نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۱ ، بهار ۱۳۹۴، ص. ۱۱۹-۱۰۹

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 1, Spring. 2015, p. 109-119

بررسی روابط بین خصوصیات مرتبط با عملکرد دانه و روغن در ژنوتیپ‌های گلرنگ بهاره در شرایط عادی و تنش خشکی

رضا ملکی نژاد[۱]- محمد مهدی مجیدی[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۵/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۰/۱۵

چکیده

این پژوهش با هدف مطالعه روابط بین صفات عملکرد، اجزاء عملکرد دانه، روغن و صفات مورفولوژیک و بررسی آثار مستقیم و غیرمستقیم آن‌ها بر عملکرد دانه ۱۰۰ ژنوتیپ گلرنگ بهاره داخلی و خارجی در دو محیط رطوبتی (عدم تنش و تنش خشکی) در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان در سال ۱۳۹۱ انجام شد. ضرایب همبستگی نشان داد در هر دو محیط رطوبتی عملکرد دانه با تعداد شاخه در بوته، تعداد قوزه در بوته، تعداد دانه در قوزه، وزن هزار دانه درصد روغن، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت ولی با صفت ارتفاع شاخه‌دهی همبستگی منفی و معنی‌داری نشان داد. تجزیه رگرسیون مرحله‌ای مهمترین صفات جهت بهبود عملکرد دانه را تعیین و نشان داد که برای افزایش عملکرد دانه در شرایط عدم تنش گزینش غیر مستقیم بایستی ابتدا روی تعداد قوزه در بوته و سپس تعداد دانه در قوزه صورت پذیرد لیکن در شرایط تنش خشکی بایستی ابتدا تعداد دانه در قوزه اصلاح گردد. نتایج حاصل از تجزیه ضرایب مسیر نشان داد که در هر دو شرایط رطوبتی تعداد دانه در قوزه بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشت. تجزیه به عامل‌ها در شرایط عدم تنش نشان داد ۵ عامل، فنولوژیک، مخزن، بیوماس، بیولوژیک و عامل اقتصادی ۷۴ درصد و در شرایط تنش خشکی ۳ عامل فنولوژیک، عملکرد و عامل اقتصادی ۶۳ درصد تنوع صفات مورد مطالعه را توجیه کردند. نتایج مطالعه روابط صفات می‌تواند در انتخاب غیر مستقیم عملکرد دانه گلرنگ در شرایط رطوبتی متفاوت بکار گرفته شود.

واژه های کلیدی: تجزیه عامل‌ها، تجزیه علیت، رگرسیون، گلرنگ

مقدمه

گلرنگ زراعی (Safflower) با نام علمی *Carthamus tinctorius* L. یکی از گونه‌های خانواده Compositae است (۲۶). گلرنگ به‌عنوان یک گیاه دانه روغنی و به منظور استحصال روغن صنعتی، گیاهی و تولید مارگارین از قرن‌ها پیش تاکنون در مناطق مختلف جهان مورد کشت و کار قرار می‌گیرد (۳۱). دانه گلرنگ دارای ۲۵ تا ۴۵ درصد روغن، ۱۵ تا ۲۵ درصد پروتئین، ۳۶ تا ۶۰ درصد پوسته می‌باشد (۱۹). گلرنگ به علت دارا بودن اسید چرب غیراشباع و ضروری لینولئیک (۷۸٪) و نیز کیفیت تغذیه‌ای در حد روغن زیتون در برخی از ارقام، به عنوان یک گیاه دانه روغنی دارای اهمیت فراوان می‌باشد (۲۶).

تنش‌های غیرزیستی عملکرد محصولات زراعی را کاهش می‌دهند و در بین تنش‌های غیر زیستی، خشکی مهمترین تنشی است که رشد و تولید گیاهان زراعی را درسراسر جهان محدود می‌سازد (۲۳). توانایی گیاهان در مقابله با صدمات ناشی از تنش‌های محیطی متفاوت است. عموماً گیاهان در مقابله با تنش‌های محیطی از سه مکانیسم فرار از تنش، اجتناب از تنش و تحمل به تنش استفاده می‌کنند. درک مکانیزم‌های مقاومت به خشکی در اصلاح گیاهان زراعی برای مناطق مستعد خشکسالی ضرورت دارد (۲۳ و ۳۰). اصلاح ژنتیکی عملکرد، تحت شرایط تنش، نیازمند تشخیص روابط بین اجزاء عملکرد به عنوان پیش نیاز ایجاد شاخص‌هایی جهت انتخاب می‌باشد (۶).

از بزرگترین پیچیدگی اصلاح برای تحمل به تنش خشکی عدم وجود معیارها و روش‌های موثر برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل می‌باشد (۵). کالهون و همکاران (۱۳) بیان کردند که برای شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط تنش خشکی، باید ارزیابی‌ها در شرایط تنش خشکی به‌منظور کم کردن اثر متقابل ژنوتیپ و محیط و در شرایط غیر تنش برای بالا بردن وراثت‌پذیری صفات انجام شود.

۱ و ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
(*- نویسنده مسئول: Email:majidi@cc.iut.ac.ir)

برای محیطی که شرایط آن غیر قابل پیش‌بینی است، یک گیاه باید قادر به عکس العمل سریع به شرایط تنش و عدم تنش باشد (۳۲). گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی به طور مستقیم با سنجش عملکرد و یا به طور غیر مستقیم بر اساس صفات مورفوفیزیولوژیک همبسته با تحمل به خشکی انجام می‌شود.

در برنامه به‌نژادی، عدم توجه به ارتباط بین صفات و انتخاب مستقیم برای یک صفت پیچیده نظیر عملکرد ممکن است نتایج مطلوبی را در برنداشته باشد. لذا در راستای برنامه‌ریزی صحیح در برنامه‌های انتخاب، لزوم توجه به همبستگی‌های بین صفات مورد تاکید است. از ضرایب همبستگی ساده برای تعیین نحوه ارتباط بین عملکرد و اجزای آن و همچنین در روابط بین اجزای عملکرد به طور گسترده‌ای استفاده گردیده است (۵، ۶، ۷ و ۱۱). هر چند ضرایب همبستگی بین خصوصیات مورفولوژیک و زراعی در تعیین اجزای یک صفت پیچیده مانند عملکرد مفید است، اما درک دقیقی از اهمیت اثرات مستقیم و غیر مستقیم هریک از اجزای آن را فراهم نمی‌نماید زیراکه در بسیاری از موارد مشاهده می‌شود که یک صفت علاوه بر اثر مستقیمی که بر صفت دیگر دارد، از طریق سایر صفات نیز به طور غیرمستقیم بر آن اثر می‌گذارد.

باقری و همکاران (۳) با ارزیابی ژنوتیپ‌های گلرنگ گزارش کردند، عملکرد تک بوته با تعداد روز تا ظهور اولین گل، قطر طبق، تعداد طبق در بوته ، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد. آچاریا و همکاران (۹) با استفاده از ژنوتیپ‌های متنوع گلرنگ مشاهده نمودند که وزن هزار دانه بیشترین تاثیر مستقیم را بر عملکرد دانه دارد. مطالعات حاتم زاده (۶) و همچنین امینی و همکاران (۲) در شرایط عادی رطوبتی نشان داد که تعداد غوزه در بوته با دارا بودن بیشترین اثر مستقیم می‌تواند بیشترین نقش را در افزایش عملکرد دانه ایفا نماید. در مطالعات امینی و همکاران (۲) صفت تعداد دانه در غوزه اولین متغییر وارد شده به مدل بود و بیشترین ضریب را در مدل رگرسیونی داشت. در مطالعه توکلی و همکاران (۵) در شرایط عدم تنش صفت تعداد دانه در قوزه و در شرایط تنش خشکی صفت روز تا پایان گلدهی اولین متغییرهای بودند که وارد مدل رگرسیونی شدند. حاتم زاده (۶) در بررسی ۵۶ ژنوتیپ گلرنگ بیان کرد که بار سه عامل اول ۹۷/۲ درصد از واریانس را توجیه می‌کند و عامل‌ها را به ترتیب عامل بهره‌وری، مخزن و سرمایه ثابت گیاه نام گذاری کرد.

اجزای عملکرد از یکدیگر مستقل نیستند و برای رسیدن به عملکرد بهینه، تناسب بین آن‌ها مهم است. تنش‌های رطوبتی به عنوان یک عامل محیطی در زمان گرده‌افشانی باعث نمو غیرطبیعی کیسه جنینی و عقیمی دانه گرده و در پی آن کاهش تعداد دانه در قوزه می‌شود. در چنین شرایطی بررسی روابط بین اجزاء عملکرد باعث شناسایی ارقام دارای اجزای عملکرد مناسب می‌شود. همچنین در اصلاح نباتات، شناخت ویژگی‌های ژنتیکی صفات مهم، روابط خاص بین آنها، عوامل موثر بر عملکرد و نحوه تاثیرگذاری صفات بر همدیگر یکی از مبانی تصمیم‌گیری در مورد طراحی و اجرای روش‌های مختلف اصلاح می‌باشد (۳). گلرنگ دارای چند مرکز تنوع در دنیا می‌باشد و در سه قاره آسیا، آفریقا و برخی مناطق اروپا پراکنش دارد.

بررسی هم‌زمان ژنوتیپ‌های داخلی و خارجی و نیز نقش تنش خشکی بر روابط صفات کمتر مطالعه شده است. تجزیه ضرایب مسیر روش مناسبی برای تعیین سهم اثرات مستقیم و غیر مستقیم صفات بر یکدیگر می‌باشد (۱۸ و ۲۹). وقتی تعداد متغیرهای مستقل زیاد باشد، برای پیدا کردن معادله رگرسیون روش‌های متعددی وجود خواهد داشت. ولی متداول‌ترین روش، روش گام به گام است. در این روش متغیرها بر اساس نظم تعیین شده که محقق آن را مشخص می‌کند یکی پس از دیگری وارد معادله رگرسیون می‌شوند. بدین ترتیب که ابتدا مهم‌ترین عامل رگرسیون که باعث افزایش هرچه سریعتر ضریب تبیین می‌شود، وارد معادله رگرسیون می‌گردد، به همین ترتیب متغیر بعدی تعیین می‌گردد (۲۰). برای فائق آمدن بر مشکلات رگرسیون و همبستگی چندگانه از جمله هم‌راستایی، از تجزیه به عامل ها استفاده می شود تجزیه به عامل‌ها روشی برای کاهش حجم داده‌ها می‌باشد. در این روش مجموعه‌ای از متغیرها به چند دسته تقسیم می‌شوند که هریک از این دسته‌ها را یک عامل می‌گویند (۲۰). در تجزیه عامل‌ها کواریانس یا همبستگی موجود در بین چندین متغیر بوسیله تعداد کمی عامل یا متغیر پنهانی غیرقابل اندازه‌گیری توصیف می‌شود (۱). مزیت تجزیه به عامل‌ها این است که اگر متغیر یا عامل جدیدی خلق شد، در این روش تفسیر آسان‌تری خواهد داشت و در صورتیکه محقق قصد ایجاد تعداد عامل کمتر با در بر داشتن بیشترین اطلاعات را داشته باشد این روش مفیدتر است (۲۰).

در این پژوهش ژرم‌پلاسم متنوعی از کلیه مراکز تنوع گلرنگ جمع‌آوری گردید و روابط بین عملکرد دانه، روغن و خصوصیات مورفولوژیک با استفاده از روش‌های تجزیه و تحلیل چند متغییره آماری مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان در سال ۱۳۹۱ انجام شد. این منطقه طبق تقسیم بندی کوپن[1]، دارای اقلیم نیمه خشک خنک با تابستان‌های خشک می‌باشد. مواد ژنتیکی مورد استفاده یکصد ژنوتیپ گلرنگ بود که ۱۹ نمونه داخلی و بقیه از مناطق مختلف جهان بودند. ژنوتیپ‌های

1 - Koppen

خارجی از بانک‌های ژن گیاهی آلمان (IPK) و آمریکا (USDA) و ژنوتیپ‌های داخلی نیز از لاین‌های اصلاحی و توده‌های موجود در دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان تهیه گردیدند. ژنوتیپ‌ها به طور جداگانه در دو رژیم رطوبتی شامل آبیاری بر اساس ۵۰ و ۸۵درصد تخلیه رطوبتی خاک مزرعه در قالب طرح لاتیس ساده مورد ارزیابی قرار گرفتند. کشت در اسفند ۱۳۹۰ انجام گردید. هر پلات شامل ۳ ردیف به طول ۲ متر با فاصله بین ردیف ۳۵ سانتی متر و تراکم ۵۰ بوته در متر مربع بود. برای اعمال تیمار آبیاری، خاک مزرعه در محدوده توزیع ریشه‌های گیاه (تا عمق ۶۰ سانتی متری) با حفر پروفیل، مورد بررسی قرار گرفت. برای کنترل آب خاک از روش درصد رطوبت وزنی خاک استفاده گردید. به طوری که درصد رطوبت وزنی خاک در عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری، ۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متری و ۴۰ تا ۶۰ سانتی‌متری خاک با روش نمونه گیری از خاک تعیین شد.

صفات مورد بررسی شامل روز تا تکمه‌دهی، روز تا اولین گلدهی، روز تا ۵۰درصد گلدهی، روز تا پایان گلدهی، روز تا رسیدگی، عملکرد دانه در بوته، ارتفاع بوته، ارتفاع شاخه دهی، تعداد قوزه در بوته، تعداد انشعاب در بوته، تعداد دانه در قوزه، وزن هزار دانه، درصد روغن، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک بودند. ارزیابی‌ها بر روی ۱۰ بوته که به طور تصادفی در هر واحد آزمایشی انتخاب شده بودند، انجام شد.

ضرایب همبستگی فنوتیپی بین صفات با استفاده از نرم‌افزار SAS محاسبه شد. برای محاسبه ضرایب همبستگی ژنتیکی از تجزیه کوواریانس استفاده شد. از تجزیه رگرسیون مرحله‌ای با استفاده از نرم‌افزار SAS به منظور تعیین صفاتی که بیشترین نقش را در توجیه تنوع عملکرد دانه داشتند، استفاده شد. سپس برای تعیین اثرات مستقیم و غیر مستقیم صفات بر عملکرد دانه، تجزیه ضرایب مسیر به کمک نرم‌افزار Path انجام گردید. تجزیه به عامل‌ها براساس ماتریس اصلی داده‌ها (۱۰۰ ژنوتیپ و ۱۵ صفت) در هر دو محیط رطوبتی با استفاده از رویه Factor در نرم‌افزار آماری SAS انجام شد.

نتایج و بحث

همبستگی بین صفات

برآورد ضرایب همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی بین صفات مورد مطالعه بر روی ۱۰۰ ژنوتیپ گلرنگ در جداول ۱ و ۲ آمده است. نتایج نشان داد که در هر دو شرایط عدم تنش و تنش خشکی روز تا تکمه دهی با روز تا اولین گلدهی و روز تا رسیدگی همبستگی مثبت و بالایی داشت. همچنین صفت روز تا اولین گلدهی با صفات روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته و ارتفاع شاخه دهی همبستگی مثبت و بالایی با هم داشت. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین تعداد روز تا اولین گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی نشان می‌دهد گیاهانی که دیرتر وارد مرحله گلدهی می‌شوند، دوره رشد طولانی‌تری نیز دارند و به نظر می‌رسد انتخاب برای زودرسی بر اساس اولین مرحله گلدهی ژنوتیپ‌ها نیز مؤثر باشد. کوتچا (۲۱) نیز در مطالعه خود در گلرنگ همبستگی مثبت و معنی‌داری بین تعداد روز تا گلدهی با تعداد روز تا رسیدگی گزارش کرد. در شرایط عدم تنش، همبستگی مثبت و معنی‌دار بین صفت روز تا رسیدگی با صفات عملکرد دانه در بوته، ارتفاع بوته، ارتفاع شاخه دهی و تعداد دانه در قوزه وجود داشت که نشان می‌دهد هر چه دوره رشد و نمو گیاه طولانی‌تر باشد، امکان انجام فتوسنتز بیشتر و ذخیره مواد غذایی افزایش می‌یابد و در نهایت موجب افزایش عملکرد می‌گردد. امینی و همکاران (۲) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند.

در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، عملکرد دانه در بوته در هر دو شرایط محیطی با اجزا عملکرد دانه نظیر تعداد شاخه در بوته، تعداد قوزه در بوته، تعداد دانه در قوزه، وزن هزار دانه و نیز درصد روغن، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت ولی با صفت ارتفاع شاخه‌دهی همبستگی منفی و معنی‌داری داشت. پاسکیولا و البورکورکی (۲۸) بین صفات عملکرد دانه در بوته با تعداد قوزه در بوته، تعداد شاخه در بوته و ارتفاع همبستگی بالایی مشاهده کردند. تانتورک و وهدتین (۳۳) در مطالعه روی گلرنگ بین عملکرد دانه با تعداد شاخه، تعداد قوزه در بوته، تعداد دانه در قوزه و وزن هزار دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده کردند. امینی و همکاران (۲) بیان کردند که همبستگی بین عملکرد با صفات تعداد دانه در قوزه و تعداد قوزه در بوته مثبت و بالا بود. باقری و همکاران (۳) در گلرنگ گزارش کردند که عملکرد دانه با تعداد روز تا ظهور اولین گل، قطر قوزه، تعداد قوز در بوته، تعداد دانه در قوزه و وزن هزار دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. برهان (۱۰) گزارش داد که همبستگی مثبت و معنی داری بین عملکرد دانه و ارتفاع گیاه، تعداد قوزه در گیاه، ارتفاع شاخه دهی، قطرساقه، قطر قوزه و تعداد دانه در قوزه وجود دارد. در این مطالعه در هر دو شرایط محیطی صفت ارتفاع بوته با صفات فنولوژیک همبستگی بالایی نشان داد. این نتایج با گزارش‌های مختصی بیدگلی و همکاران (۲۴) و گلکار و همکاران (۱۶) هماهنگی داشت. بین این صفت و وزن هزار دانه همبستگی منفی و معنی داری وجود داشت. که با نتایج گلکار و همکاران (۱۶) و ارسلان (۱۰) مطابقت دارد.

صفت تعداد قوزه در بوته در هر دو شرایط محیطی با صفات عملکرد دانه در بوته، تعداد انشعاب در بوته و عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت داشت ولی بین این صفت با صفات ارتفاع شاخه‌دهی و تعداد دانه در قوزه همبستگی منفی و معنی داری داشت.

جدول ۱- همبستگی فنوتیپی بین صفات مورد بررسی ۱۰۰ ژنوتیپ گلرنگ مورد مطالعه (بالای قطر عدم تنش پایین قطر تنش)

صفات	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱٤	۱٥
۱-روز تا تکمه دهی	۱	۰/۴۹	۰/۵۲	۰/۳۵	۰/۳۱	-۰/۱۳	۰/۲۶	۰/۱۴	-۰/۱۰	-۰/۱۴	۰/۰۱	-۰/۰۶	۰/۱۰	-۰/۱۹	۰/۰۱
۲-روز تا اولین گلدهی	۰/۴۳	۱	۰/۸۱	۰/۶۷	۰/۳۱	۰/۰۱	۰/۶۴	۰/۴۵	-۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۲۷	-۰/۱۷	۰/۱۶	۰/۰۴	۰/۰۱
۳-روز تا ۵۰٪ گلدهی	۰/۴۷	۰/۷۹	۱	۰/۷۱	۰/۳۹	-۰/۰۲	۰/۵۴	۰/۳۵	۰/۰۱	-۰/۰۵	۰/۱۱	-۰/۰۹	۰/۰۵	-۰/۰۳	۰/۰۴
۴-روز تا پایان گلدهی	۰/۳۷	۰/۶۵	۰/۶۵	۱	۰/۴۷	۰/۱۴	۰/۵۷	۰/۲۹	۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۲۴	-۰/۰۷	۰/۱۹	۰/۱۵	۰/۰۸
۵-روز تا رسیدگی	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۴۵	۰/۵۱	۱	۰/۰۹	۰/۳۱	۰/۰۸	۰/۱۰	۰/۰۴	۰/۰۴	-۰/۰۱	۰/۱۵	۰/۰۰	۰/۰۹
۶-عملکرد دانه در بوته	-۰/۰۴	-۰/۰۵	-۰/۰۲	۰/۱۴	۰/۱۴	۱	۰/۲۰	-۰/۱۸	۰/۴۳	۰/۳۸	۰/۵۶	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۵۱	۰/۵۵
۷-ارتفاع بوته	۰/۲۸	۰/۶۲	۰/۶۰	۰/۴۷	۰/۲۸	۰/۰۲	۱	۰/۵۳	-۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۴۹	-۰/۳۰	۰/۲۵	۰/۲۱	۰/۰۸
۸-ارتفاع شاخه دهی	۰/۲۶	۰/۴۵	۰/۴۲	۰/۳۲	۰/۲۱	-۰/۳۱	۰/۶۳	۱	-۰/۴۴	-۰/۲۶	۰/۴۱	-۰/۴۵	-۰/۱۵	۰/۱۰	-۰/۲۵
۹-تعداد قوزه در بوته	-۰/۰۳	-۰/۱۱	-۰/۰۵	۰/۰۱	-۰/۰۲	۰/۵۲	-۰/۲۴	-۰/۶۰	۱	۰/۵۳	-۰/۲۸	۰/۱۱	-۰/۰۴	۰/۱۲	۰/۴۱
۱۰-تعداد انشعاب در بوته	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۴۰	۰/۰۱	-۰/۳۶	۰/۶۰	۱	-۰/۰۳	۰/۱۲	۰/۰۸	۰/۲۲	۰/۲۲
۱۱-تعداد دانه در قوزه	۰/۰۲	۰/۲۳	۰/۱۵	۰/۲۴	۰/۲۰	۰/۴۳	۰/۴۲	۰/۳۸	-۰/۳۹	-۰/۱۹	۱	-۰/۳۰	۰/۳۱	۰/۴۹	۰/۰۸
۱۲-وزن هزار دانه	-۰/۰۴	-۰/۲۴	-۰/۱۵	-۰/۱۱	-۰/۰۶	۰/۲۴	-۰/۲۷	-۰/۲۷	۰/۱۶	۰/۱۹	-۰/۲۹	۱	-۰/۰۵	-۰/۰۱	۰/۲۵
۱۳-درصد روغن	-۰/۰۳	۰/۰۱	-۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۱۴	-۰/۲۴	-۰/۰۸	۰/۴۱	-۰/۰۱	۱	۰/۳۰	۰/۰۳
۱۴-شاخص برداشت	-۰/۱۴	۰/۰۱	-۰/۰۶	۰/۱۳	۰/۰۹	۰/۴۶	۰/۱۱	۰/۰۵	-۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۴۸	۰/۰۳	۰/۳۷	۱	-۰/۲۳
۱۵-عملکرد بیولوژیک	۰/۱۱	۰/۰۲	۰/۰۷	۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۶۲	-۰/۰۴	-۰/۳۲	۰/۵۹	۰/۳۸	۰/۰۲	۰/۲۲	-۰/۱۱	-۰/۱۳	۱

اعداد بزرگتر از ۰/۱۴ در سطح ۵ درصد و اعداد بزرگتر از ۰/۲۰ درسطح ۱ درصد معنی‌دار می‌باشند.

رانگا رائو و همکاران (۲۹) نیز با بررسی ژنوتیپ‌های گلرنگ از هند و آمریکا، همبستگی منفی و معنی‌داری بین تعداد قوزه در بوته و تعداد دانه در قوزه را گزارش کردند. وزن هزار دانه با صفات ارتفاع بوته، ارتفاع شاخه دهی و تعداد دانه در قوزه همبستگی منفی و معنی داری داشت. با توجه به محدود بودن مواد فتوسنتزی انتظار می‌رود که با افزایش تعداد قوزه و یا تعداد دانه در قوزه، وزن هزار دانه کاهش یابد (۱۷).

برای بررسی دقیق‌تر روابط بین صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد در شرایط عدم تنش و تنش خشکی ضرایب همبستگی‌های ژنتیکی نیز برآورده شدند (جدول ۲).

جدول ۲- همبستگی ژنتیکی بین صفات مورد بررسی ۱۰۰ ژنوتیپ های گلرنگ مورد مطالعه (بالای قطرعدم تنش پایین قطر تنش)

صفات	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱٤	۱٥
۱-روز تا تکمه دهی	۱	۰/۸۴	۰/۹۹	۰/۷۲	۰/۵۵	۰/۰۲	۰/۳۵	۰/۳۵	-۰/۱۴	-۰/۳۸	۰/۱۳	-۰/۱۳	-۰/۰۸	-۰/۱۶	۰/۰۹
۲-روز تا اولین گلدهی	۰/۷۹	۱	۰/۹۵	۰/۷۶	۰/۶۳	-۰/۱۵	۰/۶۵	۰/۶۸	۰/۰۱	-۰/۱۸	۰/۲۵	-۰/۴۱	۰/۲۳	۰/۱۷	-۰/۷۲
۳-روز تا ۵۰٪ گلدهی	۰/۹۹	۰/۹۹	۱	۰/۸۱	۰/۸۶	-۰/۱۰	۰/۵۱	۰/۵۱	۰/۰۹	-۰/۲۴	۰/۰۶	-۰/۱۶	-۰/۱۰	-۰/۲۰	-۰/۰۵
۴-روز تا پایان گلدهی	۰/۸۳	۰/۷۵	۰/۸۰	۱	۰/۹۴	۰/۳۳	۰/۷۲	۰/۵۱	۰/۳۰	۰/۰۱	۰/۲۱	-۰/۱۸	۰/۱۴	۰/۱۱	۰/۴۷
۵-روز تا رسیدگی	۰/۵۵	۰/۶۷	۰/۶۸	۰/۷۶	۱	۰/۱۶	۰/۶۲	۰/۴۵	-۰/۱۵	۰/۱۰	۰/۱۱	-۰/۰۲	۰/۲۳	۰/۱۰	۰/۲۰
۶-عملکرد دانه در بوته	-۰/۲۷	-۰/۴۶	-۰/۲۶	-۰/۰۲	۰/۲۶	۱	۰/۲۷	-۰/۳۳	۰/۲۳	۰/۳۵	۰/۵۱	۰/۵۰	۰/۵۶	۰/۷۳	۰/۸۷
۷-ارتفاع بوته	۰/۵۸	۰/۷۶	۰/۶۸	۰/۶۷	۰/۵۰	۰/۰۱	۱	۰/۹۰	-۰/۳۷	-۰/۲۱	۰/۷۴	-۰/۴۷	۰/۳۲	۰/۶۴	-۰/۶۴
۸-ارتفاع شاخه دهی	۰/۴۱	۰/۶۶	۰/۵۴	۰/۶۴	۰/۳۴	-۰/۳۳	۰/۸۶	۱	-۰/۷۴	-۰/۴۳	۰/۴۸	-۰/۷۵	۰/۲۸	۰/۰۷	-۰/۸۲
۹-تعداد قوزه در بوته	-۰/۰۴	-۰/۲۹	-۰/۰۵	-۰/۲۰	-۰/۰۶	۰/۳۲	-۰/۴۰	-۰/۶۸	۱	۰/۸۳	۰/۷۴	۰/۵۵	-۰/۰۶	۰/۲۱	-۰/۶۳
۱۰-تعداد انشعاب در بوته	۰/۱۲	۰/۰۴	۰/۱۱	۰/۰۱	۰/۱۴	۰/۴۳	-۰/۰۴	-۰/۴۵	۰/۷۵	۱	-۰/۱۶	۰/۳۷	۰/۵۵	۰/۴۷	۰/۴۹
۱۱-تعداد دانه در قوزه	۰/۱۴	۰/۲۱	۰/۱۴	۰/۲۹	۰/۳۵	۰/۱۶	۰/۶۱	۰/۵۹	-۰/۷۵	-۰/۵۳	۱	-۰/۳۷	۰/۶۲	۰/۶۸	-۰/۰۱
۱۲-وزن هزار دانه	۰/۰۱	-۰/۳۹	-۰/۳۲	-۰/۳۴	-۰/۱۵	۰/۴۶	-۰/۳۷	-۰/۴۰	۰/۲۴	۰/۳۱	-۰/۴۲	۱	-۰/۱۰	-۰/۱۶	–
۱۳-درصد روغن	-۰/۰۳	۰/۰۲	-۰/۱۹	۰/۰۹	۰/۲۰	۰/۱۷	۰/۲۰	۰/۳۶	-۰/۵۹	-۰/۱۶	-۰/۶۷	-۰/۰۳	۱	۰/۵۳	۰/۵۷
۱۴-شاخص برداشت	-۰/۳۵	-۰/۲۴	-۰/۳۵	۰/۱۳	۰/۱۷	۰/۵۵	۰/۰۹	۰/۰۷	-۰/۱۵	-۰/۰۱	-۰/۴۹	۰/۰۹	۰/۵۶	۱	۰/۵۲
۱۵-عملکرد بیولوژیک	۰/۰۷	-۰/۴۲	۰/۰۴	-۰/۰۷	۰/۱۹	۰/۶۳	-۰/۱۵	-۰/۵۰	۰/۶۸	۰/۶۴	-۰/۴۰	۰/۴۹	-۰/۳۵	-۰/۲۹	۱

صفات فنولوژیک با ارتفاع گیاه همبستگی ژنتیکی مثبت و بالایی داشتند که نشانگر این است با افزایش طول دوره رشد ارتفاع گیاه افزایش می‌یابد. عملکرد دانه در بوته با صفات تعداد قوزه در بوته، تعداد دانه در قوزه، تعداد انشعاب در بوته، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک همبستگی ژنتیکی مثبت و بالایی داشت (جدول ۲). همبستگی ژنتیکی وزن هزار دانه با ارتفاع بوته وتعداد دانه در قوزه منفی بود که نشان می‌دهد با افزایش تعداد دانه در قوزه، وزن دانه کاهش پیدا می‌کند. تعداد قوزه در بوته با تعداد دانه در قوزه همبستگی منفی و بالا داشت که بیانگر این است که با افزایش تعداد قوزه در بوته، تعداد دانه در قوزه کاهش می‌یابد. همبستگی ژنتیکی تعداد قوزه در بوته با تعداد انشعاب در بوته مثبت و بالا بود که نشان‌دهنده این است که با افزایش تعداد انشعاب، تعداد قوزه افزایش می‌یابد. همبستگی ژنتیکی بالا می تواند ناشی از لینکاژ ژنی و یا ژن‌های با اثرات چندگانه باشد (۶ و ۷) که می تواند امکان انتخاب غیرمستقیم را برای اصلاحگر فراهم آورد.

تجزیه رگرسیون مرحله‌ای

زمانی که تعداد متغییرهای مستقل زیاد باشد، برای پیدا کردن تاثیرگذارترین آنها بر متغییر تابع (بطور مثال عملکرد دانه) و برآورد معادله رگرسیون روش‌های متعددی وجود دارد که متداولترین آنها رگرسیون گام به گام می‌باشد. در این روش ابتدا مهمترین متغییر مستقل رگرسیون که باعث افزیش هر چه سریعتر R^2 می‌شود، وارد معادله رگرسیون می‌شود و به همین ترتیب متغییرهای بعدی وارد می‌گردند (۷، ۱۵ و ۲۰). به این ترتیب با استفاده از روش رگرسیون مرحله‌ای می‌توان سهم هر صفت و میزان تاثیر بر عملکرد را تعیین کرد و صفاتی که بیشترین تاثیر را بر عملکرد دارند، در برنامه اصلاحی برای بهبود ژنتیکی عملکرد مورد توجه قرار داد (۲۵).

نتایج حاصل از رگرسیون مرحله‌ای برای عملکرد بذر به عنوان متغیر تابع و سایر صفات به عنوان متغیر مستقل برای شرایط عدم تنش در جدول ۳ و برای شرایط تنش رطوبتی در جدول ۴ نشان داده شده است. در شرایط عدم تنش سه متغیر وارد مدل شدند که در مجموع ۸۹ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمودند (جدول۳). تعداد قوزه در بوته نخستین متغیر وارد شده به مدل بود که به تنهایی ۳۸ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمود. در مراحل بعدی به ترتیب تعداد دانه در قوزه و وزن هزار دانه وارد مدل شدند.

در شرایط تنش خشکی تعداد دانه در قوزه نخستین متغیر وارد شده به مدل بود که ۳۸ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمود. در مراحل بعدی به ترتیب تعداد قوزه در بوته ، وزن هزار دانه و در نهایت ارتفاع بوته وارد مدل شد (جدول ۳). صفت تعداد دانه در قوزه در شرایط تنش نسبت به شرایط عدم تنش زودتر وارد مدل شد. از آنجا که تعداد دانه در قوزه تحت شرایط محیطی و دوره تکمه‌دهی تا گرده‌افشانی تعیین می‌شود و گیاه در این مرحله به شدت به تنش رطوبتی حساس می‌باشد، اهمیت بیشتر تعداد دانه در قوزه در شرایط تنش قابل توجیه است. باقری و همکاران (۳) نیز در مطالعه خود روی گلرنگ نتیجه گرفتند که تعداد قوزه در بوته، ارتفاع بوته و وزن هزار دانه بیشترین سهم را در توجیه عملکرد داشتند.

امینی و همکاران (۲) در شرایط عادی در گلرنگ مشاهده کردند که صفت تعداد دانه در قوزه اولین متغیر وارد شده به مدل رگرسیونی است. اشری و همکاران (۱۲) گزارش کردند که تعداد قوزه در بوته، تعداد دانه در قوزه و وزن بذر، عوامل اصلی تشکیل دهنده عملکرد دانه بودند. نتایج حاصل از ارزیابی ارقام و توده‌های محلی گلرنگ در شرایط دیم نشان داد که بالا بودن عملکرد ژنوتیپ‌های پر محصول ناشی از صفات تعداد قوزه در بوته و تعداد دانه در قوزه و وزن هزار دانه می‌باشد (۴). رفیعی (۷) نیز در تجزیه رگرسیون مرحله ای نشان داد که تعداد دانه در قوزه و تعداد قوزه در بوته بیشترین سهم را در توجیه تغییرات عملکرد دانه در شرایط عادی داشتند. حاجقانی و همکاران (۱۸) اعلام کردند که در گلرنگ تعداد قوزه در بوته، تعداد دانه در قوزه، وزن هزاردانه و تعداد انشعاب ثانویه مهمترین اجزای عملکرد دانه در بوته گلرنگ هستند. لاخا و همکاران (۲۲) در گلرنگ نشان دادند که صفات تعداد قوزه در بوته، تعداد دانه در قوزه و وزن هزار دانه بیشترین سهم را در عملکرد دانه در بوته داشتند.

با توجه به نتایج تجزیه رگرسیون مرحله‌ای برای ژنوتیپ‌های گلرنگ در هر دو شرایط عدم تنش، تعداد دانه در قوزه، تعداد قوزه در بوته و وزن هزار دانه مهمترین صفات جهت بهبود عملکرد دانه شناخته شدند. با توجه به همبستگی ژنتیکی و فنوتیپی این صفات با عملکرد دانه می‌توان گفت که این صفات مهمترین جزء عملکرد دانه در گلرنگ زراعی هستند و می‌توانند در برنامه‌های اصلاحی برای گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد بالاتر مورد توجه قرار گیرد.

تجزیه ضرایب مسیر (تجزیه علیت)

تجزیه ضرایب مسیر روشی برای تفکیک ضرایب همبستگی به آثار مستقیم و غیرمستقیم صفات بر یکدیگر می‌باشد و می‌تواند اطلاعات مفیدی را از نحوه تأثیرپذیری صفات بر یکدیگر و روابط بین آنها فراهم نماید (۱۴). نتایج تجزیه ضرایب مسیر برای عملکرد دانه در شرایط عدم تنش (جدول ۵) نشان داد تعداد دانه در قوزه دارای بیشترین اثر مستقیم (۰/۹) بر عملکرد بود و به طور غیر مستقیم از طریق تعداد قوزه در بوته (۰/۱۹-) و وزن هزار دانه (۰/۱۵-) بر روی عملکر تاثیر منفی داشت.

جدول ۳- نتایج تجزیه رگرسیون مرحله‌ای برای تعیین سهم نسبی اجزای عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های گلرنگ در شرایط عدم تنش

متغیر	پارامترهای مدل (ضرایب رگرسیون)	R^2 مدل	R^2 جزء	F
عرض از مبدا	-۳۴/۱۲			
تعداد قوزه در بوته (X_1)	۰/۷۸	۰/۳۷	۰/۳۸	۵۶/۸۸***
تعداد دانه در قوزه (X_2)	۰/۷۹	۰/۷۵	۰/۳۷	۱۴۴/۳۲***
وزن هزار دانه (X_3)	۰/۴۵	۰/۸۹	۰/۱۵	۱۲۸/۸۲***
مدل نهایی	$Y= -۳۴/۱۲+۰/۷۸X_1+۰/۷۹ X_2+۰/۴۵ X_3$			

***- معنی داری در سطح ۱ هزارم می باشد.

جدول ٤- نتایج تجزیه رگرسیون مرحله‌ای برای تعیین سهم نسبی اجزای عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های گلرنگ در شرایط تنش خشکی

متغیر	پارامترهای مدل (ضرایب رگرسیون)	R^2 مدل	R^2 جزء	F
عرض از مبدا	-۱۶/۷۰			
تعداد دانه در قوزه (X_1)	۰/۵۵	۰/۳۸	۰/۳۸	۱۰۲/۱۸***
تعداد قوزه در بوته (X_2)	۰/۵۹	۰/۶۵	۰/۲۷	۲۵۵/۲۴***
وزن هزار دانه (X_3)	۰/۲۳	۰/۸۱	۰/۱۶	۱۱۲/۹۴***
ارتفاع گیاه (X_4)	-۰/۰۴	۰/۸۲	۰/۰۱	۱۰/۴۰**
مدل نهایی	$Y = -۱۶/۷۰ +۰/۵۵ X_1+ ۰/۵۹X_2۰/۲۳+ X_3- ۰/۰۴X_4$			

** و ***- به ترتیب عدم معنی داری و معنی داری در سطح احتمال۱ درصد و ۱ هزارم می باشد.

اثر غیر مستقیم تعداد دانه بر وزن هزار دانه منفی بود که نشان می‌دهد با افزایش تعداد دانه در قوزه، وزن هزار دانه کاهش پیدا می‌کند. پس از آن تعداد قوزه در بوته (۰/۶۳) دارای بیشترین اثر مستقیم بودکه به طور غیر مستقیم از طریق صفات وزن هزار دانه (۰/۰۷) و تعداد دانه در قوزه (-۰/۲۷) عملکرد را متاثر ساخت. منفی بودن اثر غیر مستقیم تعداد قوزه بر تعداد دانه در قوزه نشان می‌دهد با افزایش تعداد قوزه، تعداد دانه در قوزه کاهش می‌یابد. اثر مستقیم وزن هزار دانه ۰/۴۲ درصد بود که اثر غیر مستقیم آن از طریق تعداد قوزه در بوته برابر ۰/۱۱ و از طریق تعداد دانه در قوزه ۰/۳۴- بود. تانتورک و وهدیتین (۳۳) و نی و همکاران (۲۷) گزارش دادند که صفت تعداد دانه در قوزه بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشت.

در شرایط تنش خشکی (جدول ۶) صفت تعداد دانه در قوزه بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد (۰/۸۳) داشت که در مقایسه با شرایط عدم تنش مقدار این اثر مستقیم کمتر بود ولی اثر غیر مستقیم این صفت از طریق تعداد قوزه در بوته منفی و بالا (-۰/۲۸) بود. پس از تعداد دانه در قوزه، تعداد قوزه در بوته بیشترین اثر مستقیم (۰/۷۱) را با عملکرد دانه داشت اثر غیر مستقیم این صفت از طریق تعداد دانه در قوزه منفی (-۰/۳۲) و از طریق صفات وزن هزار دانه، ارتفاع اثر مثبت و پایینی بود (جدول ۴-۲). وزن هزار دانه اثر مستقیم (۰/۳۳) بر عملکرد و بطور غیر مستقیم از طریق صفت تعداد دانه در قوزه اثر منفی (-۰/۲۴) بر عملکرد داشت. اثر مستقیم صفت ارتفاع بر عملکرد منفی و پایین (-۰/۰۶) بود ولی به طور غیر مستقیم از طریق تعداد دانه در قوزه اثر مثبت و بالایی (۰/۳۵) و از طریق تعداد قوزه در بوته اثر منفی (-۰/۱۷) بر عملکرد تاثیر داشت.

رانگا رائو و همکاران (۲۹) گزارش کردند که تعداد دانه در قوزه اثر مستقیم و زیادی بر عملکرد دانه گلرنگ داشت، ولی اثر اندازه دانه بسیار کم و تأثیر تعداد قوزه در بوته نیز مثبت و قابل توجه است. گل پرور (۱۷) با استفاده از تجزیه مسیر ژنوتیپ‌های گلرنگ بهاره، وزن هزار دانه و تعداد دانه در بوته را به عنوان بهترین معیار انتخاب غیر مستقیم برای بهبود عملکرد روغن در شرایط تنش خشکی معرفی کردند. ردی و همکاران (۳۰) با مطالعه همبستگی و تجزیه علیت در گلرنگ بیان کردند که تعداد قوزه در گیاه، تعداد دانه در قوزه و وزن هزار دانه بیشترین سهم را در عملکرد دانه داشتند. توکلی و همکاران (۵) نیز با استفاده از تجزیه علیت برای عملکرد گلرنگ و برای شرایط تنش خشکی گزارش کردند که تعداد دانه در قوزه بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشته است. به طور کلی برای ژنوتیپ‌های گلرنگ در شرایط عدم تنش و تنش خشکی صفات تعداد دانه در قوزه، تعداد قوزه در بوته و وزن هزار دانه با دارا بودن بیشترین اثر مستقیم می‌توانند بیشترین اثر را برافزایش عملکرد دانه داشته باشند.

جدول ۵- تجزیه ضرایب مسیر برای ژنوتیپ های گلرنگ در شرایط عدم تنش

صفات	اثر مستقیم	اثر غیر مستقیم از طریق			همبستگی با عملکرد دانه
		(X_1)	(X_2)	(X_3)	
تعداد قوزه در بوته (X_1)	۰/۶۳	_	-۰/۲۷	۰/۰۷	۰/۴۳
تعداد دانه در قوزه (X_2)	۰/۹۰	-۰/۱۹	_	-۰/۱۵	۰/۵۶
وزن هزار دانه (X_3)	۰/۴۲	۰/۱۱	-۰/۳۴	_	۰/۱۹
		باقیمانده	۰/۴۶		

جدول ٦- تجزیه ضرایب مسیر برای ژنوتیپ های گلرنگ در شرایط تنش خشکی

صفات	اثر مستقیم	اثر غیر مستقیم از طریق				همبستگی با عملکرد دانه
		(X_1)	(X_2)	(X_3)	(X_4)	
تعداد دانه در قوزه (X_1)	۰/۸۳	_	-۰/۲۸	-۰/۰۹	-۰/۰۲۶	۰/۴۳
تعداد قوزه در بوته (X_2)	۰/۷۱	-۰/۳۲	_	۰/۰۵	۰/۰۱۵	۰/۵۲
وزن هزار دانه (X_3)	۰/۳۳	-۰/۲۴	۰/۱۱	_	۰/۰۱۶	۰/۲۵
ارتفاع گیاه (X_4)	-۰/۰۶	۰/۳۵	-۰/۱۷	-۰/۰۹	_	۰/۰۳
		باقیمانده ۰/۳۵				

تجزیه به عامل‌ها

تجزیه به عامل‌ها روشی جهت کاهش ابعاد متغیرها و یافتن عامل‌های پنهانی است. با این تجزیه و تحلیل می‌توان دریافت که صفات مختلف تا چه حد اجزای مشابهی از کیفیت و یا خصوصیات زراعی را اندازه‌گیری می‌کنند و گروه‌هایی از صفات که بیشترین همبستگی درون گروهی را دارند مشخص می‌شوند. هدف این روش همانند تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، توجیه تغییرات موجود در متغیرهای اولیه با استفاده از تعداد کمتری متغیر می‌باشد، با این تفاوت که تجزیه به عامل‌ها بر خلاف تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر پایه مدل استوار است (۲۰).

نتایج تجزیه به عامل‌ها در شرایط عادی و تنش رطوبتی بر روی ۱۰۰ ژنوتیپ مورد بررسی برای صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزاء عملکرد به ترتیب در جداول ۷ و ۸ آمده است. تجزیه و تحلیل عاملی در محیط عدم تنش نشان داد که پنج عامل اول روی هم رفته ۷۴ درصد از تغییرات موجود بین صفات را توجیه نمودند. عامل اول ۲۸ درصد از واریانس بین صفات را به خود اختصاص داد و متغیرهای روز تا اولین گلدهی، روز تا ۵۰درصد گلدهی، روز تا پایان گلدهی و ارتفاع بوته نقش مهمی در این عامل ایفا نمودند لذا این عامل تحت عنوان عامل فنولوژیک نامیده شد. با استفاده از این عامل به عنوان شاخص انتخاب می‌توان ژنوتیپ‌های زودرس‌تر را انتخاب نمود. در مناطقی که با محدودیت فصل رشد و با تنش‌های محیطی همراه است، زودرسی از اهداف اصلی به‌نژادی گلرنگ می‌باشد. عامل دوم در حدود ۱۸ درصد از واریانس را توجیه نمود در این عامل صفات عملکرد دانه در بوته، تعداد قوزه در بوته و تعداد انشعاب در بوته دارای بیشترین بار عاملی بودندکه این عامل ، عامل مخزن نام‌گذاری شد. عامل سوم ۱۴ درصد از تغییرات را به خود اختصاص داد و صفات تعداد دانه در قوزه و شاخص برداشت نقش مهمی در این عامل ایفا نمود این ضریب عاملی با علامت منفی بودند و عامل بیوماس نامیده شد. عامل چهارم ۷ درصد از تغییرات را توجیه کرد که ضرایب عاملی صفت عملکرد بیولوژیک بالا بود که این عامل، عامل بیولوژیک نام گذاری شد. عامل پنجم ۷ درصد از تغییرات را توجیه کرد که ضرایب عاملی برای صفات وزن هزار دانه و درصد روغن بالا بود که این عامل اقتصادی نام گذاری شد. در محیط تنش خشکی سه عامل اول روی هم رفته ۶۳ درصد از تغییرات موجود بین صفات را توجیه کرد. عامل اول ۲۹ درصد از تغییرات واریانس را توجیه و عامل فنولوژیک نام گذاری شد. عامل دوم ۲۰ درصد از واریانس را به خود اختصاص و عامل عملکرد نامیده شد. عامل سوم ۱۵ درصد واریانس رو توجیه و عامل سرمایه اقتصادی نام گذاری شد.

حاتم زاده (۶) در بررسی ۵۶ ژنوتیپ گلرنگ بیان کرد که عامل‌ها به ترتیب عامل بهره‌وری، مخزن و سرمایه ثابت گیاه نام‌گذاری شد. شیراوند و مجیدی (۸) در مطالعه پنج گونه جنس Carthamus تحت شرایط عادی و کم آبیاری بیان کردند که چهار عامل اول در شرایط عدم تنش و تنش به ترتیب ۸۲ و ۸۵ درصد از واریانس را توجیه کردند، که در شرایط عدم تنش به ترتیب عامل مخزن، مورفولوژی گیاه، روغن، سرمایه اقتصادی و در شرایط تنش خشکی به ترتیب عامل سرمایه اقتصادی، مورفولوژی گیاه، مخزن و وزن دانه نام‌گذاری شدند. در مطالعات امینی و همکاران (۲) نتایج تجزیه به عامل‌ها برای صفات سه عامل اصلی را مشخص کرد که در مجموع

۸۲ درصد از کل تغییرات را توجیه نمودند. این عامل‌ها با توجه به اجزای تشکیل دهنده آنها به ترتیب عامل عملکرد و اجزای آن، عامل فنولوژیک و عامل شاخه بندی نام گذاری شدند.

جدول ۷- نتایج تجزیه به عامل‌ها شامل بار عامل‌ها، نسبت واریانس توجیه شده هر عامل، نسبت تجمعی واریانس توجیه شده در ژنوتیپ‌های گلرنگ تحت شرایط عدم تنش خشکی

صفات	بار عامل اول	بار عامل دوم	بار عامل سوم	بار عامل چهارم	بار عامل پنجم
۱-روز تا تکمه دهی	۰/۵۶	-۰/۰۳	۰/۳۶	۰/۱۱	۰/۲۳
۲-روز تا اولین گلدهی	۰/۸۳	۰/۰۵	۰/۲۱	-۰/۰۶	-۰/۱۱
۳-روز تا ۵۰٪ گلدهی	۰/۷۸	۰/۰۵	۰/۴۲	-۰/۰۷	-۰/۰۳
۴-روز تا پایان گلدهی	۰/۷۳	۰/۲۴	۰/۲۴	-۰/۱۱	۰/۱۳
۵-روز تا رسیدگی	۰/۵۷	۰/۳۸	۰/۳۰	-۰/۱۲	۰/۲۸
۶-عملکرد دانه در بوته	-۰/۱۵	۰/۸۷	-۰/۲۵	۰/۲۳	۰/۰۰
۷-ارتفاع بوته	۰/۷۵	۰/۲۷	-۰/۱۹	۰/۰۵	-۰/۲۲
۸-ارتفاع شاخه دهی	۰/۶۶	-۰/۲۸	-۰/۴۱	۰/۰۸	-۰/۲۱
۹-تعداد قوزه در بوته	-۰/۲۸	۰/۶۸	۰/۳۶	-۰/۲۸	-۰/۲۹
۱۰-تعداد انشعاب در بوته	-۰/۲۳	۰/۶۰	۰/۰۹	-۰/۴۱	-۰/۲۶
۱۱-تعداد دانه در قوزه	۰/۳۶	۰/۲۹	-۰/۷۳	۰/۳۳	۰/۰۰
۱۲-وزن هزار دانه	-۰/۴۳	۰/۱۶	۰/۳۸	۰/۱۲	۰/۵۶
۱۳-درصد روغن	۰/۲۲	۰/۲۷	-۰/۳۵	-۰/۰۲	۰/۵۰
۱۴-شاخص برداشت	-۰/۰۲	۰/۴۰	-۰/۶۵	-۰/۴۳	۰/۲۴
۱۵-عملکرد بیولوژیک	-۰/۱۶	۰/۵۸	۰/۳۱	۰/۶۷	-۰/۱۵
واریانس توجیه شده	۰/۲۸	۰/۱۸	۰/۱۴	/۰۷	۰/۰۷
واریانس توجیه شده تجمعی	۰/۲۸	۰/۴۶	۰/۶۰	۰/۶۷	۰/۷۴

جدول ۸- نتایج تجزیه به عامل‌ها شامل بار عامل‌ها، نسبت واریانس توجیه شده هر عامل، نسبت تجمعی واریانس توجیه شده در ژنوتیپ‌های گلرنگ تحت شرایط تنش خشکی

صفات	بار عامل اول	بار عامل دوم	بار عامل سوم
۱-روز تا تکمه دهی	۰/۶۲	۰/۳۰	-۰/۲۶
۲-روز تا اولین گلدهی	۰/۸۳	۰/۱۹	-۰/۲۳
۳-روز تا ۵۰٪ گلدهی	۰/۸۰	۰/۲۶	-۰/۳۳
۴-روز تا پایان گلدهی	۰/۷۲	۰/۳۵	-۰/۰۷
۵-روز تا رسیدگی	۰/۵۴	۰/۳۰	-۰/۰۴
۶-عملکرد دانه در بوته	-۰/۰۷	۰/۷۴	۰/۵۹
۷-ارتفاع بوته	۰/۷۹	۰/۰۴	۰/۰۸
۸-ارتفاع شاخه دهی	۰/۷۳	-۰/۴۱	۰/۰۲
۹-تعداد قوزه در بوته	-۰/۳۹	۰/۷۹	۰/۱۵
۱۰-تعداد انشعاب در بوته	-۰/۱۶	۰/۷۰	-۰/۰۷
۱۱-تعداد دانه در قوزه	۰/۴۹	-۰/۰۴	۰/۵۳
۱۲-وزن هزار دانه	-۰/۳۴	۰/۳۰	۰/۰۱
۱۳-درصد روغن	۰/۱۹	-۰/۱۱	۰/۶۵
۱۴-شاخص برداشت	۰/۱۲	۰/۰۹	۰/۷۷
۱۵-عملکرد بیولوژیک	-۰/۱۲	۰/۷۸	۰/۰۱
واریانس توجیه شده	۰/۲۹	۰/۲۰	۰/۱۵
واریانس توجیه شده تجمعی	۰/۲۹	۰/۴۸	۰/۶۳

نتیجه گیری کلی

درک درست از نحوه تأثیر و ارتباط بین صفات کارآیی انتخاب در برنامه‌های به‌نژادی را افزایش می‌دهد. نتایج این پژوهش توانست روابط بین صفات مهم اقتصادی با سایر صفات گیاه را در یک ژرم‌پلاسم متنوع گلرنگ مشخص نماید. بزرگ بودن و متنوع بودن جوامع مورد بررسی از آن لحاظ حایز اهمیت است که در نمونه‌های کوچک برآورد شاخص‌های مربوطه می‌تواند اریب باشد. به طور کلی با توجه به نتایج این بررسی می‌توان پیشنهاد نمود که برای افزایش عملکرد دانه در شرایط عدم تنش گزینش غیر مستقیم بایستی ابتدا روی تعداد قوزه در بوته و سپس تعداد دانه در قوزه صورت پذیرد لیکن در شرایط تنش خشکی بایستی ابتدا تعداد دانه در قوزه و سپس تعداد قوزه در بوته اصلاح گردد. همچنین باتوجه به روابط و نحوه‌ی تاثیر گذاری صفات بر یکدیگر در هر یک از دو محیط تنش و عدم تنش رطوبتی می‌توان شاخص‌ها انتخاب را محاسبه نمود و از آن‌ها برای بهبود عملکرد ژنوتیپ‌ها بهره‌جست.

منابع

۱- ارقامی، ن و ا. بزرگ‌نیا. ۱۳۷۰. آمار چند متغیره کاربردی(ترجمه)، انتشارات آستان قدس رضوی.

۲- امینی، ف.، ق. ا. سعیدی و ا. ف. میرلوحی. ۱۳۸۷. روابط بین عملکرد دانه و اجزای آن در ژنوتیپ‌های گلرنگ (*Carthamus tinctorius*). مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۴۵: ۵۳۵-۵۲۵.

۳- باقری، ا.، ب. یزدی صمدی، م. تائب و م. ر. احمدی.۱۳۸۰. بررسی همبستگی و روابط بین عملکرد و سایر صفات کمی و کیفی گلرنگ، مجله علوم کشاورزی ایران. ۲: ۳۰۷-۲۹۵.

۴- پورداد، س. ۱۳۸۰. ارزیابی مقدماتی ژرم‌پلاسم گلرنگ بهاره در شرایط دیم، موسسه تحقیقات کشاورزی ایران.

۵- توکلی، و.، م. م. مجیدی، ا. میرلوحی و م. ر. سبزعلیان. ۱۳۹۱. بررسی روابط صفات و تجزیه علیت در توده های گلرنگ وحشی (*Carthamus oxyacanthus*) و لاین های گلرنگ اهلی (*C. tinctorius* L.) در شرایط تنش و بدون تنش خشکی. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. ۵: ۶۲-۴۵.

۶- حاتم زاده، ح. ۱۳۸۶. بررسی صفات مرتبط با عملکرد دانه در گلرنگ با استفاده از تجزیه به عامل‌ها. مجله نهال و بذر. ۳: ۵۶۳-۵۷۵.

۷- رفیعی، ف. ۱۳۸۱. بررسی تنوع ژنتیکی صفات زراعی مختلف لاین‌های گلرنگ در شرایط اصفهان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان. تعداد صفحات

۸- شیراوند، ر. و م. م. مجیدی. ۱۳۹۲. تحلیل ارتباط ویژگی‌های مختلف در ژنوتیپ‌های پنج گونه جنس *Carthamus* تحت شرایط عادی و کم آبیاری. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. ۸: ۱۶۲-۱۴۹.

9- Acharya, S., L. K. Dhaduk and G. L. Maliwal. 1994. Path analysis in safflower under conserved moisture conditions. Gujarat Agriculture University Research Journal, 20:154-157.

10- Arslan, B. 2007. The path Analysis of yield and its components in safflower (*Carthamus tinctorius*). Journal of Biologicial Sicenic, 7: 668-672.

11- Asadi, A. A. and K. Mozaffari. 2006. Relationship among yield components and selection criteria for yield improvement in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Applied Science, 6: 2853-2855.

12- Ashri, A., D. E. Zimmer, A. Cabaner and A. Marini. 1976. Evolution of the world collection of safflower. Crop Science, 14: 799-802.

13- Calhoun, D. S., G. Gebeyehu., A. Miranda., S. Rajaram and M. Van Ginkel. 1994. Choosing evaluation environments to increase wheat grain yield under drought conditions. Crop Science, 34: 673-678.

14- Dencic, S., R. Kastori., B. Kobiljski and B. Duggan. 2000. Evaluation of grain yield and its components in wheat cultivars and landraces under near optimal and drought conditions. Euphytica, 113: 43-52.

15- Dofing, S. M. and C. W. Knight. 1992. Alternative model for path analysis of grain yield. Crop Science, 32: 487-489.

16- Golkar, P., A. Arzani and A. M. Rezaei. 2011. Genetic variation in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) for seed quality-related traits and Inter-Simple Sequence Repeat (ISSR) Markers. International Journal of Molecular Science, 12: 2664-2677.

17- Golparvar, A. R. 2011. Assessment of relationship between seed and oil yield with agronomic traits in spring safflower cultivars under drought stress condition. Journal of Research in Agriculture Science, 7: 109-113.

18- Hajghani, M., M. Saffari and A. A. M. Moud. 2009. Path Coefficient analysis for the yield components of spring safflower cultivars (*Carthamus tinctorius L.*) in Iran under different nitrogen levels. American- Eurasian Journal of

Agriculture and Environmental Science, 6: 737-740.
19- Heaton, T. C. and J. M. Klisiewicz. 1981. A disease-resistant safflower alloploid from *Carthamus tinctorius* L. × *C. lanatus* L. Canadian Journal of Plant Science, 61: 219-224.
20- Johnson, R. A. and D. W. Wichern. 2007. Applied Multivariate Statistical Analysis. New Jersey, U.S.A.
21- Kotcha, A. 1979. Inheritance and association of six traits in safflower. Crop Science, 19: 523-527.
22- Lakha, N. M., V. D. Patil and Y. S. Nerkar. 1992. Genetic variability and correlation studies in safflower. Maharthwada Agriculture University, 17: 318-320.
23- Mahajan, S. and N. Tuteja. 2005. Cold, salinity and drought stresses: An overview. Archives of Biochemistry and Biophysics, 444: 139-158.
24- Mokhtassi Bidgoli, A., G. Akbari, Mirhadi, E. Zand and S. Soufizadeh. 2006. Path analysis of the relationships between seed yield and some morphological and phonological trait in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Euphytica, 148: 261-268.
25- Mozaffari, K. and A. A. Asadi. 2006. Relationships among traits using correlation, principal components and path analysis international safflower mutants sown in irrigated and drought stress condition. Asian Journal of Plant Science, 5: 977-983.
26- Mundel, H. H. and J. W. Bergman. 2009. Safflower. Pp. 423-448. In: Vollmann, J. and I. Rajcan (ed.), Handbook of Plant Breeding 4 Oil Crops, Springer, and New York.
27- Nie, Z., F. T. Chen and X. C. Sh. 1993. Path analysis of characters related to seed yield in safflower. Oil Crops China, 3: 26-29.
28- Pascula-Villalobos, M. J. and N. Alburquerque. 1996. Genetic variation of safflower germplasm collection grown as a winter crop in southern Spain. Euphytica, 92: 327-332.
29- Ranga Rao, V., M. Ramanchadram and V. Arunachalam, 1977. An analysis of association of component of yield and oil in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Theoretical and Applied Genetics, 50: 185-191.
30- Reddy, A. R., K. V. Chaitanya and M. V. Vivekandan. 2004. Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plant. Journal of Plant Physiology, 161:1189-1202.
31- Singh, V. and N. Nimbkar. 2007. Genetic resources, chromosome engineering, and crop improvement series Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). CRC Press, London. pp. 167-194,
32- Subbalakshmi, B. and V. Sivasubramanian. 1986. Effect of environment in the variability of characters in safflower. Madras Agriculture Journal, 8: 450-456.
33- Tuncturk, M. and C. Vahdettin. 2004. Relationship among traits using correlation and path coefficient analysis in safflower. Asian Journal of Plant Science, 3: 683-686.