مجله علوم گیاهان زراعی ایران
دوره ۴۲، شماره ۴، ۱۳۹۰ (۸۴۴-۸۳۳)

نحوه توارث صفات مرتبط با کیفیت دانه در گلرنگ
(*Carthamus tinctorious* L.)

پوراندخت گلکار[1]*، احمد ارزانی[2] وعبدالمجید رضائی[3]
۱، استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
۲، ۳، استادان دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
(تاریخ دریافت: ۹۰/۳/۸ - تاریخ تصویب: ۹۰/۹/۲)

چکیده

به منظور برآورد اجزای ژنتیکی در صفات مرتبط با کیفیت دانه از جمله فیبر، خاکستر، پروتئین و عملکرد روغن، نتاج حاصل از تلاقی‌های دای‌آلل ۸ رقم گلرنگ زراعی در نسل‌های F_1 و F_2 مورد ارزیابی قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های دای‌آلل کامل در نسل F_1 (۶۴ ژنوتیپ) و تلاقی‌های دای‌آلل یک‌طرفه آنها در نسل F_2 (۳۶ ژنوتیپ) به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در مزرعه کشت شدند. نتایج تجزیه واریانس ژنتیکی نشان‌دهنده معنی‌دار بودن ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) و ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) برای تمام صفات مرتبط با کیفیت دانه بود و در نتیجه بیانگر اهمیت توام اثرات افزایشی و غیر افزایشی ژن‌ها در کنترل ژنتیکی این صفات بود. میانگین مربعات اثرات تلاقی‌های متقابل برای فیبر دانه و عملکرد روغن معنی‌دار گردید که بیانگر اهمیت توارث سیتوپلاسمی در کنترل صفات ذکر شده می‌باشد. در صفات فیبر و عملکرد روغن، اهمیت بیشتر اثرات افزایشی بیانگر کارائی بالای انتخاب در نسل‌های اول حاصل از تلاقی در اصلاح این صفات بود. قابلیت توارث خصوصی پائین و مقدار بیشتر واریانس غالبیت در صفات خاکستر دانه بیانگر اهمیت بیشتر اثرات غالبیت در کنترل ژنتیکی این صفات بود، بنابراین به منظور اصلاح این صفت می‌توان از روش‌های مبنی بر تولید هیبرید استفاده کرد. اهمیت توام اثرات افزایشی و غالبیت در کنترل ژنتیکی محتوای پروتئین بیانگر کارائی توام روش‌های مبنی بر انتخاب و تولید هیبرید در اصلاح این صفت بود.

واژه‌های کلیدی: افزایشی، غالبیت، ترکیب‌پذیری، گلرنگ، وراثت‌پذیری

مقدمه

کشورهای مصرف کننده و روند افزایش مصرف سرانه روغن نباتی از جمله عواملی هستند که اهمیت توسعه کشت دانه‌های روغنی و گسترش برنامه‌های پژوهشی را در این زمینه بدیهی می‌سازند.

نیازهای اساسی کشور به منابع روغنی و پروتئین، ایجاب می‌کند که سرمایه‌گذاری‌های کشاورزی روی محصولاتی با پتانسیل و حتی‌الامکان بومی که به جهت داشتن سازگاری مناسب کشت هستند، صورت‌گیرد. در این راستا گلرنگ به واسطه خصوصیات زراعی، سازگاری‌های مناسب به شرایط اقلیمی ایران و کیفیت روغن مناسب، جایگاه ویژه‌ای دارد.

گلرنگ با نام علمی (*Carthamus tinctorius* L.) گیاهی یک‌ساله است که امروزه به عنوان گیاه دانه

* نویسنده مسئول: پوراندخت گلکار تلفن: ۰۹۱۳-۱۰۶۲۰۱۹ E-mail: golkar@mail.uk.ac.ir

روغنی مورد کشت قرار می‌گیرد (Singh, 2007). در گذشته از گلبرگ‌های گلرنگ در مصارف رنگرزی و صنایع نساجی استفاده می‌شده است (Dajue & Mundel, 1996). زراعت گلرنگ به منظور استفاده از روغن آن سابقه زیادی ندارد و از این گیاه بعنوان گیاه زراعی روغنی نسبتاً جدید یاد می‌شود (Weiss, 2000). به عقیده Knowles (1969) ایران یکی از مراکز تنوع اصلی گلرنگ زراعی محسوب می‌شود. میوه گلرنگ از نظر گیاه‌شناسی اکن یا فندقه است (Singh, 2007). دانه از نظر شکلی شبیه یک دانه کوچک آفتابگردان است ولی پوسته آن فیبر بیشتری داشته و ضخیم‌تر است. وزن هزاردانه گلرنگ از ۳۰ تا ۵۰ گرم متغیر است (Ashri, 1971). دانه گلرنگ از یک پوشش فیبری محکم تشکیل شده که مغز دانه را در بر گرفته است (Deharo et al., 1991). دانه تا ۱۰ میلیمتر طول و پوستی ضخیم دارد (Dajue & Mundel, 1996). پوست دانه گلرنگ حاوی۷۰ درصد سلولز، ۲۱ درصد لیگنین و ۱ درصد خاکستر می‌باشد، اما مقدار کل خاکستر دانه از ۲تا ۳/۵ درصد متغیر است (Dwiedi et al., 2005). اندازه دانه همانند ضخامت پوسته با میزان روغن موجود در دانه همبستگی دارد (Dajue & Mundel, 1996). به طور کلی ترکیبات دانه گلرنگ حاوی ۵-۸ درصد رطوبت، ۲۸-۳۲ درصد روغن، ۱۴-۲۰ درصد پروتئین، ۲-۱۴ درصد درصد پروتئین، ۲-۴ درصد خاکستر و ۳۲-۳۴ درصد فیبر خام می‌باشد (Fernandez-Martinez et al., 1993; Johnson et al., 1999). تیپ‌های پوست نازک پروتئین بیشتری نسبت به انواع پوست کلفت دارند (Dajue & Mundel, 1996). همبستگی منفی بین میزان پوست دانه و مقدار روغن وجود دارد (Johnson et al., 1999). کنجاله گلرنگ فیبر بالائی دارد ولی پروتئین آن از نظر اسیدآمینه لیزین فقیر است (Dajue & Mundel, 1996). کنجاله‌های کم فیبر ۴۲ درصد پروتئین و ۱۶ درصد فیبر دارند. معمولاً کنجاله گلرنگ دارای ۳۰ تا ۴۰ درصد فیبر خام است که در غذای برخی از دام‌ها استفاده شده است (Dajue & Mundel, 1996). پروتئین فرآوری شده گلرنگ با ۸۷-۹۶ درصد خلوص، ماده ای مقوی است که در تهیه انواع شیرینی به کار می‌رود (Singh, 2007). پروتئین خالص و چربی معمولاً در مغز دانه و فیبر در پوست دانه قرار دارد (Dajue & Mundel, 1996). روغن دانه گلرنگ یکی از مرغوب‌ترین روغن‌های گیاهی از نظر کیفیت محسوب می‌شود (Hamdan et al., 2009). روغن‌های اولئیکی (اسید اولئیک بالا) در مصارف آشپزی به کار می‌روند و روغن‌های لینولئیکی (اسید لینولئیک بالا) برای مصارف صنعتی کاربرد دارند (Fernandez-Martinez et al., 1993). ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ بین ۲۷ الی ۴۰ درصد روغن دارند و عدم وجود اسید لینولنیک در روغن گلرنگ، مانع از اکسید شدن روغن و سبب افزایش ماندگاری روغن می شود (Camas et al., 2007). روغن گلرنگ در دماهای بالا از پایداری خوبی برخوردار است و در طی فرآیند هیدروژنه‌کردن پایداری بهتری را نسبت به روغن‌های سویا و کانولا دارد (Weiss, 2000). از اهداف مهم اصلاحی در گلرنگ افزایش عملکرد روغن و بهبود کیفیت آن می‌باشد.

آگاهی از نحوه توارث صفات مرتبط با کیفیت بذر و روغن گلرنگ، در طراحی روش‌های انتخاب به منظور ایجاد لاین‌های برتر ضروری می‌باشد. تعیین روش اصلاحی مناسب نیازمند اطلاعات کافی در زمینه پارامترهای ژنتیکی کنترل‌کننده صفات، ترکیب‌پذیری عمومی (GCA)، ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) و اثرات متقابل ژنوتیپ‌ها (REC) و همچنین تعیین اثرات ژنی می‌باشد (Hallauer & Miranda, 1981). برآورد ترکیب‌پذیری عمومی صفات نقش به‌سزایی را در انتخاب والدین جهت شروع پروژه‌های اصلاحی و همچنین تعیین روش اصلاحی مناسب برای ژنوتیپ‌های مورد بررسی خواهد داشت (Banerjee & Kole, 2009). به‌منظور آگاهی از ژنتیک صفات و برآورد پارامترهای ژنتیکی و بهره‌برداری از اثرات افزایشی ژن‌ها، همچنین افزایش احتمال نوترکیب‌های مطلوب، طرح‌های تلاقی دای‌آلل نیز توسط اصلاحگران به کار گرفته شده‌است (Baker, 1978). از طرح تلاقی‌های دای‌آلل در گلرنگ به منظور مطالعه نحوه کنترل ژنتیکی صفات و برآورد وراثت‌پذیری صفات مختلف زراعی و کیفی استفاده شده است (Ragab & Fried, 1992; Mandal & Banerjee, 1997; Gupta & Singh, 1988; Pahlavani et al., 2007).

در رابطه با نحوه کنترل ژنتیکی محتوای روغن و اسیدهای چرب در گلرنگ مطالعات متعددی صورت گرفته است (Deshmukh et al., 1991; Ragab & Fried, 1992; Yermanos et al., 1967). مطالعه نسل‌های F_1، F_2 و F_3 حاصل از تلاقی دو ژنوتیپ گلرنگ هندی نشان داد که کنترل ژنتیکی محتوای روغن توسط چندین ژن و بدون وجود اثرات غالبیت معنی‌دار بوده‌است و محتوای روغن و عدد یدی تحت کنترل وراثت مادری نبود (Yermanos et al., 1967). با بررسی نتاج F_1 و F_2 حاصل از تلاقی دو لاین گزینش شده با لاین معمولی در گلرنگ، کنترل ژنتیکی مقدار اسید استئاریک و اسید پالمتیک، تک ژنی و با اثرات افزایشی گزارش شد (Hamdan et al., 2009). Kotecha (1979) با بررسی توارث پرز دانه (به عنوان یک صفت نامطلوب در تجارت صنعتی گلرنگ) بیان نمود که این صفت توسط حداقل دو مکان ژنی کنترل می شود و بیشترین سهم واریانس ژنتیکی ناشی از واریانس افزایشی بود ضمن اینکه اثرات غیر افزایشی نیز مشاهده شد. با این وجود بررسی منابع نشان می‌دهد که تاکنون مطالعه جامعی در زمینه کنترل ژنتیکی صفات مرتبط با کیفیت دانه از جمله فیبر، خاکستر، پروتئین و عملکرد روغن دانه صورت نگرفته است. بنابراین مطالعه حاضر به‌منظور برآورد پارامترهای ژنتیکی و نحوه توارث صفات مرتبط با کیفیت دانه در گلرنگ اجرا شده است.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه از ۸ ژنوتیپ گلرنگ شامل C_{4110} و C_{111} (گزینش شده از توده اصفهان)، K_{21} (گزینش شده از توده کردستان)، A_2 (گزینش شده از توده آذربایجان)، IL.111 (گزینش شده از توده ارومیه)، ISF_{14} (گزینش شده از توده اصفهان) و دو ژنوتیپ خارجی GE_{62918} (از آلمان) و ۱۹۱-۲۲ (از مکزیک) به عنوان والدین تلاقی‌های دای‌آلل استفاده شد. در انتخاب والدین ضمن توجه به وجود تنوع ژنتیکی از نظر خصوصیات کمی و کیفی، سعی گردید که ژنوتیپ‌ها تقریباً از نواحی جغرافیایی مختلف انتخاب گردند. به منظور همزمانی در گلدهی و امکان افزایش تعداد تلاقی و تولید بذر F_1، کشت در ۳ تاریخ با فواصل دو هفته‌ای در بهار ۱۳۸۶ در مزرعه چاه اناری واقع در دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. تلاقی‌ها به صورت دستی و مطابق با روش نولز (Knowles, 1969) انجام شد. پس از حصول بذور F_1، بخشی از بذور هر تلاقی (۱۰-۸ بذر) جهت تولید بذور F_2 در تیر ماه ۱۳۸۶ در مزرعه چاه‌اناری کشت شدند و به منظور جلوگیری از دگر گرده افشانی، هر بوته در مرحله غوزه دهی توسط توری های پارچه ای ایزوله شد تا از خودگشنی کامل ژنوتیپ‌ها اطمینان حاصل شود. بذور والدین به همراه بذور هر کدام از نسل‌های F_1 و F_2 حاصل از تلاقی‌های دای‌آلل در مزرعه تحقیقات کشاورزی دانشکده کشاورزی واقع در لورک نجف آباد در فروردین سال ۱۳۸۷ کشت گردید. تلاقی‌های F_1 (۶۴ ژنوتیپ) و تلاقی‌های F_2 (۳۶ ژنوتیپ) به صورت طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار کشت شدند. بذور نسل‌های F_1 و F_2 به ترتیب در یک و دو ردیف ۱/۵ و ۲/۵ متری و به صورت همزمان کشت شدند. قبل از کشت، کود فسفات آمونیوم (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) با خاک کاملا مخلوط شد و سپس کشت بذور به صورت ردیفی و دستی با فاصله بین ردیف ۵۰ و فاصله بین بوته ۵ سانتی‌متر انجام شد. پس از برداشت تک بوته‌های ژنوتیپ‌های والدینی، F_1 و F_2 خصوصیات کیفی دانه گلرنگ شامل فیبر، خاکستر و پروتئین (بر حسب درصد برای تمامی صفات اندازه‌گیری شده) در والدین و نتاج F_1 و F_2 با استفاده از دستگاه NIR-8200 ساخت شرکت Perten اندازه‌گیری و تعیین شد. به منظور افزایش دقت در اندازه‌گیری صفات مذکور، از هر تکرار مزرعه ای ۳ مرتبه نمونه‌برداری و ارزیابی انجام شد. در هر مرتبه نمونه‌برداری حدود ۲۰ گرم بذر توسط آسیاب آزمایشگاهی به صورت کاملاً یکنواخت آرد شد و داخل دستگاه به منظور اندازه‌گیری قرار داده شد. از میانگین ۳ مرتبه نمونه‌برداری برای هر ژنوتیپ، جهت تجزیه و تحلیل آماری صفات استفاده شد. مقدار عملکرد روغن ژنوتیپ‌های مختلف برحسب حاصلضرب عملکرد تک بوته (برحسب گرم) در محتوای روغن هر ژنوتیپ (برحسب درصد) محاسبه شد. تجزیه واریانس و محاسبه ضرایب همبستگی فنوتیپی تلاقی‌های دای‌آلل F_1 و F_2 با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (1997) انجام شد. کلیه خصوصیات مورد مطالعه در نسل F_1 بر مبنای طرح

ژنتیکی دای‌آلل کامل، در روش اول گریفینگ (Griffing, 1956) و نسل F_2 به همراه والدها (تلاقی‌های یک‌طرفه) به روش دوم گریفینگ، همچنین برآورد پارامترهای ژنتیکی Jinks & Hayman (1953) توسط نرم‌افزار Diallel (Burrow & Coors, 1994) و SAS، (Zhang & Kang 1997)، مورد تجزیه و تحلیل ژنتیکی قرار گرفتند. به منظور محاسبه وراثت‌پذیری عمومی (H_b) و وراثت‌پذیری خصوصی (H_n) از روابط زیر استفاده شد که در آنها واریانس خطای طرح بلوک تقسیم بر تعداد تکرار، σ_A^2 و σ_D^2 به ترتیب اجزاء متشکله واریانس افزایشی و غالبیت بودند (Mather & Jinsk, 1982).

$$Hb = \frac{\sigma_A^2 + \sigma_D^2}{\sigma_A^2 + \sigma_D^2 + \sigma_e^2}$$

$$Hn = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_A^2 + \sigma_D^2 + \sigma_e^2}$$

همچنین در این مطالعه از شاخص عامل تشخیص (Prediction Factor) استفاده شد که به طریق ذیل محاسبه می‌شود:

$$PF = \frac{2\sigma_{GCA}^2}{2\sigma_{GCA}^2 + \sigma_{SCA}^2}$$

از فاکتور تشخیص به عنوان معیاری در جهت مقایسه اهمیت نسبی واریانس ترکیب‌پذیری عمومی (σ_{GCA}^2) و واریانس ترکیب‌پذیری خصوصی (σ_{SCA}^2) استفاده شد (Banerjee & Kole, 2009)، به طوری که هرچقدر میزان فاکتور تشخیص به عدد یک نزدیک‌تر باشد، بیانگر اهمیت بیشتر اثرات افزایشی در کنترل ژنتیکی صفت مورد مطالعه می‌باشد. میزان انحراف فاکتور تشخیص (F) از عدد یک بیانگر نقش بیشتر اثرات غالبیت در کنترل ژنتیکی صفت مورد نظر می‌باشد (Banerjee & Kole, 2009).

نتایج و بحث

در تجزیه و تحلیل ژنتیکی نسل‌ها و تلاقی‌های دای‌آلل وجود تنوع ژنتیکی کافی بین والدین و نتاج ضروری می‌باشد. به این منظور تجزیه واریانس داده‌های حاصل از ارزیابی ژنوتیپ‌ها در آزمایش صورت‌گرفت (جدول ۱). نتایج تجزیه واریانس بر اساس طرح بلوک کامل تصادفی نشان داد که تفاوت بین ژنوتیپ‌ها برای صفات مورد بررسی در نسل‌های ارزیابی F_1 و F_2 در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج تجزیه واریانس طرح ژنتیکی دای‌آلل با روش‌های اول و دوم گریفینگ برای صفات مورد مطالعه در نسل‌های F_1 و F2 به ترتیب در جدول‌های ۲ و ۳ آورده شده‌اند.

نتایج تجزیه واریانس برای تمام صفات ارزیابی شده بر مبنای روش یک گریفینگ در نسل F_1 نشان داد که

جدول ۱- میانگین مربعات صفات اندازه‌گیری شده مرتبط با کیفیت دانه در نسل‌های ارزیابی F_1 و F_2 در گلرنگ

آزمایش ارزیابی نسل F_1					
منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		فیبر دانه	خاکستردانه	پروتئین دانه (٪)	عملکرد روغن
بلوک	۲	۳۹/۲۱**	۲/۰۵**	۳۲/۷۹**	۱/۶۰**
ژنوتیپ	۶۳	۲۵/۸۱**	۰/۳۲**	۴/۴۷**	۱۵/۴۲**
خطا	۱۲۶	۸/۰۶	۰/۱۱	۲/۳۸	۰/۱۲

آزمایش ارزیابی نسل F_2					
منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		فیبر دانه	خاکستر دانه	پروتئین دانه (٪)	عملکرد روغن
بلوک	۲	۱۴۹/۷۱**	۰/۰۷	۳۱/۰۴**	۱/۹۰**
ژنوتیپ	۳۵	۲۹/۲۲**	۰/۳۹**	۵/۴۷**	۲۶/۷۵**
خطا	۷۰	۸/۶	۰/۰۴	۱/۶۵	۰/۱۲

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

میانگین مربعات قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) و قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). این نتیجه حاکی از اهمیت توأم اثرات افزایشی و غیر افزایشی در کنترل ژنتیکی این صفات در نسل F_1 بود. میانگین مربعات اثرات تلاقی‌های متقابل در روش یک گریفینگ برای مقدار فیبر دانه و عملکرد روغن در نسل ارزیابی F_1 معنی‌دار گردید، که مبین اهمیت اثرات سیتوپلاسمی (اثرات مادری، ژن‌های سیتوپلاسمی، اثرات متقابل بین ژن‌های هسته‌ای و ژن‌های سیتوپلاسمی) در کنترل ژنتیکی صفات مزبور می‌باشد (جدول ۲). معنی‌دار بودن اثر تلاقی‌های متقابل در تلاقی‌های دای‌آلل گلرنگ را برای میزان روغن (Ramachandram & Goud, 1981). عدم معنی‌دار بودن تلاقی‌های متقابل در کنترل ژنتیکی مقدار روغن گلرنگ گزارش شده است (Yermanos et al., 1967). اجزای ژنتیکی برآورد شده (σ_A^2، σ_D^2، σ_{GCA}^2 و σ_{SCA}^2) برای صفات مختلف در نسل F_1 ارزیابی در جدول ۲ آورده شده است. نتایج جدول بیانگر اهمیت

جدول ۲- میانگین مربعات برای صفات ارزیابی شده در والدها و نسل F_1 به روش اول گریفینگ در گلرنگ

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		فیبردانه	خاکستردانه	پروتئین دانه	عملکرد روغن
ژنوتیپ	۶۳	۲۵/۸۱**	۰/۲۳**	۴/۴۷**	۱۵/۴۲**
GCA	۷	۸۷/۳۱**	۰/۵۹**	۱۰/۷۸*	۹۵/۸۹**
SCA	۲۸	۱۶/۵۹**	۰/۲۱**	۵/۱۲**	۷/۳۹**
Recip.	۲۸	۱۹/۶۶**	۰/۱۵	۲/۲۴	۳/۳۲**
برآورد اجزای ژنتیکی با استفاده از روش گریفینگ (مدل ۱)					
σ_A^2		۲/۹۴±۱/۹۴	۰/۰۱±۰/۰۱۲	۰/۲۲±۰/۱۸	۳/۶۸±۲/۰۱
σ_D^2		۱/۰۳±۰/۸۷	۰/۰۲±۰/۰۱	۰/۵۱±۰/۱۸	۱/۳۶±۰/۳۱
σ_{GCA}^2		۱/۴۷±۰/۹۷	۰/۰۰۷±۰/۰۰۴	۰/۱۱±۰/۱۰	۱/۸۴±۱/۰۱
σ_{SCA}^2		۱/۰۳±۰/۸۷	۰/۰۱۹±۰/۰۱	۰/۵۱±۰/۱۸	۱/۳۶±۰/۳۱
وراثت‌پذیری عمومی		۰/۶±۰/۰۰۶	۰/۴۸±۰/۰۷۲	۰/۵۱±۰/۰۷	۰/۹۸±۰/۱۱
وراثت‌پذیری خصوصی		۰/۴۵±۰/۰۰۵	۰/۲۱±۰/۰۶۸	۰/۲۱±۰/۰۸	۰/۷۲±۰/۱۴
فاکتور تشخیص		۰/۷۴	۰/۴۲	۰/۳۰	۰/۷۳

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

جدول۳- میانگین مربعات برای صفات ارزیابی شده در والدها و نسل F_2 بهروش دوم گریفینگ در گلرنگ

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		فیبردانه	خاکستردانه	پروتئین دانه	عملکرد روغن
ژنوتیپ ها	۳۵	۲۹/۲۲**	۰/۴**	۵/۴۷**	۲۶/۷۵**
GCA	۷	۷۸/۲۱**	۱/۱۰**	۱۲/۸**	۶۶/۵۱**
SCA	۲۸	۱۶/۹۸**	۰/۲۱**	۳/۶۳**	۱۶/۸۱**
برآورد اجزای ژنتیکی با استفاده از روش گریفینگ (مدل ۲)					
σ_A^2		۸/۶۸±۵/۲	۰/۱۱±۰/۰۷	۰/۶۰±۰/۳۹	۶/۶±۲/۸
σ_D^2		۱۱/۸۸±۳/۱۶	۰/۲۱±۰/۰۸	۰/۶۵±۰/۷۲	۸/۹۶±۳/۶
σ_{GCA}^2		۲/۱۷±۱/۳	۰/۰۲۹±۰/۰۱	۰/۳±۰/۱	۱/۶۵±۰/۷
σ_{SCA}^2		۲/۹۷±۰/۷۹	۰/۰۵±۰/۰۱۹	۰/۶۵±۰/۱۸	۲/۲۴±۰/۹
وراثت‌پذیری عمومی		۰/۸۷±۰/۰۴	۰/۷۷±۰/۰۳۸	۰/۶۵±۰/۰۵۹	۰/۹۷±۰/۱۵
وراثت‌پذیری خصوصی		۰/۳۷±۰/۰۲۱	۰/۳۱±۰/۰۱۹	/۳۵±۰/۰۳۸	۰/۷۱±۰/۱۴
فاکتور تشخیص		۰/۶۰	۰/۵۲	۰/۴۸	۰/۵۹

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

بیشتر σ^2_{GCA} برای صفات فیبر دانه و عملکرد روغن نسبت به σ^2_{SCA} در نسل F_1 ارزیابی بود. لذا می‌توان استنباط نمود که اثرات افزایشی نسبت به اثرات غالبیت نقش بیشتری در کنترل ژنتیکی این صفات داشته‌اند. در ارزیابی نسل F_2، میانگین مربعات GCA و SCA برای تمام صفات ارزیابی شده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). این نتیجه بیانگر اهمیت توام اثرات افزایشی و غالبیت در کنترل ژنتیکی این صفات بود. برآورد اجزای ژنتیکی در نسل ارزیابی F_2 نشان داد که σ^2_{SCA} نسبت به σ^2_{GCA} در تمامی صفات ارزیابی شده بیشتر بود. همچنین افزایش مقدار σ^2_D نسبت به مقدار σ^2_A برای صفات ارزیابی شده در نسل F_2 نسبت صفات ارزیابی شده در نسل F_1 مشاهده شد (جدول‌های ۲ و ۳). این نتیجه می‌تواند گویای وجود پیوستگی بین ژن‌های کنترل‌کننده هر صفت از نوع جذب و یا وجود اپیستازی از نوع تکمیلی باشد (Hayman, 1954). مقایسه فاکتور تشخیص برای صفات مختلف ارزیابی شده بیانگر میزان انحراف کمتر این فاکتور (PF) از یک برای صفات درصد فیبر و عملکرد روغن می‌باشد. بیشترین مقدار فاکتور تشخیص در هر دو نسل مورد ارزیابی متعلق به میزان فیبر (٪) بود (جدول‌های۲ و ۳).

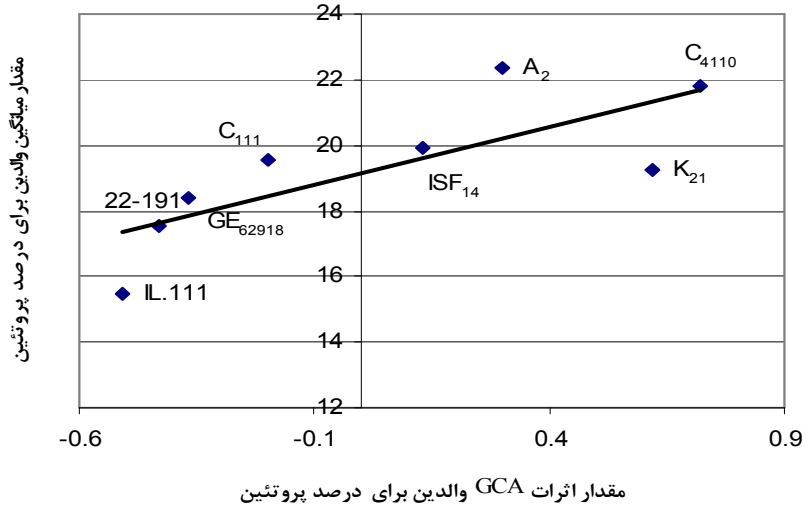
میانگین اثرات GCA و میانگین والدین برای صفات مختلف ارزیابی شده در نسل‌های F_1 و F_2 در جدول ۴ آورده شده است. مطابق با جدول ۴، بیشترین مقدار فیبر در بین ژنوتیپ‌های والدینی، در نسل‌های ارزیابی F_1 و F_2 به ترتیب متعلق به والد C_{111} و GE_{62918} با مقادیر ۴۱/۵۳ و ۴۶/۷۰ درصد بود. کمترین مقدار فیبر در هر دو نسل متعلق به والد ۱۹۱-۲۲ بود. بیشترین مقدار اثر مثبت و معنی‌دار GCA برای فیبر متعلق به والد K_{21} در هر دو نسل ارزیابی و کمترین مقدار اثر GCA متعلق به والد ISF_{14} در هر دو نسل بود. در صفت خاکستر دانه، بالاترین و کمترین مقدار میانگین به ترتیب در نسل‌های ارزیابی F_1 و F_2 متعلق به والد A_2 و C_{111} بود (جدول ۴). بیشترین مقدار اثر GCA برای فیبر دانه متعلق به والدهای A_2 و$C4_{110}$ به ترتیب در نسل‌های ارزیابی F_1 و F_2 بود. کمترین مقدار اثرات GCA برای درصد خاکستر متعلق به والد ۱۹۱-۲۲ در هر دو نسل ارزیابی بود.

محدوده تغییرات اثرات GCA برای درصد پروتئین در نسل F_1 ارزیابی از ۰/۵۱- (IL.111) تا ۰/۷۲ (C_{4110})

جدول ۴- مقادیر صفات و اثرات GCA برای والدین مربوط به نسل‌های ارزیابی F_1 و F_2 در گلرنگ

والد	نسل ارزیابی	فیبردانه (٪)		خاکستردانه (٪)		پروتئین دانه (٪)		عملکرد روغن	
		میانگین	GCA	میانگین	GCA	میانگین	GCA	میانگین	GCA
GE۶۲۹۱۸	F_1	۳۶/۱۶	۰/۶۲-*	۳/۵۳	۰/۰۲	۱۸/۴۰	۰/۳۷-*	۶/۹۷	۰/۹۷-**
	F_2	۴۶/۷۰	۱/۸۳**	۳/۳۳	۰/۱۳-**	۱۸/۴	۰/۷-**	۷/۰۱	۲/۳۱-**
$C_{۱۱۱}$	F_1	۴۱/۵۳	۰/۸۵**	۳/۱۴	۰/۰۰۶	۱۹/۵۶	۰/۲-	۸/۵۸	۰/۱۵**
	F_2	۳۸/۵۰	۰/۱۳**	۳/۱۳	۰/۰۰۷	۱۹/۵۷	۰/۲۵-	۹/۴۲	۰/۱۸**
$C_{۴۱۱۰}$	F_1	۳۹/۰۶	۰/۰۲	۳/۱۶	۰/۰۱-	۲۱/۸	۰/۷۲**	۹/۱۴	۰/۴۳-**
	F_2	۳۷/۲	۰/۰۱-**	۳/۹۰	۰/۱۹**	۲۱/۸۲	۰/۹۳**	۱۰/۵۱	۰/۳۸-**
$ISF_{۱۴}$	F_1	۳۶/۱۳	۱/۱۷-**	۳/۷۹	۰/۱۱**	۱۹/۹۳	۰/۱۳	۹/۷۷	۰/۲۹**
	F_2	۳۶/۸۳	۲/۰۱-**	۳/۸۰	۰/۱۳**	۱۹/۹۴	۰/۳۵	۹/۴۹	۰/۰۹-
$A_۲$	F_1	۴۰/۲۳	۰/۵۱-*	۳/۸۱	۰/۱۳**	۲۲/۳۳	۰/۰۳	۶/۶۲	۲/۰۱-**
	F_2	۳۸/۹۶	۰/۲۶-**	۳/۹۳	۰/۱۵**	۲۲/۳۲	۰/۵*	۶/۰۵	۱/۸۹-**
$K_{۲۱}$	F_1	۴۱/۳۳	۱/۸۱**	۳/۴۴	۰/۰۲	۱۹/۲۳	۰/۶۲**	۱۳/۶۹	۱/۲۸**
	F_2	۴۴/۵۰	۲/۵۸**	۳/۴۶	۰/۰۰۵-	۱۹/۲۴	۰/۴۴*	۱۵/۶۷	۱/۰۱**
IL۰۱۱۱	F_1	۳۹/۰۶	۰/۷۹**	۳/۱۹	۰/۰۰۷-	۱۵/۴۶	۰/۵۱-**	۷/۷۶	۰/۵۷۱-**
	F_2	۴۰/۰۶	۰/۴۲**	۳/۲۰	۰/۱۴-**	۱۵/۴۵	۰/۹۱-**	۸/۸۷	۰/۱-
۱۹۱-۲۲	F_1	۳۴/۹۰	۱/۱۵-**	۳/۴۱	۰/۲۱-**	۱۷/۵۶	۰/۴۳-	۱۲/۱۶	۲/۵۸**
	F_2	۳۶/۶۰	۱/۷۰-**	۳/۶۰	۰/۳۳-**	۱۷/۵۴	۰/۳۶-	۱۲/۶۴	۲/۱۴**

*، **: به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد.



شکل ۱- بررسی روند تغییرات اثرات GCA در مقابل میانگین والدها برای درصد پروتئین در نسل ارزیابی F_1 در گلرنگ

(شکل ۱) و در نسل F_2 ارزیابی از ۰/۹۱- (IL.111) تا ۰/۹۳ (C_{4110}) (شکل ۲) بود. میانگین درصد پروتئین در ژنوتیپ‌های والدی در ارزیابی نسل‌های F_2 و F_1 از ۱۵/۴۶ درصد در والد IL.111 تا ۲۲/۳ درصد در والد A2 متغیر بود (شکل‌های ۱ و ۲). والدهای C_{4110} و K21 با برخورداری از اثرات GCA مثبت و معنی‌دار در گروه بهترین والدهای ترکیب‌پذیر از نظر میزان افزایش پروتئین هستند (جدول ۴).

در صفت عملکرد روغن (برحسب تک بوته) بیشترین مقدار عملکرد روغن در نسل‌های ارزیابی F_1 و F_2 متعلق به ژنوتیپ K_{21} بود (شکل‌های ۳ و ۴). بیشترین و کمترین مقدار اثرات GCA در نسل F_1 ارزیابی به ترتیب متعلق به والد ۲۲-۱۹۱ و A_2 بود (شکل ۳). همچنین، بیشترین و کمترین مقدار اثرات GCA در نسل F_2 ارزیابی به ترتیب متعلق به والد ۲۲- ۱۹۱ و GE_{62918} بود (شکل ۴). ژنوتیپ‌های والدی ۱۹۱-۲۲، C_{111} و K_{21} با برخورداری از اثرات GCA مثبت و معنی‌دار (جدول ۴) و بعنوان ترکیب‌شونده‌های عمومی مطلوب، در برنامه‌های اصلاحی افزایش عملکرد روغن می‌تواند به کار گرفته شوند. از اثرات GCA بیشتر و مثبت حاصل از تجزیه لاین× تستر چند ژنوتیپ گلرنگ جهت معرفی بهترین ترکیب‌شونده‌ها برای بهبود میزان روغن دانه استفاده شده است (Deshmukh et al., 1991).

میانگین‌های صفات ارزیابی شده برای ژنوتیپ‌های مختلف در جدول ۵ آورده شده است. بیشترین مقدار فیبر در نسل F_1 متعلق به تلاقی $C_{111}\times K_{21}$ (۴۱/۷) و در نسل F_2 متعلق به تلاقی $GE_{62918}\times K_{21}$ (۴۴/۱) بود. والدین هر دو تلاقی دارای اثرات GCA مثبت و معنی‌دار بودند که این نتیجه بیانگر این موضوع است که گزینش بر اساس لاین‌های با ترکیب‌پذیری عمومی مثبت می‌تواند منجر به حصول تلاقی‌هائی با میانگین برتر شود که این یافته تأکیدی بر اهمیت اثرات افزایشی در کنترل ژنتیکی فیبر دانه می‌باشد. در صفت خاکستر دانه بیشترین و کمترین مقدار در نسل F_1 به ترتیب متعلق به تلاقی IL.111×۲۲-۱۹۱ (۳/۰۱) و $C_{111}\times K_{21}$ (۳/۸۴) بود. در نسل ارزیابی F_2 بیشترین و کمترین مقدار خاکستر به ترتیب متعلق به تلاقی $C_{4110}\times ISF_{14}$ (۴/۰۶) و IL.111×۲۲-۱۹۱ (۲/۵۶) بود (جدول ۵). در صفت پروتئین دانه دامنه تغییرات در ارزیابی نسل F_1 از ۱۵/۷۵ درصد در تلاقی $GE_{62918}\times$۲۲-۱۹۱ تا ۲۱/۶۲ درصد در تلاقی $GE_{62918}\times K_{21}$ متغیر بود (جدول ۵). استفاده از تلاقی‌های با کمینه و یا بیشینه در میزان پروتئین بسته به نوع هدف اصلاحی، می‌تواند در اولویت قرار گیرد. در صفت عملکرد روغن (گرم در تک بوته) بیشترین مقدار عملکرد روغن در نسل‌های ارزیابی F_1 و F_2 متعلق به تلاقی $K_{21}\times$۲۲-۱۹۱ و کمترین آن متعلق به تلاقی $GE_{62918}\times A_2$ در نسل F1 (۶/۱۵) و $K_{21}\times$ GE_{62918} در نسل F_2 (۶/۳۷) بود (جدول ۵). جدول ۶ ضرایب همبستگی فنوتیپی بین صفات مختلف کیفی ارزیابی شده بین تمام ژنوتیپ‌های ارزیابی شده (والدین

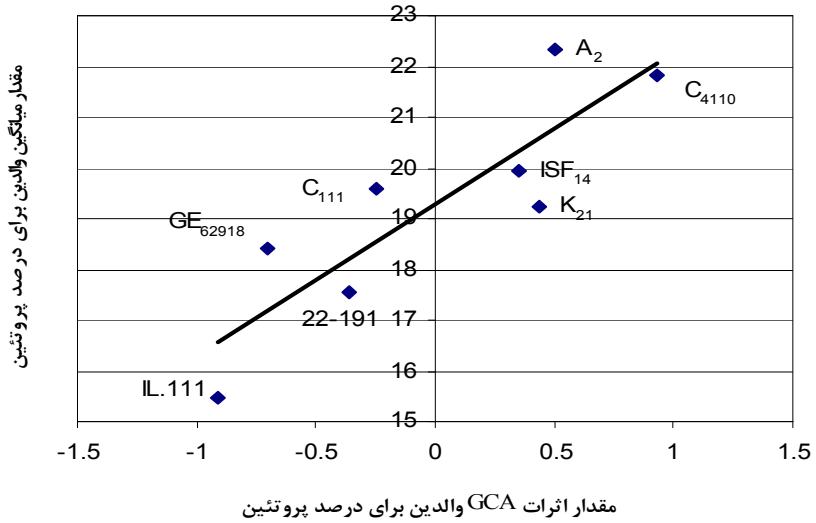
و نتاج آنها) در نسل F_1 (۶۴ ژنوتیپ) و در نسل F_2 (۳۶ ژنوتیپ) را نشان می‌دهد و مطابق با نتایج به دست آمده، همبستگی مثبت و معنی‌دار (r=۰/۵۳**) بین پروتئین دانه (٪) و خاکستر دانه (٪) وجود دارد. لذا در صورتی که هدف افزایش مقدار پروتئین دانه باشد، استفاده تلاقی‌هایی که مقدار پروتئین بالاتر و یا خاکستر دانه بیشتری دارند، مفید می‌باشد. همچنین بین خاکستر دانه و عملکرد روغن همبستگی منفی و معنی‌دار در نسل F_2 وجود داشت (r=-۰/۶**). لذا به نظر می‌رسد چنانچه مقدار فیبر و خاکستر دانه کاهش یابد، افزایش در عملکرد روغن به دست آید.

بنابراین به‌نظر می‌رسد، انتخاب والدینی که دارای GCA منفی برای مقدار فیبر دانه می‌باشند به عنوان یکی از والدین تلاقی، در اعمال برنامه‌های هیبریداسیون با والدینی که دارای GCA مثبت و معنی‌دار برای عملکرد روغن باشد، می‌تواند منجر به افزایش محتوای روغن و تولید ژنوتیپ‌های برتر شود. همچنین صرفنظر از اهمیت زراعی گلرنگ به عنوان یک گیاه دانه روغنی، در صورتی که در برنامه‌های اصلاحی هدف افزایش پروتئین دانه به منظور بهبود کیفیت تغذیه‌ای آن و یا استفاده از کنجاله آن درخوراک دام مد نظر باشد، در تلاقی بین والدین دارنده GCA مثبت و معنی‌دار برای خاکستر دانه و پروتئین دانه، امکان افزایش درصد پروتئین دانه در نتاج تلاقی نسبت به والدین وجود خواهد داشت.

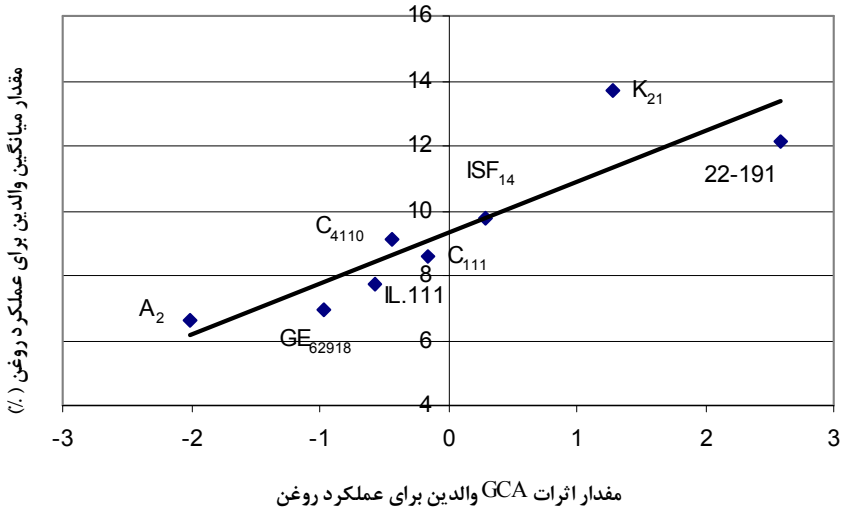
مقایسه وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی صفات مختلف در نسل ارزیابی F_1 و F_2 نشان می‌دهد که

جدول ۵- میانگین تلاقی‌ها برای صفات مختلف ارزیابی شده در نسل‌های F_1 و F_2 در گلرنگ

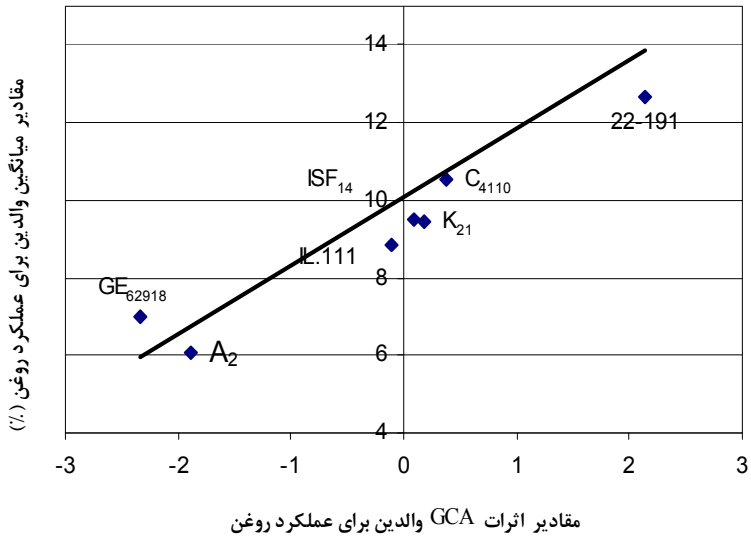
ژنوتیپ‌ها	فیبر (٪)		خاکستر (٪)		پروتئین (٪)		عملکرد روغن (گرم در تک بوته)	
	F_1	F_2	F_1	F_2	F_1	F_2	F_1	F_2
$GE_{62918}\times C_{111}$	۴۰/۸	۴۰/۲	۳/۵	۳/۸	۱۸/۸	۱۸/۵	۷/۱	۷/۲
$GE_{62918}\times C_{4110}$	۳۸/۳	۴۰/۱	۳/۶	۳/۵	۲۰/۰	۱۹/۵	۷/۰	۸/۲
$GE_{62918}\times ISF_{14}$	۳۶/۲	۳۳/۱	۳/۷	۳/۴۰	۱۹/۳	۱۹/۰	۷/۹	۸/۲
$GE_{62918}\times A_2$	۳۸/۹	۴۱/۸	۳/۸	۳/۷	۱۹/۵	۱۹/۳	۶/۱	۶/۷
$GE_{62918}\times K_{21}$	۴۰/۲	۴۴/۱	۳/۳	۳/۴	۲۱/۶	۲۱/۲	۱۱/۶	۶/۳
$GE_{62918}\times$IL111	۳۸/۳	۴۰/۱	۳/۲	۳/۱	۱۹/۴	۱۸/۶	۶/۹	۸/۷
$GE_{62918}\times$۲۲-۱۹۱	۳۶/۰	۴۲/۱	۳/۴	۳/۲	۱۵/۷	۱۹/۴	۱۱/۵	۸/۲
$C_{111}\times C_{4110}$	۳۹/۹	۴۰/۳	۳/۱	۳/۹	۱۹/۷	۱۹/۴	۹/۲	۱۳/۳
$C_{111}\times ISF_{14}$	۳۸/۲	۳۸/۵	۳/۷	۳/۸	۱۹/۲	۱۹/۶	۹/۶	۱۱/۷
$C_{111}\times A_2$	۳۷/۰	۳۸/۱	۳/۷	۳/۹۰	۱۹/۳	۱۸/۹	۷/۱	۹/۱
$C_{111}\times K_{21}$	۴۱/۷	۴۲/۶	۳/۸۴	۳/۸	۲۱/۰	۱۸/۶	۹/۲	۸/۹
$C_{111}\times$IL.111	۳۹/۷	۳۵/۴	۳/۶	۳/۸۰	۲۰/۶	۲۰/۷	۹/۱	۱۱/۷
$C_{111}\times$ ۲۲-۱۹۱	۳۷/۸	۳۶/۹	۳/۴	۳/۱	۱۹/۶	۲۰/۴	۱۱/۹	۱۲/۱
$C_{4110}\times ISF_{14}$	۳۷/۵	۳۹/۵	۳/۵	۴/۰۶	۲۱/۲	۲۱/۳	۸/۸	۱۳/۵
$C_{4110}\times A_2$	۳۶/۵	۳۹/۹	۳/۷	۳/۹	۲۰/۲	۲۱/۲	۶/۳	۷/۰
$C_{4110}\times K_{21}$	۳۹/۰	۳۹/۹	۳/۸	۳/۷	۲۱/۰	۲۱/۸	۹/۶	۷/۳
$C_{4110}\times$IL.111	۴۰/۸	۳۷/۶	۳/۶	۳/۷	۲۱	۲۰/۴	۸/۵	۱۲/۰
$C_{4110}\times$۲۲-۱۹۱	۳۸/۸	۳۸/۰	۳/۴	۳/۶	۲۰/۴	۲۱/۷	۱۰/۸	۹/۵
$ISF_{14}\times A_2$	۳۵/۵	۳۶/۳	۳/۸	۳/۸۰	۱۹/۳	۲۰/۸	۹/۵	۸/۵
$ISF_{14}\times K_{21}$	۴۰/۲	۳۹/۹	۳/۶	۳/۸	۲۰/۵	۲۱/۶	۸/۶	۸/۵
$ISF_{14}\times$IL.111	۳۸/۸	۴۱/۳	۳/۶	۴/۰۱	۲۱/۱	۲۱/۱	۹/۰	۷/۶
$ISF_{14}\times$۲۲-۱۹۱	۳۷/۹	۳۶/۹	۳/۲	۳/۲	۱۹/۸	۱۹/۶	۱۲/۲	۱۴/۸
$A_2\times K_{21}$	۴۰/۴	۴۳/۰	۳/۶	۳/۶	۲۰/۳	۲۰/۱	۷/۷	۸/۴
$A_2\times$IL.111	۴۱/۱	۴۰/۰	۳/۷	۳/۷	۱۸/۹	۱۹/۵	۵/۴	۸/۷
$A_2\times$۲۲-۱۹۱	۳۶/۲	۳۷/۵	۳/۲۰	۲/۶	۱۹/۸	۱۹/۹	۸/۲	۱۱/۵
$K_{21}\times$IL.111	۴۰/۵	۴۱/۷	۳/۵	۳/۵	۲۰/۲	۱۹/۹	۸/۸	۱۱/۴
$K_{21}\times$۲۲-۱۹۱	۴۱/۰	۳۹	۳/۲	۳/۴	۲۰/۵	۲۱/۲	۱۴/۱	۱۹/۰
IL.111×۲۲-۱۹۱	۳۷/۹	۳۷/۵	۳/۰	۲/۵	۱۸/۶	۱۹/۲	۱۲/۹	۱۲/۰



شکل ۲- بررسی روند تغییرات اثرات GCA در مقابل میانگین والدها برای درصد پروتئین در نسل ارزیابی F_2 در گلرنگ



شکل ۳- بررسی روند تغییرات اثرات GCA در مقابل میانگین والدها برای عملکرد روغن در نسل ارزیابی F_1 در گلرنگ



شکل ۴- بررسی روند تغییرات اثرات GCA در مقابل میانگین والدها برای عملکرد روغن در نسل ارزیابی F_2 در گلرنگ

بالاترین مقدار توارث عمومی و خصوصی در هر دو نسل متعلق به عملکرد روغن و کمترین مقدار وراثت‌پذیری عمومی به ترتیب متعلق به صفات خاکستر دانه (در نسل F_1) و پروتئین دانه (در نسل F_2) بود.

وراثت‌پذیری خصوصی پائین برای صفات درصد خاکستر و درصد پروتئین دانه بیانگر نقش بیشتر اثرات غیر افزایشی (از جمله غالبیت) در واریانس ژنتیکی این صفات بود. وراثت‌پذیری پائین عملکرد روغن در گلرنگ توسط سایر محققین گزارش شده است (Camas et al., 2007; Gupta & Singh, 1988) وراثت‌پذیری خصوصی متوسط برای صفت فیبر در هر دو نسل، بیانگر نقش بیشتر اثرات افزایشی در کنترل ژنتیکی این صفت بود.

این نتایج با مقایسه اجزای واریانس ژنتیکی (σ_A^2 و σ_D^2) و مقایسه اهمیت نسبی هر کدام از این اجزاء مطابقت نشان داد. به طوری که می‌توان استنباط نمود که در نسل‌های ارزیابی F_1 و F_2، اثرات افزایشی در کنترل ژنتیکی درصد فیبر و عملکرد، اثرات غالبیت در کنترل ژنتیکی درصد خاکستر و اثرات افزایشی و غالبیت به طور توام در کنترل ژنتیکی محتوای پروتئین دانه (٪) نقش داشته‌اند.

به منظور انجام تجزیه ژنتیکی روش هیمن و برآورد پارامترهای ژنتیکی در این روش، ابتدا فرضیات لازم روش جینکز-هیمن توسط روش رگرسیون مورد آزمون قرار گرفت. نتایج بررسی فرضیات آزمون نشان داد که فقط، فرضیات برای کنترل ژنتیکی میزان پروتئین (٪) صادق است. مقایسه میزان پارامترهای ژنتیکی D (بیانگر اثرات افزایشی) و H_1 (بیانگر اثرات غالبیت) و متوسط درجه غالبیت برابر با یک $[(H1/D)^{0.5}]$ برای درصد پروتئین در نسل‌های ارزیابی F_1 و F_2 بیانگر اهمیت توام اثرات افزایشی و غیرافزایشی در کنترل ژنتیکی این صفت می‌باشد. نتایج این مطالعه با گزارش Pahlavani et al. (2007) مبنی بر وجود مدل افزایشی-غالبیت در کنترل ژنتیکی درصد پروتئین دانه در گلرنگ مطابقت دارد. برآورد مقدار مثبت F در هر دو نسل ارزیابی بیانگر فراوانی بیشتر آلل‌های غالب نسبت به آلل‌های مغلوب در کنترل ژنتیکی درصد پروتئین دانه می‌باشد. اختلاف مقدار $H_2/4H_1$ با ۰/۲۵ در نسل‌های F_1 و F_2 بیانگر عدم تعادل تقارن در توزیع آلل‌های مثبت و منفی در کنترل ژنتیکی این صفت در بین والدین می‌باشد. برآورد مثبت H_1-H_2 مبین عدم تساوی تعداد آلل‌های مثبت و منفی در کلیه مکان‌های ژنی کنترل‌کننده درصد پروتئین می‌باشد. جدول ۶ پارامترهای ژنتیکی برآورد شده به روش جینکز-هیمن را برای صفت درصد پروتئین نشان می‌دهد.

همچنین با توجه به نقش کم اثرات افزایشی در کنترل ژنتیکی صفت درصد خاکستر می‌توان نقش اثرات اپیستازی و سایر اثرات متقابل ژنی (افزایشی × غالبیت × غالبیت) را در کنترل این صفات مد نظر قرار داد (Mather & Jinks, 1982). Pahlavani et al. (2007) و Yermanos et al. (1967) استفاده از تجزیه و تحلیل میانگین نسل‌ها در گلرنگ نشان داد که مدل افزایشی-غالبیت در توجیه تنوع میزان روغن بین نسل‌ها ناتوان بوده و احتمالاً اثرات اپیستازی در کنترل میزان روغن دانه نقش داشته است.

به جز عملکرد روغن، مقدار وراثت‌پذیری عمومی برای صفات فیبر دانه، خاکستر دانه و پروتئین دانه در نسل F_1 در محدوده متوسط قرار داشت. این نتیجه، نقش معنی‌دار اثرات محیطی را در کنترل واریانس فنوتیپی این صفات بیان می‌کند. محاسبه فاکتور تشخیص، که بیانگر اهمیت نسبی اثرات افزایشی و غالبیت می‌باشد (Baker, 1978)، نشان داد که در صفات فیبر و عملکرد روغن (در نسل ارزیابی F_1) σ_{GCA}^2 نسبت به σ_{SCA}^2 اهمیت بیشتری داشته است. در سایر صفات اندازه‌گیری شده با توجه به انحراف بیشتر مقدار عددی فاکتور تشخیص از یک، اهمیت بیشتر اثرات غیرافزایشی (از جمله غالبیت) نسبت به اثرات افزایشی مشخص شد. مقایسه بین نتایج حاصل از ارزیابی صفات مختلف در نسل‌های F_1 و F_2 نشان می‌دهد که مقدار واریانس غالبیت (σ_D^2) نسبت به واریانس افزایشی (σ_A^2) در نسل F_2 افزایش بیشتری برای هر صفت داشته است. این نتیجه می‌تواند گویای وجود اپیستازی تکمیلی و یا لینکاژ از نوع جذب بین ژن‌های کنترل‌کننده این صفات، بجز درصد پروتئین دانه، باشد (Ramachandram & Goud, 1981; Hayman, 1954)، لذا به نظر می‌رسد که استفاده از نسل‌های پیشرفته تلاقی در این ژنوتیپ‌ها سبب افزایش احتمال شکستن لینکاژهای ژنی شود

جدول ۶- جدول ضرایب همبستگی بین صفات مختلف کیفی مرتبط با کیفیت دانه در ژنوتیپ‌های ارزیابی شده (والدها و تلاقی‌ها) در نسل‌های F_1 و F_2 در گلرنگ

		فیبر دانه (٪)	خاکستر دانه (٪)	پروتئین دانه (٪)	عملکرد روغن
فیبردانه	F_1	۱			
	F_2	۱			
خاکستردانه	F_1	-۰/۰۲	۱		
	F_2	۰/۰۶	۱		
پروتئین دانه	F_1	۰/۳۱	۰/۲۶	۱	
	F_2	۰/۲۷	۰/۵۳**	۱	
عملکرد روغن	F_1	-۰/۲	-۰/۲۸	۰/۰۵	۱
	F_2	۰/۰۵	-۰/۶**	-۰/۲۹	۱

**: معنی‌دار در سطح ۱ درصد.

جدول ۷- برآورد پارامترهای ژنتیکی کنترل‌کننده به روش جینکز-هیمن برای پروتئین دانه (٪) در نسل‌های ارزیابی F_1 و F_2

پروتئین (٪)	D	H_1	H_2	F	h	H1-H2	$H_2/4H_1$	$(H1/D)^{0.5}$	B (Wr/Vr)
F_1	۴/۱۱**	۴/۱۹**	۱/۸۴	۵/۷۸**	۱/۳۳*	۲/۳۵	۰/۱۱	۱/۰۱	۱/۰۳±۰/۲۶
F_2	۴/۳۱**	۴/۸۳**	۲/۵۹**	۵/۳۱**	۱/۵۶**	۲/۲۴	۰/۱۳	۱/۰۵	۱/۲۵±۰/۱۶

**: معنی‌دار در سطح ۱ درصد.

(Ramachandram & Goud, 1981). عدم تطابق کافی بین نتایج ارزیابی در نسل‌های F_1 و F_2 را می‌توان دلیل دیگری بر اهمیت بیشتر اثرات غالبیت وجود پیوستگی‌های ژنی و یا اپیستازی بین ژن‌های کنترل‌کننده برای صفات درصد فیبر، درصد خاکستر و عملکرد روغن عنوان نمود (Hill et al., 2001).

با در نظر گرفتن اثرات GCA والدین و تلاقی‌های برتر شناخته شده در این مطالعه می‌توان از ژنوتیپ‌های والدینی، هیبریدهای F_1 و یا ژنوتیپ‌های برتر در نسل در حال تفکیک F_2 به منظور بهبود صفات مختلف کیفی در برنامه‌های اصلاحی مختلف گلرنگ در کشور استفاده نمود. لذا چنانچه در برنامه‌های اصلاحی افزایش کیفیت بذر مدنظر باشد، استفاده از روش تلاقی بین والدهای با ترکیب‌پذیری منفی و معنی‌دار برای صفات فیبر و خاکستر (ISF_{14} و ۱۹۱-۲۲) با والدهای برخوردار از قابلیت ترکیب‌پذیری مثبت و معنی‌دار برای صفت محتوای روغن (C_{111}، ۱۹۱-۲۲ و K_{21}) می‌تواند منجر به تولید نتاج برتر از نظر کیفیت مطلوب بذر شود. همچنین در برنامه‌های اصلاحی با هدف افزایش پروتئین دانه، استفاده از والدهای با ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار (K_{21} و C_{4110}) در برنامه‌های تلاقی و همچنین استفاده از هیبریدهای برتر این مطالعه نظیر ISF_{14}×IL.111 مفید خواهد بود. با بررسی نتایج مشخص شد که در کنترل ژنتیکی صفات فیبر و عملکرد روغن اثرات افزایشی و در کنترل ژنتیکی صفات خاکستر و درصد پروتئین اثرات غالبیت نقش عمده را ایفا نمودند، لذا استفاده از تلاقی‌های برتر F_1 به عنوان هیبریدهای برتر و بهره‌گیری از قدرت هتروزیس به منظور تولید ژنوتیپ‌هایی که اثرات غالبیت نقش عمده در کنترل ژنتیکی آنها دارند، توصیه می‌گردد. همچنین با در نظر گرفتن سیستم تولیدمثلی گلرنگ و وجود مشکلات تکنیکی از نظر تهیه ارقام هیبرید در گیاهان خودگشن به منظور بهبود صفات کیفی با وراثت‌پذیری خصوصی پائین، می‌توان از روش‌های انتخاب در نسل‌های پیشرفته تلاقی، انتخاب غیرمستقیم و انتخاب بر مبنای نشانگر مولکولی، استفاده کرد. به این ترتیب که QTLهای خصوصیات مزبور مورد شناسائی قرار گیرند و سپس گزینش بر مبنای نشانگرهائی که با خصوصیات کمی با وراثت‌پذیری پائین پیوستگی دارند، صورت گیرد. در صفات فیبر و عملکرد روغن که اثرات افزایشی از اهمیت بیشتری برخوردار بوده‌اند و وراثت‌پذیری خصوصی بالاتری نیز داشتند، انتخاب تلاقی‌های برتر در نسل‌های اولیه در حال تفکیک (F_2) و استفاده از روش‌های انتخاب شجره‌ای می‌تواند در جهت بهبود کیفی این صفات مؤثر واقع شود. لذا جمعیت F_2 می‌تواند به عنوان یک جامعه مبنا در شروع برنامه اصلاحی به کار گرفته شود.

REFERENCES

1. Ashri, A. (1971). Evaluation of the world collection of safflower, *Carthamus tinctorius* L. I. Reaction to several diseases and associations with morphological characters in Israel. *Crop Sci*, 11, 253-257.
2. Baker, C. M. (1978). Issues in diallel analysis. *Crop Sci*, 18, 533-536.
3. Banerjee, P. P. & Kole, P. C. (2009). Analysis of genetic architecture for some physiological characters in sesame (*Sesamum indicum* L.). *Euphytica*, 168,11-22.
4. Burrow, M. D. & Coors, J. G. (1994). Diallel:A microcomputer program for the simulation and analysis of diallel crosses. *Agron J*, 86, 154-158.
5. Camas, N., Cirak, C. & Esendal, E. (2007). Seed yield, oil content and fatty acid composition of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown in Northern Turkey conditions. *J Fac Agric* 22, 98-104.
6. Dajue, L. & Mundel, H. H. (1996). Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). IPGRI, Italy.
7. Deharo, A., Rio, M. D., Lopez, J. C., Garcia, M. A., Palomares, M. J. & Fernandez-Martinez, J. (1991). Evaluation of a world collection of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) for oil quality and other seed characters. *Sesame Safflower Newsl*, 6, 94-99.
8. Deshmukh, M. P., Patil, B. R. & Chopade, P. B. (1991). General evaluation of some selected lines of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Indian J Agric Res*, 25, 181-188.
9. Dwiedi S. L., Upadhyaya, H. D. & Hegde, D. M. (2005). Development of core collection in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) germplasm. *Genet Resour Crop Evol*, 52, 821-830.
10. Fernandez-Martinez, J. M., Rio, M. & Haro, M. (1993). Survey of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) germplasm for variants in fatty acid composition and other seed characters. *Euphytica* 69, 115-122.
11. Griffing, B. (1956). Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Aust J Biol Sci*, 9, 463-493.
12. Gupta, R. K. & Singh, S. B. (1988). Diallel analysis for seed yield, oil content and other economic traits in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Genetika-Yugoslavia*, 20, 161-173.
13. Hallauer, A. R. & Miranda, J. B. (1981). *Quantitative genetics in maize breeding,* Iowa State University Press, Ames, IA.
14. Hamdan, Y. A. S., Perez-Vich, B., Fernandez-Martinez, J. M. & Velasco, L. (2009). Novel safflower germplasm with increased saturated fatty acid content. *Crop Sci*, 49, 127-132.
15. Hayman, B. I. (1954). The analysis of variance of diallel tables. *Biometrics*, 10, 235-244.
16. Hill, J., Wagoire, W. W., Ortiz, R. & Stolen, O. (2001). Analysis of a combined F_1/F_2 diallel cross in wheat. *Theor Appl Genet*, 102, 1076-1081.
17. Jinks, J. L. & Hayman, B. I. (1953). The analysis of diallel crosses. *Maize Genet. Coop. News.* 27:48-54.
18. Johnson, R. C., Bergman, J. W. & Flynn, C. R. (1999). Oil and meal characteristics of core and non-core safflower accessions from the USDA collection. *Genet Resour Crop Evol*, 46, 611-618.
19. Knowles, P. F. (1969). Centeres of plant diversity and conservation of crop germplasm. Safflower. *Econ Bot*, 23, 324-329.
20. Kotecha, A. (1979). Inheritance and association of six traits in safflower. Crop Sci, 19, 523-527.
21. Mandal, A. B. & Banerjee, S. P. (1997). Diallel analysis of yield and yield components in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *J Genet Breed,* 51, 211-215.
22. Mather, K. & Jinks, J. L. (1982). *Biometrical genetics*. Chapman and Hall:London.
23. Pahlavani, M. H., Saeidi, G. & Mirlohi, A. F. (2007). Genetic analysis of seed yield and oil content in safflower using F_1 and F_2 progenies of diallel crosses. *Int J Plant Prod*, 2,129-140.
24. Ragab, A. I. & Fried, W. (1992). Combining ability and reciprocal effects for some agronomic and oil quality traits in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Sesame Safflower Newsl*, 7, 62-69.
25. Ramachandram, M. & Goud, J. V. (1981). Genetic analysis of seed yield, oil content and their components in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Theor Appl Genet*, 60, 191-195.
26. SAS Institute. SAS/ STAT software (1997). Changes and enhancements, through release 6.12. SAS Institute Inc., Cary, NC.
27. Singh, R. J. (2007). *Genetic Resources, Chromosome Engineering and Crop Improvement*. CRC Press Inc. Boca Raton, Florida, USA.
28. Weiss, E. A. (2000). *Oil seed Crops*. 2nd ed. Blackwell Science, Oxford.
29. Yermanos, S., Hemstreet, S & Garber, M. J. (1967). Inheritance of quality and quantity of seed-oil in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Crop Sci*, 7, 417-422.
30. Zhang, Y. & Kang, M. S. (1997). DIALLEL-SAS: A SAS program for Griffing's diallel analyses. *Agron J*, 89, 176-182.