

ارزیابی روابط فنوتیپی و ژنتیکی بین صفات زراعی، عملکرد دانه و اجزای آن در ژنوتیپ‌های به‌دست آمده از تلاقی بین گونه‌ای گلرنگ اهلی و وحشی

سمیه صنوبری^۱، محمدرضا سبزیعلیان^{۲*} و قدرت‌اله سعیدی^۳

۱ و ۲. دانشجوی کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، استادیار و استاد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۷ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۷/۲۵)

چکیده

گلرنگ از گیاهان بومی ایران است و امکان اصلاح ژنتیکی آن با تلاقی‌های بین گونه‌ای وجود دارد. در این تحقیق ۱۴ ژنوتیپ شامل ژنوتیپ‌های به‌دست آمده از تلاقی بین گونه‌ای گلرنگ اهلی - وحشی در نسل‌های F_5 و F_6 ، به همراه برخی ژنوتیپ‌های اهلی و وحشی از نظر روابط بین برخی صفات زراعی و اجزای عملکرد آنها در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان بررسی شدند. عملکرد دانه در بوته ژنوتیپ‌ها بین ۶/۴۱ تا ۱۴/۴۹ گرم متغیر و بیشترین میزان عملکرد دانه در بوته متعلق به ژنوتیپ F_6 حاصل از تلاقی چهار بود. نتایج به‌دست آمده از تجزیه همبستگی بین صفات نشان داد که صفات وزن هزاردانه و قطر غوزه بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه در بوته داشتند. نتایج به‌دست آمده از تجزیه رگرسیون مرحله‌ای نیز نشان داد که صفات وزن هزاردانه و قطر غوزه مهم‌ترین عامل‌های تعیین کننده عملکرد دانه در بوته بودند که در مجموع ۶۱ درصد از تغییرات عملکرد دانه در بوته را توجیه کردند. نتایج تجزیه ضریب‌های مسیر ترتیبی نیز نشان داد که صفات وزن هزاردانه، قطر غوزه و شمار غوزه در بوته به‌عنوان متغیرهای رتبه اول انتخاب شده و ۵۶ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه کردند. نتایج همچنین نشان داد که دو صفت وزن هزاردانه و قطر غوزه می‌توانند به‌عنوان شاخص انتخاب برای افزایش عملکرد در گلرنگ در نظر گرفته شوند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه ضریب‌های مسیر، گلرنگ، همبستگی.

مقدمه

گلرنگ با نام علمی *Carthamus tinctorius* L. یکی از گیاهان مهم مناطق خشک و نیمه‌خشک هندوستان، ایران، مصر و دیگر کشورهای مدیترانه است. در سال‌های اخیر گلرنگ به دلیل سازگاری به اقلیم‌های گوناگون و مقاومت به خشکی و شرایط سخت، به‌عنوان یکی از گیاهان دانه روغنی مهم برای نواحی خشک و نیمه‌خشک جهان مورد توجه بوده است (Farsi, 1993). وجود توده‌های محلی و انواع تیپ وحشی این گیاه که در سراسر ایران پراکنده‌اند نیز

نشان از سازگاری گیاه گلرنگ با شرایط آب و هوایی مناطق گسترده‌ای از کشور ما را دارد (Omidie Tabrizi, 2000). گلرنگ یک گیاه چندمنظوره است که از گل‌های آن به‌عنوان منبع ماده رنگی در صنعت رنگرزی، از دانه آن به‌عنوان خوراک طیور و از کنجاله آن برای خوراک دام استفاده می‌شود. در حال حاضر نیز هدف اصلی زراعت گلرنگ در سراسر جهان استخراج روغن از آن است (Khajepor, 1998). گلرنگ با داشتن کیفیت بالای روغن به دلیل وجود بیش از ۹۰ درصد اسیدهای چرب غیراشباع به‌ویژه اسید

همبستگی معیاری است که میزان ارتباط بین متغیرها را تعیین می‌کند (Bagheri, 2006) و از همبستگی‌های ساده در برخی از گیاهان زراعی و برای به دست آوردن اطلاعات دربارهٔ ارتباط بین عملکرد و اجزا عملکرد یا صفات دیگر استفاده شده است (Ahmad, 1991; Bagheri, 2006). تجزیهٔ مسیر نیز اهمیت نسبی تأثیر مستقیم و غیرمستقیم اجزای عملکرد را بر عملکرد دانه مشخص می‌کند و این روش توسط متخصصان بهنژادی برای شناسایی صفات مرتبط با عملکرد دانه استفاده شده است (Golkar, 2011). تجزیهٔ رگرسیون گام‌به‌گام نیز برای تعیین درصد سهم صفات مؤثر بر عملکرد دانه استفاده می‌شود.

در پژوهشی شامل نسل‌های F_4 و F_5 به‌دست‌آمده از تلاقی در گلرنگ، Malleshappa (2000) گزارش کرد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین شمار غوزه در بوته با عملکرد دانه در بوته وجود دارد، اما این صفت همبستگی منفی با شمار دانه در غوزه و قطر غوزه داشت. در تحقیقی Johnson *et al.* (2001) نیز نشان دادند که عملکرد دانه در بوته همبستگی مثبتی با وزن دانه و ارتفاع بوته داشت. در پژوهشی دیگر Acharya *et al.* (1994) با استفاده از ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ مشاهده کردند که وزن دانه بیشترین تأثیر مستقیم را بر عملکرد دانه داشته است. در آزمایشی Mahasi *et al.* (2006) ۳۶ نمونهٔ گلرنگ را برای صفات مختلف ارزیابی کردند و تجزیهٔ مسیر اجزای عملکرد نشان داد که اجزای با بیشترین همبستگی با عملکرد دانه همچنین بیشترین تأثیر مستقیم را بر عملکرد دانه داشته‌اند و این صفات شمار شاخه‌های اولیه، شمار غوزه در بوته، شمار دانه در غوزه و وزن هزاردانه گزارش شده‌اند. در بررسی Ashri *et al.* (1974) روی ۹۰۳ رقم گلرنگ، تجزیهٔ رگرسیون گام‌به‌گام نشان داد که مهم‌ترین جزء عملکرد دانه، شمار غوزه در بوته بود و صفت شمار دانه در غوزه جز برای رگه (لاین)‌های ایرانی اهمیت چندانی نداشته است.

استفاده از تلاقی‌های بین‌گونه‌ای به‌منظور انتقال صفات مطلوب از جمله مقاومت به تنش‌های زیستی و غیرزیستی نیازمند بررسی تأثیر تلاقی بین‌گونه‌ای بر

لینولئیک و اسید اولئیک در روغن و مقاومت به نسبت زیاد آن به تنش‌های محیطی می‌تواند اهمیت خاصی برای تولید دانه‌های روغنی در کشور ما داشته باشد (Omidie Tabrizi, 2000).

وجود تنوع ژنتیکی پایهٔ برنامه‌های بهنژادی بوده و نخستین مرحلهٔ هر برنامه بهنژادی تشخیص و تعیین تنوع ژنتیکی برای صفت یا صفات موردنظر است (Mirzakhani, 2002). یکی از مشکلات اساسی در برنامه‌های بهنژادی در گلرنگ محدودیت وجود تنوع ژنتیکی برای صفات زراعی و کیفیتی در گونه‌های زراعی این گیاه است. باین‌حال گونه‌های وحشی گلرنگ تنوع خیلی زیادی را نشان داده‌اند که به‌عنوان منبع صفات و ژن‌های مطلوب مقاومت به تنش‌های زنده و غیرزنده در انتقال به رقم‌های زراعی شناخته شده‌اند. در واقع گونهٔ *C. tinctorius* قابلیت تلاقی با گونه‌های خویشاوند وحشی را دارد و نتاج بارور تولید می‌کند (Kumari, 2009).

یک روش کارآمد برای انتقال صفات مطلوب از گونه‌های وحشی به گونه‌های زراعی تلاقی‌های بین‌گونه‌ای است. تلاقی بین‌گونه‌ای منجر به تنوع فراوان در ذخایر توارثی (ژرم پلاسما) گلرنگ می‌شود و استفاده از گونهٔ وحشی برای انتقال ژن‌های صفات مطلوب مانند شمار غوزه در بوته بیشتر در گونهٔ وحشی نسبت به گونهٔ اهلی و رنگی بودن پوستهٔ بذر گلرنگ وحشی که به‌احتمال، افزون بر مقاومت به مگس گلرنگ باعث افزایش اندازه، وزن هزاردانه و کاهش درصد پوستهٔ دانه می‌شود به گونهٔ اهلی امکان‌پذیر است. پژوهش Sabzalian (2008) به‌منظور بررسی تنوع ژنتیکی در گلرنگ وحشی *C. oxyacanthus* و گلرنگ زراعی اهلی و برای تلاقی بین دو گونه برای افزایش تنوع ژنتیکی در صفات مختلف گلرنگ انجام شده است.

در برنامه‌های بهنژادی به‌منظور تولید رقم‌های اصلاح‌شده با عملکرد دانهٔ بالا و صفات مطلوب، بی‌توجهی به ارتباط بین صفات و گزینش برای یک صفت ممکن است نتایج نامطلوبی را به همراه داشته باشد. لذا در راستای برنامه‌ریزی صحیح در برنامه‌های گزینش، لزوم توجه به همبستگی‌های بین صفات مورد تأکید است (Omidi Tabrizi, 1999). ضریب

در هر واحد آزمایشی، شمار ده بوته رقابت‌کننده به‌طور تصادفی انتخاب و آن‌گاه صفات مختلف شامل ارتفاع بوته، شمار انشعاب در بوته، قطر غوزه، شمار غوزه در بوته، شمار دانه در غوزه، وزن هزاردانه و عملکرد دانه در بوته اندازه‌گیری شدند. همچنین شمار روز تا ۵۰ درصد سبز شدن، ۵۰ درصد ساقه‌دهی، ۵۰ درصد گلدهی، ۵۰ درصد غوزه‌دهی و رسیدگی نیز برای هر واحد آزمایشی ثبت شد. در ضمن محتوای روغن دانه ژنوتیپ‌ها با استفاده از دستگاه NIR (Pertene 8620-Inframatic Grain Analysis System) اندازه‌گیری شد.

تجزیه واریانس داده‌ها بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی و مقایسه میانگین‌ها در صورت معنی‌دار بودن مقدار F با آزمون LSD انجام شد. ضریب‌های همبستگی بین صفات روی چهارده میانگین موردبررسی برای هر صفت محاسبه شدند و برای تعیین سهم نسبی اجزای عملکرد در تعیین عملکرد دانه از روش تجزیه رگرسیون مرحله‌ای و به‌منظور بررسی نحوه تأثیر و تعیین اثرگذاری‌های مستقیم و غیرمستقیم صفات بر عملکرد دانه از روش تجزیه ضریب‌های مسیر ترتیبی استفاده شد. این رتبه‌بندی بر پایه سهم صفات در میزان توجیه صفت وابسته عملکرد و نیز کمترین هم‌راستایی صورت گرفت. بر این پایه صفات وزن هزاردانه، قطر غوزه و شمار غوزه در بوته به‌عنوان متغیرهای رتبه اول در توجیه صفت وابسته عملکرد گزینش شدند. این رویه سپس به‌طور جداگانه برای این سه صفت به‌عنوان صفات وابسته انجام شد تا متغیرهای رتبه اول توجیه‌کننده صفات یادشده مشخص شوند. سپس اثرگذاری‌های مستقیم با روش William et al. (1990) محاسبه شد. ضریب تبیین جزء نیز با استفاده از روش ضریب‌های مسیر برای همه صفات پیش‌بینی‌کننده اندازه‌گیری شد. برای محاسبه خطای استاندارد ضریب‌های مسیر از تجزیه بوت استرپ (Efron & Tibshirani, 1993) استفاده شد. پس از به دست آوردن خطاهای استاندارد، از آزمون t برای آزمون معنی‌داری ضریب‌های مسیر استفاده شد. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SAS، SPSS و AMOS 19 انجام شدند.

دیگر ویژگی‌های گیاه گلرنگ است. لذا این تحقیق نیز به‌منظور بررسی روابط بین صفات زراعی و گذارشناختی (فنولوژیکی) و اجزای عملکرد و تعیین صفات مؤثر بر عملکرد دانه به‌عنوان شاخص‌گزینش در ژنوتیپ‌های به‌دست‌آمده از تلاقی بین گونه‌های گلرنگ اهلی و وحشی در نسل‌های F₅ و F₆ در برنامه‌های به‌نژادی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در لورک نجف‌آباد، ۴۰ کیلومتری جنوب غربی اصفهان در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ اجرا شد. در پژوهش Sabzalian (2008) در آغاز تلاقی بین‌گونه‌ای گلرنگ اهلی *C. tinctorius* و گلرنگ وحشی گونه *C. oxyacanthus* انجام شد و سپس ارزیابی نتاج تا F₃ به‌صورت شجره‌ای و از F₃ تا F₆ به‌صورت بالک ادامه پیدا کرد. در این آزمایش از جمعیت‌های حاصل از دورگ‌گیری (هیبریداسیون) بین‌گونه‌ای این دو گونه در نسل‌های F₅ و F₆ استفاده شد. در این بررسی سه ژنوتیپ والدینی IsfahanII (از گونه وحشی)، ژنوتیپ‌های اهلی C111 و C4110 به همراه سه رقم شاهد شامل توده محلی اراک ۲۸۱۱ و ژنوتیپ‌های خارجی AC-Stirling و Saffire و چهار جمعیت حاصل از دورگ‌گیری بین‌گونه‌ای در نسل F₅ و F₆ جمعیت از نسل F₆ (درمجموع چهارده جمعیت یا ژنوتیپ) در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار کشت و ارزیابی شدند. هر واحد آزمایشی شامل چهار ردیف به طول ۳ متر بود. کشت به‌صورت شیاری و با فاصله ردیف ۴۰ سانتی‌متر انجام شد. پس از استقرار کامل گیاهچه‌ها، فاصله بوته‌ها در هر ردیف ۱۰ سانتی‌متر تنظیم شد. به‌منظور تأمین عناصر غذایی موردنیاز گیاه، کود فسفات آمونیوم به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار پیش از کاشت به خاک اضافه شد و در مرحله به ساقه رفتن از کود اوره به‌صورت سرک و به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد. آبیاری تا هنگام استقرار گیاهچه هر سه روز یک‌بار و سپس بسته به شرایط اقلیمی و نیاز گیاه به‌طور تقریبی هر ده روز یک‌بار انجام شد.

نتایج و بحث

میلی‌متر به ژنوتیپ وحشی اصفهان ۲ تعلق داشت. میانگین شمار دانه در غوزه برای همه ژنوتیپ‌ها برابر ۲۱/۱۰ بود و در دامنه‌ای بین ۱۲/۵۹ تا ۲۹/۵۳ متغیر بود. ژنوتیپ *AC-Stirling* با میانگین ۲۹/۹۲ گرم بیشترین و تلاقی سه در نسل F_6 با میانگین ۲۰/۹۱ گرم کمترین میزان وزن هزاردانه را به خود اختصاص دادند. میانگین عملکرد دانه در بوته برای کل ژنوتیپ‌ها برابر ۹/۸۲ گرم بود و بیشترین میزان این صفت در تلاقی چهار با میانگین ۱۴/۴۹ گرم و کمترین آن در تلاقی دوازده در نسل F_6 با میانگین ۶/۴۱ گرم مشاهده شد. همچنین تلاقی چهار در نسل F_6 با میانگین ۹۸/۷۵ گرم در بوته بیشترین و ژنوتیپ *C4110* با میانگین ۵۷/۳۵ گرم در بوته کمترین میزان عملکرد زیست‌توده (بیولوژیک) را به خود اختصاص دادند. صفت شاخص برداشت با میانگین کل ۱۴/۵۱ درصد، بین ۲۳/۷۳-۱۰/۱۷ درصد متغیر بود. میانگین درصد روغن در کل ژنوتیپ‌ها نیز ۲۲/۷۸ درصد بود و بیشترین میزان (۲۵/۴ درصد) مربوط به ژنوتیپ اراک ۲۸۱۱ بود و کمترین درصد روغن (۲۰/۲۳ درصد) به ژنوتیپ *Saffire* تعلق داشت.

برای صفت شمار روز تا ۵۰ درصد غوزه‌دهی با میانگین ۸۶/۵۲ روز به ترتیب بیشترین و کمترین مقادیر به ژنوتیپ‌های وحشی اصفهان ۲ و *AC-Stirling* تعلق داشت (جدول ۱). در رابطه با صفت شمار روز تا ۵۰ درصد گلدهی به ترتیب تلاقی سه در نسل F_6 بیشترین و رقم اصلاح‌شده خارجی *AC-Stirling* کمترین میزان‌ها برای این صفت را داشتند. در مورد صفت شمار روز تا ۵۰ درصد رسیدگی نیز تلاقی سه در نسل F_6 با میانگین ۱۳۷ روز بیشترین میزان را داشت و کمترین میزان با میانگین ۱۲۳/۶۶ روز به رقم اصلاح‌شده و خارجی *AC-Stirling* تعلق داشت. میانگین شمار انشعاب اصلی در بوته برای کل ژنوتیپ‌ها برابر ۸/۳۰ و بین ۷/۷۰ تا ۹/۶۳ عدد متغیر بود. بیشترین میانگین شمار غوزه در بوته (۳۴/۹۰) متعلق به ژنوتیپ وحشی اصفهان ۲ و کمترین آن (۱۴/۸۰) مربوط به ژنوتیپ اهلی اراک ۲۸۱۱ بود. در رابطه با صفت قطر غوزه نیز ژنوتیپ *Saffire* با میانگین ۲۱/۸۳ میلی‌متر بیشترین میزان این صفت را داشت و کمترین میزان قطر غوزه با میانگین ۱۴/۴۳

جدول ۱. دامنه و میانگین برای صفات مختلف ژنوتیپ‌های گلرنگ

Table 1. The range and mean for different traits of safflower genotypes

Traits	Range	Mean
days to 50% emergence	15-18.33	16.30
days to 50% stem elongation	46.33-66	56.76
days to 50% heading	82-91	86.52
days to 50% flowering	97.66-103	99.95
days to 50% maturity	123.66-137	131.59
plant height (cm)	92.50-117.93	105.40
number of primary branches per plant	7.53-9.63	8.30
number of heads per plant	14.80-34.90	23.26
head diameter (cm)	14.43-21.83	18.90
number of seeds per head	12.54-29-53	21.10
1000-seed weight (g)	20.91-29.92	24.90
seed yield per plant (g)	6.41-14.49	9.82
biological yield (gm^{-2})	57.35-98.75	68.51
harvest index (%)	10.17-23.73	14.51
oil content (%)	20.23-25.40	22.78

غوزه‌دهی و شمار روز تا ۵۰ درصد رسیدگی بیشترین میزان همبستگی با یکدیگر را دارند، به نظر می‌رسد که شمار روز تا ۵۰ درصد غوزه‌دهی می‌تواند معیار خوبی برای انتخاب جمعیت با کاهش دوره رسیدگی باشد. همبستگی بین صفت شمار روز تا رسیدگی با شمار غوزه در بوته مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۲). همچنین

هر یک از صفات شمار روز تا ساقه‌دهی، غوزه‌دهی و گلدهی با شمار روز تا رسیدگی همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان دادند. جدول ۲ نشان داد که ژنوتیپ‌هایی که سریع‌تر به مراحل ۵۰ درصد غوزه‌دهی، ساقه‌دهی و گلدهی رسیده‌اند، دوره رشد کوتاه‌تری داشته و زودرس‌تر بودند. با توجه به اینکه شمار روز تا ۵۰ درصد

تجزیه ضریب‌های مسیر ترتیبی، تأثیر مثبت فراوانی بین این دو صفت مشاهده شد. لذا با افزایش قطر غوزه، شمار دانه در غوزه نیز افزایش نشان داده است، ولی شمار دانه در غوزه با عملکرد دانه در بوته همبستگی فراوانی را نشان نداد. اختلاف کم بین ضریب‌های همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی برای صفات شمار دانه در غوزه و قطر غوزه گویای تأثیر به نسبت کمتر محیط بر ارتباط بین این دو صفت است.

در این بررسی مشخص شد که عملکرد دانه در بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفات قطر غوزه، وزن هزاردانه و شاخص برداشت داشت. در روش تجزیه ضریب‌های مسیر ترتیبی نیز صفات به دو دسته صفات رتبه اول و رتبه دوم تقسیم شدند (شکل ۱) که بر پایه سهم صفات در میزان توجه صفت وابسته عملکرد و نیز کمترین هم‌راستایی، صفات وزن هزاردانه، قطر غوزه و شمار غوزه در بوته به‌عنوان متغیرهای رتبه اول در توجه صفت وابسته عملکرد انتخاب شدند که این سه صفت در مجموع ۵۶ درصد از تغییرات عملکرد دانه در بوته را توجیه کردند. در پژوهشی که Omidi *et al.* (1999) Tabrizi روی صد رگه و رقم گلرنگ بهاره انجام دادند، عملکرد تک بوته نیز همبستگی فنوتیپی معنی‌داری با صفات عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده، شمار غوزه در بوته، وزن صدانه و شمار شاخه‌های فرعی نشان داده است.

در بین اجزای عملکرد، وزن هزاردانه بیشترین میزان همبستگی مثبت فنوتیپی و ژنتیکی را با عملکرد دانه در بوته داشت. نتایج تجزیه ضرایب مسیر ترتیبی نیز نشان داد که وزن هزاردانه تأثیر مستقیم مثبت و متوسطی (۴۷ درصد) بر عملکرد دانه در بوته دارد. همچنین تجزیه مسیر برای صفات رتبه دوم نشان داد که صفت شمار روز تا ۵۰ درصد گله‌دهی روی وزن هزاردانه تأثیر منفی داشته و تنها ۱۷ درصد از تغییرات این صفت را توجیه کرد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که عمده ارتباط این صفت با عملکرد دانه در بوته از طریق اثرگذاری‌های مستقیم آن است. Ramesh *et al.* (1980) و Kubsad *et al.* (2000) نیز گزارش کردند که عملکرد دانه در بوته در گلرنگ همبستگی بالایی با وزن هزاردانه داشته است.

صفت شمار روز تا رسیدگی، همبستگی منفی و معنی‌داری با صفات قطر غوزه و شمار دانه در غوزه داشت.

همبستگی منفی و معنی‌دار بین صفت شمار روز تا رسیدگی با صفت عملکرد دانه در بوته (جدول ۲) می‌تواند ناشی از وجود همبستگی منفی و معنی‌دار بین این صفت با برخی دیگر از اجزای مهم عملکرد دانه مانند قطر غوزه و شمار دانه در غوزه باشد (جدول ۲). Quilanton & Perezonzelez (1979) نیز در پژوهشی که روی ۶۴ رقم گلرنگ انجام دادند، همبستگی مثبت متوسطی را بین شمار روز تا رسیدگی و شمار غوزه در بوته مشاهده کردند. همچنین همبستگی منفی بین عملکرد دانه و شمار روز تا رسیدگی و شمار غوزه در بوته در بررسی آنان گزارش شده است.

بین صفت ارتفاع بوته و شمار انشعاب اصلی در بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد. ارتفاع بوته با عملکرد دانه در بوته همبستگی معنی‌داری نشان نداد. Ashri *et al.* (1975) نیز گزارش کردند که در رگه‌های ایرانی، ارتفاع بوته با عملکرد دانه همبستگی معنی‌داری نداشته است.

شمار غوزه در بوته همبستگی منفی و معنی‌داری با صفات قطر غوزه و شمار دانه در غوزه دارد که این نتیجه در توافق با نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه ضریب‌های مسیر ترتیبی بود، در نتیجه با افزایش شمار غوزه در بوته، اندازه غوزه‌ها و در نتیجه شمار دانه در غوزه‌ها کاهش یافته است. اختلاف بین ضریب‌های همبستگی ژنتیکی و فنوتیپی بین صفت شمار غوزه در بوته با صفات قطر غوزه و شمار دانه در غوزه ناچیز بود (جدول ۲) که این مطلب نشانگر تأثیر به نسبت کم اثرگذاری‌های محیطی بر همبستگی بین این صفات است. در بررسی برخی محققان روی ۱۵۵ ژنوتیپ گلرنگ، بین صفت شمار غوزه با قطر غوزه همبستگی منفی مشاهده شد، در حالی که در بررسی آن‌ها شمار غوزه در بوته ارتباط مثبتی با شمار دانه در غوزه داشته است (Patil *et al.*, 1998). Maken *et al.* (1985) نیز در بررسی خود همبستگی منفی را بین شمار غوزه در بوته و شمار دانه در غوزه مشاهده کردند.

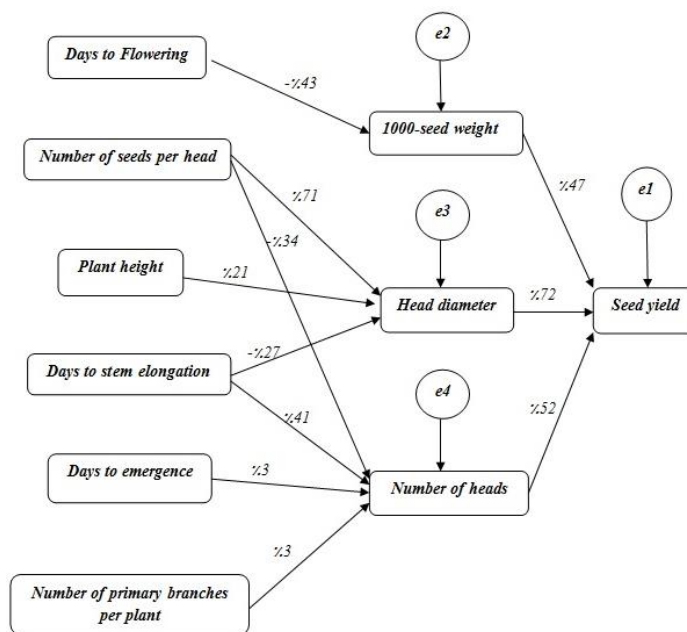
شمار دانه در غوزه با قطر غوزه همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری را نشان داد. همچنین در نتایج

جدول ۲. ضریب‌های همبستگی فنوبیتی (قطر پایین جدول) و ژنتیکی (قطر بالای جدول) بین صفات

Table 2. Phenotypic correlation coefficients (lower diagonal) and genotypic correlation coefficients (upper diagonal) among different traits

Traits	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1. days to 50% emergence	1	0.61*	0.61*	-0.02	0.29	-0.93**	-0.85**	-1	0.77**	-0.92**	0.11	-0.11	0.19	-0.19	-0.02
2. days to 50% stem elongation	0.59*	1	1	0.90**	0.99**	-0.20	-0.95**	-0.98**	0.98**	-1	-0.31	-0.54*	0.60*	-0.89**	-0.37
3. days to 50% heading	0.48	0.91**	1	0.94**	1	-0.44	-1	-1	1	-0.97**	-0.63*	-0.60*	0.41	-0.84**	-0.50
4. days to 50% flowering	0.18	0.73**	0.76**	1	0.96**	0.43	-0.77**	0.18	0.74**	-0.82**	-0.93**	-0.73**	0.37	-0.95**	-0.77**
5. days to 50% maturity	0.35	0.89**	0.90**	0.80**	1	-0.17	-0.93**	-1	0.77**	-1	-0.55*	-0.85**	0.26	-1	-0.54*
6. plant height	-0.20	-0.17	-0.18	0.41	-0.07	1	0.32	1	-0.25	0.45	-0.84**	-0.10	-0.25	-0.02	-0.82**
7. head diameter	-0.61*	-0.88**	-0.87**	-0.61*	-0.82**	0.23	1	0.94**	-0.97**	0.98**	0.28	0.63*	-0.22	0.75**	0.36
8. number of primary branches per plant	0.05	-0.36	-0.47	-0.14	-0.51	0.58*	0.37	1	-1	0.72**	-0.67*	0.21	-1	1	-0.54*
9. number of heads per plant	0.67**	-0.80**	0.78**	0.46	0.62*	-0.17	-0.82**	-0.15	1	-1	-0.37	-0.57*	0.32	-0.73**	-0.57*
10. number of seeds per head	-0.66*	-0.96**	-0.88**	-0.64*	-0.83**	0.24	0.94**	0.35	-0.82**	1	0.15	0.46	-0.53	0.75**	0.39
11. 1000-seed weight	-0.08	-0.28	-0.46	-0.63*	-0.37	-0.43	0.28	-0.07	-0.34	0.19	1	0.84**	0.33	0.63*	0.67*
12. seed yield per plant	-0.11	-0.46	-0.53*	-0.55*	-0.57*	-0.08	0.58*	0.32	-0.35	0.40	0.66**	1	0.31	0.84**	0.41
13. biological yield	0.19	0.44	0.28	0.31	0.32	0.02	-0.11	-0.07	0.24	-0.39	0.30	0.45	1	-0.26	-0.34
14. harvest index	-0.23	-0.79**	-0.77**	-0.85**	-0.86**	-0.13	0.70**	0.42	-0.51	0.69**	0.56*	0.81**	-0.14	1	0.59*
15. oil content	-0.38	-0.35	-0.46	-0.58*	-0.41	-0.50	0.33	-0.05	-0.38	0.32	0.56*	0.41	-0.13	0.54*	1

* و **: معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.



شکل ۱. تجزیه ضریب‌های مسیر ترتیبی بین عملکرد و اجزای آن

Figure 1. Analysis of ordinal path coefficients between yield and yield components.

شمار غوزه در بوته و شمار دانه در غوزه با صفت شمار غوزه در بوته منفی بود و این نتیجه باعث همبستگی غیر معنی‌دار این صفات با عملکرد دانه در بوته شد.

صفت قطر غوزه نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه در بوته داشت. نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه ضریب‌های مسیر ترتیبی نیز تأثیر مستقیم و زیاد صفت قطر غوزه روی عملکرد دانه در بوته (۷۲ درصد) را نشان داد. همچنین این نتایج نشان داد که ۸۲ درصد از تنوع موجود در قطر غوزه توسط سه صفت شمار دانه در غوزه، ارتفاع بوته و شمار روز تا

شمار غوزه در بوته و شمار دانه در غوزه همبستگی معنی‌داری با عملکرد دانه در بوته نداشتند. با توجه به نتایج جدول ۴ نیز صفت شمار غوزه در بوته تأثیر مستقیم مثبت و متوسطی بر روی عملکرد دانه در بوته داشته و ۵۶ درصد از تنوع مربوط به صفت شمار غوزه در بوته را چهار صفت شمار دانه در غوزه، شمار روز تا ۵۰ درصد ساقه‌دهی، شمار روز تا ۵۰ درصد ساقه‌دهی، شمار روز تا ۵۰ درصد سبزی شدن و شمار انشعاب در بوته توجیه کردند که اثرگذاری‌های شمار روز تا ۵۰ درصد ساقه‌دهی، شمار روز تا ۵۰ درصد سبزی شدن و شمار انشعاب در بوته مثبت، اما ارتباط

مسیر ترتیبی تأثیر مستقیم مثبت و بالایی روی عملکرد دانه در بوته داشتند، بنابراین در برنامه‌های بهینه‌سازی برای بهبود عملکرد دانه گلرنگ می‌توان از این صفات به‌عنوان شاخص‌های انتخاب استفاده کرد.

نتایج رگرسیون مرحله‌ای برای صفت عملکرد دانه در بوته به‌عنوان متغیر تابع و دیگر صفات اندازه‌گیری‌شده به‌عنوان متغیرهای مستقل نشان داد که از بین اجزای عملکرد در آغاز صفت وزن هزاردانه وارد مدل رگرسیون شد و ۴۴ درصد از تغییرات عملکرد دانه در بوته را توجیه کرد. در مرحله بعد صفت قطر غوزه وارد مدل شد که این صفت ۱۷ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کرد که در مجموع ۶۱ درصد از تغییرات مدل را توجیه کردند. در مرحله سوم، شمار غوزه در بوته وارد مدل شد و در مجموع این سه متغیر ۷۲ درصد از تنوع عملکرد دانه در بوته را توجیه کردند (جدول ۳). بنابراین می‌توان سه صفت وزن هزاردانه و قطر غوزه و شمار غوزه در بوته را به ترتیب اهمیت به‌عنوان اجزای اصلی تعیین‌کننده عملکرد دانه در بوته معرفی کرد. Palival & Solanaki (1984) نیز در بررسی خود گزارش کردند که مؤثرترین روش برای افزایش عملکرد دانه گلرنگ، انتخاب برای شمار غوزه و وزن هزاردانه است.

۵۰ درصد ساقه‌دهی توجیه شدند. بنابراین افزایش شمار غوزه با قطر بزرگ‌تر، عملکرد دانه بیشتری را به دنبال خواهد داشت. Mathur *et al.* (1976) نیز گزارش کردند که صفت قطر غوزه بیشترین تأثیر مستقیم مثبت را بر عملکرد دانه داشته است.

شاخص برداشت همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفات قطر غوزه، شمار دانه در غوزه، وزن هزاردانه و عملکرد دانه در بوته داشت. ارتباط فنوتیپی بین درصد روغن با عملکرد دانه در بوته معنی‌دار نبود و می‌توان گفت که بهبود ژنتیکی رقم‌های پرمحصول بدون کاهش محتوای روغن دانه آن امکان‌پذیر خواهد بود، که این نتیجه با نتایج Baradaran & Zinali Khanghah (1996) در بررسی دوازده رقم گلرنگ همخوانی داشت.

درصد روغن همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفت وزن هزاردانه داشت. Rojas *et al.* (1992) نیز در بررسی ۲۰۰ نمونه از کلکسیون جهانی گلرنگ همبستگی محتوای روغن با وزن صدانه را مثبت و معنی‌دار گزارش کردند.

نتایج ضریب‌های همبستگی نشان داد که صفات شاخص برداشت و وزن هزاردانه و قطر غوزه بیشترین مقادیر همبستگی ژنتیکی و فنوتیپی را با عملکرد دانه در بوته دارند. همچنین این صفات نیز در تجزیه ضریب‌های

جدول ۳. نتایج تجزیه رگرسیون مرحله‌ای برای تعیین سهم نسبی اجزای عملکرد دانه در بوته در ۱۴ ژنوتیپ گلرنگ

Table 3. The results of stepwise regression analysis to determine the relative portion of seed yield components per plant in 14 genotypes of safflower

Independent variable	Intercept	Regression coefficients			The cumulative coefficient of determination
		b1	b 2	b 3	
1000-seed weight	-6.87	0.67			0.44
head diameter	-13.96	0.54	0.53		0.61
number of heads per plant	-32.01	0.61	1.12	0.22	0.72

جدول ۴. برآورد میزان خطای استاندارد ضریب‌های مسیر در گلرنگ از طریق بوت استرپ

Table 4. Estimating the standard error values of path coefficients in safflower using boot strap analysis

Predictive traits	Dependent parameter	Adjusted coefficient of determination	Direct effect	Bootstrap		
				Mean	Bias	Standard error
1000-seed weight	seed yield per plant	0.56	0.465	0.458	-0.007	0.106
head diameter			0.717	0.731	0.014	0.114
number of heads per plant			0.517	0.526	0.01	0.127
days to 50% flowering	1000-seed weight	0.17	-0.433	-0.43	0.003	0.155
number of seeds per head			head diameter	0.82	0.705	-0.001
plant height	number of heads per plant	0.56		0.207	0.201	-0.006
days to 50% stem elongation			-0.274	-0.276	-0.002	0.089
number of seeds per head			-0.342	-0.334	0.007	0.149
days to 50% stem elongation			0.405	0.421	0.015	0.165
days to 50% emergence			0.3	0.287	-0.012	0.097
number of primary branches per plant			0.304	0.321	0.017	0.141

* Bootstrap

نتایج تجزیه ضریب‌های مسیر ترتیبی نیز مشاهده شد که وزن هزاردانه و قطر غوزه به‌عنوان صفات اثرگذار، تأثیر مستقیم بالایی بر عملکرد دانه در بوته داشتند. بنابراین می‌توان از این صفات به‌عنوان معیار مناسبی برای گزینش رقم با عملکرد بالا در ژنوتیپ‌های موردبررسی استفاده کرد.

به‌طورکلی نتایج این بررسی نشان داد که با توجه به نتایج همبستگی بین صفات، صفت وزن هزاردانه و قطر غوزه بیشترین میزان همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی را با عملکرد دانه در بوته داشتند و همچنین با توجه به نتایج رگرسیون مرحله‌ای نخستین متغیرهایی بودند که وارد مدل رگرسیون شدند و همچنین در

REFERENCES

1. Acharya, S., Dhaduk, L.K. & Maliwal, G.L. (1994). Path analysis in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under conserved moisture conditions. *Gujarat Agricultural University Research Journal*, 20, 154-157.
2. Ahmad, Q., Rana, M.A. & Siddiqui, S.U.H. (1991). Sunflower seed yield as influenced by some agronomic and seed characters. *Euphytica*, 59(2), 137-142.
3. Ashri, A., Zimmer, D.E., Urie, A.L., Cahaner, A. & Marani, A. (1974). Evaluation of the world collection of safflower, (*Carthamus tinctorius* L.) IV. yield and yield components and their relationships. *Crop Science*, 14, 799-802.
4. Ashri, A., Zimmer, D.E., Urie, A.L. & Knowles, P.F. (1975). Evaluation of the germplasm collection of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) VI. Length of planting to flowering period and plant height in Israel, Utah and Washington. *Theoretical and Applied Genetics*, 46, 359-364.
5. Bagheri, A., Yazdi Samadi, B., Taeb, M. & Ahmadi, M.R. (2001). A study of genetic diversity in landrace populations of safflower in Iran. *Iranian Journal Agriculture Science*, 32(2), 447-456. (in Farsi)
6. Baradaran, R. & Zinali Khanghah, H. (1996). *Study of genetic relationship between yield and its components and correlation of important agronomic traits in safflower through path analysis*. Abstract Proceedings of the Fourth Congress of Agronomy and Plant Breeding, Isfahan, pp. 131. (in Farsi)
7. Efron, B. & Tibshirani, R. (1993). *An Introduction to the Bootstrap*. Chapman and Hall, London.
8. Farsi, M. & Bagheri, A. (1993). *Principles of plant breeding*. Publications Mashhad University Jihad. (in Farsi)
9. Golkar, P., Arzani, A. & Rezaei, A. M. (2011). Determining relationships among seed yield, yield components and morpho-phenological traits using multivariate analyses in safflower (*Carthamus tinctorious* L.). *Annals of Biological Research*, 2(3), 162-169.
10. Johnson, R. C., Ghorpade, P. B. & Bardley, V. L. (2001). *Evaluation of the U. S. D. A. core safflower collection for seven quantitative traits*. In: Proceeding of the Vth international safflower conference. USA, pp. 149-152.
11. Khajepor, M. (1998). *Production of industrial crops*. Jihad publications IUT. (in Farsi)
12. Kubsad, V. S., Desai, S. A., Mallapur, C. P. & Gulaganji, G. G. (2000). Path coefficient analysis in safflower. *Journal of Maharashtra Agricultural Universities*, 25, 321-322.
13. Kumari, L. (2009). *Evaluation of early generations of interspecific crosses of Carthamus species for productive recombinants*. Master of Science in genetics and plant breeding, University of Agricultural Sciences, Dharwad.
14. Mahasi, M.J., Pathak, R.S., Wachira, F.N., Riungu, T.C., Kinyua, M.G. & Kamundia, J.W. (2006). Correlations and Path Coefficient Analysis in Exotic Safflower (*Carthamus tinctorious* L.) Genotypes Tested in the Arid and Semi Arid Lands (Asals) of Kenya. *Asian Journal of Plant Sciences*, 5(6), 1035-1038.
15. Maken, V.G., Borikar, S.T. & Patil, V.D. (1985). Estimates of genetic variability and interrelationship of yield components in safflower. *Journal of Maharashtra Agricultural Universities*, 34, 143-147.
16. Malleshappa, S.M. (2000). *Evaluation of selected early generation progenies of safflower for yield and yield component characters*, M.Sc (Agri) Thesis, Universities of Agricultural Sciences, Dharwad (India).
17. Mathur, J.R., Tikaka, S.B.S., Sharwma, R.K., Singh, S. P. & Dasora, S. L. (1976). Genetic variability and path coefficient analysis of yield components in safflower, *Indian J. Hered*, 8, 1-10.
18. Mirzakhani, M., Ardakani, M.R., Shiranirad, A.H. & Abasifar, A.R. (2002). Effects of planting date on yield components of spring safflower cultivars in Markazi province. *Iranian Journal Agriculture Science*, 4(2), 138-150. (in Farsi)
19. Omidi Tabrizi, A.H., Ghannadha, M.R., Ahmadi, M.R. & Payghambari, S.A. (1999). Evaluation of some important agronomic traits of safflower using multivariate statistical methods. *Iranian Journal Agriculture Science*, 30(4), 817-827. (in Farsi)

20. Omidie Tabrizi, A.J. & Ahmadi, M.R. (2000). An overview of breeding and agronomic research safflower in Iran and World. *Specialized Scientific Magazine Olive*, 142, 14-18.
21. Quilantan, V.L. & Gonzalez, R.P. (1979). Correlations between agriculture and economic characters in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under residual moisture conditions on the Nayarit coast. *Agricultura Tecnica en Mexico*, 5, 105-116.
22. Palival, R.V. & Solanaki, Z.S. (1984). Path coefficient analysis in safflower. *Madras Agricultural Journal*, 17, 318-320.
23. Patil, H.S. & Deshmukh, R.B. (1998). Studies on genetic variability and inter- relationship in safflower. *Journal of Oilseeds Research*, 15, 50-53.
24. Ramesh, K.V., Itnal, C.J., Desai, G.S. & Sajjan, G.C. (1980). Genetic variability and correlation studies on some quantitative characters in safflower, *Current Research*, 9, 15-17.
25. Rojas, P.J., Roso, J., Osorio, A.D. & Fernandez Martinez, J. (1992). Variability in protein and hull content of the seed of a world collect of a world collection of safflower. *Sesame and Safflower Newsletter*, 7, 122-126.
26. Sabzalian, M.R. (2008). *Study of interspecific hybridization of safflower with wild species and the effect of seed color on agronomic traits, seed characteristics and fly damage in safflower*, Ph. D. dissertation, Isfahan University of Technology, Isfahan. (in Farsi)
27. Williams, W., Jones, M. & Demment, M. (1990). A concise table for path analysis statistics. *Agronomy Journal*, 82, 1022-1024.

Evaluation of phenotypic and genetic relationships between agronomic traits, grain yield and its components in genotypes derived from interspecific hybridization between wild and cultivated safflower

Somaye Senobari¹, Mohammad Reza Sabzalian^{2*} and Ghodratollah Saeidi³

1, 2, 3. Former M. Sc. Student, Assistant Professor and Professor of Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan 84156-83111, Iran

(Received: Dec. 28, 2014 - Accepted: Oct. 17, 2015)

ABSTRACT

Safflower is a crop native to Iran and could be improved in plant breeding programs by inter-specific crosses. This study was conducted to evaluate genotypes of safflower derived from interspecific hybridization for the relationships between some agronomic traits and yield components. The genotypes were planted according to a randomized complete block design with three replications at the research farm of Isfahan University of Technology in 2011. Seed yield per plant ranged from 41.6 to 49.14 gr. The hybrid genotype 4 (F₆) had the highest mean of seed yield per plant. The results of the correlation analysis showed that 1000-seed weight and head diameter were the most correlated with the seed yield per plant. Stepwise regression results showed that the 1000-seed weight and head diameter were the most important factors determinants of grain yield per plant and justified 61 percent of yield variation. The path coefficients analysis also showed that, 1000-seed weight, head diameter and number of heads per plant were considered as the first order variables and accounted for 56% of total variation of yield. The results also indicated that both traits of 1000-seed weight and head diameter could be considered as selection criteria for increasing safflower yield in breeding programs.

Keywords: Correlation, path analysis, safflower.