J. Crop Prod. Process. 2026, 16(1), 101-120; DOI: 10.47176/jcpp.16.1.21735

Journal of Crop Production and Processing

Journal homepage: https://jcpp.iut.ac.ir/

Original Article

Genetic Variation and Relationship Among Some Agronomic Characteristics and Seed Yield Components in F_2 Populations of Safflower

Seyed-Hosein Ahmadi Moosavi [1,2], Ghodratollah Saeidi [1*] and Zahra Alizadeh [2]

1. Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran
2. Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

Extended Abstract:

Introduction: Safflower is an important oilseed crop with considerable potential for cultivation in arid and semi-arid regions due to its tolerance to drought and adaptability to marginal soils. Improvement of seed yield as the most important breeding objective in safflower, requires to investigate the genetic diversity and interrelationships among yield-contributing traits. Identifying the key traits associated with seed yield and understanding their direct and indirect effects is crucial for increasing the efficiency of selection in breeding programs, particularly in segregating generations such as F_2 populations. The present study aimed to evaluate genetic variability and investigate phenotypic correlations, as well as the direct and indirect effects of several agronomic and yield-related traits on seed yield in F_2 safflower populations.

Materials and methods: In this study, several F_2 populations derived from the crosses between diverse safflower genotypes were used. The genotypes were evaluated in a randomized complete block design (RCBD) with three replications. The data were subjected to analysis of variance to determine the presence of genetic variability. Phenotypic correlation coefficients among the traits were calculated to explore their interrelationships. Stepwise multiple regression analysis was performed to identify the most important yield components contributing to seed yield per unit area. Furthermore, path coefficient analysis was conducted to partition the correlation coefficients into direct and indirect effects for better understanding of the causal relationships among the traits.

Results: Highly significant differences were observed among the F_2 populations for most of the traits, indicating substantial genetic variability. This wide variation suggests that these populations harbor valuable genetic resources that can be used in selection and breeding programs to improve seed yield. Phenotypic correlation coefficients revealed strong positive and significant correlations between days to flowering, days to 50% flowering, and days to maturity, indicating that genotypes with late flowering tended to have longer growth duration. Plant height exhibited a positive and significant correlation with days to 50% flowering, days to maturity, number of capitula per plant, capitulum diameter, and number of seeds per capitulum, seed weight per capitulum, seed yield per plant, and seed yield per unit area. These results suggest that taller plants with greater vegetative growth can support more reproductive structures and produce higher seed yield. The number of capitula per plant showed a very high positive correlation with capitulum diameter, number of seeds per capitulum, and seed weight per capitulum, as well as with seed yield per plant and seed yield per unit area. Among these traits, the number of capitula per plant had the highest correlation with seed yield, highlighting its importance as an important seed yield component. In contrast, 100-seed weight showed weak and non-

Received: May. 18, 2025; Revised: Jan. 27, 2026; Accepted: Jan. 31, 2026; Published Online: Apr. 08, 2026.
*Corresponding Author: gsaeidi@iut.ac.ir

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-11]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.21735]

Journal of Crop Production and Processing

Journal homepage: https://jcpp.iut.ac.ir/

significant correlation with seed yield. Generally, cross IUTc129*IUTE1449 (with 2364 kg/ha seed yield and 24.7% seed oil content) among the crosses, and the parental line IUTKh211 (with 2642 kg/ha seed yield and 25.8% seed oil content) among the parental genotypes had the highest seed yield and seed oil percentage, highlighting their superior performance relative to the other genotypes. Stepwise regression identified the number of capitula per plant as the first variable to enter the model, explaining 69% of the variation for seed yield per unit area. The addition of the number of seeds per capitulum increased the efficiency of the model to 78%, and then including 100-seed weight raised the total R^2 to 79%. These results emphasize the primary role of the number of capitula per plant in determining seed yield and its superiority over number of seeds per capitulum and 100-seed weight as the other seed yield components.
Path analysis results supported the findings of correlation and regression analyses. The number of capitula per plant had the highest positive direct effect (0.67) on seed yield per unit area, followed by the number of seeds per capitulum (0.37). In contrast, 100-seed weight had the lowest direct effect (0.13) and negligible indirect effects on seed yield which was in agreement with its low correlation. These findings collectively demonstrate that the association between the number of capitula per plant and seed yield is mainly due to its strong direct effect rather than its indirect effects.

Discussion: The strong positive relationship between the numbers of capitula per plant, the number of seeds per capitulum, and seed yield suggest that selection for these traits can be an efficient strategy to enhance seed yield in safflower. The observed genetic variation among the F_2 populations provides an opportunity to select superior genotypes with high numbers of capitula and seeds per capitulum and acceptable agronomic characteristics.
The weak association between 100-seed weight and seed yield suggests that this trait is less important for yield improvement in the studied populations. Focusing selection pressure on 100-seed weight might not effectively increase seed yield and could even slow the breeding progress. Instead, improving the number of seeds per plant appears to be a more promising approach.

Conclusion: This study demonstrated substantial genetic variation among the F_2 populations for morpho-phenological and yield-related traits, which can be exploited for genetic improvement. The results also identified that the number of capitula per plant and the number of seeds per capitulum as the most important traits with direct effects on seed yield, whereas 100-seed weight had the least contribution. Therefore, these yield components can be considered as the reliable selection indices for improving seed yield and developing high-yielding cultivars. The findings of this research provide a valuable information for designing the effective breeding strategies to improve seed yield and its stability in safflower under various environmental conditions.

Keywords: Traits relationships, Oil content, Grain yield, Segregating populations

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-11]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.21735]

How to Cite: Ahmadi Moosavi S H., Saeidi Gh., Alizadeh Z., Genetic variation and relationship among some agronomic characteristics and seed yield components in F2 Populations of Safflower. *J. Crop Prod. Process*. 2026, 16(1), 101-120. (*In Persian*). DOI: 10.47176/jcpp.16.1.21735.

Copyright © 2025 Isfahan University of Technology, Published by Isfahan University of Technology press. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، ۱٤۰۵، دوره ۱٦، شماره ۱، صص. ۱۲۰-۱۰۱، DOI: 10.47176/jcpp.16.1.21735

نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
صفحه خانگی نشریه: https://jcpp.iut.ac.ir/

مقاله پژوهشی

تنوع ژنتیکی و روابط بین برخی صفات زراعی و اجزای عملکرد دانه در جمعیت‌های F_2 گلرنگ

سیدحسین احمدی موسوی[۱و۲]، قدرت الله سعیدی[۱*] و زهرا علیزاده[۲]

چکیده– هدف از این پژوهش، بررسی میزان تنوع ژنتیکی و تعیین روابط بین برخی صفات زراعی و اجزای عملکرد دانه در جمعیت‌های F_2 گیاه گلرنگ بود تا از این اطلاعات در برنامه‌های به‌نژادی و بهبود عملکرد دانه استفاده شود. برای این منظور، ۹ جمعیت F_2 حاصل از تلاقی ژنوتیپ‌های متفاوت به‌همراه ۷ والد آن‌ها (شامل یک ژنوتیپ خارجی و سایر ژنوتیپ‌های بومی ایران) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان کشت و ارزیابی شدند. صفات فنولوژیک (تعداد روز تا شروع گلدهی، ۵۰ درصد گلدهی و رسیدگی)، صفات مورفولوژیک (ارتفاع بوته، تعداد طبق در بوته و قطر طبق) و صفات عملکردی (تعداد دانه در طبق، وزن صد دانه، عملکرد دانه در بوته و در واحد سطح) اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که تنوع ژنتیکی معنی‌داری برای اغلب صفات وجود دارد که بیانگر پتانسیل بالای این جمعیت‌ها برای انتخاب در برنامه‌های اصلاحی است. ضرایب تغییرات ژنوتیپی بالا مربوط به تعداد دانه در طبق (۱۳/٦ درصد) و وزن دانه در طبق (۱۱/٦ درصد) بود، که وراثت‌پذیری عمومی بالایی نیز به‌ترتیب برابر با ۸۲/۵ و ۷۱/۲ درصد نشان دادند. ضرایب همبستگی و تجزیه رگرسیون مشخص کردند که صفات تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق، بیشترین اثر مستقیم و همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه داشته و در مجموع ۷۹ درصد از تغییرات عملکرد دانه در واحد سطح را تبیین نمودند، درحالی‌که وزن صد دانه تأثیر اندکی داشت. در بین تلاقی‌های مورد بررسی، بیشترین عملکرد دانه و درصد روغن در تلاقی ها مربوط به تلاقی ۵ (IUTc129 ×IUTE1449) با ۲۳٦٤ گیلوگرم دانه در هکتار و ۲٤/۷ درصد روغن و در بین والدها مربوط به والد ۲ (IUTKh211) با ۲٦٤۲ گیلوگرم دانه در هکتار و ۲۵/۸ درصد روغن بود. به‌طور کلی، نتایج نشان می‌دهد که تمرکز بر بهبود صفاتی نظیر تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق می‌تواند به‌عنوان راهبردی مؤثر برای ارتقای عملکرد دانه در برنامه‌های اصلاحی گلرنگ به‌کار رود.

واژه‌های کلیدی: روابط صفات، روغن دانه، عملکرد، جمعیت های در حال تفرق

دریافت مقاله: ۱٤۰٤/۰۲/۲۸، بازنگری: ۱٤۰٤/۱۱/۰۷، پذیرش: ۱٤۰٤/۱۱/۱۱، اولین انتشار: ۱٤۰۵/۰۱/۱۹

۱. گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

۲. گروه ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

*: نویسنده مسئول، رایانامه: gsaeidi@iut.ac.ir

حق انتشار این مستند، متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است. ۱٤۰۳ ©.
این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است:
Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-11]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.21735]

مقدمه

گلرنگ گیاهی است یکساله با نام علمی (*Carthamus tinctorius* L.)از خانوادهی Compositeae که دارای سطح تحمل بالایی به شرایط کم آبی، شوری آب و خاک است، و برای کشت در مناطق خشک و نیمه خشک مناسب میباشد. این گیاه اساساً برای تولید دانه و استخراج روغن از دانه مورد کشت قرار میگیرد (۳). دانههای روغنی پس از غلات، دومین ذخیره غذایی جهان را تشکیل میدهند. دانه گلرنگ دارای ۲۵ تا ٤٥ درصد روغن است که ۷۸ تا ۹۰ درصد آن را اسیدهای چرب غیراشباع (اولئیک و لینولئیک) تشکیل میدهد (۱۸). کشور ما از لحاظ ذخایر ژنتیکی گلرنگ یکی از غنیترین مناطق جهان محسوب میشود و از سالیان دور در استانهایی نظیر اصفهان، آذربایجان، مرکزی و خراسان با هدف برداشت گل و دانه مورد کشت قرار گرفته است (۷). بهنژادی این گیاه بر مبنای دست یابی به ارقامی با عملکرد دانه بالا، افزایش کمی و کیفیت روغن، زود رسی، مقاومت به بیماریها و آفات و بیخاری استوار است. از طرفی درک و شناخت از مقدار و ماهیت تنوع و شباهت ژنتیکی افراد یا جمعیتها برای این صفات، بهمنظور استفاده مفید از منابع ژنتیکی در یک برنامه بهنژادی ضروری است. مطالعه تنوع ژنتیکی ژرم پلاسمها میتواند از طریق روشهای مختلف از جمله ارزیابی صفات زراعی و مرفولوژیک انجام شود. تنوع ژنتیکی گستردهای برای صفات از جمله عملکرد دانه، ارتفاع بوته، تعداد روز تا رسیدگی و همچنین سایر اجزای عملکرد دانه در گلرنگ مشاهده شده است (۱۳). در بررسی تنوع ژنتیکی در بین ارقام مختلف گلرنگ نقوی و همکاران (۲۵) گزارش کردند که ارتفاع بوته بسیار دارای تنوع بوده و لاینهای ایرانی جزو کوتاهترین نمونهها بودند، ولی حداکثر تعداد دانه در غوزه و تعداد غوزه در بوته را داشتند. همبستگی مثبت و معنیداری بین عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک، تعداد طبق در بوته، وزن هزار دانه، تعداد شاخه فرعی و عملکرد روغن در گلرنگ مشاهده شده است (۲۷). با توجه به افزایش روز افزون نیاز کشور به واردات روغنهای نباتی خوراکی و صنعتی، گسترش و پیشبرد برنامههای بهنژادی برای افزایش تولید دانه و عملکرد روغن در این گیاه ضروری است. ولی عملکرد دانه دارای توارث کمی است که تحت کنترل تعداد زیادی ژن و همچنین شرایط محیطی قرار میگیرد و معمولا دارای وراثتپذیری پایین است. بنابراین بهنژادگران میتوانند برای بهبود عملکرد دانه، از طریق گزینش غیرمستقیم برای بهبود صفاتی که دارای همبستگی بالایی با عملکرد دانه هستند، اقدام نمایند (۱ و ٦).

در برنامههای بهنژادی برای تولید ارقام اصلاح شده، داشتن جمعیتهای ژنتیکی مناسب که برای صفات مورد نظر دارای تنوع ژنتیکی هستند و همچنین مشخص نمودن روابط بین صفات در این جمعیتها، امری ضروری است. لذا این پژوهش با اهداف بررسی تنوع ژنتیکی برخی صفات زراعی و اجزای عملکرد دانه در تعدادی از جوامع F_2 حاصل از تلاقیهای مختلف گلرنگ، مطالعه روابط علت و معلولی بین صفات مهم زراعی و مورفولوژیک و شناسایی مهمترین صفات مؤثر بر عمکرد دانه انجام شد.

مواد و روشها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در لورک (شهرستان نجف آباد در ٤٠ کیلومتری جنوب غربی اصفهان) انجام پذیرفت. محل آزمایش در عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی و ارتفاع از سطح دریا ۱٦۳۰ متر قرار گرفته و خاک آن دارای بافت لومی و رسی با هدایت الکتریکی و pH خاک بهترتیب برابر ۱/۷ دسیزیمنس بر متر و ۷/۵ است. میانگین دراز مدت بارندگی و درجه حرارت سالیانه منطقه بهترتیب ۱٤۰/۵ میلیمتر و ۱٤/۵ درجه سانتیگراد است. عملیات تهیه زمین محل آزمایش شامل شخم، دیسک، تسطیح و کود دهی در زمان مناسب و بهصورت یکنواخت اجرا شد. در این تحقیق ۹ جمعیت F_2 حاصل از تلاقیهای مختلف و ۷ والد مربوط به تلاقیها (جمعا ۱٦ جامعه و لاین) مورد

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-11]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.21735]

جدول ۱. تلاقی‌ها، والدین، نوع و منشاء آن‌ها

کد	تلاقی/والد	ژنوتیپ	منشاء
۱	تلاقی ۱	IUTK115 × Saffire	-
۲	تلاقی ۲	IUTH13 × IUTKh21	-
۳	تلاقی ۳	IUTM12 × IUTc129	-
٤	تلاقی ٤	IUTK115 × IUTKh211	-
۵	تلاقی ۵	IUTE1449 × IUTc129	-
٦	تلاقی ٦	IUTE1449 × IUTM12	-
۷	تلاقی ۷	IU*T*E1449 × IUTK115	-
۸	تلاقی ۸	IUTM12 × IUTH13	-
۹	تلاقی ۹	IUTH13 × Saffire	-
۱۰	والد ۱	Saffire	رقم تجاری کانادا
۱۱	والد ۲	IUTKh211	جداسازی از توده خراسان
۱۲	والد ۳	IUTc129	جداسازی از توده کوسه اصفهان
۱۳	والد ٤	IUTH13	جداسازی از توده همدان
۱٤	والد ۵	IUTK115	جداسازی ازتوده کردستان
۱۵	والد ٦	IUTM12	جداسازی از توده مرکزی
۱٦	والد ۷	IUTE1449	جداسازی از توده اصفهان

مطالعه قرار گرفت که مشخصات آنها در جدول ۱ ذکر شده است. جمعیت‌ها و لاین‌های مورد ارزیابی در قالب طرح آزمایشی بلوک کامل تصادفی و با سه تکرار کشت شد و هر کرت آزمایشی برای هر جمعیت (تلاقی) شامل دو ردیف و برای هر والد شامل یک ردیف ۱۲۰سانتی‌متری با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر بود (۲۰). به‌منظور بررسی تنوع ژنتیکی داخل جوامع، در هر واحد آزمایشی تعداد ۱۰ تک بوته در هر جمعیت F_2 و ۵ تک بوته در هر ژنوتیپ والدی، به‌طور تصادفی انتخاب و اندازه گیری صفات مربوط به اجزای عملکرد روی آن‌ها انجام شد.

آبیاری اول بلافاصله پس از کاشت انجام شد و آبیاری‌های بعدی تا زمان استقرار گیاهچه هر ۳ روز یکبار و از مرحله استقرار به بعد به‌طور معمول و تقریبی هر ۱۰-۷ روز یکبار با استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای نواری (Drip-Tape) انجام شد. در طول فصل زراعی صفات روز تا ۵۰ درصد سبز شدن، روز تا مرحله شروع گلدهی، مرحله ۵۰ درصد گلدهی، مرحله‌ی رسیدگی، ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، تعداد انشعابات اصلی در بوته، تعداد غوزه در بوته، قطر غوزه (میلی‌متر)، تعداد دانه در غوزه، وزن دانه در غوزه (گرم)، وزن صد دانه (گرم)، عملکرد دانه در بوته (گرم)، عملکرد دانه در واحد سطح (کیلوگرم در هکتار) و درصد روغن دانه برای هر واحد آزمایشی اندازه‌گیری شدند. درصد روغن دانه با استفاده از دستگاه NIR اندازه‌گیری شد.

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به صفات اندازه گیری شده در تک بوته‌ها بر اساس طرح بلوک کامل تصادفی با نمونه-برداری و برای بقیه صفات به‌صورت معمول انجام شد. برای تعیین سهم نسبی اجزای عملکرد در تعیین عملکرد دانه در بوته، از تجزیه رگرسیون مرحله‌ای استفاده شد. به‌منظور بررسی همبستگی بین اجزای عملکرد از روش تجزیه علیت استفاده شد. تجزیه واریانس و تجزیه رگرسیون با نرم افزار SAS (9:4)

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-11]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.21735]

جدول ۲. امید ریاضی میانگین مربعات منابع تغییر

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	امید ریاضی میانگین مربعات
تکرار	r−۱	MSr	$\sigma^2 + g\sigma_r^2$
تیمار	g−۱	MSg	$\sigma^2 + r\sigma_g^2$
خطا	(g−۱)(r−۱)	MSe	σ^2
بین بوته‌ها	rg (s−۱)		

σ^2 واریانس خطای آزمایشی، g تعداد ژنوتیپ، r: تعداد تکرار در آزمایش، s: تعداد بوته در هر واحد آزمایشی

و تجزیه علیت با نرم افزار IBM SPSS Statistics 27 انجام شد. برای تعیین وراثت پذیری و ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنتیکی از معادلات ۱ تا ۵ و پیش فرض‌های جدول ۲ استفاده گردید.

معادله ۱: وراثت پذیری عمومی

$$h^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_g^2 + \sigma_e^2/r}$$

معادله ۲: واریانس ژنتیکی

$$\sigma_g^2 = \frac{MS_{g-MS_e}}{r}$$

معادله ۳: واریانس فنوتیپی

$$\sigma_p^2 = \sigma_g^2 + \frac{MS_e}{r}$$

معادله ٤: ضریب تنوع ژنتیکی

$$CV_g = \frac{\sqrt{\sigma_g^2}}{\bar{x}} \times 100$$

معادله ٥: ضریب تنوع فنوتیپی

$$CV_p = \frac{\sqrt{\sigma_p^2}}{\bar{x}} \times 100$$

نتایج و بحث

بررسی تنوع ژنتیکی و الگوهای فنولوژیکی در ژنوتیپ‌های گلرنگ

بررسی صفات فنولوژیک به‌عنوان شاخص‌های کلیدی در برنامه‌های به‌نژادی گلرنگ اهمیت فراوانی دارد، زیرا این صفات مستقیماً بر انطباق‌پذیری ژنوتیپ‌ها با شرایط اقلیمی مختلف، کارایی مصرف منابع کشاورزی و عملکرد نهایی دانه تأثیرگذارند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که برای صفت تعداد روز تا ۵۰ درصد سبز شدن اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها مشاهده نشد. میانگین این صفت در تلاقی‌ها و والدین به‌ترتیب ۹/۷ و ۹/۸ روز بود و دامنه تغییرات محدودی را نشان داد (جدول ٤). این یکنواختی احتمالاً ناشی از کیفیت بالای بنیه بذر و رشد اولیه یکنواخت گیاهچه‌ها است. پایین بودن ضرایب تغییرات فنوتیپی و ژنتیکی (به‌ترتیب ٥/٤٦ و ۳/۲۹ درصد) و وراثت‌پذیری عمومی نسبتاً پایین (۳٦/۳ درصد) برای این صفت، حاکی از سهم بالای عوامل محیطی و سهم اندک تنوع ژنتیکی در بروز آن است (جدول ٤). یافته‌های مشابهی توسط ابوالحسنی و سعیدی (۱) نیز گزارش شده که تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از نظر تاریخ سبز شدن مشاهده نشده بود. از منظر اصلاحی، چنین صفاتی کمتر می‌توانند هدف مستقیم انتخاب در نسل‌های اولیه باشند، زیرا انتخاب مؤثر مستلزم وجود تنوع ژنتیکی کافی است.

صفت تعداد روز تا شروع گلدهی دارای تفاوت بسیار معنی‌دار بین والدین و تلاقی‌ها بود. دامنه تغییرات بین ژنوتیپ‌ها گسترده بود و بیشترین میانگین در بین تلاقی‌ها به تلاقی ۸ (IUTH13 × IUTM12) معادل ۷۳ روز و کمترین آن به تلاقی ۱ (Saffire × IUTK115) معادل ٦۷/٦ روز تعلق داشت. در میان والدین نیز والد IUTM12 با ۷٦ روز دیرگل‌ترین و والد Saffire با ٦٦/٦ روز زودگل‌ترین ژنوتیپ بودند (جدول ٤). مقادیر بالای وراثت‌پذیری عمومی (۹۲/۹ درصد) همراه با ضرایب تغییرات ژنتیکی و فنوتیپی نزدیک به هم (به‌ترتیب ۲/۷٦ و ۲/۸٦ درصد) نشان می‌دهد (جدول ٥) که

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-11]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.21735]

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مختلف و اجزای عملکرد دانه در۷ والد گلرنگ و ۹ جامعه F_2 حاصل از تلاقی آن‌ها

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		روز تا ۵۰ درصد سبز شدن	روز تا شروع گلدهی	روز تا ۵۰ درصد گلدهی	روز تا رسیدگی	ارتفاع بوته	تعداد انشعاب اصلی در بوته	تعداد طبق در بوته
تکرار	۲	۰/۸۱ ns	۳/۰۶ ns	۷/۰*	۳۴/۴**	۱۹۲۱*	۱۵۱**	۹۵۰*
ژنوتیپ	۱۵	۰/۸۲ ns	۱۸/۰**	۱۲/۹**	۲۱/۰**	۲۳۲۷*	۵۰/۴ ns	۱۲۷ ns
تلاقی‌ها	۸	۰/۷۰ ns	۱۴/۰**	۶/۳۷**	۱۰/۹ ns	۲۹۵۵**	۷۰/۳ ns	۱۴۰ ns
والدین	۶	۱/۰۹ ns	۲۲/۸**	۲۲/۷**	۳۷/۷**	۱۸۷۶**	۲۵/۴ ns	۱۲۹ ns
تلاقی‌ها مقابل والدین	۱	۰/۰۴ ns	۱۲/۸*	۳/۷۸ ns	۰/۸۹ ns	۲۰۷۵**	۲/۷۳ ns	۱۵۰ ns
خطا	۳۰	۰/۶۳	۲/۱۵	۱/۸۴	۵/۱۲	۴۲۰	۴۰/۶	۱۹۰
بین بوته‌ها	۳۲۷	–	–	–	–	۵۱/۱	۱۴/۶	۹۴/۹

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد. ns: از لحاظ آماری معنی‌دار نیست.

–: این صفات روی تک بوته اندازه گیری نشده است.

این صفت تحت کنترل شدید ژنتیکی قرار دارد و تأثیر عوامل محیطی بر آن کمتر است. این نتایج با یافته‌های رفیعی و سعیدی (۳۲) هم‌خوانی دارد که وراثت‌پذیری عمومی بالایی را برای این صفت گزارش کردند. از آنجا که زمان گلدهی یکی از شاخص‌های مهم برای سازگاری ژنوتیپ‌ها به شرایط اقلیمی مختلف و اجتناب از تنش‌های انتهای فصل (به‌ویژه تنش گرما و خشکی) است، وجود چنین تنوع ژنتیکی گسترده‌ای در نسل F_2 فرصتی ارزشمند برای انتخاب والدین مناسب در برنامه‌های اصلاحی به شمار می‌آید.

در صفت تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی نیز تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها مشاهده شد، هرچند تفاوت بین والدین و تلاقی‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۳). بیشترین میانگین در بین تلاقی‌ها به تلاقی ۳ (۷۶/۳ روز) و کمترین به تلاقی ۱ (۷۲ روز) تعلق داشت، درحالی‌که در میان والدین، والد IUTM12 با ۸۰/۶ روز دیرگل‌ترین و والد Saffire با ۷۱/۶ روز زودگل‌ترین بودند (جدول ٤). این صفت در مقایسه با سایر صفات فنولوژیک، تنوع ژنتیکی کمتری داشت و مقادیر ضریب تغییرات ژنتیکی و فنوتیپی به‌ترتیب ۲ و ۲/۱۶ درصد و وراثت‌پذیری عمومی نسبتاً بالا (۸۵/۷ درصد) به‌دست آمد (جدول ٤). این موضوع نشان می‌دهد که بخش اعظم تنوع موجود در این صفت منشأ ژنتیکی دارد، هرچند دامنه تغییرات آن نسبتاً محدود است. مشابه این نتایج، ملکی‌نژاد و مجیدی (۲۲) نیز تفاوت معنی‌داری در این صفت بین ژنوتیپ‌های گلرنگ گزارش کردند. از دیدگاه اصلاحی، صفات با تنوع کم اما وراثت‌پذیری بالا می‌توانند در مراحل بعدی برنامه‌های اصلاحی (نسل‌های پیشرفته‌تر) هدف انتخاب قرار گیرند.

در نهایت، صفت تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک فقط در بین والدین اختلاف معنی‌داری نشان داد ولی تفاوت بین والدین و تلاقی‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۳). دامنه تغییرات این صفت در والدین از ۱۰۱ روز در والد Saffire تا ۱۱۰ روز در والدهای IUTc129 و IUTM12 متغیر بود، درحالی‌که میانگین گروه تلاقی‌ها ۱۰۶ روز برآورد شد (جدول ٤).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-11]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.21735]

ادامه جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات و اجزای عملکرد دانه در۷ والد گلرنگ و ۹ جامعه F_2 حاصل از تلاقی آن‌ها

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		قطر طبق	تعداد دانه در طبق	وزن دانه در طبق	وزن صد دانه	عملکرد دانه در بوته	عملکرد دانه در واحد سطح	درصد روغن دانه
تکرار	۲	۲۲/٤**	۱٤۰^{ns}	۰/۳۲^{ns}	۰/۲٦^{ns}	۸۳۸**	۱۰۵۲۷٤۸**	۰/۷۳^{ns}
ژنوتیپ	۱۵	۳۰/۸**	٦۳۲**	۰/۵۵**	۰/۱۳^{ns}	۱۰۹^{ns}	٦٦۹٤۳۰*	٤/٦۱**
تلاقی‌ها	۸	۳۵/۲**	٦۷۰*	۰/۵۹*	۰/۱۰^{ns}	۱۰٦^{ns}	۵۱۸۱٦۸^{ns}	۳/۵۸*
والدین	٦	۲۸/۸**	٦۳۸**	۰/۵۷**	۰/۱۷*	۱۳۱^{ns}	۹۷۵۹٤۸*	٦/٦۹**
تلاقی‌ها مقابل والدین	۱	۳٤/۷**	۱۲٤۷**	۰/٦٦**	۰/۰۰۱^{ns}	۱۳۱^{ns}	۱٦۵۱٤۲۳*	۲/۳۳^{ns}
خطا	۳۰	۳/۵۱	۱۲۷	۰/۱٦	۰/۰۹	۱۰۹	۲٦۰۳٤۱	۱/۰۳

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد. ^{ns}: از لحاظ آماری معنی‌دار نیست.

جدول ٤. میانگین صفات مختلف در والدها و تلاقی‌های F_2 گلرنگ

کد ژنوتیپ ها	نام ژنوتیپ	روز تا ۵۰ درصد سبز شدن	روز تا شروع گلدهی	روز تا ۵۰ درصد گلدهی	روز تا رسیدگی	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد انشعاب اصلی در بوته	تعداد طبق در بوته
۱	تلاقی ۱	۱۰/۰^{ab}	۶۷/۶^{d}	۷۲/۰^{e}	۱۰۳/۰^{e}	۵۶/۵^{cd}	۱۱/۶^{bc}	۱۸/۰^{d}
۲	تلاقی ۲	۱۰/۳^{a}	۶۹/۶^{cd}	۷۴/۰^{d}	۱۰۸/۰^{bc}	۶۱/۳^{bc}	۱۰/۳^{cd}	۱۹/۱^{cd}
۳	تلاقی ۳	۹/۰^{c}	۷۲/۶^{ab}	۷۶/۳^{c}	۱۰۷/۰^{c}	۶۹/۷^{ab}	۱۰/۹^{c}	۱۷/۶^{d}
٤	تلاقی ٤	۱۰/۳^{a}	۶۸/۰^{bc}	۷۴/۶^{d}	۱۰۸/۰^{bc}	۵۵/۵^{cd}	۸/۷^{de}	۱۸/۴^{cd}
۵	تلاقی ۵	۹/۳^{bc}	۷۲/۰^{ab}	۷۵/۰^{cd}	۱۰۸/۳^{bc}	۷۶/۳^{a}	۱۱/۴^{bc}	۲۱/۵^{ab}
٦	تلاقی ٦	۹/۳^{bc}	۷۲/۰^{ab}	۷۵/۶^{cd}	۱۰۶/۰^{cd}	۷۰/۷^{ab}	۱۲/۴^{ab}	۲۰/۵^{ab}
۷	تلاقی ۷	۹/۶^{bc}	۷۱/۳^{ab}	۷۴/۶^{d}	۱۰۵/۶^{d}	۶۶/۱^{b}	۱۲/۴^{ab}	۲۱/۱^{ab}
۸	تلاقی ۸	۹/۳^{bc}	۷۳/۰^{a}	۷۶/۳^{c}	۱۰۷/۰^{c}	۶۱/۸^{bc}	۱۰/۵^{c}	۱۶/۶^{d}
۹	تلاقی ۹	۱۰/۰$_{ab}$	۶۸/۰^{bc}	۷۳/۰^{de}	۱۰۳/۶^{e}	۴۳/۰^{e}	۸/۰^{e}	۱۴/۹^{e}
۱۰	والد ۱	۱۰/۶^{a}	۶۶/۶^{d}	۷۱/۶^{e}	۱۰۱/۳^{e}	۴۸/۰^{de}	۱۰/۰^{d}	۱۶/۷^{d}
۱۱	والد ۲	۹/۳^{bc}	۷۱/۰^{ab}	۷۳/۶^{de}	۱۰۹/۶^{b}	۶۵/۶^{b}	۱۱/۳^{bc}	۲۲/۶^{a}
۱۲	والد ۳	۹/۳^{bc}	۷۲/۰^{ab}	۷۶/۰^{c}	۱۱۰/۳^{a}	۷۶/۶^{a}	۱۳/۰^{a}	۲۰/۲^{bc}
۱۳	والد ٤	۱۰/۰^{ab}	۷۲/۶^{ab}	۷۵/۳^{cd}	۱۰۴/۳^{de}	۵۰/۲^{de}	۹/۴^{de}	۱۴/۲^{e}
۱٤	والد ۵	۹/۰^{c}	۷۲/۰^{ab}	۷۴/۶^{d}	۱۰۴/۶^{de}	۶۳/۶^{bc}	۱۲/۰^{b}	۲۰/۳^{bc}
۱۵	والد ٦	۱۰/۳^{a}	۷۶/۰^{a}	۸۰/۶^{a}	۱۱۰/۳^{a}	۵۸/۴^{cd}	۱۱/۸^{bc}	۱۷/۳^{d}
۱٦	والد ۷	۱۰/۰^{ab}	۷۲/۳^{ab}	۷۵/۳^{cd}	۱۰۵/۳^{d}	۷۵/۴^{a}	۱۲/۵^{ab}	۲۱/۰^{ab}

برای هر صفت، میانگین هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ، تفاوت معنی داری ندارند.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-11]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.21735]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.21735] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-11]

ادامه جدول ٤. میانگین صفات مختلف در والدها و تلاقی‌های F_2 گلرنگ

کد ژنوتیپ ها	نام ژنوتیپ	قطر طبق دربوته (میلی‌متر)	تعداد دانه در طبق	وزن دانه در طبق (گرم)	وزن صد دانه (گرم)	عملکرد دانه دربوته (گرم)	عملکرد دانه در واحد سطح (کیلوگرم درهکتار)	درصد روغن دانه (درصد)
۱	تلاقی ۱	۲۰/۳^{bc}	۲٤/۸^{de}	۰/۸۱^{e}	۳/۱٦^{bc}	۱۲/٦^{d}	۱۷۲۱^{cd}	۲۵/٦^{bc}
۲	تلاقی ۲	۲٤/۱^{a}	۳۷/۸^{bc}	۱/۲۲^{bc}	۳/۱۵^{bc}	۱٤/۳^{cd}	۲۱۵۷^{ab}	۲٦/۲^{ab}
۳	تلاقی ۳	۲۲/٤^{ab}	۳۲/۰^{cd}	۱/۰٦^{cd}	۳/۰۷^{c}	۱۳/٤^{d}	۱۹۰۵^{bc}	۲٤/۵^{cd}
٤	تلاقی ٤	۲۲/۱^{ab}	۳٤/۲^{cd}	۱/۱۱^{cd}	۳/۲٦^{ab}	۱٤/۱^{cd}	۲۱۵۱^{ab}	۲۵/۰^{bc}
۵	تلاقی ۵	۲۲/٤^{ab}	۳۷/٤^{bc}	۱/۲۵^{b}	۳/۰۷^{c}	۱٦/۸^{b}	۲۳٦٤^{a}	۲٤/۷^{cd}
٦	تلاقی ٦	۲۲/٤^{ab}	۳۵/۹^{bc}	۱/۱۰^{cd}	۳/۱۱^{bc}	۱٤/۸^{c}	۲۱٦۸^{ab}	۲٤/۵^{cd}
۷	تلاقی ۷	۲۲/۱^{ab}	۳٤/۸^{cd}	۱/۰۸^{cd}	۳/۰۱^{c}	۱٤/۰^{cd}	۱۸۹٦^{bc}	۲۳/۱^{e}
۸	تلاقی ۸	۲۱/۸^{bc}	۳۰/٦^{de}	۰/۹۵^{e}	۲/۸٦^{d}	۱۱/٤^{e}	۱۳۱۹^{de}	۲۲/۹^{e}
۹	تلاقی ۹	۲۰/۸^{c}	۲۵/۸^{e}	۰/۹٤^{e}	۳/۵۵^{a}	۱۰/٤^{e}	۱۱۲۲^{e}	۲۳/٦^{de}
۱۰	والد ۱	۱۸/۸^{d}	۲۱/۷^{f}	۰/۸۱^{e}	۳/۰٦^{c}	۱۰/۷^{e}	۱۳۲٤^{de}	۲٦/٤^{a}
۱۱	والد ۲	۲۲/۳^{ab}	۳۳/۵^{cd}	۱/۱۲^{cd}	۳/۳۸^{ab}	۱۷/٦^{a}	۲٦٤۲^{a}	۲۵/۸^{ab}
۱۲	والد ۳	۲۲/۱^{ab}	۲۸/۲^{ef}	۰/۹۵^{e}	۳/۳۸^{ab}	۱۳/۵^{d}	۱۷۹۱^{c}	۲۵/٦^{bc}
۱۳	والد ٤	۲۱/۱^{bc}	۲٤/۷^{e}	۰/۷٦^{f}	۲/٦۲^{e}	۸/۹۰^{f}	۹۵۷^{f}	۲۳/۳^{e}
۱٤	والد ۵	۲۲/٤^{ab}	۳٤/٦^{cd}	۱/۱۷^{bc}	۳/۰۷^{c}	۱۵/۷^{bc}	۲۱٦۰^{ab}	۲٤/۸^{cd}
۱۵	والد ٦	۲۲/۳^{ab}	۳۰/۵^{de}	۱/۰۲^{d}	۳/۰٦^{c}	۱٤/۷^{c}	۱٦۱۲^{cd}	۲۲/۱^{f}
۱٦	والد ۷	۲۲/۹^{a}	٤۱/۱^{a}	۱/۳۰^{a}	۳/۱۱^{bc}	۱٤/۷^{c}	۲۱۷٤^{ab}	۲٤/٦^{cd}

برای هر صفت، میانگین هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ، تفاوت معنی داری ندارند.

نتایج حاکی از آن است که تنوع این صفت محدود اما معنی‌دار بوده و نقش ژنتیک در کنترل آن بیشتر از محیط است؛ همانطور که مندل و همکاران (۲٤) نیز تفاوت واکنش ارقام گلرنگ به شرایط اقلیمی را عامل اصلی تفاوت در طول دوره رشد و رسیدگی معرفی کرده و وراثت‌پذیری بالایی را برای این صفت گزارش کرده‌اند. زودرسی به‌عنوان یکی از اهداف کلیدی اصلاحی در گلرنگ اهمیت ویژه‌ای دارد، به‌ویژه برای مناطق با فصل رشد کوتاه یا شرایط اقلیمی خشک که وقوع تنش گرمای انتهای فصل شایع است. نتایج حاضر که تفاوت ۹ روزه بین زودرس‌ترین و دیررس‌ترین والد و ۵ روزه بین زودرس‌ترین و دیررس‌ترین تلاقی را نشان داد (جدول ٤)، بیانگر وجود تنوع قابل‌استفاده برای انتخاب و تولید ارقام زودرستر و سازگار با شرایط خشک کشور است.

به‌طور کلی، صفات فنولوژیک بررسی‌شده (به‌ویژه روز تا شروع گلدهی و روز تا رسیدگی) نشان‌دهنده وجود تنوع ژنتیکی ارزشمند در جمعیت‌های F_2 گلرنگ بودند که می‌توانند به‌عنوان پایه‌ای برای انتخاب والدین مطلوب و توسعه لاین‌های خالص با زمان گلدهی و رسیدگی متناسب با شرایط اقلیمی و سیستم‌های کشت مختلف مورد بهره‌برداری قرار گیرد. صفاتی که وراثت‌پذیری بالایی نشان دادند، از قابلیت انتخاب‌پذیری بالایی برخوردارند و می‌توانند در مراحل اولیه برنامه‌های اصلاحی هدف انتخاب قرار گیرند، درحالی‌که صفات با وراثت‌پذیری پایین‌تر نیازمند ارزیابی در محیط‌های متنوع و نسل‌های پیشرفته‌تر برای افزایش بازدهی انتخاب خواهند بود.

بررسی تنوع ژنتیکی صفات زراعی، عملکرد دانه، اجزای عملکرد و درصد روغن دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه (والدین و تلاقی‌ها) برای صفت ارتفاع بوته، اختلاف بسیار معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. این نتایج با یافته‌های غریب (٦) همخوانی داشت که در بررسی ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ از کشورهای مختلف از جمله ایران، تنوع بالایی را برای ارتفاع بوته گزارش کردند.

بر اساس مقایسه میانگین‌ها (جدول ٤)، بیشترین ارتفاع بوته در تلاقی شماره ۵ (IUTc129 × IUTE1449) با ۷٦/۳ سانتی‌متر و کمترین در تلاقی شماره ۹ (Saffire × IUTH13) با ٤۳ سانتی‌متر مشاهده شد. در بین والدها نیز والد ۳ (IUTc129) با ۷٦/٦ سانتی‌متر و والد ۱ (Saffire) با ٤۸ سانتی‌متر به‌ترتیب بیشترین و کمترین ارتفاع بوته را داشتند. حضور والد ۳ در تلاقی ۵ احتمالاً عامل افزایش ارتفاع و حضور والد ۱ در تلاقی ۹ عامل کاهش ارتفاع بوته بوده است. بروز میانگین‌هایی خارج از محدوده والدین در برخی تلاقی‌ها احتمالاً ناشی از اثرات باقی‌مانده هتروزیس یا تفکیک متجاوز در نسل F_2 است. با توجه به وراثت‌پذیری عمومی بالا (۸۵/۳ درصد) برای این صفت، انتظار می‌رود انتخاب برای کاهش ارتفاع بوته (جهت مقاومت به ورس و مناسب‌سازی برای برداشت مکانیزه) از کارایی بالایی برخوردار باشد. یافته‌های محققان دیگر نیز وراثت‌پذیری بالایی را برای این صفت گزارش کرده‌اند که با نتایج حاضر هم‌راستا است (۵، ۸، ۱۰، ۲۰ و ۳۰).

در مورد صفت تعداد انشعاب اصلی در بوته، تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها مشاهده نشد (جدول ۳). در مطالعه‌ای دیگر روی ارقام اهلی و وحشی گلرنگ نتیجه مشابهی به‌دست آمده است (۳۷). میانگین این صفت در تلاقی‌ها ۱۰/۷ و در والدین ۱۱/٤ بود (جدول ٤). ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی به‌ترتیب ۱۲/۷ و ۹/۳۹ درصد و وراثت‌پذیری عمومی ۵٤/۱ درصد (جدول ۵) به‌دست آمد. فاصله بیشتر این دو ضریب تنوع نشان‌دهنده نقش بالای عوامل محیطی در بروز این صفت است (۱۰). با وجود این، از آنجا که افزایش تعداد شاخه‌های اصلی و فرعی در شرایط مساعد محیطی با افزایش عملکرد دانه مرتبط است، می‌توان از آن به‌عنوان یک شاخص اصلاحی بهره برد، به شرط آنکه در مدیریت تراکم کاشت نیز دقت شود تا از رقابت درون تراکمی و کاهش عملکرد جلوگیری شود.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-11]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.21735]

جدول ۵. برآورد اجزای واریانس، ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی و وراثت پذیری عمومی برای صفات مورد بررسی در والدها و تلاقی‌های F_2 گلرنگ

صفت	برآورد اجزای واریانس			ضریب تنوع (درصد)		وراثت پذیری عمومی (درصد)
	فنوتیپی	ژنتیکی	محیطی	فنوتیپی	ژنتیکی	
تعداد روز تا ۵۰درصد سبز شدن	۰/۲۸	۰/۱۰	۰/۱۸	۵/۴۶	۳/۲۹	۳۶/۳
تعداد روز تا شروع گلدهی	۴/۱۵	۳/۸۶	۰/۲۹	۲/۸۶	۲/۷۶	۹۲/۹
تعداد روزتا ۵۰ درصد گلدهی	۲/۶۳	۲/۲۵	۰/۳۸	۲/۱۶	۲/۰۰	۸۵/۷
تعداد روز تا رسیدگی	۶/۳۸	۴/۹۶	۱/۴۲	۲/۳۷	۲/۰۹	۷۷/۶
ارتفاع بوته	۹۴/۳	۸۰/۵	۱۳/۸	۱۵/۵	۱۴/۴	۸۵/۳
تعداد انشعاب اصلی در بوته	۱/۹۸	۱/۰۷	۰/۹۱	۲۱/۷	۹/۳۹	۵۴/۱
تعداد طبق در بوته	۶/۵۴	۱/۵۵	۴/۹۹	۱۳/۶۰	۶/۶۲	۲۳/۶
قطر طبق	۰/۹۹	۰/۸۵	۰/۱۴	۴/۵۴	۴/۲۱	۸۵/۷
تعداد دانه در طبق	۲۲/۶	۱۸/۶	۳/۹۵	۱۴/۹	۱۳/۶	۸۲/۵
وزن دانه در طبق	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۱۳/۷	۱۱/۶	۷۱/۲
وزن صد دانه	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۳	۶/۷۳	۳/۹۹	۳۵/۱
عملکرد دانه در بوته	۴/۹۹	۲/۵۶	۲/۴۳	۱۶/۴	۱۱/۷	۵۱/۲
عملکرد دانه در واحد سطح	۲۱۰۳۰۷	۱۵۰۱۸۶	۶۰۱۲۱	۲۴/۹	۲۱/۰	۷۱/۴
درصد روغن دانه	۰/۹۴	۰/۸۳	۰/۳۳	۴/۳۸	۳/۷۱	۷۱/۷

در صفت تعداد طبق در بوته، تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها مشاهده نشد (جدول ۳). ضرایب تنوع ژنتیکی و فنوتیپی به‌ترتیب ۶/۶۲ و ۱۳/۶ درصد و وراثت‌پذیری عمومی ۲۳/۶ درصد بود (جدول ۵) که بیانگر نقش بالای آثار محیطی در بروز این صفت است که با گزارش‌های دیگر نیز همخوانی دارد (۹، ۳۰ و ۳۸). با توجه به اینکه تعداد طبق از اجزای کلیدی تعیین‌کننده عملکرد دانه است (۲۰)، انتخاب برای افزایش آن می‌تواند راهبردی در بهبود عملکرد دانه باشد.

برای صفت قطر طبق، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بین ژنوتیپ‌ها مشاهده شد (جدول ۳). بیشترین میانگین (۲۴/۱ میلی‌متر) در تلاقی ۲ (IUTKh211 × IUTH13) و کمترین (۲۰/۳ میلی‌متر) در تلاقی ۱ (Saffire × IUTK115) بود (جدول ۴). وراثت‌پذیری عمومی این صفت ۸۵/۷ درصد و اختلاف بین ضرایب تنوع ژنتیکی و فنوتیپی ناچیز بود (جدول ۵) که نشان از کنترل عمدتاً ژنتیکی آن دارد. این نتایج با یافته‌های صفوی و همکاران (۳۴) همخوانی دارد که قطر طبق را صفتی با وراثت‌پذیری بالا و مناسب برای انتخاب تک بوته معرفی کردند. بنابراین، افزایش قطر طبق می‌تواند به‌عنوان یک هدف اصلاحی مؤثر در بهبود عملکرد دانه در گلرنگ در نظر گرفته شود.

برای صفت تعداد دانه در طبق، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بین تلاقی‌ها و در سطح احتمال یک درصد بین والدین مشاهده شد (جدول ۳). میانگین این صفت در تلاقی‌ها و والدین به‌ترتیب ۲۳/۶ و ۳۰/۶ عدد بود و وراثت‌پذیری عمومی بالا و فاصله اندک ضرایب ژنتیکی و فنوتیپی نشان داد که این صفت عمدتاً تحت کنترل ژنتیکی است (جدول ۵). با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار این صفت با عملکرد دانه (جدول ۶)، می‌توان از آن به‌عنوان شاخصی برای گزینش غیرمستقیم عملکرد استفاده کرد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-11]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.21735]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.21735] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-11]

جدول ٦. ضرایب همبستگی فنوتیپی بین صفات مختلف

صفات	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤
١- تعداد روز تا ٥٠ درصد سبز شدن	١													
٢- تعداد روز تا شروع گلدهی	٠/٤٤	١												
٣- تعداد روزتا ٥٠ درصد گلدهی	-٠/١٨	٠/٨٩**	١											
٤- تعداد روز تا رسیدگی	-٠/٢٧	٠/٥٦*	٠/٦٤**	١										
٥- ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	-٠/٦١**	٠/٥٠*	٠/٣٤	٠/٥٤*	١									
٦- تعداد انشعاب اصلی در بوته	-٠/٠٢	٠/٦٣**	٠/٦٧**	٠/٤٥	٠/٤٠	١								
٧- تعداد طبق در بوته	-٠/٤١	٠/١٣	-٠/٠٢	٠/٤١	٠/٧٧**	٠/٣٤	١							
٨- قطر طبق (میلی‌متر)	-٠/٣٤	٠/٥٢*	٠/٤٧	٠/٦٨**	٠/٦٢**	٠/٢٥	٠/٥١*	١						
٩- تعداد دانه در طبق	-٠/٣٠	٠/٣٥	٠/٢٧	٠/٤٤	٠/٦٩**	٠/١٩	٠/٧٠**	٠/٨٦**	١					
١٠- وزن دانه در طبق (گرم)	-٠/٢٧	٠/٢٧	٠/٢٠	٠/٤٤	٠/٦٤**	٠/١٥	٠/٧١**	٠/٨٢**	٠/٩٥**	١				
١١- وزن صد دانه (گرم)	٠/٠٢	-٠/٤٢	-٠/٢٦	٠/١٩	٠/٠١	-٠/٠٦	٠/٢٥	٠/٠٤	٠/٠٣	٠/٢٠	١			
١٢- عملکرد دانه در بوته (گرم)	-٠/٣٩	٠/٢٧	٠/١٩	٠/٥٨*	٠/٦٨**	٠/٤١	٠/٨٩**	٠/٦٢**	٠/٧٤**	٠/٧٩**	٠/٢٨	١		
١٣- عملکرد دانه در واحد سطح (کیلوگرم/هکتار)	-٠/٣٥	٠/٠٨	٠/٠٠٨	٠/٤٨	٠/٦٨**	٠/١٩	٠/٩١**	٠/٦٣**	٠/٧٧**	٠/٨١**	٠/٢٩	٠/٩٤**	١	
١٤- درصد روغن دانه (درصد)	٠/٠٩	-٠/٦٢**	-٠/٦٦**	-٠/١١	٠/١٢	-٠/٣٠	٠/٣٦	-٠/٠٧	٠/٠١	٠/١١	٠/٣٨	٠/٢٣	٠/٤٣	١

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

وزن دانه در طبق نیز تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها نشان داد (جدول ۳). تلاقی ۵ با ۱/۲۵ گرم و تلاقی ۱ با ۰/۸۱ گرم به‌ترتیب بیشترین و کمترین میانگین را داشتند. وراثت‌پذیری عمومی این صفت ۷۱/۲ درصد بود و اختلاف کم ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی نقش بالای عوامل ژنتیکی را در بروز آن نشان داد. با توجه به همبستگی مثبت این صفت با عملکرد دانه، می‌توان از آن در برنامه‌های انتخاب برای بهبود عملکرد بهره برد.

برای صفت وزن صد دانه، تفاوت معنی‌داری در بین تلاقی‌ها مشاهده نشد ولی والدین اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد داشتند (جدول ۳). میانگین این صفت برای تلاقی‌ها ۳/۱٤ و برای والدین ۳/۰۸ گرم بود (جدول ٤). وراثت‌پذیری عمومی ۳۵/۱ درصد و فاصله زیاد بین ضرایب فنوتیپی و ژنتیکی (به‌ترتیب ٦/۷۳ و ۳/۹۹ درصد) نشان‌دهنده اثر بالای محیط است (جدول ۵). با این حال، از آنجا که این صفت می‌تواند از اجزای مؤثر عملکرد دانه باشد، بهره‌گیری از روش‌های انتخاب مبتنی بر نتاج می‌تواند در بهبود آن و در نهایت افزایش عملکرد دانه مفید واقع شود.

در مجموع، نتایج این مطالعه نشان داد که صفاتی نظیر ارتفاع بوته، قطر طبق، تعداد دانه در طبق و وزن دانه در طبق دارای وراثت‌پذیری بالا و کنترل آنها عمدتاً ژنتیکی است و می‌توانند به‌عنوان صفات کلیدی در برنامه‌های اصلاحی برای بهبود عملکرد دانه در گلرنگ مورد استفاده قرار گیرند، درحالی‌که صفاتی مانند تعداد طبق و وزن صد دانه بیشتر تحت تأثیر عوامل محیطی هستند و برای بهبود آن‌ها استفاده از روش‌های انتخاب غیرمستقیم و مبتنی بر ارزیابی نتاج توصیه می‌شود.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که صفت عملکرد دانه در بوته در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۳). هرچند اختلاف‌ها از نظر آماری معنی دار نبود، ولی دامنه تغییرات بین ژنوتیپ‌ها نسبتاً وسیع بود که از دیدگاه اصلاحی قابل چشم‌پوشی نیست و بیانگر وجود تنوع ژنتیکی نهفته در این جمعیت‌ها می‌باشد. در مطالعه‌ای مشابه، تانگوک و ارباس (۳۸) نیز اختلاف معنی‌داری بین توده‌های گلرنگ از نظر عملکرد دانه در بوته گزارش نکردند. ضریب تغییرات فنوتیپی، ژنتیکی و وراثت‌پذیری عمومی نیز برای این صفت به‌ترتیب ۱٦/٤، ۱۱/۷ و ۵۱/۲ درصد برآورد شد (جدول ۵). تفاوت نسبتاً زیاد بین ضرایب تغییرات فنوتیپی و ژنتیکی نشان می‌دهد که سهم عوامل محیطی در بروز این صفت قابل‌توجه است و به‌همین دلیل وراثت‌پذیری عمومی آن در حد متوسط برآورد شده است. از این رو، انتخاب بر اساس آزمون نتاج و ارزیابی های چند محیطی می‌تواند در بهبود ژنتیکی این صفت مؤثر واقع شود.

با توجه به مقایسه میانگین‌ها، بیشترین و کمترین مقدار عملکرد دانه در بوته به‌ترتیب مربوط به تلاقی ۵ × (IUTc129 IUTE1449) با ۱٦/۸۱ گرم و تلاقی ۹ (Saffire × IUTH13) با ۱۰/٤ گرم بود. در بین والدین نیز والد ۲ (IUTKh211) با ۱۷/٦۲ گرم و والد ٤ (IUTH13) با ۸/۹٦ گرم به‌ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه در بوته را نشان دادند (جدول ٤). این اختلاف‌ها بیانگر آن است که برخی والدین می‌توانند به‌عنوان ژنوتیپ‌های دهنده ژن‌های مطلوب عملکردی در برنامه‌های هیبریداسیون به‌کار گرفته شوند. محققان مختلف تنوع فنوتیپی قابل‌توجهی را برای این صفت گزارش کرده‌اند که با نتایج حاضر همخوانی دارد (۱۲، ۱٤، ۱۷ و ۲٦). این نتایج تأکید می‌کنند که با وجود معنی‌دار نبودن آماری، تنوع ژنتیکی کافی برای انتخاب در نسل‌های بعدی وجود دارد.

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر صفت عملکرد دانه در واحد سطح در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری نشان دادند، به‌طوری‌که این تفاوت عمدتاً در بین والدین مشاهده شد و تلاقی‌ها از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۳). با این حال، دامنه تغییرات عملکرد در بین تلاقی‌ها نسبتاً زیاد بود (جدول ٤) که می‌تواند منبع ارزشمندی برای انتخاب در برنامه‌های اصلاحی نسل‌های بعدی باشد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-11]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.21735]

در بین والدین، بیشترین عملکرد دانه در واحد سطح مربوط به والد ۲ با ۲٦٤۲ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن مربوط به والد ٤ با ۹۵۷ کیلوگرم در هکتار بود. در بین تلاقی‌ها، تلاقی ۵ (IUTc129 × IUTE1449) با ۲۳٦٤ کیلوگرم در هکتار و تلاقی ۹ (Saffire × IUTH13) با ۱۱۲۲ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب بیشترین و کمترین میانگین عملکرد دانه در واحد سطح را نشان دادند (جدول ٤). به‌نظر می‌رسد حضور والد ۲ در تلاقی‌ها نقش مؤثری در افزایش عملکرد دانه داشته باشد، درحالی‌که عملکرد پایین تلاقی ۹ می‌تواند ناشی از اثرات منفی والد ٤ برای این صفت باشد. ضریب تغییرات ژنتیکی و فنوتیپی برای این صفت به‌ترتیب ۲۱/۰ و ۲٤/۹ درصد و وراثت‌پذیری عمومی آن ۷۱/٤ درصد برآورد شد (جدول ۵) که بیانگر نقش بارز عوامل ژنتیکی در بروز این صفت و امکان بهبود آن از طریق انتخاب مستقیم است. وراثت‌پذیری بالا برای این صفت توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (۲۹، ۳۲ و ۳۳)، درحالی‌که قربان‌زاده و افضل (۷) وراثت‌پذیری پایینی (۳۷/۹ درصد) برای این صفت به‌دست آوردند که می‌تواند ناشی از تفاوت مواد ژنتیکی مورد مطالعه یا شرایط محیطی ارزیابی باشد. با توجه به اهمیت عملکرد دانه به‌عنوان مهم‌ترین صفت اقتصادی در گلرنگ و وجود تنوع قابل‌توجه برای آن در این مطالعه، می‌توان از ژنوتیپ‌های برتر به‌عنوان منابع والدینی برای بهبود عملکرد در برنامه‌های اصلاحی بهره گرفت.

نتایج حاصل از ارزیابی درصد روغن در جمعیت‌های F_2 گلرنگ نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه (تلاقی‌ها و والدین) از نظر این صفت اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۳). وجود این تفاوت‌ها بیانگر تنوع ژنتیکی قابل‌توجه در میان ژنوتیپ‌هاست که می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی مورد بهره‌برداری قرار گیرد. یافته‌های پژوهش حاضر با گزارش‌های پیشین هم‌راستا است (٤، ۱۲، ۱۵، ۱۸، ۲٤، ۲۷، ۲۹ و ۳۹)؛ که در این مطالعه ها اختلافات معنی‌داربین ژنوتیپ ها برای درصد روغن دانه گزارش شده است.

میانگین درصد روغن برای تلاقی‌ها ۲٤/٤ درصد و برای والدین ۲٤/٦ درصد برآورد شد (جدول ٤). در بین تلاقی‌ها کمترین درصد روغن متعلق به تلاقی شماره ۸ × IUTH13) (IUTM12 با میانگین ۲۲/۹ درصد و بیشترین آن مربوط به تلاقی شماره ۲ (IUTKh211 × IUTH13) با میانگین ۲٦/۲ درصد بود (جدول ٤). از آنجا که روغن دانه گلرنگ از نظر اقتصادی اهمیت بالایی دارد، شناسایی ژنوتیپ‌های دارای درصد روغن بیشتر می‌تواند در جهت توسعه کشت این گیاه و ارتقای بهره‌وری آن مؤثر باشد.

برآورد ضرایب تغییرات فنوتیپی و ژنتیکی برای صفت محتوی روغن دانه به‌ترتیب ۳۸/٤ و ۷۱/۳ درصد و وراثت‌پذیری عمومی آن ۷۱/۷ درصد به‌دست آمد. نزدیکی نسبی مقادیر ضرایب تغییرات فنوتیپی و ژنتیکی و همچنین وراثت‌پذیری عمومی نسبتاً بالا نشان می‌دهد که بخش عمده‌ای از تنوع مشاهده‌شده برای این صفت ناشی از عوامل ژنتیکی است و می‌توان از طریق انتخاب مستقیم، به بهبود ژنتیکی آن در نسل‌های بعدی پرداخت. این یافته با نتایج دیگر که وراثت‌پذیری بالایی برای درصد روغن گزارش کرده اند، مطابقت دارد (۱۸ و ۲۹). همچنین گزارش‌های دیگر نیز به وراثت‌پذیری بالای این صفت اشاره کرده‌اند، هرچند تأکید کرده‌اند که بروز آن می‌تواند تحت تأثیر شرایط محیطی قرار گیرد (۲۷ و ٤۰) و از این رو پایداری بروز صفت نیازمند بررسی در محیط‌های مختلف است.

همبستگی بین صفات

بررسی همبستگی بین صفات زراعی و اجزای عملکرد در برنامه‌های به‌نژادی گلرنگ اهمیت زیادی دارد، زیرا آگاهی از روابط بین صفات، امکان انتخاب غیرمستقیم برای صفات هدف را از طریق صفاتی که اندازه‌گیری آسان‌تر یا وراثت‌پذیری بالاتری دارند فراهم می‌کند (۲٦). این موضوع می‌تواند فرآیند گزینش را در برنامه‌های به نژادی تسهیل و سرعت ببخشد. ضرایب همبستگی فنوتیپی بین صفات در جدول ٦ ارائه شده

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-11]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.21735]

است. نتایج نشان داد که صفت تعداد روز تا شروع گلدهی با صفات تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی (۰/۸۹) و تعداد روز تا رسیدگی (۰/۵۶) دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار بود. همچنین بین تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی نیز همبستگی مثبت و معنی‌دار (۰/۶۴) مشاهده شد. این همبستگی‌ها نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های دیرگل، معمولاً دوره رشد طولانی‌تری دارند. بنابراین، در برنامه‌های اصلاحی می‌توان انتخاب برای زودرسی را بر اساس کاهش تعداد روز تا گلدهی انجام داد. نتایج ملکی‌نژاد و مجیدی (۲۲) نیز مؤید چنین رابطه‌ای در گلرنگ است.

صفت ارتفاع بوته با تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی (۰/۳۴) و تعداد روز تا رسیدگی (۰/۵۴) همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد. این نتایج منطقی به‌نظر می رسد، زیرا با طولانی‌تر شدن دوره رشد، افزایش رشد رویشی و درنتیجه ارتفاع بوته نیز انتظار می‌رود. در مطالعات دیگر نیز رفیعی و سعیدی (۳۲) همبستگی مثبت بین ارتفاع بوته با روز تا ۵۰ درصد گلدهی (۰/۶۳) و روز تا رسیدگی (۰/۶۲) را گزارش کرده‌اند. همبستگی ژنتیکی ارتفاع بوته با ۵۰ درصد گلدهی (۰/۴۱) و تعداد روز تا رسیدگی (۰/۵۵) اختلاف زیادی با همبستگی فنوتیپی نداشت و این موضوع نشان می‌دهد که تأثیر عوامل محیطی بر این روابط کم بوده است.

همچنین ارتفاع بوته با اکثر اجزای عملکرد از جمله تعداد طبق در بوته (۰/۷۷)، قطر طبق (۰/۶۲)، تعداد دانه در طبق (۰/۶۹) و وزن دانه در طبق (۰/۶۴) همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. این همبستگی‌ها بیانگر آن است که افزایش رشد رویشی و ارتفاع بوته، فرصت بیشتری برای رشد اندام‌های زایشی و افزایش اجزای عملکرد فراهم می‌کند. علاوه بر این، ارتفاع بوته با عملکرد دانه در بوته (۰/۶۸) و عملکرد دانه در واحد سطح (۰/۶۸) نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که بوته‌های پابلندتر با تولید شاخه‌های جانبی بیشتر و درنتیجه طبق‌های بیشتر، توانایی تولید برگ و فتوسنتز بیشتری دارند که به افزایش عملکرد دانه منجر می‌شود. نتایج مشابهی توسط نیک‌فکر و سعیدی (۲۸) نیز گزارش شده است. صفت قطر طبق همبستگی مثبت ، معنی‌دار و بسیار بالایی با تعداد دانه در طبق (۰/۸۹) و وزن دانه در طبق (۰/۸۹) نشان داد که مؤید نقش مهم قطر طبق در افزایش اجزای عملکرد است. همچنین بین تعداد دانه در طبق و وزن دانه در طبق نیز همبستگی مثبت و معنی‌دار بسیار بالایی مشاهده شد (جدول ۶).

در این مطالعه، عملکرد دانه در بوته با صفات ارتفاع (۰/۶۸)، تعداد روز تا رسیدگی (۰/۵۸)، تعداد طبق در بوته (۰/۸۹)، قطر طبق (۰/۶۲)، تعداد دانه در طبق (۰/۷۴) و وزن دانه در طبق (۰/۷۹) همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین تعداد روز تا رسیدگی و عملکرد دانه نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های دیررس‌تر با برخورداری از دوره رشد طولانی‌تر، فرصت بیشتری برای فتوسنتز و انتقال مواد پرورده به دانه داشته و درنتیجه عملکرد بالاتری تولید می‌کنند. نتایج حاضر با گزارش لاجیسو و همکاران (۱۹) که نقش طول دوره رشد را در افزایش عملکرد دانه آفتابگردان تأیید کردند، همخوانی دارد.

در میان صفاتی که با عملکرد دانه همبستگی بالایی داشتند، تعداد طبق در بوته مهم‌ترین جزء تعیین‌کننده عملکرد دانه در بوته بود. این نتایج نشان می‌دهد که هرگونه بهبود مثبت در این صفات می‌تواند باعث افزایش عملکرد دانه در بوته و نهایتاً عملکرد دانه در واحد سطح شود. یافته‌های مشابهی توسط خلیلی و همکاران (۱۶)، سیفی و همکاران (۳۶) گزارش شده است. علاوه بر این، عملکرد دانه در واحد سطح با صفات ارتفاع، تعداد طبق در بوته، قطر طبق، تعداد دانه در طبق، وزن دانه در طبق و عملکرد دانه در بوته همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. با توجه به نتایج حاصل از همبستگی بین صفات مرتبط با عملکرد دانه می‌توان نتیجه گرفت که برای افزایش عملکرد دانه در واحد سطح، انتخاب را بر اساس تعداد طبق و تعداد دانه در طبق انجام داد. توکلی و همکاران (۳۷) نیز روابط مشابهی را گزارش کرده‌اند.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-11]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.21735]

جدول ۷. نتایج تجزیه رگرسیون مرحله‌ای جهت تعیین سهم نسبی اجزای آن بر عملکرد دانه در واحد سطح

متغیر	ضرایب رگرسیون	R^2 جزء	R^2 مدل	F
عرض از مبدأ	-۱۶۳۲			
تعداد طبق در بوته	۸۳/٤	۰/٦۹	۰/٦۹	۱۰٦***
تعداد دانه در طبق	۳۵/٤	۰/۰۹	۰/۷۸	۲۱/۹***
وزن صد دانه	۲۵۰	۰/۰۱	۰/۷۹	۳/۵۸ns

- ***: معنی‌دار در سطح احتمال $P\leq 0.001$. ns: از لحاظ آماری معنی‌دار نیست.

صفت درصد روغن دانه با تعداد روز تا شروع گلدهی و تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی همبستگی منفی و معنی‌داری نشان داد. احتمالاً در ژنوتیپ‌های دیرگل به‌دلیل قرار گرفتن دوره پر شدن دانه در دماهای بالاتر، درصد روغن کمتری تولید می‌کنند. این یافته با نتایج قربانزاده و افضل (۷) هم‌راستا است، اما در تضاد با مطالعه نیک‌فکر و سعیدی (۲۸) است که همبستگی مثبت بین این صفات را گزارش کردند. این موضوع نشان می‌دهد که رابطه بین صفات کیفیتی همچون درصد روغن با صفات فنولوژیک، می‌تواند تحت تأثیر شرایط محیطی و ژنتیکی قرار گیرد. رابطه بین روغن دانه و عملکرد دانه نیز تحت تاثیر ژنوتیپ و شرایط محیطی قرار می‌گیرد و عموما بین این دو صفت رابطه‌ای منفی وجود دارد، به‌طوری‌که افزایش عملکرد دانه اغلب با کم‌شدن تجمع روغن در دانه همراه است (۲ و ۳۱). نتایج پژوهش حاضر نیز همسو با این گزارش‌ها است و بیانگر تأثیر متقابل صفات عملکردی و کیفیت دانه و نقش تعیین‌کننده محیط در بروز همبستگی بین درصد روغن و عملکرد دانه است.

تجزیه رگرسیون

در بررسی روابط بین صفات مختلف، شناسایی متغیرهای مستقل که بیشترین سهم را در تبیین تغییرات متغیر وابسته دارند، اهمیت ویژه‌ای در برنامه‌های اصلاحی دارد. یکی از روش‌های پرکاربرد برای انتخاب مجموعه‌ای بهینه از متغیرهای مستقل، رگرسیون گام‌به‌گام است که در آن متغیرها بر اساس سهم آن‌ها در افزایش ضریب تعیین (R^2) به‌ترتیب وارد مدل می‌شوند (۲۳). این رویکرد در به‌نژادی، ابزاری مؤثر برای شناسایی اجزای عملکرد مؤثر بر عملکرد نهایی بوده که می‌توانند به‌عنوان شاخص‌هایی در انتخاب ژنوتیپ‌های برتر مورد استفاده قرار گیرد. در پژوهش حاضر، برای بررسی روابط بین اجزای عملکرد و عملکرد دانه در واحد سطح در جمعیت‌های F_2 گلرنگ، از رگرسیون گام به گام استفاده شد. نتایج این تجزیه (جدول ۷) نشان داد که در گام نخست، صفت تعداد طبق در بوته به تنهایی توانست ٦۹ درصد از تغییرات عملکرد دانه را تبیین نماید. در گام بعدی، تعداد دانه در طبق وارد مدل شد و در کنار تعداد طبق در بوته توانست مجموعاً ۷۸ درصد از تغییرات عملکرد را توضیح دهد. درنهایت، اضافه شدن متغیر وزن صد دانه به مدل، ضریب تعیین را به ۷۹ درصد افزایش داد. این نتایج بیانگر نقش نسبتاً کم وزن صد دانه در تبیین عملکرد دانه و در مقابل، اهمیت بالای تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق است. بررسی ضرایب همبستگی (جدول ٦) نیز این یافته ها را تأیید می‌کند، به‌طوری که بین عملکرد دانه و تعداد طبق در بوته (۰/۹۱)، و همچنین تعداد دانه در طبق (۰/۷۷) همبستگی مثبت، بالا و معنی‌داری مشاهده شد، در حالی‌که وزن صد دانه همبستگی معنی‌داری با عملکرد دانه نداشت.

مطالعات پیشین نیز اهمیت این اجزای عملکرد را تأیید کرده‌اند؛ به‌طور مثال، صفوی و همکاران (۳٤) گزارش نمود که ۷٤/۳ درصد از تغییرات عملکرد دانه در گلرنگ به‌وسیله قطر طبق، تعداد طبق در بوته، وزن هزار دانه و تعداد دانه در طبق قابل تبیین است. همچنین، مجیدی و همکاران (۲۱) در

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-11]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.21735]

جدول ۸. برآورد آثار مستقیم و غیر مستقیم اجزای عملکرد بر عملکرد دانه در واحد سطح

صفات	اثر مستقیم	آثار غیرمستقیم				ضریب همبستگی صفت با عملکرد دانه در واحد سطح
		X1	X2	X3	X4	
وزن صد دانه (X1)	۰/۱۳	–	۰/۰۳۶	۰/۰۰۵	۰/۱۱	۰/۲۹
تعداد طبق در بوته (X2)	۰/۶۷	-۰/۰۱۶	–	۰/۰۳۴	۰/۲۴	۰/۹۱
قطر طبق (X3)	۰/۳۳	۰/۰۱	۰/۱۰	–	۰/۲۰	۰/۶۳
تعداد دانه در طبق (X4)	۰/۳۷	۰/۱۱	۰/۲۵	۰/۰۳۲	–	۰/۷۷

مطالعه‌ای مشابه نشان دادند که تعداد طبق در بوته در مرحله اول وارد مدل شد و ۲۹ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توصیف نمود و پس از آن تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه در مجموع ۸۲ درصد از تغییرات عملکرد را تبیین کردند. حاجقانی و همکاران (۱۱) نیز گزارش نمودند که در تجزیه رگرسیون مرحله‌ای، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه مهم‌ترین اجزای مؤثر بر عملکرد دانه هستند. نتایج مشابهی در مطالعه سلامتی و باقری (۳۵) نیز مشاهده شد. در مجموع، یافته‌های این پژوهش بیانگر آن است که تعداد طبق در بوته به‌عنوان نخستین متغیر وارد شده در مدل رگرسیون و با توجه به همبستگی بالا با عملکرد دانه، می‌تواند به‌عنوان شاخصی کلیدی در گزینش ژنوتیپ‌های پرمحصول در برنامه‌های اصلاحی گلرنگ مورد استفاده قرار گیرد. شناسایی و به‌کارگیری چنین صفاتی می‌تواند کارایی انتخاب در مراحل اولیه را در نسل‌های در حال تفکیک به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش دهد.

تجزیه و تحلیل ضرایب مسیر

بررسی همبستگی بین صفات زراعی تنها می‌تواند وجود رابطه را نشان دهد، اما برای درک نوع و سهم نسبی اثر هر صفت بر صفت دیگر، به‌ویژه عملکرد دانه، استفاده از تجزیه ضرایب مسیر ضروری است. این روش امکان تفکیک اثرات مستقیم و غیرمستقیم یک متغیر مستقل بر متغیر وابسته را فراهم می‌کند و می‌تواند به شناسایی مؤثرترین اجزای عملکرد در برنامه‌های به‌نژادی کمک نماید (۲۳ و ۲۶).

در این پژوهش، با توجه به نتایج رگرسیون گام به گام و ضرایب همبستگی، صفات وزن صد دانه، تعداد طبق در بوته، قطر طبق و تعداد دانه در طبق به‌عنوان متغیرهای مستقل و عملکرد دانه در واحد سطح به‌عنوان متغیر وابسته در مدل مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج این تجزیه (جدول ۸) نشان داد که در میان اجزای عملکرد، صفت تعداد طبق در بوته بیشترین اثر مستقیم مثبت (۰/۶۷) را بر عملکرد دانه داشت. اثرات غیرمستقیم این صفت از طریق وزن صد دانه و قطر طبق ناچیز بود، اما از طریق تعداد دانه در طبق اثر غیرمستقیم مثبت (۰/۲۴) بر عملکرد داشت. همبستگی فنوتیپی بالای این صفت با عملکرد دانه (جدول ٦) نیز مؤید آن است که بخش عمده این رابطه ناشی از اثر مستقیم بالای آن و نه از مسیر سایر اجزای عملکرد است. بنابراین، افزایش تعداد طبق در بوته می‌تواند یکی از راهکارهای مؤثر برای بهبود عملکرد دانه در گلرنگ باشد. مطالعات پیشین نیز گزارش کرده‌اند که تعداد طبق در بوته بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه دارد (۲۰، ۲۲ و ۲۸). همچنین، نشان داده شده است که تحت شرایط آبیاری نرمال، تعداد دانه در طبق و قطر ساقه بیشترین اثر مستقیم مثبت را بر عملکرد دانه در گلرنگ داشتند (١٤ و ٢٦). پس از تعداد طبق در بوته، صفت تعداد دانه در طبق بیشترین اثر مستقیم (۰/۳۷) بر عملکرد دانه نشان داد و همچنین بیشترین اثر غیرمستقیم آن از طریق تعداد طبق در بوته بر عملکرد مشاهده شد. یافته‌های ملکی‌نژاد و مجیدی (۲۲) نیز این نتایج را تأیید می‌کند و آن‌ها گزارش نمودند که در شرایط بدون تنش، تعداد دانه در طبق و تعداد طبق در بوته دارای بیشترین آثار مستقیم بر عملکرد دانه

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-11]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.21735]

بودند. نتایج پژوهش‌های دیگر نیز (۱۳، ۲۷ و ۳٤) بیانگر آن است که تعداد طبق در بوته مهم‌ترین اثر مستقیم را دارد و پس از آن تعداد دانه در طبق در اولویت قرار می‌گیرد.

در مقابل، صفت وزن صد دانه کمترین اثر مستقیم و همچنین اثرات غیرمستقیم بسیار ناچیز از طریق سایر صفات بر عملکرد دانه داشت (جدول ۸)، و ضریب همبستگی آن با عملکرد دانه نیز پایین بود. مطالعه توکلی و همکاران (۳۷) نیز نشان داد که در شرایط بدون تنش، درحالی‌که تعداد دانه در طبق اثر مستقیم و بالایی بر عملکرد دانه در بوته داشت، وزن هزار دانه کمترین اثر مستقیم را بر عملکرد نشان داد. به‌طور کلی، نتایج حاصل از تجزیه ضرایب مسیر با یافته‌های تجزیه رگرسیون مرحله‌ای همخوانی دارد و نشان می‌دهد که در میان اجزای عملکرد، تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق نقش کلیدی و اثرات مستقیم بالایی بر عملکرد دانه دارند. بنابراین، این دو صفت می‌توانند به‌عنوان شاخص‌های انتخاب مؤثر در برنامه‌های اصلاحی گلرنگ با هدف افزایش عملکرد دانه مورد استفاده قرار گیرند.

نتیجه‌گیری کلی

یافته‌های این پژوهش نشان داد که جمعیت‌های F_2 حاصل از تلاقی‌های مختلف گلرنگ دارای تنوع ژنتیکی قابل‌توجهی در صفات مورفولوژیک، فنولوژیک و زراعی بودند که این امر نشان‌دهنده پتانسیل ارزشمند آن‌ها برای برنامه‌های به‌نژادی است. وجود این تنوع ژنتیکی، بستر مناسبی برای انتخاب و گزینش ژنوتیپ‌های برتر در نسل‌های بعدی فراهم می‌کند و می‌تواند موجب افزایش کارایی برنامه‌های اصلاحی شود. نتایج حاصل از تحلیل‌های همبستگی، رگرسیون گام به گام و تجزیه ضرایب مسیر نشان داد که در بین اجزای عملکرد، دو صفت تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق دارای اثر مستقیم بالا و همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه هستند و مهم‌ترین اجزای مؤثر بر عملکرد به شمار می‌روند. در مقابل، صفت وزن صد دانه سهم کمتری در تغییرات عملکرد داشت و همبستگی ضعیف‌تری با عملکرد دانه نشان داد. بر این اساس، می‌توان نتیجه گرفت که تمرکز بر بهبود صفاتی مانند تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق، می‌تواند راهبردی مؤثر برای ارتقای عملکرد دانه در برنامه‌های اصلاحی گلرنگ باشد. استفاده از این صفات به‌عنوان شاخص‌های مناسب در انتخاب غیرمستقیم برای بهبود عملکرد دانه در مراحل اولیه نسل‌های در حال تفکیک، می‌تواند موجب افزایش بازدهی انتخاب و بهره‌برداری بهینه از تنوع ژنتیکی موجود در جمعیت‌های F_2 شود. همچنین، نتایج این تحقیق نشان داد که تلاقیهای IUTc129×IUTE1449 و IUTKh21×IUTH13 و از نظر درصد روغن و عملکرد دانه به طور نسبی برتر بوده و می‌تواند به‌همراه والد IUTKh211 به‌عنوان منابع ژنتیکی مطلوب در برنامه‌های به‌نژادی گلرنگ مورد استفاده قرار گیرد. در مجموع، نتایج این تحقیق می‌تواند به‌عنوان مبنایی علمی برای طراحی و اجرای برنامه‌های اصلاحی با هدف بهبود عملکرد و پایداری تولید گلرنگ در شرایط زراعی مختلف مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

1. Abolhasani, K. and G. Saeidi. 2006. Investigation of agronomic traits for safflower genotypes in two moisture regimes in Isfahan. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 13(4): 43-54.
2. Behradfar, A., M. Ramezani and F. Najafi. 2009. Evaluation correlated traits for seed and oil yield in sunflower (*Helianthus annuus* L.) through path analysis in under condition relay cropping. *Research Journal of Biological Sciences* 4(1): 82-85.
3. Dong,Y., X. Wang, N. Ahmad, Y. Sun, Y. Wang, X. Liu, N. Yao, Y. Jing, L. Du, X. Li, N. Wang, W. Liu, F. Wang, X. Li and H. Li. 2024. The *Carthamus tinctorius* L. genome sequence provides insights into synthesis of unsaturated fatty acids. *BMC Genomics* 25(1): 1-13.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-11]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.21735]

4. Fan, K., Y. Qin, X. Hu, J. Xu, Q. Ye, Ch. Zhang, Y. Ding, G. Li, Y. Chen, J. Liu, P. Wang, Z. Hu, X. Yan, H. Xiong, H. Liu and R. Qin. 2023. Identification of genes associated with fatty acid biosynthesis based on 214 safflower core germplasm. *BMC Genomics* 24(1): 763.
5. Ghanbari, A., S. Hosseini and M. Rahimi. 2022. Functional factor analysis in safflower. *Journal of Crop Breeding* 14(41): 163-172.
6. Ghareeb, S. A. 2024. Yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) as affected by varieties and different sowing dates. *Journal of Kirkuk University for Agricultural Sciences* 15(2): 1-12.
7. Ghorbanzadeh-Neghab, N. and R. Afzal. 2015. Evaluation of genetic diversity of Iranian populations and foreign cultivars of safflower (*Carthamus tinctorios* L.) using morphological traits and RAPD molecular markers. *Molecular and Cellular Researches* 28(1): 94-106.
8. Ghotbzadeh, S. and A. Gianinetti. 2018. A response of the imbibed dormant red rice caryopsis to biotic challenges involves extracellular pH increase to elicit superoxide production. *Seed Science Research* 28(4): 261-271.
9. Ghotbzadeh-Kermani, S., G. Saeidi and M. R. Sabzalian. 2015. Regeneration of white top (*Cardaria draba* L.) using tissue culture. *Agricultural Biotechnology Journal* 7(1): 133-154.
10. Ghotbzadeh-Kermani, S., G. Saeidi and M. R. Sabzalian. 2024. Study of genetic parameters for agronomic traits affecting seed yield in some sesame (*Sesamum indicum*) genotypes. *Journal of Genetics and Plant Breeding* 1(1): 43-66.
11. Hajghani, M., M. Saffari and 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 Environment Sciences* 6(6): 737-740.
12. Hakimzadeh, M. A. and M. Esfandiari. 2025. The effects of mother corm weight and cultivation systems on morphophysiological characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Plant Process and Function* 14(67): 97-110.
13. Hamdan, Y. A. 2024. Genetic diversity assessment of Palestinian safflower (*Carthamus tinctorius* L.) utilizing DAMD molecular markers. *Biotechnology Letters* 46(6): 1293-1302.
14. Hussain, M. I., D. A. Lyra, M. Farooq, N. Nikoloudakis and N. Khali. 2015. Salt and drought stresses in safflower: a review. *Agronomy for Sustainable Development* 36: 1-31.
15. Khajehpour, M. R. 2004. Industrial Production Plants. Isfahan University of Technology. Isfahan, Iran.
16. Khalili, M., M. R. Naghavi and A. Pour-Aboughadareh. 2015. Evaluation of grain yield and some of agro-morphological characters in spring safflowers genotypes under irrigated and rainfed conditions. *Journal of Crop Breeding* 7(16): 139-148.
17. Khosravi, E., A. Salimi and M. Chavoushi Rizi. 2025. Investigation of the effect of chitosan and salinity stress on physiological traits and some chemical compounds in purslane (*Portulaca oleracea* L.). *Journal of Plant Process and Function* 14(67): 133-141.
18. Kurt, C., M. Tanveer Altaf, W. Liaqat, M. A. Nadeem, A. N. Çil and F. Sh. Baloch. 2025. Oil content and fatty acid composition of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) germplasm. *Foods* 14(2): 1-21.
19. Lagiso, T. M., B. C. S. Singh and B. Weyessa. 2021. Evaluation of sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes for quantitative traits and character association of seed yield and yield components at Oromia region, Ethiopia. *Euphytica* 217(2): 27.
20. Majidi, M. M., V. Tavakoli, A. Mirlohi and M. R. Sabzalian. 2011. Wild safflower species (*Carthamus oxyacanthus* Bieb.): A possible source of drought tolerance for arid environments. *Australian Journal of Crop Science* 5(8): 1055-1063.
21. Majidi, M. M., R. Dehghan Kouhestani, R. Malekinejad and G. Saeidi. 2015. Study of genetic diversity of grain yield-associated traits in Iranian and exotic safflower (*Carthamus tinctorius*) germplasm. *Journal of Crop Production and Processing* 5(16): 1-14. (In Farsi).
22. Maleki Nejad, R. and M. M. Majidi. 2015. Evaluation of Iranian and foreign safflower germplasms under normal and drought stress conditions. *Journal of Crop Breeding* 7(15): 1-13. (In Farsi).
23. Mirabadi, A., M. Haghpanah and K. Foroozan 2018. Multivariate analysis of some quantitative traits in introduced safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes in Sari. *Journal of Crop Breeding*, 10(28): 162-170. (In Farsi).
24. Mündel, H. H., R. J. Morrisont, R. E. Blacksha, T. Entz, B. T. Roth, R. Gaudiel and F. Kiehn. 1994. Seeding-date effects on yield, quality and maturity of safflower. *Canadian Journal of plant science* 74(2): 261-266.
25. Naghavi, M. R., I. Piri, M. Khalili and A. Tavassoli. 2021. Comparison of some drought tolerance indices in Iranian and foreign safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars. *Journal of Arid Biome* 10(2): 175-191. (In Farsi).
26. Naziha, E. and O. Kurt. 2023. Correlation and path coefficient analysis for seed yield and yield contributing components, phenological and some morphological traits in Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *International Journal of Phytology Research* 3(1): 1-6.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-11]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.21735]

27. Nazir, M., S. Arif, I. Ahmed and N. Khalid. 2021. Safflower (*Carthamus tinctorius*) seed. pp. 427-453, In: B. Tanwar and A. Goyal (eds.), Oilseeds: Health Attributes and Food Applications. Springer, Singapore.
28. Nikfar, R. and G. Saidi. 2015. Study of the relationships between agronomic traits and yield components in some safflower breeding lines. *Journal of Production and Processing of Crops and Horticulture* 5(16): 65-73. (In Farsi).
29. Pushpa, H. D., L. Ramchander, S. J. Satheesh Naik, B. Ushakiran, A. Anil Kumar, L. Jawahar and K. Anjani. 2025. Application, challenges, and opportunities of safflower hybrid seed production. pp. 347-373, In: A. Lamichaney, A. Kumar Parihar, A. Bohra, P. Karmakar and S. J. Satheesh Naik (eds.), Hybrid Seed Production for Boosting Crop Yields: Applications, Challenges and Opportunitie. Springer, Singapore.
30. Pushpavalli, S., A. Govardhani, T. Rajeshwar Reddy, C. Sudhakar, C. Sudharani and P. Satish. 2024. Assessment of genetic variability for yield and yield related traits in safflower core subset germplasm. *Journal of Advances in Biology & Biotechnology* 27(9): 1120-1134.
31. Rad, A., A. Abbasian and H. Aminpanah. 2014. Seed and oil yields of rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars under irrigated and non-irrigated conditions. *Journal of Animal & Plant Sciences* 24(1): 204-210.
32. Rafiei, F. and G. Saeidi. 2005. Genotypic and phenotypic relationships among agronomic traits and yield components in safflower (*Carthamus tinctorious* L.). *The Scientific Journal of Agriculture* 28(1): 137-148.
33. Rahimi, M. 2021. Genetic diversity, population structure and screening of molecular markers associated with agronomic traits in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions A: Science* 45(5): 1549-1560.
34. Safavi, S. A., S. S. Pourdad, M. Taeb and M. Khosrowshahli. 2010. Assessment of genetic variation among safflower (*Carthamus tinctorius* L.) accessions using agro-morphological traits and molecular markers. *Journal of Food Agriculture and Environment* 8: 616-625.
35. Salamati, M. S. and M. Bagheri. 2014. The study of the relationship between seed yield and yield components on *Nigella Sativa* genotypes. *Research on crop ecophysiology* 9(1): 97-103.
36. Seify, S. M., H. Madani, S. S. Pourdad, Gh. Nour-Mohammadi and M. Changizi. 2023. Impact of deficit irrigation on the physiological and agronomic traits of 24 safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes grown in Iran. *Oilseeds and fats, Crops and Lipids* 30: 1-14.
37. Tavakoli, V., M. M. Majidi, A. F. Mirlohi and M. R. Sabzalian. 2012. Study of relationships between traits and path analysis in cultivated (*Carthamus tinctorius*) and wild (*Carthamus oxyacanthus*) safflower genotypes under normal and water deficit conditions. *Crop Production* 5(3): 45-62.
38. Tonguç, M. and S. Erbaş. 2023. Assessment of genetic diversity in safflower cultivars and breeding lines with AFLP markers. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi* 27(2): 145-152.
39. Weiss, E. A. 2000. Oilseed Crops. Blackwell Science Ltd., Oxford, London, Berlin, Carlton, Paris.
40. Zhao, H., M. Khansefid, Z. Lin and M. J. Hayden. 2024. Genetic gain and inbreeding in different simulated genomic selection schemes for grain yield and oil content in safflower. *Plants* 13(11): 1577.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-11]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.21735]