۳۳/۵۹	۹۸۲/۳	۱۲/۱	۲۶/۱	۱۴	٪۴۰	۱۳۸/۸	۴۳/۶	۲۵۲۶	۲۹۰۶/۲
خوزستان (دزفول)	۴۸/۲۵	۳۲/۱۶	۸۲/۹	۱۵/۸	۳۲	۱۶/۲	٪۴۸	۳۴۳/۸	۱/۶	۲۳۳۴	۳۰۶۶/۱
فارس (استهبان)	۵۳/۴۱	۲۸/۵۸	۱۲۸۸/۳	۱۰/۹	۲۷/۷	۱۶/۸	٪۳۹	۲۹۳/۱	۳۳/۷	۲۱۹۶	۳۳۷۰/۴
کرمان (کرمان)	۵۶/۵۸	۳۰/۱۵	۱۷۵۳/۸	۶/۹	۲۴/۷	۱۷/۸	٪۳۲	۱۵۴/۱	۸۹/۱	۱۸۰۰	۳۱۶۵/۳
خراسان (مشهد)	۵۹/۳۸	۳۶/۱۶	۹۹۹/۲	۷	۲۱/۱	۱۴/۱	٪۵۵	۲۵۵	۹۰/۹	۱۷۲۰	۲۸۸۷/۶

*- مشخصات نزدیکترین ایستگاه سینوپتیک به محل اجرای تحقیق

نتایج

همانطورکه جدول ۳ نشان داده است اثرهای افزایشی ژنوتیپ و محیط (و مکان) و همچنین اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و (ژنوتیپ × مکان) معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. همچنین میانگین مربعات ناشی از اثر محیط و مکان به صورت خطی معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) و میانگین مربعات ناشی از اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به صورت خطی در شرایط ۱۶ محیط معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) اما در شرایط ۸ محیط (مکان) غیرمعنی‌دار بود. میانگین انحرافات از خط رگرسیون عملکرد گل ژنوتیپ-های گل‌محمدی بر شاخص محیطی (I_j) یا انحرافات از رگرسیون تلفیق شده ($\sum Sd_i^2$) هم در هر دو شرایط محیطی بسیار معنی‌دار بود.

ژنوتیپ‌های GU1، LO1، SM2، KM1 و QZ1 در محیط‌ها حداقل واریانس محیطی (S^2) را نشان دادند، پس برای اثر متقابل ژنوتیپ × محیط (GE) پایدار و ژنوتیپ‌های GU1، LO1، KM1، TH1 و BA1 هم برای اثر متقابل ژنوتیپ× مکان (GL) سازگاری (پایداری عملکرد گل در مکان‌های متفاوت) نشان دادند (جدول ۴).

همچنین ژنوتیپ‌های AR1، HO1، KZ1،YZ2 و IS5برای اثر متقابل ژنوتیپ × محیط (GE) و YZ2، BA1، TH1،HO1 و KS1 برای اثر متقابل ژنوتیپ × مکان (GL) حداقل ضریب تغییرات محیطی (CV) را نشان دادند، بنابراین به‌ترتیب پایدارترین و سازگارترین ژنوتیپ‌ها در بین ژنوتیپ-های مورد بررسی گل‌محمدی از لحاظ عملکرد گل بودند (جدول ۴).

با آماره پایداری ضریب رگرسیون عملکرد ژنوتیپ بر شاخص محیطی (b_i) به روش Finlay و Wilkinson (۱۹۶۳) تحت شرط (b≈۰)، از لحاظ عملکرد گل هیچیک از ژنوتیپ‌ها برای محیط‌ها حائز شرایط پایداری نشد و برای اثر متقابل ژنوتیپ × مکان (GL) هم فقط QZ1 با عملکرد گل بسیار کم سازگاری نشان داد.

نتیجه اعمال روش Eberhart و Russel (۱۹۶۶) بر مبنای اثرهای متقابل GE و GL در جدول ۴ خلاصه شده است. این جدول، ضریب رگرسیون عملکرد گل ژنوتیپ بر شاخص محیطی (b_i) و آزمون آن با یک واریانس انحراف از خط رگرسیون ژنوتیپ (Sd_i^2) و آزمون آن با صفر و میانگین عملکرد گل در هکتار ژنوتیپ‌ها ($\bar{Y}_i$) و آزمون آن با میانگین کل ژنوتیپ‌ها را نشان داده است. براساس آن در مجموع ژنوتیپ‌های YZ2، IS5، IS8، IS4، KZ1، AR1، IS3 و BA1دارای شرایط پایداری عملکرد گل بودند و برای اثر متقابل ژنوتیپ × مکان (GL) هم ژنوتیپ‌های YZ2، IS5، IS8، IS4، KZ1، AR1، IS6، IS3، BA1، IS10 و YZ1 دارای شرایط سازگاری برای عملکرد گل بودند.

ژنوتیپ‌های IS9، YZ2، IS8، IS7، IS4، IS5 و IS2 به-ترتیب دارای کمترین مقدار شاخص برتری (P_i) و بیشترین عملکرد گل بودند که نشان‌دهنده پایداری بیشتر ژنوتیپ‌های مذکور برای عملکرد گل با آماره مذکور است.

ژنوتیپ‌هایGU1،LO1،ZA1، SM2 وKR1 دارای کمترین آماره واریانس سال درون مکان ($MS_{Y/P}$) در بین ژنوتیپ‌ها بودند که نشان‌دهنده پایداری بیشتر ژنوتیپ‌های مذکور برای عملکرد گل با معیار مذکور است.

جدول ۳- تجزیه واریانس تلفیقی برای پایداری عملکرد گل بر روی ۱۶ محیط و ۸ مکان

منبع تغییر (SV)	تجزیه واریانس محیط‌ها (سال× مکان)			تجزیه واریانس مکان‌ها		
	DF	SS	MS	DF	SS	MS
ژنوتیپ Genotypes(G)	۳۴	۱۳۱۴۰۸۳۲۹	۳۸۶۴۹۵۰**	۳۴	۶۵۲۳۰۴۶۱	۱۹۱۸۵۴۲**
محیط Environments(E)	۱۵	۷۳۵۳۲۷۲۵۳	۴۹۰۲۱۸۱۶**	۷	۱۴۵۵۳۶۵۲۱	۲۰۷۹۰۹۳۱**
ژنوتیپ × محیط Gen. × Envir. (GE)	۵۱۰	۳۶۹۷۱۲۴۴۷	۷۲۴۹۲۶**	۲۳۸	۱۱۵۲۶۰۴۶۰	۴۸۴۲۸۷**
(ژنوتیپ × محیط)+ محیط E + (GE)	۵۲۵	۱۱۰۵۰۳۹۷۰۰	۲۱۰۴۸۳۷**	۲۴۵	۲۶۰۷۹۶۹۸۱	۱۰۶۴۴۷۷ **
محیط (خطی) Environment (Linear)(L)	۱	۷۳۸۹۵۶۷۵۶	۷۳۸۹۵۶۷۵۶**	۱	۱۴۵۵۳۶۵۲۱	۱۴۵۵۳۶۵۲۱**
ژنوتیپ × محیط (خطی) Gen. × Envir.(Linear)	۳۴	۶۶۰۵۴۲۲۷	۱۹۴۲۷۷۱**	۳۴	۲۲۴۵۵۵۸۹	۶۶۰۴۵۸ ^{ns}
انحراف تلفیق شده Pooled deviation($\sum Sd_i^2$)	۴۹۰	۳۰۵۴۴۵۴۵۴	۶۲۳۳۵۸**	۲۱۰	۹۲۸۰۴۴۱۵	۴۴۱۹۲۵ **
اشتباه تلفیقی Pooled error	۱۰۸۸	۳۱۰۰۲۷۰۵۰	۲۸۴۹۵۱	۵۴۴	۱۰۴۸۳۶۵۹۷	۱۹۲۷۱۴
کل	۵۵۹	۱۲۳۶۴۴۸۰۲۹	-	۲۷۹	۳۲۶۰۲۷۴۴۲	-

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ns: غیرمعنی‌دار نتیجه آزمون بارتلت: برای محیط‌ها $X^2 = ۱۲/۴۷^{ns}$، برای مکان‌ها $X^2 = ۵/۲۴^{ns}$

جدول ۵ همبستگی عملکرد گل با آماره‌های پایداری را نشان داده است. بر اساس آن، میانگین عملکرد گل با آماره‌های پایداری واریانس محیطی (S^2)، ضریب رگرسیون عملکرد گل بر شاخص محیطی (b) و واریانس سال درون مکان ($MS_{Y/P}$) دارای رابطه مثبت و معنی‌دار ($p \leq ۰/۰۱$) بود ولی با شاخص برتری (P) و تغییرات محیطی ژنوتیپ‌ها (CV) رابطه منفی و معنی‌دار و با آماره واریانس انحراف از رگرسیون (Sd_i^2) رابطه مثبت اما غیرمعنی‌دار نشان داد. نتیجه وضعیت پایداری عملکرد گل ژنوتیپ‌های گل‌محمدی در محیط‌های مورد بررسی با روش‌های مختلف در جدول ۶ خلاصه شده است.

جدول ۴- آماره‌های پایداری به روش‌های مختلف برای عملکرد گل ژنوتیپ‌های گل‌محمدی در محیط‌های مورد بررسی

ژنوتیپ		CV_i		S_i^2		b_i ($H_0 : b_i = 0$)		b_i ($H_0 : b_i = 1$)		(Sd_i^2)		P_i	MS Y/P	میانگین ($\bar{Y}_i$)	
		(e= ۱۶)	(e= ۸)	(e= ۱۶)	(e= ۸)	(e= ۱۶)	(e= ۸)	(e= ۱۶)	(e= ۸)	(e= ۱۶)	(e= ۸)			(e= ۱۶)	(e= ۸)
آذربایجان‌شرقی۱	EA1	۷۸,۴۸	۵۶,۸۲	۲۸۷۴۰۱۶,۱۵	۱۵۰۶۱۷۹,۱۳	۰,۹۹۴**	۰,۹۷۸۷**	۰,۹۹۴^{ns}	۰,۹۷۸۷^{ns}	۱۵۹۰۸۹۸,۲۹**	۱۰۹۳۴۱۵,۱۷**	۱۷۰۱۲۴۵,۴	۲۷۵۲۹۶۷,۰۰	۲۱۶۰,۰۳ ^{ns}	۲۱۶۰,۰۳ ^{ns}
آذربایجان‌غربی۱	WA1	۹۴,۴۰	۷۶,۸۳	۷۴۶۶۰۷۷,۸۸	۴۹۴۵۴۹۸,۶۵	۱,۵۹۹**	۲,۰۲۲۲**	۱,۵۹۹**	۲,۰۲۲۲**	۳۹۹۴۳۹۸,۷۹**	۲۹۳۵۸۳۷,۶۷**	۱۶۸۹۴۹۰,۹	۵۹۷۴۸۹۳,۰۰	۲۸۹۴,۶۲**	۲۸۹۴,۶۲**
اردبیل۱	AR1	۴۷,۲۰	۳۳,۰۱	۱۴۴۵۵۶۴,۴۸	۷۱۷۷۴۶,۸۵	۰,۹۵۲**	۱,۰۳۰۵**	۰,۹۵۲ ^{ns}	۱,۰۳۰۵ ^{ns}	۱۸۲۰۷۶,۶۴^{ns}	۱۰۱۴۶۵,۵۰ ^{ns}	۸۶۵۲۴۵,۹	۱۴۸۰۳۰۵,۰۰	۲۵۴۷,۳۷ ^{ns}	۲۵۴۷,۳۷ ^{ns}
ایلام۱	IL1	۶۳,۱۶	۴۲,۱۹	۲۳۷۲۰۳۱,۳۲	۱۲۰۴۳۲۱,۵۳	۰,۸۵۲**	۰,۴۴۱۵*	۰,۸۵۲ ^{ns}	۰,۴۴۱۵**	۱۴۴۸۰۲۴,۴۳**	۱۲۶۹۹۴۰,۵۰**	۱۷۸۷۹۶۹,۶	۲۳۳۹۹۹۶,۰۰	۲۴۳۸,۳۳ ^{ns}	۲۴۳۸,۳۳ ^{ns}
تهران۱	TH1	۶۱,۲۴	۳۱,۹۰	۱۴۶۶۶۹۴,۹۶	۳۹۸۰۷۲,۹۰	۰,۷۴۸**	۰,۴۷۸۶*	۰,۷۴۸*	۰,۴۷۸۶*	۷۲۷۹۷۲,۱۴**	۳۰۵۶۶۸,۸۳ ^{ns}	۱۹۶۴۱۴۰,۵	۲۰۵۳۴۲۵,۰۰	۱۹۷۷,۷۳ ^{ns}	۱۹۷۷,۷۳ ^{ns}
چهارمحال۱	CM1	۵۳,۴۴	۳۳,۷۹	۱۳۸۱۹۷۳,۰۱	۵۵۲۵۵۵,۱۷	۰,۸۶۵**	۰,۶۹۰۹**	۰,۸۶۵ ^{ns}	۰,۶۹۰۹ ^{ns}	۳۵۱۹۳۸,۶۴ ^{ns}	۳۱۳۸۱۷,۰۰ ^{ns}	۱۵۵۴۶۹۹,۶	۱۶۲۴۲۲۸,۰۰	^{ns}۲۱۹۹,۸۱	۲۱۹۹,۸۱ ^{ns}
قم۱	QM1	۶۱,۳۲	۵۳,۱۵	۲۲۹۸۰۳۸,۸۲	۱۷۲۶۸۶۰,۳۷	۱,۰۵۷**	۱,۵۲۳۱**	۱,۰۵۷ ^{ns}	۱,۵۲۳۱*	۷۷۶۱۹۵,۹۳**	۴۰۶۹۸۵,۳۳*	۱۰۸۳۶۷۱,۲	۱۲۸۶۸۱۷,۰۰	۲۴۷۲,۳۲ ^{ns}	۲۴۷۲,۳۲ ^{ns}
خوزستان۱	KZ1	۵۳,۰۱	۳۶,۶۷	۱۸۵۰۸۹۹,۷۱	۸۸۵۷۴۰,۱۵	۱,۰۶۴**	۱,۰۶۸۵**	۱,۰۶۴ ^{ns}	۱,۰۶۸۵ ^{ns}	۲۷۵۶۵۷,۷۹ ^{ns}	۲۴۲۱۷۶,۵۰ ^{ns}	۹۰۱۵۴۵,۷	۱۹۲۰۳۹۲,۰۰	۲۵۶۶,۴۲ ^{ns}	۲۵۶۶,۴۲ ^{ns}
زنجان۱	ZA1	۶۷,۴۱	۵۴,۳۵	۱۱۵۴۸۰۰,۹۸	۷۵۰۵۱۳,۷۳	۰,۶۴۴**	۰,۷۳۷۱**	۰,۶۴۴**	۰,۷۳۷۱ ^{ns}	۶۱۱۳۵۱,۶۴**	۴۹۹۱۱۳,۸۳*	۲۷۲۶۴۱۳,۹	۸۵۱۸۵۳,۰۰	۱۵۹۴,۰۸**	۱۵۹۴,۰۸**
سمنان۱	SM1	۶۵,۳۲	۴۱,۳۵	۱۹۹۰۳۹۷,۰۸	۷۸۵۰۸۷,۵۴	۱,۰۴۵**	۰,۸۷۱۷**	۱,۰۴۵ ^{ns}	۰,۸۷۱۷ ^{ns}	۴۸۶۰۸۰,۲۱*	۳۸۹۳۳۵,۱۷ ^{ns}	۱۶۱۴۵۶۰,۸	۲۳۵۸۰۹۱,۰۰	۲۱۶۰,۰۰ ^{ns}	۲۱۶۰,۰۰ ^{ns}
سمنان۲	SM2	۷۵,۸۰	۵۷,۷۲	۱۰۱۸۹۶۵,۴۸	۵۹۰۹۰۵,۴۳	۰,۴۵۲**	۰,۸۰۱۱**	۰,۴۵۲**	۰,۸۰۱۱ ^{ns}	۷۸۴۲۹۱,۷۹**	۲۴۴۶۵۴,۳۳ ^{ns}	۳۳۵۰۹۰۷,۹	۸۷۶۴۷۶,۰۰	۱۳۳۱,۷۵**	۱۳۳۱,۷۵**
بلوچستان۱	BA1	۵۵,۵۶	۲۷,۳۶	۱۷۳۶۷۲۴,۸۳	۴۱۱۹۸۴,۰۳	۱,۰۶۰**	۰,۷۶۷۵**	۱,۰۶۰ ^{ns}	۰,۷۶۷۵ ^{ns}	۱۶۷۳۶۵,۵۷ ^{ns}	۷۲۴۲۴,۵۰ ^{ns}	۱۲۲۳۵۱۹,۸	۲۵۰۹۳۸۴,۰۰	۲۳۷۱,۸۳ ^{ns}	۲۳۷۱,۸۳ ^{ns}
فارس۲	FA2	۷۱,۶۲	۴۸,۱۲	۲۷۶۹۶۶۵,۹۶	۱۳۲۲۳۸۶,۶۳	۱,۰۹۵**	۰,۹۳۷۲**	۱,۰۹۵ ^{ns}	۰,۹۳۷۲ ^{ns}	۱۱۶۰۰۸۰,۰۰**	۹۳۴۰۱۴,۱۷**	۱۷۱۲۲۱۷,۳	۲۸۷۸۹۴۷,۰۰	۲۳۲۳,۶۶ ^{ns}	۲۳۲۳,۶۶ ^{ns}
قزوین۱	QZ1	۶۵,۰۳	۴۰,۷۶	۱۱۵۳۳۱۱,۹۶	۴۵۴۱۸۰,۹۰	۰,۵۸۳**	۰,۳۶۴۲ ^{ns}	۰,۵۸۳**	۰,۳۶۴۲**	۷۲۳۸۷۴,۵۷**	۴۳۷۹۶۰,۳۳*	۲۸۱۵۵۲۳,۰	۱۳۷۰۵۴۸,۰۰	۱۶۵۱,۵۵**	۱۶۵۱,۵۵**
کردستان۱	KR1	۶۱,۲۹	۴۴,۴۷	۱۱۶۱۱۳۲,۵۰	۶۱۱۳۹۸,۰۴	۰,۶۷۴**	۰,۶۴۳۱**	۰,۶۴۳۱ ^{ns}	۰,۶۷۴**	۵۵۹۲۳۸,۴۳*	۴۲۶۶۹۷,۱۷*	۲۴۳۲۲۶۹,۱	۱۱۰۷۱۷۷,۰۰	۱۷۵۸,۲۴*	۱۷۵۸,۲۴*
کرمان۱	KM1	۶۶,۷۴	۳۹,۲۸	۱۰۲۳۸۷۶,۳۳	۳۵۴۷۱۷,۲۹	۰,۷۰۴**	۰,۵۸۵۲**	۰,۷۰۴*	۰,۵۸۵۲ ^{ns}	۳۵۰۰۱۱,۳۶ ^{ns}	۱۷۶۴۶۴,۸۳ ^{ns}	۲۹۲۰۳۲۴,۴	۱۲۹۹۰۱۳,۰۰	۱۵۱۶,۱۱**	۱۵۱۶,۱۱**
کرمانشاه۱	KS1	۵۷,۷۳	۳۲,۷۴	۱۶۱۳۰۲۷,۰۸	۵۱۸۷۵۲,۰۱	۱,۰۲۲**	۰,۸۹۶۸**	۱,۰۲۲ ^{ns}	۰,۸۹۶۸ ^{ns}	۱۵۱۹۷۳,۰۷ ^{ns}	۴۷۸۰۴,۱۷ ^{ns}	۱۳۹۵۰۲۹,۲	۲۱۱۶۶۱۰,۰۰	۲۲۰۰,۱۰ ^{ns}	۲۲۰۰,۱۰ ^{ns}
خراسان۲	KO2	۶۶,۵۴	۴۵,۴۴	۲۲۱۵۴۰۷,۸۵	۱۰۳۳۱۲۴,۱۹	۱,۱۶۲**	۱,۱۸۱۹**	۱,۱۶۲ ^{ns}	۱,۱۸۱۹ ^{ns}	۳۳۸۸۰۳,۵۰ ^{ns}	۲۳۷۱۹۲,۳۳ ^{ns}	۱۳۱۹۵۱۸,۸	۲۳۴۵۹۲۲,۰۰	۲۲۳۶,۹۶ ^{ns}	۲۲۳۶,۹۶ ^{ns}

ژنوتیپ		CV_i		S_i^2		b_i ($H_0 : b_i = 0$)		b_i ($H_0 : b_i = 1$)		(Sdi^2)		P_i	MS Y/P	میانگین ($\bar{Y}_i$)	
		(e= ۱۶)	(e= ۸)	(e= ۱۶)	(e= ۸)	(e= ۱۶)	(e= ۸)	(e= ۱۶)	(e= ۸)	(e= ۱۶)	(e= ۸)			(e= ۱۶)	(e= ۸)
گیلان۱	GU1	۵۳,۵۴	۳۹,۶۸	۵۶۷۶۷۴,۵۶	۳۱۲۶۰۹,۴۱	۰,۳۲۰**	۰,۴۴۶۵*	۰,۳۲۰**	۰,۴۴۶۵**	۴۵۳۴۶۴,۲۹ ns	۲۲۶۵۶۷,۳۳ ns	۳۲۴۵۷۹۸,۵	۵۲۴۹۴۵,۰۰	۱۴۰۷,۲۸**	۱۴۰۷,۲۸**
لرستان۱	LO1	۹۶,۰۶	۷۰,۵۸	۶۵۴۹۹۰,۸۷	۳۵۳۶۶۲,۷۹	۰,۴۸۳**	۰,۵۲۷۵*	۰,۴۸۳**	۰,۵۲۷۵*	۳۵۰۲۲۴,۷۱ ns	۲۱۹۷۴۷,۸۳ ns	۴۷۲۰۱۲۱,۵	۶۰۹۱۹۸,۰۰	۸۴۲,۵۴**	۸۴۲,۵۴**
مرکزی (اراک)۱	AK1	۶۹,۷۹	۵۱,۶۲	۲۹۸۹۰۹۱,۸۴	۱۶۳۵۴۴۵,۸۵	۱,۳۳۰**	۱,۴۴۱۰**	۱,۳۳۰**	۱,۴۴۱۰*	۵۳۴۲۳۲,۵۰ *	۴۶۹۰۳۲,۶۷*	۱۱۳۱۵۰۲,۱	۲۷۴۲۵۱۷,۰۰	۲۴۷۷,۳۰ ns	۲۴۷۷,۳۰ ns
هرمزگان۱	HO1	۵۰,۶۹	۲۸,۹۵	۱۴۱۹۷۷۹,۱۹	۴۶۲۹۹۸,۱۴	۰,۸۲۶**	۰,۵۲۱۸*	۰,۸۲۶ ns	۰,۵۲۱۸*	۴۹۳۳۷۰,۷۱*	۳۵۱۴۴۶,۰۰ ns	۱۳۸۳۹۸۶,۱	۱۸۵۱۸۳۹,۰۰	۲۳۵۰,۷۴ ns	۲۳۵۰,۷۴ ns
همدان۱	HA1	۶۲,۸۳	۴۵,۱۴	۱۷۴۰۴۳۸,۷۴	۸۹۸۲۰۸,۹۲	۰,۹۰۴**	۱,۰۰۷۲**	۰,۹۰۴ ns	۱,۰۰۷۲ ns	۶۳۱۴۳۳,۲۹**	۳۴۴۹۰۴,۳۳ ns	۱۵۶۳۸۵۰,۵	۱۶۹۱۴۵۷,۰۰	۲۰۹۹,۵۸ ns	۲۰۹۹,۵۸ ns
یزد۱	YZ1	۷۰,۶۳	۴۰,۵۱	۲۷۶۴۹۶۳,۶۲	۹۰۹۷۸۷,۳۳	۱,۲۸۸**	۰,۹۹۲۸**	۱,۲۸۸*	۰,۹۹۲۸ ns	۴۶۱۰۵۵,۷۱ ns	۳۷۸۳۷۲,۶۷ ns	۱۳۰۳۶۵۴,۸	۳۵۹۲۱۷۹,۰۰	۲۳۵۴,۳۲ ns	۲۳۵۴,۳۲ ns
یزد۲	YZ2	۵۱,۳۴	۲۵,۳۹	۲۲۸۰۷۴۱,۲۳	۵۷۵۶۳۷,۶۳	۱,۱۵۲**	۰,۸۶۰۷**	۱,۱۵۲ ns	۰,۸۶۰۷ ns	۴۴۳۵۳۲,۵۷ ns	۱۵۸۱۱۹,۳۳ ns	۶۰۲۰۶۶,۵	۳۲۶۹۰۲۴,۰۰	۲۹۴۱,۶۳**	۲۹۴۱,۶۳**
اصفهان۱	IS1	۶۰,۸۱	۴۶,۵۵	۲۷۲۹۷۷۷,۹۸	۱۵۹۰۴۴۸,۳۲	۱,۲۵۵**	۱,۳۴۶۶**	۱,۲۵۵*	۱,۳۴۶۶ ns	۵۴۸۹۹۴,۶۴*	۵۹۸۸۰۷,۵۰**	۹۲۴۳۹۴,۰	۲۳۸۱۴۲۸,۰۰	۲۷۱۶,۹۲*	۲۷۱۶,۹۲ ns
اصفهان۲	IS2	۶۳,۲۰	۵۰,۱۹	۲۶۴۳۴۹۸,۶۳	۱۶۶۷۶۲۸,۴۴	۱,۲۷۴**	۱,۵۹۷۶**	۱,۲۷۴*	۱,۵۹۷۶**	۳۸۵۸۸۷,۷۹ ns	۱۷۶۷۳۹,۸۳ ns	۸۵۵۳۹۰,۴	۲۰۳۸۲۱۰,۰۰	۲۵۷۲,۸۰ ns	۲۵۷۲,۸۰ ns
اصفهان۳	IS3	۶۴,۸۳	۴۷,۳۶	۲۴۹۹۲۶۱,۶۹	۱۳۳۳۸۲۵,۹۴	۱,۲۲۶**	۱,۳۰۰۷**	۱,۲۲۶ ns	۱,۳۰۰۷ ns	۴۱۱۴۳۷,۵۷ ns	۳۸۳۶۴۱,۱۷ ns	۱۲۱۶۴۶۳,۰	۲۳۵۱۹۲۰,۰۰	۲۴۳۸,۶۲ ns	۲۴۳۸,۶۲ ns
اصفهان۴	IS4	۵۳,۴۸	۴۰,۱۳	۱۹۰۳۵۰۶,۴۶	۱۰۷۱۸۳۷,۱۵	۱,۰۷۲**	۱,۲۲۶۷**	۱,۰۷۲ ns	۱,۲۲۶۷ ns	۳۰۵۸۶۳,۲۹ ns	۲۰۷۵۳۵,۸۳ ns	۸۰۷۱۳۳,۵	۱۶۹۳۳۶۰,۰۰	۲۵۷۹,۹۱ ns	۲۵۷۹,۹۱ ns
اصفهان۵	IS5	۵۳,۲۴	۳۷,۶۸	۱۹۷۴۵۰۴,۶۳	۹۸۸۷۷۹,۱۶	۱,۰۸۷**	۱,۱۱۶۱**	۱,۰۸۷ ns	۱,۱۱۶۱ ns	۳۳۳۱۴۱,۷۹ ns	۲۹۰۲۱۴,۶۷ ns	۸۴۵۷۸۵,۸	۱۹۷۱۸۳۳,۰۰	۲۶۳۹,۱۲ ns	۲۶۳۹,۱۲ ns
اصفهان۶	IS6	۶۱,۶۹	۴۴,۱۱	۲۴۵۵۲۷۱,۰۳	۱۲۵۵۲۴۵,۹۹	۱,۲۴۲**	۱,۳۲۲۷**	۱,۲۴۲*	۱,۳۲۲۷ ns	۳۰۳۲۹۴,۰۷ ns	۲۵۱۹۳۱,۵۰ ns	۹۶۷۰۸۹,۴	۲۴۰۶۹۵۳,۰۰	۲۵۳۹,۹۸ ns	۲۵۳۹,۹۸ ns
اصفهان۷	IS7	۵۷,۳۳	۴۱,۱۱	۲۵۲۰۶۰۰,۱۶	۱۲۹۵۸۱۲,۳۴	۱,۱۹۹**	۱,۱۷۴۵**	۱,۱۹۹ ns	۱,۱۷۴۵ ns	۵۳۳۵۰۷,۸۶*	۵۵۵۷۵۷,۱۷**	۸۰۳۸۷۲,۳	۲۴۵۸۴۵۴,۰۰	۲۷۶۹,۱۵**	۲۷۶۹,۱۵*
اصفهان۸	IS8	۵۳,۹۳	۴۱,۵۳	۱۹۷۰۱۰۷,۹۱	۱۱۶۸۵۶۰,۶۲	۱,۱۳۲**	۱,۳۵۱۱**	۱,۱۳۲ ns	۱,۳۵۱۱ ns	۱۷۷۱۲۸,۴۳ ns	۹۸۱۹۴,۸۳ns	۷۸۸۵۴۱,۷	۱۶۴۸۹۷۱,۰۰	۲۶۰۲,۷۵ ns	۲۶۰۲,۷۵ ns
اصفهان۹	IS9	۶۶,۰۰	۴۶,۲۰	۴۲۴۲۲۲۰,۳۸	۲۰۷۸۳۰۴,۸۱	۱,۶۸۳**	۱,۷۷۶۲**	۱,۶۸۳**	۱,۷۷۶۲**	۲۷۲۷۰۷,۷۹ ns	۲۳۸۲۱۷,۵۰ ns	۲۹۳۷۹۹,۹	۴۳۱۷۱۳۰,۰۰	۳۱۲۰,۶۳**	۳۱۲۰,۶۳**
اصفهان۱۰	IS10	۵۷,۲۴	۴۰,۰۰	۱۸۱۸۰۱۶,۶۲	۸۸۷۸۹۴,۳۵	۰,۹۸۱**	۰,۹۷۰۴**	۰,۹۸۱ ns	۰,۹۷۰۴ ns	۴۹۸۰۲۲,۶۴*	۳۸۳۲۰۵,۰۰ ns	۱۲۳۰۵۳۴,۸	۱۸۵۴۹۶۶,۰۰	۲۳۵۵,۷۴ ns	۲۳۵۵,۷۴ ns

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

جدول ۵- ضریب همبستگی بین آماره‌های پایداری به روش‌های مختلف مورد بررسی و عملکرد گل ژنوتیپ‌های گل‌محمدی

نام صفت	CV (e =۱۶)	CV (e =۸)	S^2 (e =۱۶)	S^2 (e =۸)	b (e =۱۶)	b (e =۸)	Sd^2 (e =۱۶)	Sd^2 (e =۸)	P	$MS_{Y/P}$
عملکرد گل ($\bar{Y}$)	-۰/۳۵*	-۰/۲۳	۰/۶۵**	۰/۵۳**	۰/۸۷**	۰/۶۹**	۰/۱۲	۰/۲۰	-۰/۹۴**	۰/۶۸**

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ e= تعداد محیط

جدول۶- خلاصه وضعیت پایداری عملکرد گل ژنوتیپ‌های گل‌محمدی در محیط‌های مورد بررسی با روش‌های مختلف

روش ارزیابی پایداری	آماره	ملاک پایداری	محیط	ترتیب ژنوتیپ‌های پایدار
Francis و Kannenberg(۱۹۷۳)	واریانس محیطی (S_i^2)	واریانس محیطی (S_i^2) کوچکتر	محیط‌ها (۱۶)	GU1، LO1، SM2، KM1 و QZ1
			مکان‌ها (۸)	GU1، LO1، KM1، TH1 و BA1
	ضریب تغییرات محیطی (CV_i)	ضریب تغییرات محیطی CV_i کوچکتر	محیط‌ها ۱۶)	AR1، HO1، YZ2، KZ1 و IS5
			مکان‌ها (۸)	BA1، YZ2، HO1، TH1 و KS1
Finlay و Wilkinson (۱۹۶۳)	ضریب رگرسیون ژنوتیپ بر محیط (b_i)	ضریب رگرسیون (b_i =0)	محیط‌ها ۱۶)	-
		میانگین عملکرد ($\bar{Y}_i$) بیشتر	مکان‌ها (۸)	QZ1
Eberhart و Russel (۱۹۶۶)	ترکیب سه آماره $\bar{Y}_i$ و Sd_i^2 b_i	ضریب رگرسیون (b_i =0)	محیط‌ها ۱۶)	YZ2، IS5، IS8، IS4، KZ1، AR1، IS3 و BA1
		واریانس انحراف (Sd_i^2=0)		
		میانگین عملکرد ($\bar{Y}_i$) معادل میانگین کل اکسشنها و بیشتر	مکان‌ها (۸)	YZ2، IS5، IS8، IS4، KZ1، AR1، IS6، IS3، BA1، IS10 و YZ1
Lin و Binns (۱۹۸۸)	P_i	شاخص برتری اکسشن (P_i) کوچکتر	مکان‌ها (۸)	IS9، YZ2، IS8، IS7، IS4، IS5 و IS2
	MSY/P	واریانس‌سال /مکان(MSY/P)کوچک	مکان‌ها (۸)	GU1، LO1، ZA1، SM2 و KR1

ژنوتیپ‌های برتر از نظر میانگین عملکرد گل به‌ترتیب IS9**، YZ2**، WA1**، IS7**، IS1*، IS5 ns، IS8 ns، IS4 ns، IS2 ns و KZ1 ns است.

بحث

معنی‌دار شدن واریانس اثرهای متقابل ژنوتیپ× محیط و ژنوتیپ × مکان مؤید آن است که اختلاف بین عملکرد گل ژنوتیپ‌ها از محیطی به محیط دیگر یا مکانی به مکان دیگر متفاوت بوده است. به‌عبارت دیگر ترتیب و مقدار عملکرد گل ژنوتیپ‌ها در محیط‌ها (و مکان‌ها) متفاوت بوده است. وجود اثر متقابل معنی‌دار ژنوتیپ × محیط (GE) زمینه لازم برای اعمال تجزیه پایداری و تشخیص ژنوتیپ‌های پایدار برای عملکرد گل است. Kempton و Fox (۱۹۹۷) سازگاری (Adaptation) را به‌عنوان پایداری (Stability) عملکرد در بعد مکانی (Spatial dimension) تعریف کردند، بنابراین ژنوتیپ‌های پایدار برای اثر متقابل ژنوتیپ× مکان (GL) را می‌توان به‌عنوان ژنوتیپ‌های سازگار معرفی نمود.

مطابق نتایج حاصل، ژنوتیپ‌های پایدار با پارامتر S^2، گل بسیار کمی را تولید کردند. این آماره در واقع پایداری "بیولوژیکی" یا "استاتیک" را اندازه‌گیری می‌کند و از آنجا که ژنوتیپ‌های پایدار بیولوژیکی، واکنشی به بهبود شرایط محیط ندارند، این نوع پایداری به‌ندرت ویژگی دلخواه ارقام زراعی است (Becker & León, 1988). البته بر اساس نظر Becker و Leon (۱۹۸۸) سودمندی پایداری تیپ اول (پایداری استاتیک) به سطح منطقه مورد نظر بستگی دارد. در سطوح کوچک و همچنین زمانی که محیط‌های مورد نظر دارای تفاوت خیلی زیادی باهم نباشند، این تیپ پایداری می‌تواند مطلوب باشد. با توجه به عملکرد گل بسیار پائین

ژنوتیپ‌های پایدار و سازگار با واریانس محیطی (S^2) و نیز وسعت و تنوع اکولوژیکی سطح عمل در این تحقیق، این آماره معیار مناسبی برای ارزیابی پایداری عملکرد و اجزای عملکرد گل و اسانس گل‌محمدی نیست.

میانگین عملکرد گل همه ژنوتیپ‌های پایدار با آماره ضریب تغییرات محیطی (CV) بیشتر از میانگین کل عملکرد گل بود. ضریب همبستگی منفی ضریب تغییرات محیطی با میانگین عملکرد گل نیز مؤید آن است که ژنوتیپ‌های پایدار و سازگار با ضریب تغییرات محیطی معمولا دارای میانگین عملکرد گل در حدود میانگین کل عملکرد ژنوتیپ‌ها و یا بیشتر از آن می‌باشند که مغایر نظر Moghadam (۱۹۹۴)، Lin و همکاران (۱۹۸۶) و Becker و Leon (۱۹۸۸) است. آنان اعلام نمودند که ژنوتیپ‌های پایدار با آماره‌های پایداری استاتیک مانند واریانس و ضریب تغییرات محیطی، عملکرد بسیار کمی دارند و تنها ژنوتیپ‌های با عملکرد کم فنوتیپ مشابهی را در محیط‌های مختلف نشان می‌دهند. بنابراین می‌توان اعلام کرد که اگرچه ژنوتیپ‌های پایدار و سازگار با پایداری تیپ اول (پایداری استاتیک) معمولا دارای همبستگی منفی با عملکرد می‌باشند، ولی این موضوع مطلق نبوده و می‌توان در بین چنین ژنوتیپ‌هایی هم ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا پیدا نمود. وجود ژنوتیپ YZ2 که بعد از ژنوتیپ IS9بیشترین عملکرد گل را داشته است و جزو پایدارترین و سازگارترین ژنوتیپ‌ها با آماره ضریب تغییرات محیطی هم بوده است و همچنین ژنوتیپ IS5 با عملکرد بیشتر از میانگین و جزو ژنوتیپ‌های پایدار با ضریب تغییرات محیطی، تأیید کننده استنتاج مذکور است. با توجه به موارد ذکرشده به‌ویژه امکان دستیابی به ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و دارای پایداری و سازگاری عملکرد گل با این معیار، آماره CV محیطی به‌عنوان معیار مناسبی برای ارزیابی پایداری و سازگاری عملکرد گل ژنوتیپ‌های گل‌محمدی است.

با آماره ضریب رگرسیون Finlay و Wilkinson (۱۹۶۳) با شرط ($b\approx$۰)، از لحاظ عملکرد گل هیچ ژنوتیپی در محیط‌ها حائز شرایط پایداری نشد و برای مکان‌ها هم فقط QZ1 با عملکرد گل بسیار کم سازگار بود. این بیانگر آن است که ژنوتیپ‌های مورد بررسی گل‌محمدی در تولید گل کم و بیش نسبت به تغییرات محیطی حساسیت دارند و تنها ژنوتیپ‌های با عملکرد گل بسیار پایین ضریب رگرسیون پایینی (در حد صفر) را در محیط‌ها نشان داده است. بنابراین آماره $b\approx$ ۰ هم برای مطالعات پایداری گل توصیه نمی‌شود.

ژنوتیپ‌های پایدار و سازگار با روش Eberhart و Russel (۱۹۶۶) دارای عملکرد گل در حد میانگین کل ژنوتیپ‌ها (۲۲۶۳/۱۴ کیلوگرم در هکتار) و یا بیشتر از آن بودند. این نتیجه دور از انتظار نیست، زیرا آماره‌های مدل مذکور پایداری دینامیک یا زراعی عملکرد را تشخیص و تعیین می‌نماید و ژنوتیپ پایدار در این تیپ پایداری ژنوتیپی است که واکنش یا پاسخ آن به محیط‌ها برابر متوسط واکنش تمام ژنوتیپ‌های آزمایش باشد (Lin *et al*., 19866). اما وجود ژنوتیپ‌های IS5 و به‌ویژه YZ2 که بعد از ژنوتیپ IS9 بیشترین عملکرد گل را داشتند و هم جزو پایدارترین و سازگارترین ژنوتیپ‌ها با روش مذکور هم بودند مؤید آن است که یک ژنوتیپ می‌تواند دارای هر دو تیپ پایداری استاتیک (با آماره CV) و دینامیک (آماره‌های روش Eberhart و Russel، ۱۹۶۶) باشد و همزمان بالاترین عملکرد را داشته باشد. همچنین در بین ۸ ژنوتیپ پایدار در محیط‌های مختلف ۵ ژنوتیپ با برترین میانگین عملکرد گل و در بین ۱۰ ژنوتیپ سازگار در مکان‌های مختلف هم ۷ ژنوتیپ با برترین میانگین عملکرد گل جزو گروه ژنوتیپ‌های اصفهان و یزد بودند. بنابراین به نظر می‌رسد که دو صفت عملکرد گل و پایداری عمومی عملکرد تا حدی به هم پیوسته باشند و گزینش‌های خواسته و ناخواسته باغداران کاشان (اصفهان) منجر به بهبود همزمان عملکرد گل و پایداری آن شده است. بنابراین روش Eberhart و Russel (۱۹۶۶) می‌تواند روشی مناسب برای ارزیابی پایداری و سازگاری عمومی عملکرد گل در گل‌محمدی باشد. روش Freeman و Perkins (۱۹۷۱) و Bernardo (۲۰۰۲) این روش را پرکاربردترین روش ارزیابی پایداری عملکرد معرفی نمودند. این روش به‌طور گسترده‌ای برای تعیین ژنوتیپ‌های پایدار نباتات چندساله بوته‌ای، درختچه‌ای و درختی مانند یونجه (Ansari & Yousefi,

2001)، کائوچو (*Hevea brasiliensis* Muell) (Paulo *et* Omokhafe, 2004 ; *al*., 1999)، چای (Wachira *et al*., 2002) و کاج داگلاس(Campbell, 199) استفاده شده است.

ژنوتیپ‌های پایدار با شاخص پایداری Lin (P) و Binns (۱۹۸۸) دارای بالاترین عملکرد گل در بین ژنوتیپ‌ها بودند. پایداری برخی ژنوتیپ‌های اصفهان۵ و به‌ویژه یزد۲ با شاخص*P* تأیید دوباره‌ای بر امکان تجمیع پایداری تیپ‌های مختلف در یک یا چند ژنوتیپ در ترکیب توأم عملکرد بالا و پایداری عملکرد می‌باشد. مزیت آماره *Pi* آن است که بر خلاف *bi* برای یک ژنوتیپ مستقل از ژنوتیپ‌های دیگر در آزمایش است و بنابر تقسیم‌بندی Lin و Binns (۱۹۸۸) به‌عنوان یک تیپ مجزای پایداری و در ضمن به‌عنوان یک آماره وراثت‌پذیر در نظر گرفته شده است. بنابراین شاخص برتری Lin (*Pi*) و Binns (۱۹۸۸) هم به‌عنوان یکی از آماره‌های مناسب برای تشخیص ژنوتیپ‌های پرمحصول و پایدار معرفی می‌شود.

میانگین تمام ژنوتیپ‌های پایدار برای عملکرد گل با آماره واریانس سال در مکان ($MS_{Y/P}$) به صورت معنی‌داری کمتر از میانگین کل عملکرد گل ژنوتیپ‌ها بود. به‌عبارت دیگر می‌توان اعلام کرد که فقط ژنوتیپ‌های با میانگین عملکرد گل کمتر نسبت به تغییرات زمانی (شامل سال و سن گیاه در گیاهان چند ساله برای صفاتی مانند عملکرد گل) واکنش کمتر نشان داده و واریانس سال درون مکان کمتری دارد. همبستگی مثبت و معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۱$) آن با میانگین عملکرد گل هم این موضوع را تأیید می‌نماید. اگرچه این آماره هم اطلاعاتی را به روش‌های تشخیص ژنوتیپ‌های پایدار می‌افزاید اما بکارگیری آماره واریانس سال در مکان در مورد صفاتی مانند عملکرد گل با توجه به وابستگی شدید آنها به سن گیاه و طبیعی بودن تنوع در بین سال‌ها و همچنین اختلاط اثر سال با سن گیاه ایراد داشته و توصیه نمی‌شود.

ارزیابی روابط عملکرد گل با آماره‌های پایداری نشان داد که رابطه عملکرد گل با برخی آماره‌ها مانند واریانس محیطی ژنوتیپ‌ها (S_i^2)، واریانس سال درون مکان ($MS_{Y/P}$) و ضریب رگرسیون عملکرد صفات بر شاخص محیطی (b_i) به نوعی مطلق مثبت است، یعنی هر چه عملکرد بیشتر گردد آماره‌های مذکور هم به‌طور طبیعی معمولا بیشتر خواهند شد و با آماره شاخص برتری (P_i) از نوع مطلق منفی است، یعنی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالاتر P_i کوچکتری دارند اما با آماره‌های ضریب تغییرات محیطی ژنوتیپ‌ها (CV_i) و واریانس انحراف از رگرسیون (Sd_i^2) حالت نسبی دارد، یعنی ژنوتیپ‌های با عملکرد بیشتر می‌توانند مقادیر کم یا زیاد این آماره‌ها را با توجه به نوع ژنوتیپ و شرایط آزمایش دارا باشند. در مجموع آماره‌های ضریب تغییرات محیطی ژنوتیپ‌ها (CV_i) Francis و Kannenberg (۱۹۷۳) و شاخص برتری Lin و Binns (۱۹۸۸) (Pi) برای تشخیص ژنوتیپ‌های با عملکرد گل بالاتر و پایداری عملکرد بیشتر با مفهوم پایداری استاتیک (مطلق) و آماره‌های روش Eberhart و Russel (۱۹۶۶) به‌ویژه واریانس انحراف از رگرسیون (Sd_i^2) برای تشخیص ژنوتیپ‌های با عملکرد گل بالاتر و پایداری عملکرد بیشتر با مفهوم پایداری دینامیک (نسبی) در گونه گل‌محمدی توصیه می‌شود.

در نهایت با در نظر گرفتن عملکرد گل و پایداری عملکرد به‌صورت توأم ژنوتیپ‌های یزد۲، اصفهان۵، اصفهان۸، اصفهان۴ و خوزستان۱ دارای عملکرد گل بالا و پایداری و سازگاری عمومی، ژنوتیپ اصفهان۹ دارای عملکرد گل بالا و پایداری و سازگاری خصوصی با مناطق نیمه‌خشک و خشک و همچنین ژنوتیپ اصفهان۷ دارای عملکرد گل بالا و پایداری و سازگاری خصوصی با مناطق نیمه‌معتدل و سردسیری بودند. نتایج این بررسی می‌تواند در برنامه‌های اصلاح گل‌محمدی و ایجاد کولتیوارهای با عملکرد و پایداری عملکرد گل بالاتر و همچنین سازگاری بیشتر در جهت تولید و بهره‌برداری تجاری این گیاه مورد استفاده قرار گیرد.

همچنین در تأیید نتایج سایر محققان مانند Moghadam (۱۹۹۴)، Lin و همکاران (۱۹۸۶)، Omokhafe (۲۰۰۴) می‌توان استنباط نمود که نوع و ترتیب ژنوتیپ‌های پایدار نه تنها در صفات مختلف (عملکرد گل و اجزای آن) در گل‌محمدی بلکه برای یک صفت هم با مدلهای مختلف تجزیه پایداری، می‌تواند متفاوت باشد. در ضمن اگرچه Falkenhagen (۱۹۹۶) و Kanzler (۲۰۰۲) بیان نمودند که

روش‌های چند متغیره ارزیابی پایداری ژنوتیپ‌ها مانند روش اثرهای اصلی جمع‌پذیر و اثرهای متقابل ضرب‌پذیر (AMMI) هیچگونه مزیت مازادی بر روش‌های کلاسیک تعیین پایداری (مانند آماره‌ها و روش‌های مورد بررسی در این تحقیق) به‌ویژه در نباتات چند ساله و درختان جنگلی ندارند، اما توصیه می‌گردد روش‌های چند متغیره به ویژه روش AMMI و همچنین روش‌های ناپارامتری مانند مجموع رتبه Kang (عملکرد + واریانس شوکلاء) (*KRS*) و آماره پایداری عملکرد (YS_i) (Kang, 1993) و شاخص پایداری Bajpai (*I*) و Prabhakaran (۲۰۰۰) هم در ارزیابی‌های آینده سنجش پایداری و سازگاری عملکرد گل در ژنوتیپ-های گل‌محمدی مورد توجه قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

- Ansari, N. and Yousefi, B., 2001. Investigation of the stability analysis of forage yields of *Medicago sativa* cultivars in Lorestan Province. Pazuhesh & Sazandagi, 14 (1): 64-67. (In Persian).
- Bajpai, P.K. and Prabhakaran, V.T., 2000.A new procedure of simultaneous selection for high yielding and stable crop genotypes. Indian Journal of Genetic, 60:141-146.
- Becker, H.C. and Leon, J., 1988. Stability analysis in plant breeding. *Plant Breeding* 101:1-23.
- Campbell, D.R., 1996. Evolution of floral traits in a hermpahorditic plant: Field measurments of heritabilities and genetic correlatio[ns]. Evolution, 50: 1442–1453.
- Cornelius, P.L., 1993. Statistical tests and retention of terms in the additive main effects and multiplicative interaction model for cultivar trials. Crop Science, 33: 1186 - 1193.
- Crossa, J., 1990. Statistical analysis of multi-location trials. Advances in Agronomy, 44: 55-85.
- Crossa, J., Fox, P.N., Pfeiffer, W.H., Rajaram, S. and Gauch, H.G., 1991. AMMI adjustment for statistical analysis of an international wheat yield trial. Theoretical and Applied Genetics, 81: 27-37.
- Eberhart, S.A. and Russell, W.A., 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science, 6: 36-40.
- Falkenhagen, E.R., 1996. A comparison of the AMMI method with some classical statisticalmethods in provenance research: A case of the South African *Pinus radiata* trials. Forest Genetics, 3(2), 81- 87.
- Farshadfar, E. (1998). The application of quantitative genetics in plant breeding, Vol 2. Taq- Bostan Press, Kermanshah, Iran. 396p. (In Persian).
- Finlay, K.W.and Wilkinson, G.N., 1963. The analysis of adaptation in plant breeding programme. Australian Journal of Agricultural Research, 14:742-754.
- Francis, T.R. and Kannenberg, L.W. , 1973. Yield stability studies in short-season Maize. Canadian Journal of Plant Science, 58:1028-1034.
- Freeman, G.H. and Perkins, J.M., 1971. Environmental and genotype-environment components of variability: VIII. Relations between genotypes grown in different environments and measures of these environments. Heredity 27: 15 - 23.
- Gauch, J.H.G., 1988. Model selection and validation for yield trials with interaction. Biometrics, 44: 705 - 715.
- Kang, M.S., 1993. Simultaneous selection for yield and stability in crop performance trials: Consequences for grower. Agronomy Journal, 85: 754-757.
- Kanzler, A., 2002. Genotype × Environment Interaction in *Pinus patula* and its Implications in South Africa . Faculty of North Carolina State University Department of Forestry, Raleigh, NC, 249 p.
- Kempton, R.A. and Fox, P.N., 1997. Statistical methods for plant variety evaluation, London, Chapman & Hall. p: 139-161.
- Lin, C.S., Burns, M.R. and Lefkovitch, L.P., 1986. Stability analysis: Where do we stand?.Crop Science, 26,894-900.
- Lin, C.S. and Binns, M.R., 1988. A superiority measure of landrace performance forlandrace x location data. Canadian Journal of Plant Sciences, 68,193-198.
- Moghadam, M., 1994. Advanced plant breeding (Course notes of undergraduate students in crop breeding). Faculty of Agriculture, Tabriz University. 120 p. (In Persian).
- Omokhafe, K.O., 2004. Interaction between flowering pattern and latex yield in *Hevea brasilie[ns]is* Muell. Crop Breeding and Applied Biotechnology, 4:280-284.
- Paulo, S.G., Fujihara, A.F., Ortolant, A.A., Bataglia, O.C., Bortoletto, N. and Junior, L.S., 1999. Phenotypic stability and genetic gai[ns] in six-year girth growth of Hevea clones. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 34(7):1223-1232.
- Perki[ns], J.M. and Jinks, J.L., 1968. Environmental polypeptide pattern as indicator of salt tolerance inand genotype environmental components of some *Brassica* species. Proceeding of the 26[th]variability III. Multiple lines and crosses. Heredity, Annual meeting of Genetics Alex., 29-30 Sept.23: 339-356.

Specialized plants and ecology, 1: 45-54 (In Persian).
– Vogler, W.D., Perets, S. And Stephenson, A.G., 1999. Floral plasticity in an iteroparous plant : the interactive effects of genotype , environment and ontogeny in *Campanula rapunculoides* . American Journal of Botany, 86(4), 482–494.
– Wachira, F., Ng'etich, W., Omolo, J. and Mamati, G., 2002. Genotype × environment interactions for tea yields. Euphytica, 127(2):78-89.
– Wricke, G., 1962. Űber eine methode zur erffassung der ŏkologischen Streubreite in feldversuchen. Z. Pflanzenzuchtg. 47:92-96.
– Wright, J.W., 1973. Genotype-environment interaction in north central United States. Forest Science, 19: 113 - 123.
– Yousefi, B., Tabaei-Aghdaei, S.R., Darvish F. and Assareh, M.H., 2009. Flower yield performance and stability of various *Rosa damascena* Mill. Landraces under different ecological conditions. Scientia Horticulturae, 121: 333–339.
– Pinthus, M.J., 1973. Estimate of genotypic value: A proposed method. Euphytica, 22: 121-123.
– Plaisted, R.L. and Peterson, L.C., 1959. A technique for evaluation the ability of selection for yield consistency in different locations or seasons. American Journal of Potato Research,36:381-385.
– Plaisted, R.L.,1960. A shorter method for evaluating the ability of selections to yield consistently over locations. American Journal of Potato Research, 37:166-172.
– Shukla, G.K.,1972. Some statistical aspect of genotype-environment components of variability. Heredity, 29: 237-245.
– Singh, R.K. and B.D. Chaudhary, 1977. Biometrical methods in quantitative genetic analysis. Kalyani Publishers, New Delhi, 288p.
– Tabaei Aghdaei, S.R. Farhangian, S. and Jafari, A.A., 2005. Yield components in genotypes of Damask rose (*Rosa damascena* Mill.) Central regions of the country using path analysis. Iranian journal

Evaluation of stability analysis models for the selection of high flower yield and stability in *Rosa damascene* Mill. genotypes

B. Yousefi[1*] and S. R. Tabaei Aghdaei[2]

1*- Corresponding author, Assoc. prof, Research Division of Natural Resources, Kurdistan, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Sanandaj, I.R. Iran. Email: bayzidyousefi@yahoo.com

2- Prof., Dept. Biotechnology, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I.R. Iran.

Received: 10.07.2019 Accepted: 06.04.2020

Abstract

In order to determination of appropriate stability parameters, the flower yields of 35 *Rosa damascena* genotypes in eight regions of Iran (Kurdistan, Hamedan, Kerman, Fars, Khuzestan, Isfahan, Markazi, and Khorasan) were evaluated for two years (2007-2008) using randomized complete block design with three replications. Significant differences ($P \leq 0.01$) were observed for flower yield among genotypes (G), locations (L), environments (E), and also for genotype× location (GL) and genotype× environment (GE) interactions. The stable and adaptable genotypes with some static concepts of stability parameters such as environmental variance (S2) and regression coefficient ($b \approx 0$) had low yield, but with environmental coefficient of variation (CV_E) had high performance. The stable genotypes according to Eberhart and Russell model and the concept of stability dynamics ($bi \approx 1$, $\sum Sd_i^2 \approx 0$, and high $\bar{Y}_i$) had moderate to high flower yields. According to the superiority index (P), high yielding genotypes were determined as compatible (stable in location). The stable genotypes with the lowest year by location (YL) variance had the lowest flowers yield. The flower yield was positively correlated with S2, b and $MS_{Y/L}$ ($p<0.01$) and negatively correlated with superiority index (P) and CV_E ($p<0.01$). Based on both flower yield and stability, it was found that genotypes of Yazd 2, Isfahan 5, Isfahan 8, Isfahan 4, and Khuzestan 1 had high flower yield, stability, and general adaptation over locations. The genotypes Isfahan 9 and Isfahan 7 had high flower yield, stability, and specific adaptation with semi-arid and arid areas and also the genotype of Isfahan7 had high flower yield, stability and specific adaptation with semi temperate and cold areas in Iran. It was concluded that a genotype can demonstrate both *static* and *dynamic* stability with a high flower yield at the same time. In addition, coefficient of variation (CV), statistics regression ($b \approx 1$, $Sd^2 \approx 0$), and superiority index (P) suggested as desirable parameters to evaluate different aspects (static and dynamic) of flower yield in *R. damascena*.

Keywords: Genotype × environment interaction, Static & dynamic stability, *Rosa damascene*, Adaptation