



## پاسخ به گزینش غیرمستقیم برای عملکرد و میزان روغن دانه در گلرنگ

\* محمدهادی پهلوانی<sup>۱</sup>، قدرت‌اله سعیدی<sup>۲</sup> و آقافخر میرلوحی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> استادیار گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

<sup>۲</sup> دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۴/۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۱۰/۲۸

### چکیده

هدف اصلی از انجام این مطالعه درک روابط ژنتیکی بین خصوصیات کمی و کیفی گلرنگ و کمی‌سازی تأثیر انتخاب یک صفت بر سایر صفات بود. این مطالعه در مزرعه آزمایشی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان طی سال‌های زراعی ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ با استفاده از نسل‌های والد،  $F_1$  و  $F_2$  ح- اصل از تلاقی بین ژنوتیپ‌های بومی و غیربومی انجام شده است. به منظور اطلاع یافتن از بهترین مسیر انتخاب برای بهبود خصوصیات مورد بررسی از برآورد پاسخ به گزینش غیرمستقیم استفاده شد. پاسخ به گزینش غیرمستقیم یا بیانگر میزان تغییر صفت  $y$  در اثر ایجاد تغییر برای خصوصیت  $x$  را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد از بین صفاتی که با عملکرد دانه همبستگی ژنتیکی دارند، بیشترین بهبود عملکرد دانه از طریق انتخاب برای افزایش تعداد طبق در بوته حاصل می‌گردد، زیرا پاسخ به انتخاب غیرمستقیم برای این خصوصیت بیشتر از انتخاب از طریق سایر صفات بود. در مرتبه دوم اهمیت می‌توان عملکرد دانه در بوته را از طریق افزایش تعداد دانه در طبق بهبود بخشید. همچنین اگر هدف زودرسی محصول باشد، انتخاب ژنوتیپ‌های پاکوتاه بهترین مسیر انتخاب غیرمستقیم است زیرا بیشترین پاسخ به انتخاب غیرمستقیم برای کاهش صفت روز تا گلدهی و روز تا رسیدگی از طریق انتخاب برای ارتفاع بوته مشاهده گردید. با توجه به نتایج این مطالعه پیشنهاد

\*- مسئول مکاتبه: hpahlavani@yahoo.com

می‌گردد که بررسی روابط علی بین اجزای عملکرد و طراحی تیپ ایده‌آل در گلرنگ با مطالعه همبستگی‌های ژنتیکی صورت گیرد و در امر انتخاب برای بهبود یک صفت به همبستگی آن با سایر صفات نیز توجه گردد. بر این اساس یافته‌ها نشان دادند که افزایش تعداد طبق در بوته ضمن افزایش عملکرد دانه موجب کاهش تعداد دانه در طبق می‌گردد، که خود می‌تواند میزان بهبود عملکرد دانه در بوته را کاهش دهد و لذا لازم است برای بهبود عملکرد دانه شاخص انتخاب مناسبی تعریف شود. ارتفاع بوته گلرنگ بهترین صفت برای انتخاب غیرمستقیم جهت افزایش میزان روغن دانه در این گیاه است، زیرا پاسخ به گزینش غیرمستقیم آن بیش از سایر صفات مرتبط با میزان روغن دانه بود.

واژه‌های کلیدی: گلرنگ، انتخاب، عملکرد دانه، روغن

#### مقدمه

گلرنگ<sup>۱</sup> از خانواده مرکبان<sup>۲</sup> گیاهی دیپلوئید و دارای ۲۴ کروموزوم می‌باشد. این گیاه عموماً جهت استحصال روغن از دانه، تهیه رنگدانه از گلچه‌هایش و یا به‌عنوان غذای پرندگان کشت می‌شده است. امروزه استخراج روغن موجود در دانه گلرنگ هدف اصلی زراعت آن می‌باشد و به‌همین دلیل مهمترین هدف اصلاح این نبات نیز محسوب می‌گردد. روش‌های متعددی برای افزایش کمی و کیفی در تولید محصولات زراعی وجود دارد ولی بهبود ژنتیکی منطقی‌ترین و اقتصادی‌ترین روش برای دستیابی به این اهداف محسوب می‌گردد. زیرا تحقیقات نشان داده‌است که اصلاح نباتات نقشی انکارناپذیر در بهبود خصوصیات زراعی و کیفی محصولات کشاورزی داشته‌است (رحیمیان و بنایان، ۱۹۹۶). مهمترین اهداف متخصصین اصلاح نباتات تولید و ارائه واریته‌های جدید با ویژگی‌های برتر می‌باشد تا بتوان میزان تولید در واحد سطح و کیفیت محصول گونه‌های زراعی را افزایش داد.

متخصصین اصلاح گلرنگ روش‌های اصلاحی گوناگونی را تاکنون مورد توجه قرار داده‌اند که از مهمترین آنها می‌توان به روش‌های انتخاب شجره‌ای در نسل‌های در حال تفکیک به‌منظور بهبود عملکرد دانه (نولز، ۱۹۸۰)، انتخاب توده‌ای برای افزایش عملکرد (برگمن و همکاران، ۱۹۸۹)، انتخاب دوره‌ای با هدف بهبود کیفیت روغن (والسکو و فرناندز، ۲۰۰۱)، تلاقی برگشتی برای انتقال مقاومت به

1- *Carthamus Tinctorius* L.

2- Composite

بیماری‌ها (JBPGR، ۱۹۸۳)، و تولید ارقام هیبرید (زینلی، ۱۹۹۹) اشاره نمود. از بین روش‌های اصلاح نباتات؛ انتخاب بعنوان ساده‌ترین و قدیمی‌ترین روش، مبتنی بر شناخت و آگاهی از میزان تنوع ژنتیکی موجود در جامعه، نحوه توارث و ارتباط بین صفات گوناگون می‌باشد. به عبارتی انجام یک برنامه انتخاب به منظور بهبود یک یا چند صفت خصوصا صفات کمی نیاز به اطلاعات ژنتیکی از جمله تاثیر و نحوه عمل ژن‌ها، میزان وراثت‌پذیری ژن‌ها و تاثیر متقابل صفات بر یکدیگر دارد. به همین دلیل آگاهی از نحوه کنترل ژنتیکی صفات، میزان وراثت‌پذیری و شناسایی ارتباط ژنتیکی صفات با یکدیگر از عوامل اصلی و موثر در افزایش کارایی انتخاب، ارزش اصلاحی<sup>۱</sup> و پیشرفت اصلاح نباتات و در نتیجه آن ایجاد ارقام جدید گیاهان زراعی می‌باشد (پلمن و اسلپر، ۱۹۹۵).

مطالعات انجام گرفته در گلرنگ نشان داده که توارث‌پذیری عملکرد و میزان روغن دانه بسته به ویژگی‌های ژنتیکی جوامع بسیار متغیر بوده است (خیدیر، ۱۹۷۴؛ کوتچا، ۱۹۷۹ و کوتچا ۱۹۸۱). خیدیر (۱۹۷۹) با مطالعه ۱۸ ژنوتیپ گلرنگ، میزان توارث‌پذیری عمومی<sup>۲</sup> برای عملکرد دانه در بوته و میزان روغن دانه را بترتیب ۶۷/۵ و ۹۸/۴ درصد گزارش نمود. کوتچا (۱۹۷۹) توارث‌پذیری عمومی عملکرد دانه را در ۴ تلاقی مختلف برابر با ۲۱/۷، ۵۳/۳، ۸۱/۸ و ۷۱/۹ درصد گزارش نمود. همچنین در مطالعات دیگر توارث‌پذیری خصوصی<sup>۳</sup> عملکرد دانه در گلرنگ پایین گزارش شده است (ماندل و بنرجی، ۱۹۹۷). دلیل پایین بودن توارث‌پذیری عملکرد دانه در گلرنگ و سایر گونه‌های زراعی را می‌توان به وجود کنترل ژنتیکی از نوع غیر افزایشی نسبت داد. وجود اثرات اپیستاتیک ژن‌ها در کنترل عملکرد دانه گلرنگ در مطالعه دومال و همکاران نیز گزارش شده است (دومال و همکاران، ۱۹۹۸).

انتخاب افراد در یک جامعه می‌تواند براساس یک صفت خاص با توجه به همبستگی ژنتیکی آن صفت با سایر صفات صورت گیرد. عدم وجود همبستگی بین دو صفت بدین مفهوم است که می‌توان صفتی را بهبود بخشید بدون اینکه هیچ اثری بر دیگری داشته باشد. همبستگی ژنتیکی دو صفت عمدتا به دلیل وجود پیوستگی<sup>۴</sup> و پلیوتروپی<sup>۵</sup> ژن‌ها می‌باشد (فالكونر، ۱۹۸۹؛ کرسی و پونی، ۱۹۹۶)، که وجود آنها پیش از این در کنترل خصوصیات مهم و اقتصادی گلرنگ نشان داده شده است (فالكونر،

- 
- 1- Breeding Value
  - 2- Broad Sense Heritability
  - 3- Narrow Sense Heritability
  - 4- Linkage
  - 5- Pleiotropy

۱۹۸۹). ابل با مطالعه روی نسل‌های والد،  $F_1$  و  $F_2$  گلرنگ نشان داد که انتخاب برای افزایش عملکرد دانه موجب تغییر ارتفاع بوته در نسل‌های مختلف می‌گردد (ابل، ۱۹۷۶). خیدیر (۱۹۷۴) نیز در مطالعه ارقام گلرنگ همبستگی ژنتیکی عملکرد دانه را تنها با تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و میزان روغن دانه معنی‌دار و مثبت گزارش نمود و چنین نتیجه‌گیری نمود که برای افزایش میزان عملکرد دانه در لاین‌های والدی می‌توان انتخاب را برای تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق انجام داد. با این وجود سایر مطالعات حاکی از آن است که در برنامه‌های اصلاحی گلرنگ می‌توان میانگین خصوصیات را بطور مستقل از یکدیگر بهبود داد و یا بهبود همزمان چند صفت را دنبال نمود (چاپمن و ادمیدز، ۱۹۹۹). تفاوت مشاهده شده در نتایج بدست آمده را می‌توان به تفاوت در ساختار ژنتیکی جوامع مورد استفاده در این مطالعات نسبت داد. اینگونه تفاوت‌ها حاکی از این است که در شرایط مختلف برای بهبود یک صفت خاص باید الگویی مناسب را برای انجام انتخاب معرفی نمود.

عمده‌ترین تغییری که بوسیله انتخاب در یک جامعه ژنتیکی ایجاد می‌گردد، تغییر در فراوانی ژن و در نتیجه تغییر میانگین آن جامعه است؛ میزان این تغییر را پاسخ به گزینش می‌نامند (فالکونر، ۱۹۸۹). به عبارت دیگر پتانسیل روش انتخاب برای بهبود میانگین جامعه را با بررسی پاسخ به گزینش برای آن صفت تعیین می‌نمایند. همچنین چنانچه میزان توارث‌پذیری صفاتی که از نظر ژنتیکی با هم همبستگی دارند، مشخص باشد می‌توان میزان تغییر احتمالی که از انتخاب برای یک صفت بر روی سایر صفات ایجاد می‌گردد را نیز ارزیابی نمود. میزان این تغییرات احتمالی با تخمین پاسخ به گزینش غیرمستقیم برای یک صفت بدست می‌آید. پاسخ به گزینش غیرمستقیم، کارایی انتخاب غیرمستقیم را از طریق انتخاب برای صفت X جهت بهبود صفت Y نشان می‌دهد. کارایی انتخاب غیرمستقیم هنگامی افزایش می‌یابد که همبستگی ژنتیکی دو صفت بالا و توارث‌پذیری صفت مورد انتخاب X نیز زیاد باشد (دابلکار، ۱۹۹۲). از دیگر مزایای گزینش غیرمستقیم کاربرد آن در بهبود صفاتی است که ارزیابی و انتخاب برای آنها دشوار یا پرهزینه می‌باشد. به‌عنوان مثال با افزایش میزان تحمل به سرما در شرایط مصنوعی و کنترل شده توانسته‌اند تحمل به سرمای زمستانه را در ری‌گراس بهبود بخشند (والدرون و همکاران، ۱۹۹۸). بنابراین امکان افزایش کارایی انتخاب با آگاهی از ارتباط مثبت و منفی بین خصوصیات مهم زراعی نظیر عملکرد و اجزاء آن، میزان روغن، زمان تا رسیدگی میسر می‌شود.

اگرچه گزارشات متعددی از میزان و نوع ارتباط ژنتیکی خصوصیات مهم اقتصادی نظیر عملکرد و روغن دانه در گلرنگ موجود است ولی در هیچ یک از آنها میزان پاسخ به گزینش غیرمستقیم تعیین

نشده است و به همین صورت در هیچ یک از مطالعات صورت گرفته همبستگی ژنتیکی خصوصیات کمی و کیفی گلرنگ در جوامعی با ساختار ژنتیکی متفاوت مورد بررسی قرار نگرفته است تا راهکارهای مختلف انتخاب شناسایی گردد. از طرفی اطلاعاتی که در این زمینه موجود است با استفاده از مواد ژنتیکی با منشأ غیر ایرانی بدست آمده است. به‌طورکلی مهمترین اهداف این مطالعه برآورد میزان همبستگی ژنتیکی بین صفات مهم اقتصادی نظیر عملکرد دانه و میزان روغن در نسل‌های ژنتیکی مختلف و تعیین کارایی گزینش غیرمستقیم برای صفات کیفیتی و کمیتهی مهم در برخی جوامع گلرنگ بومی ایران می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان طی سال‌های زراعی ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ با استفاده از نسل‌های والد،  $F_1$  و  $F_2$  حاصل از تلاقی بین مواد بومی و غیر بومی انجام شد. انتخاب والدین و انجام تلاقی‌های نسل  $F_1$  و حصول نتایج نسل  $F_2$  در سال ۱۳۸۰ صورت گرفت. در ۱۵ اسفند ۱۳۷۹، ۲۱ نمونه بذری شامل ۱۸ لاین انتخاب‌شده از توده‌های بومی داخلی به همراه ۳ رقم اصلاح شده کانادایی Saffire (ماندل و همکاران، ۱۹۸۵)، AC-Stirling (ماندل و همکاران، ۱۹۹۲) و AC-Sunset (ماندل و همکاران، ۱۹۹۶) در مزرعه کشت شدند. لاین‌های داخلی براساس خصوصیات مثل ارتفاع، تاریخ گلدهی، زودرسی، عملکرد دانه در بوته تعداد طبق در بوته در سال‌های زراعی قبل گزینش شده بودند (طوفی، ۲۰۰۱). در مرحله گلدهی ۶ لاین داخلی IUTE1449 (گزینش شده از توده اصفهان)، IUTK115 (گزینش شده از توده کردستان)، IUTM12 (گزینش شده از توده مرکزی)، IUTH13 (گزینش شده از توده همدان)، IUTC129 (گزینش شده از توده کوسه اصفهان) و IUTS211 (گزینش شده از توده خراسان) به همراه Saffire براساس خصوصیات فوق در یک طرح تلاقی دای‌آلل  $7 \times 7$  مورد استفاده قرار گرفتند. بذور هر ژنوتیپ در کرت‌هایی با ۴ خط ۶ متری و با فاصله روی خط ۱۰ سانتی‌متر کشت گردیدند. به‌منظور هم‌زمانی در گلدهی و امکان افزایش تعداد تلاقی و تولید بذر  $F_1$ ، کشت در ۳ تاریخ به فواصل دو هفته‌ای از تاریخ یاد شده صورت گرفت. تلاقی‌ها به روش دستی و مطابق دستورالعمل نولز (۱۹۸۰) انجام شد. در حدود ۳۰ روز پس از انجام آخرین تلاقی؛ برداشت بذور  $F_1$  شروع گردید. پس

از برداشت، ۷ تا ۱۰ عدد بذر  $F_1$  از هر تلاقی جهت تهیه بذور نسل  $F_2$  در گلخانه در ۱۵ شهریور ۱۳۸۰ کشت شدند. بدین ترتیب بذر کافی از نسل  $F_2$  مربوط به هر تلاقی نیز حاصل گردید.

کشت و ارزیابی نسل‌های والدینی به همراه بذور نسل‌های  $F_1$  و  $F_2$  حاصل از تلاقی‌های دای‌آل در سال ۱۳۸۱ صورت گرفت. بذور ۷ والد، ۲۱ تلاقی  $F_1$  و ۲۱ تلاقی  $F_2$  (شامل ۴۹ ژنوتیپ) در کرت‌هایی شامل ۳ ردیف کاشت به طول ۳ متر و به فاصله ردیف کشت ۵۰ سانتی‌متر و فاصله روی خط ۱۰ سانتی‌متر کشت شدند. آزمایش در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار اجراء شد. عملیات تهیه بستر شامل شخم پاییزه دیسک در بهار، تسطیح و پخش کود فسفات آمونیوم و اوره بود. کاشت بصورت دستی و در تاریخ ۲۰ اسفند ۱۳۸۰ صورت گرفت. اندازه‌گیری خصوصیات بوته‌ها از روی ۲۵ بوته از ردیف وسط هر کرت صورت گرفت و میانگین آنها در هر کرت در تجزیه آماری بکار گرفته شد. خصوصیات مورد بررسی در این مطالعه شامل عملکرد دانه در بوته، تعداد طبق در بوته، وزن ۱۰۰ دانه، تعداد دانه در طبق، تعداد روز تا گلدهی، ارتفاع بوته، تعداد روز تا رسیدگی، درصد روغن دانه و درصد پروتئین دانه بودند. روغن دانه برای ژنوتیپ‌های والدین و نتاج  $F_1$  با روش سوکسله و استفاده از حلال هگزان در آزمایشگاه تجزیه کیفی شرکت روغن نباتی ناز اصفهان اندازه‌گیری شد. براساس میزان روغن دانه ژنوتیپ‌های والدی، میزان روغن دانه برخی از تلاقی‌های  $F_2$  که والدین‌شان دارای مقادیر متنوعی از درصد روغن بودند (تلاقی‌های کم×کم، کم×زیاد و زیاد×زیاد از نظر روغن دانه) نیز مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. میزان پروتئین دانه نیز با روش کج‌لدال اندازه‌گیری شد. ابتدا براساس میزان پروتئین دانه ژنوتیپ‌های والدی، میزان پروتئین دانه برخی از تلاقی‌های  $F_2$  که والدین‌شان دارای مقادیر متنوعی از درصد پروتئین بودند (تلاقی‌های کم×کم، کم×زیاد و زیاد×زیاد از نظر پروتئین دانه) مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

به منظور اطلاع یافتن از بهترین مسیر انتخاب برای بهبود خصوصیات مورد بررسی از برآورد پاسخ به‌گزینش غیرمستقیم استفاده شد. پاسخ به انتخاب برای بهبود یک صفت از طریق صفت دیگر (انتخاب غیرمستقیم) براساس رابطه زیر (فالکونر، ۱۹۸۹) محاسبه شد:

$$CR_y = i \cdot h_x \cdot h_y \cdot r_g \cdot \sigma_p(y)$$

میزان پاسخ همبسته ( $CR_y$ ) نشان می‌دهد که وقتی انتخاب برای خصوصیت  $X$  صورت می‌گیرد، صفت  $Y$  چه میزان تغییر می‌کند. در این رابطه  $i$  شدت انتخاب،  $h_x$  ریشه دوم توارث‌پذیری خصوصی

صفت  $x$ ،  $h_y$  ریشه دوم توارث‌پذیری خصوصی صفت  $y$ ،  $op(y)$  ریشه دوم واریانس فنوتیپی صفت  $Y$  و ضریب همبستگی ژنتیکی دو صفت  $X$  و  $Y$  می‌باشند. شدت انتخاب افراد در این مطالعه ۲۵ درصد ( $\bar{i}=1/271$ ) در نظر گرفته شد. میزان توارث‌پذیری صفات با استفاده از روش اجزای متشکله واریانس برآورد گردید (کرسی و پونی، ۱۹۹۶).

ضرایب همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی نیز به ترتیب با استفاده از واریانس‌ها و کوواریانس‌های فنوتیپی و ژنتیکی محاسبه شدند (فالكونر، ۱۹۸۹). ضرایب همبستگی بین صفات والدین ( $n=7$ )، نتاج  $F_1$  ( $n=21$ )، نتاج  $F_2$  ( $n=21$ )، والدین به همراه نتاج  $F_1$  ( $n=28$ ) و والدین به همراه نتاج  $F_2$  ( $n=28$ ) به صورت جداگانه مورد محاسبه قرار گرفت. تجزیه واریانس، مقایسه میانگین و محاسبه ضرایب همبستگی فنوتیپی با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS صورت گرفت (SAS، ۱۹۹۶). ماتریس واریانس و کوواریانس ژنتیکی مربوط به خصوصیات مورد بررسی (به استثنای میزان روغن دانه‌ها در نسل  $F_2$ ) با استفاده از تجزیه کوواریانس و براساس اجزای متشکله واریانس و امید ریاضی میانگین مربعات و با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTATC (۱۹۸۹) محاسبه گردید.

## نتایج و بحث

توارث‌پذیری عمومی برای خصوصیات مورد بررسی در هر دو نسل  $F_1$  و  $F_2$  محاسبه گردید (جدول ۱). در هر دو تجزیه دای‌آل  $F_1$  و  $F_2$  تمامی خصوصیات مورد بررسی به استثنای تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی در تجزیه نتاج  $F_1$  توارث‌پذیری عمومی بالایی ( $h_b^2 > 70\%$ ) داشتند. به عبارتی بخش بیشتر واریانس مشاهده شده برای صفات مورد بررسی توسط عوامل ژنتیکی ایجاد شده‌اند. خیدیر (۱۹۷۹) نیز با مطالعه ۱۸ ژنوتیپ گلرنگ، میزان توارث‌پذیری عمومی عملکرد دانه در بوته، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن ۱۰۰ دانه، ارتفاع بوته و میزان روغن دانه را به ترتیب ۶۷/۵، ۶۵/۰، ۹۶/۶، ۹۷/۳، ۹۲/۸ و ۹۸/۴ درصد گزارش نمود. در مطالعه دیگری نیز توارث‌پذیری عمومی تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی و ارتفاع بوته در گلرنگ به ترتیب ۸۱ تا ۹۱، ۹۰ تا ۹۶ و ۷۱/۵ تا ۸۳/۴ درصد گزارش شده است (کوچا، ۱۹۸۱). نتایج مربوط به تجزیه داده‌های جدول‌های دای‌آل در اینجا نشان داده نشده است (پهلوانی و همکاران، ۲۰۰۷).

توارث‌پذیری خصوصی نیز در نسل‌های  $F_1$  و  $F_2$  برای خصوصیات مورد بررسی محاسبه گردید (جدول ۱). در ارزیابی نتایج  $F_1$  دای‌آل، مقادیر توارث‌پذیری خصوصی برای عملکرد دانه در بوته، تعداد طبق در بوته و میزان روغن دانه پایین ( $h_n^2 < 30\%$ )، برای وزن ۱۰۰ دانه، روز تا گلدهی و روز تارسیدگی متوسط ( $30\% < h_n^2 < 70\%$ ) و برای تعداد دانه در طبق و ارتفاع بوته زیاد ( $h_n^2 > 70\%$ ) بود (جدول ۱). مقادیر زیاد توارث‌پذیری خصوصی برای ارتفاع بوته و تعداد دانه در طبق نشان داد که واریانس ژنتیکی افزایشی نقش قابل توجهی در ایجاد تنوع این صفت داشت. کوتچا (۱۹۸۱) نیز با مطالعه ژنتیکی روی چندین تلاقی گلرنگ میزان توارث‌پذیری خصوصی را با استفاده از روش رگرسیون نتایج  $F_3$  روی والدین  $F_2$  برای ارتفاع بوته زیاد (۷۹/۰ درصد) و برای روز تا گلدهی پایین (۱۱ درصد) گزارش نمود. با توجه به مقادیر پایین توارث‌پذیری خصوصی در مورد عملکرد دانه در بوته و تعداد طبق در بوته در این مطالعه و مقادیر نسبتاً زیاد توارث‌پذیری عمومی این صفات (جدول ۱) مبین نقش سایر اجزاء واریانس ژنتیکی از جمله غالبیت و اپیستازی در کنترل آنها می‌باشد (ماتر و جینکز، ۱۹۸۲). وجود اثرات اپیستاتیک زن‌ها در کنترل عملکرد دانه گلرنگ پیش از این نیز توسط دومال و همکاران (۱۹۹۸) گزارش شده است.

مقادیر محاسبه شده توارث‌پذیری خصوصی با استفاده از نسل  $F_2$  تلاقی‌های دای‌آل برای تمام خصوصیات مورد بررسی به استثنای عملکرد دانه در بوته متوسط ( $30\% < h_n^2 > 70\%$ ) و یا بالا ( $h_n^2 > 70\%$ ) بودند (جدول ۱). کمترین مقدار توارث‌پذیری خصوصی در نسل  $F_2$  در مورد عملکرد دانه در بوته و بیشترین آن برای ارتفاع بوته برآورد گردید. توارث‌پذیری خصوصی برای تعداد دانه در طبق در نسل  $F_1$  برابر ۷۹/۸ درصد و در نسل  $F_2$  برابر ۴۶/۴ درصد و توارث‌پذیری خصوصی تعداد روز تا گلدهی در نتایج  $F_1$  و  $F_2$  بترتیب برابر ۳۶/۱ و ۶۵/۶ درصد بود (جدول ۱). برای تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی و ارتفاع بوته برآورد توارث‌پذیری خصوصی با استفاده از ارزیابی نسل  $F_2$  بیشتر از نسل  $F_1$  بود. مشاهده مقادیر متوسط و بالای توارث‌پذیری خصوصی برای تعداد دانه در طبق، وزن ۱۰۰ دانه، روز تا رسیدگی، روز تا گلدهی و ارتفاع بوته در هر دو نسل  $F_1$  و  $F_2$  نشان از نقش ژن‌هایی با اثرات افزایشی در کنترل ژنتیکی این صفات دارد، بنابراین با انتخاب می‌توان میانگین آنها را بهبود بخشید.



جدول ۱- توارث‌پذیری عمومی و خصوصی (%). صفات مورد بررسی در آزمایش نتاج دای آلل  $F_1$  (۱) و  $F_2$  (۲).

صفات مورد ارزیابی									
پارامتر	آزمایش	عملکرد دانه در بوته (گرم)	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در طبق	وزن ۱۰۰ دانه (گرم)	روز تا گلدهی رسیدگی	روز تا بوته	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	میزان روغن دانه † (%)
$\sigma_A^2$	۱	—†	۱۵/۶	۷۱/۸	۰/۲۰	۸/۰	۸/۵	۲۸۷/۹	۱/۹
	۲	۱۱/۲	—†	۸۵/۷	۰/۱۴	۱۷/۷	۱۹/۸	۲۸۹/۳	—
$\sigma_D^2$	۱	۱۷۵/۹	۱۴۸/۹	۱۷/۳	۰/۲۱	۴/۲	۸/۸	۴/۹	۴/۲
	۲	۸۶/۲	۷۶/۹	۸۷/۵	۰/۰۹	۸/۹	۱۳/۵	۷۰/۷	—
$h_b^2$ (%)	۱	۹۹/۳	۹۹/۳	۹۹/۰	۹۷/۶	۵۵/۰	۶۱/۱	۹۰/۱	۷۵/۳
	۲	۸۱/۲	۷۵/۱	۹۳/۷	۸۸/۷	۹۸/۵	۹۴/۹	۹۶/۵	—
$h_n^2$ (%)	۱	—†	۹/۶	۷۹/۸	۴۸/۷	۳۶/۱	۳۰/۴	۸۹/۴	۲۳/۵
	۲	۳/۹	—†	۴۶/۴	۵۵/۴	۶۵/۶	۵۶/۴	۷۷/۵	—

†: میزان روغن دانه تنها در والدین و نتاج  $F_1$  اندازه‌گیری گردید. ‡: برآورد واریانس افزایشی در این مورد منفی بود.

جدول (۲) کارایی انتخاب غیرمستقیم را از طریق انتخاب برای صفت X جهت بهبود صفت Y نشان می‌دهد. به عبارت دیگر وقتی گزینش برای صفت X انجام می‌شود، میانگین صفت همبسته آن یعنی Y چه میزان تغییر می‌نماید. از بین صفاتی که با عملکرد دانه همبستگی ژنتیکی دارند، بیشترین بهبود عملکرد دانه از طریق انتخاب برای افزایش تعداد طبق در بوته حاصل می‌گردد، زیرا پاسخ به انتخاب غیرمستقیم برای این خصوصیت بیشترین بود ( $CRY=14/51$ ). در مرتبه دوم اهمیت می‌توان عملکرد دانه در بوته را از طریق بهبود در تعداد دانه در طبق افزایش داد ( $CRY=8/34$ ; جدول ۲). به عبارت دیگر اگر هدف افزایش عملکرد دانه باشد، برای انتخاب غیرمستقیم بهترین مسیر برای افزایش تعداد طبق در بوته و یا افزایش تعداد دانه در طبق می‌باشد. تعداد طبق در بوته خصوصیتی است که بیشترین ضریب همبستگی ژنتیکی با عملکرد دانه را دارا بود (جدول ۲). نتایج جدول (۲) نشان می‌دهد که در امر انتخاب باید به سایر همبستگی‌ها نیز توجه داشت. به عنوان مثال افزایش تعداد طبق در بوته ضمن افزایش عملکرد دانه موجب کاهش تعداد دانه در طبق می‌گردد، که خود می‌تواند میزان بهبود عملکرد دانه در بوته را کاهش دهد.

کارایی انتخاب غیرمستقیم هنگامی افزایش می‌یابد که همبستگی ژنتیکی دو صفت بالا و توارث‌پذیری صفت مورد نظر برای بهبود (صفت Y) نیز زیاد باشد (دابولکار، ۱۹۹۲). چاپمن و ادمیدز

(۱۹۹۹) نشان دادند که بهترین صفت برای انتخاب غیرمستقیم جهت افزایش عملکرد دانه ذرت در شرایط رطوبتی مناسب و تنش، تعداد دانه در واحد سطح است. انتخاب غیرمستقیم برای افزایش عملکرد دانه و سایر صفات مطلوب یا کاهش در صفات نامطلوب که بسادگی قابل ارزیابی نمی‌باشند توسط سایر محققین در یولاف نیز به کار گرفته شده است (کروانتس و همکاران، ۲۰۰۲؛ هولاند و همکاران، ۲۰۰۱).

برای انتخاب غیرمستقیم جهت افزایش تعداد دانه در طبق، انتخاب برای ارتفاع بوته بهترین گزینه می‌باشد، زیرا بیشترین پاسخ به انتخاب غیرمستقیم از طریق این صفت مشاهده شد ( $CRy=188/50$ ؛ جدول ۲). این انتخاب موجب کاهش عملکرد دانه در بوته نیز می‌گردد زیرا مقدار پاسخ به انتخاب غیرمستقیم از طریق آن برابر  $15/21-$  بود (جدول ۲). در مقایسه با سایر خصوصیات و در نسل  $F_1$  بالاترین همبستگی بین تعداد دانه در طبق و تعداد روز تا رسیدگی مشاهده شد، ولی بهترین روش انتخاب جهت افزایش تعداد دانه در طبق انتخاب برای افزایش ارتفاع بوته بود (جدول ۲). تفاوت بین نتیجه حاصل از تجزیه ضرایب همبستگی ژنتیکی و پاسخ به گزینش در این مورد به این دلیل است که در محاسبه پاسخ به گزینش علاوه بر همبستگی ژنتیکی بین دو صفت، توارث‌پذیری و واریانس موجود نیز مورد توجه قرار می‌گیرد (فالكونر، ۱۹۸۹). به همین صورت از بین تمام خصوصیات که با وزن ۱۰۰ دانه همبستگی ژنتیکی داشتند، بهترین مسیر برای افزایش وزن دانه، تعداد طبق در بوته بود، زیرا بالاترین پاسخ به گزینش غیرمستقیم برای بهبود وزن ۱۰۰ دانه از طریق انتخاب برای تعداد طبق در بوته بدست می‌آید (جدول ۲).

بیشترین پاسخ به انتخاب غیرمستقیم برای کاهش صفت روز تا گلدهی و روز تا رسیدگی از طریق انتخاب برای ارتفاع بوته مشاهده گردید. بعبارت دیگر اگر هدف کاهش زمان تا گلدهی و رسیدگی باشد، انتخاب ژنوتیپ‌های پا کوتاه شاید بهترین روش انتخاب غیرمستقیم باشد. علاوه بر این ارتفاع بوته خصوصیتی است که در مراحل گلدهی قابل ارزیابی است و می‌توان قبل از رسیدگی ژنوتیپ‌های مناسب را گزینش نمود. یکی از مزایای دیگر گزینش غیرمستقیم در مورد بهبود صفاتی است که ارزیابی و انتخاب برای آنها دشوار یا پرهزینه می‌باشد. به‌عنوان مثال برای بهبود سختی زمستانه در ری‌گراس از طریق انتخاب برای توانایی تحمل به سرما در شرایط مصنوعی و کنترل شده استفاده گردیده است، چون این دو صفت با هم مرتبط هستند (والدرون و همکاران، ۱۹۹۸). از بین صفات مورد ارزیابی، میزان روغن دانه تنها خصوصیتی است که در آزمایشگاه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و انتخاب با استفاده از خصوصیات مزرعه‌ای برای افزایش آن مفید می‌باشد. نتایج نشان داد که ارتفاع

بوته بهترین صفت برای انتخاب غیرمستقیم افزایش روغن دانه است زیرا پاسخ به گزینش غیرمستقیم آن بیش از سایر خصوصیات بود (جدول ۲).

با توجه به ضرایب همبستگی بین صفات، برای افزایش میزان عملکرد دانه می‌توان انتخاب را برای تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق انجام داد. همبستگی ژنتیکی روغن دانه و عملکرد دانه در نسل‌های والدی و  $F_1$  مثبت و نسبتاً کم بود که نشان می‌دهد در تولید ارقام هیبرید گلرنگ به‌راحتی می‌توان عملکرد دانه و میزان روغن را بهبود بخشید بدون اینکه هیچ اثر نامطلوبی بر یکدیگر داشته باشند. جهت و میزان همبستگی ژنتیکی بین صفات بسته به ماهیت ژنتیکی مواد مورد استفاده متفاوت بود. به عنوان مثال افزایش تعداد طبق در بوته در نسل والدین و  $F_1$  موجب افزایش عملکرد دانه در بوته ولی در نسل  $F_2$  حداقل هیچ تغییری در آن ایجاد نمی‌نماید. انتخاب برای زودگلدهی و زودرسی، عملکرد دانه در بوته را در نسل‌های والدی و  $F_2$  تغییر نمی‌دهد ولی در نسل‌های  $F_1$  ممکن است همراه با افزایش عملکرد دانه باشد.

به‌طور کلی از نتایج این مطالعه می‌توان این‌طور استنباط نمود که عوامل محیطی در نحوه ارتباط بین صفات، خصوصاً بر روابط اجزای عملکرد با یکدیگر تأثیر می‌گذارند. به‌عنوان مثال عوامل محیطی موجب تفاوت بین ضرایب همبستگی ژنتیکی و فنوتیپی بین تعداد طبق در بوته و عملکرد دانه شد (نتایج در منبع پهلوانی و همکاران، ۲۰۰۷). به‌عبارت دیگر چنانچه هدف این باشد که عملکرد دانه در بوته را با افزایش تعداد طبق در بوته و با توجه به همبستگی فنوتیپی مثبت و معنی‌دار بین آنها بهبود داد، در این‌صورت کارایی انتخاب کاهش می‌یابد، زیرا همبستگی ژنتیکی بین این دو صفت منفی و پایین است. با توجه به این نتیجه؛ پیشنهاد می‌گردد که بررسی روابط علی بین اجزای عملکرد و طراحی تیپ ایده‌آل در گلرنگ با توجه و مطالعه همبستگی‌های ژنتیکی صورت گیرد. بررسی مقادیر پاسخ به گزینش در این مطالعه نشان داد که برای انتخاب غیرمستقیم جهت بهبود عملکرد دانه، انتخاب برای افزایش تعداد طبق در بوته و سپس تعداد دانه در طبق می‌تواند مؤثر باشد. در این راستا بنظر می‌رسد در امر انتخاب برای بهبود یک صفت باید به همبستگی آن با سایر صفات نیز توجه داشت. به‌عنوان مثال افزایش تعداد طبق در بوته ضمن افزایش عملکرد دانه موجب کاهش تعداد دانه در طبق می‌گردد، که خود می‌تواند میزان بهبود عملکرد دانه در بوته را کاهش دهد و لذا لازم است برای بهبود عملکرد دانه شاخص انتخاب مناسبی تعریف شود. همچنین ارتفاع بوته گلرنگ بهترین صفت برای انتخاب غیرمستقیم جهت افزایش میزان روغن دانه در این گیاه است، زیرا پاسخ به گزینش غیرمستقیم آن بیش از سایر صفات بود.

جدول ۲- مقایسه کارایی گزینش غیرمستقیم جهت بهبود صفت  $y$  از طریق انتخاب برای صفت  $x$  برای صفات مختلف با استفاده از نتایج ارزیابی  $F_1$  (با استفاده از رابطه  $r_g \cdot h_x h_y \cdot \sigma_{py} \cdot I$   $CR_y =$ ).

صفت $y$	صفت $x$	هم توارثی ( $h_x h_y$ )	واریانس فنوتیپی ( $\sigma_p(y)$ )	همبستگی ژنتیکی ( $r_g$ )	کارایی گزینش ( $CR_y$ )
عملکرد دانه	تعداد طبق در بوته	۰/۰۹۴	۱۶۲/۵	۰/۷۵	۱۴/۵۱
عملکرد دانه	تعداد دانه در طبق	۰/۲۷	۹۰/۰	۰/۲۷	۸/۳۴
عملکرد دانه	وزن ۱۰۰ دانه	۰/۲۱	۰/۴۰	۰/۱۳	۰/۰۱
عملکرد دانه	روز تا گلدهی	۰/۱۸	۲۲/۳	-۰/۴۵	-۲/۳۱
عملکرد دانه	روز تا رسیدگی	۰/۱۷	۲۷/۹	-۰/۴۷	-۲/۷۸
عملکرد دانه	ارتفاع بوته	۰/۲۹	۳۲۲/۰	-۰/۱۳	-۱۵/۲۱
عملکرد دانه	میزان روغن دانه	۰/۱۵	۸/۱	۰/۴۰	۰/۶۰
تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در طبق	۰/۲۸	۹۰/۰	-۰/۳۰	-۹/۴۱
تعداد طبق در بوته	وزن ۱۰۰ دانه	۰/۲۲	۰/۴۰	۰/۲۳	۰/۰۳
تعداد طبق در بوته	روز تا گلدهی	۰/۱۹	۲۲/۳	-۰/۶۹	-۳/۶۰
تعداد طبق در بوته	روز تا رسیدگی	۰/۱۷	۲۷/۹	-۰/۷۲	-۴/۳۲
تعداد طبق در بوته	ارتفاع بوته	۰/۲۹	۳۲۲/۰	-۰/۴۳	-۵۱/۱۱
تعداد دانه در طبق	تعداد طبق در بوته	۰/۲۸	۱۶۲/۵	-۰/۳۰	-۱۷/۰
تعداد دانه در طبق	وزن ۱۰۰ دانه	۰/۶۲	۰/۴۰	-۰/۶۴	-۰/۲۱
تعداد دانه در طبق	روز تا گلدهی	۰/۵۴	۲۲/۳	۰/۵۹	۸/۸۹
تعداد دانه در طبق	روز تا رسیدگی	۰/۴۹	۲۷/۹	۰/۶۷	۱۱/۵۹
تعداد دانه در طبق	ارتفاع بوته	۰/۸۴	۳۲۲/۰	۰/۵۵	۱۸۸/۵۰
وزن ۱۰۰ دانه	تعداد طبق در بوته	۰/۲۲	۱۶۲/۵	۰/۲۳	۱۰/۱۸
وزن ۱۰۰ دانه	تعداد دانه در طبق	۰/۶۲	۹۰/۰	-۰/۶۴	-۴۵/۲۳
وزن ۱۰۰ دانه	روز تا گلدهی	۰/۴۲	۲۲/۳	-۰/۸۷	-۱۰/۲۴
وزن ۱۰۰ دانه	روز تا رسیدگی	۰/۳۹	۲۷/۹	-۰/۷۴	-۱۰/۰
وزن ۱۰۰ دانه	ارتفاع بوته	۰/۶۶	۳۲۲/۰	-۰/۴۳	-۱۱/۵۱
روز تا گلدهی	عملکرد دانه	۰/۱۸	۱۲۰/۴	-۰/۴۵	-۱۲/۵۱
روز تا گلدهی	وزن ۱۰۰ دانه	۰/۴۲	۰/۴۰	-۰/۸۷	-۰/۱۹
روز تا گلدهی	روز تا رسیدگی	۰/۳۳	۲۷/۹	۰/۸۴	۹/۷۷
روز تا گلدهی	ارتفاع بوته	۰/۵۷	۳۲۲/۰	۰/۷۲	۱۶۵/۹۷
روز تا رسیدگی	وزن ۱۰۰ دانه	۰/۳۹	۰/۴۰	-۰/۷۴	-۰/۱۵
روز تا رسیدگی	روز تا گلدهی	۰/۳۳	۲۲/۳	۰/۸۴	۷/۸۱
روز تا رسیدگی	ارتفاع بوته	۰/۳۰	۳۲۲/۰	۰/۷۳	۹۰/۱۷
ارتفاع بوته	وزن ۱۰۰ دانه	۰/۶۶	۰/۴۰	-۰/۴۳	-۰/۱۵
میزان روغن دانه	وزن ۱۰۰ دانه	۰/۳۴	۰/۴۰	-۰/۰۳	-۰/۰۱
میزان روغن دانه	روز تا گلدهی	۰/۲۹	۲۲/۳	-۰/۵۹	-۴/۸۲
میزان روغن دانه	روز تا رسیدگی	۰/۲۷	۲۷/۹	-۰/۴۹	-۴/۶۰
میزان روغن دانه	ارتفاع بوته	۰/۴۶	۳۲۲/۰	۰/۳۰	۵۵/۸۰

† : شدت انتخاب (i) برای انتخاب ۲۵ درصد افراد برتر جامعه ۱/۲۷۱ در نظر گرفته شد.  
 ‡ : مقادیر توارث پذیری و واریانس فنوتیپی عملکرد دانه در بوته از نتایج دای آلل  $F_2$  اقتباس شده است.

فهرست منابع

- Abel, G.H. 1976. Relationship and use of yield components in safflower breeding. *Agronomy Journal* 68: 442-447.
- Bergman, J.W., Carlson, G., Kushnak, G., Riveland, N.R., Stallknecht, G., Welty, L.E., and Wichman, D. 1989. Registration of "Girard" safflower. *Crop Science* 29: 828-829.
- Cervantes-Martinez, C.T., Frey, K.J., White, P.J., Wesenberg, D.M., and Holland, J.B. 2002. Correlated response to selection for  $\beta$ -glucan content in two oat populations. *Crop Science* 42: 730-738.
- Chapman, S.C., and Edmeades, G.O. 1999. Selection improves drought tolerance in tropical maize populations. *Crop Science* 39: 1315-1324.
- Dabholkar, A.R. 1992. Elements of biometrical genetics. Concept Publishing Company, New Dehli, 431p.
- Dhumale, D.B., Merat, D.M., and Deshmukh, D.T. 1998. Simplified triple test cross analysis in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Indian J. Genet.*, 58: 323-326.
- Falconer, D.S. 1989. Introduction to quantitative Genetics, Longman Group Ltd. London.
- Holland, J.B., Frey, K.J., and Hammond, E.G. 2001. Correlated response of fatty acid composition, grain quality and agronomic traits to nine cycles of recurrent selection for increased oil content in oat. *Euphytica*, 122: 69-79.
- IBPGR, 1983. Descriptors for safflower/International board for plant genetic resources. (AGPG: IBPGR/81/93), Rome, Italy.
- Kearsey, M.J., Pooni, H.S. 1996. The genetical analysis of quantitative traits. Chapman & Hall Press.
- Khidir, M.O. 1974. Genetic variability and inter-relationship of some quantitative characters in safflower, *J. Agric. Sci. Camb.*, Vol. 83, pp: 107-202.
- Knowels, P.F. 1980. Safflower, P: 535-547 in Hybridization of crop plants (Fehr W.R., and H.H. Hadley eds.). *Am. Soc. Agron.*, Madison, Wisconsin, USA, p 763.
- Kotecha, A. 1979. Inheritance and association of six traits in safflower. *Crop Science* 19: 523-527.
- Kotecha, A. 1981. Inheritance of seed yield and its components in safflower. *Canadian Journal of Genetic and Cytology* 23: 111-117.
- Mandal, A.B., and Banerjee, S.P. 1997. Diallel analysis of yield and yield components in safflower (*Carthamus tinctorius*). *Journal of Genetics and Breeding* 51: 211-215.
- Mather, K., and Jinks, J.L. 1982. Biometrical genetics, Chapman and Hall: London.
- MSTAT-C, Freed, R.D., and Eisensmith, S.P. 1989. Crop and Soil Department, Mishigan State University (Version 1.42).

- Mundel, H.H., Huang, H.C., Burch, L.D., and Kiehn, F. 1985. Saffire Safflower. *Canadian Journal of Plant Science* 65: 1079-1081.
- Mundel, H.H., Morrison, R.J., Huang, H.C., and Kiehn, F. 1992. AC Stirling Safflower. *Canadian Journal of Plant Science* 72: 1251-1253.
- Mundel, H.H., Huang, H.C., Burch, L.D., and Kiehn, F. 1996. AC Sunset Safflower. *Crop Science* 36: 804-805.
- Rahimian, H., and Banaian, M., 1996. *Genetic Improvement of Field Crops*, Mashhad Jihad Daneshgahi Press, 344p. (Translated in Persian).
- SAS Institute Inc. 1996. *SAS/STAT Users guide* 'SAS Institute Inc. (Cary, NC).
- Pahlavani M.H., Saeidi, G., and Mirlohi, A.F. 2007. Genetic analysis of seed yield and oil content in safflower using F1 and F2 progenies of diallel crosses, *IJPP*, 1(2): 129-140.
- Poelman, J.M., and Sleper, D.A. 1995. *Breeding field crops*, Iowa State, University Press, Ames, IA.
- Toofi, H. 2001. Evaluation of genetic variation for agronomic traits in local safflower and sigle plant selection for producing line, MSc Thesis, Isfahan University of Technology.
- Velasco, L., and Fernandez-Martinez, J.M. 2001. Breeding for oil quality in safflower, The V<sup>th</sup> International Safflower Conference, Montana, July 23-27, 2001.
- Waldron, B.L., Ehlke, N.J., Vellekson, and White, D.B. 1998. Controlled freezing as an indirect selection method for field winterhardiness in turf-type perennial raygrass. *Crop Science* 38: 811-816.
- Zeinali, E. 1999. *Safflower, characteristics, production and utilization*. Gorgan University Press, Iran, 137p. (Translated in Persian).



## **Correlated response to selection for yield and oil content of seed in safflower**

**\*M.H. Pahlavani<sup>1</sup>, G. Saeidi<sup>2</sup> and A.F. Mirlohi<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Dept. of Plant Breeding and Biotechnology, Gorgan University of Agricultural Sciences, Gorgan, Iran, <sup>2</sup>The College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

### **Abstract**

The main objective of this study was to understand of genetic association between quantitative and qualitative traits and also to quantify effects of selection for one trait on others in safflower. The study took place in the experimental field of the faculty of agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran, in the 2001 and 2002. To find the best variable for selection to improve evaluated traits the correlated response to selection was calculated. The correlated response to selection indicates when selection takes place for a trait what happens for other related traits. The results indicated that, among all correlated traits with seed yield per plant the highest progress can be obtained by selection for increasing the number of head per plant, because correlated response to selection for number of head per plant was bigger than others. After the number of head per plant, the most important trait for improving of seed yield was number of seed per head. Also, if shortening of time to maturity be the aim of breeding project, the best choice is selection of dwarf genotypes, because the highest increasing of correlated response to selection was observed for plant height. On the results of this study it was proposed that evaluation of casual association between yield components and designing of ideotype in safflower must be done with considering of genetic correlations between all related traits and for selection of one trait much attention should be pay to its correlations with other traits. Our findings shows that increasing the number of head per plant improve seed yield and additionally decrease number of seed per head, and this can reduce amount of yield improving. Therefore, it seems necessary that for improving seed yield in safflower a suitable selection index would be defined. Plant height was the best variable for increasing oil content in indirect selection, because the results showed that its correlated response to selection was higher than other traits.

**Keywords:** selection, seed yield, oil, safflower

---

\*-Corresponding author; Email: [hpahlavani@yahoo.com](mailto:hpahlavani@yahoo.com)

