تحلیل ارتباط ویژگی‌های مختلف در ژنوتیپ‌های پنج گونه جنس *Carthamus* تحت شرایط عادی و کم‌آبیاری

رضا شیراوند و محمد مهدی مجیدی[۱*]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۵/۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۰/۱۶)

چکیده

مطالعات در زمینه بررسی روابط ویژگی‌های مختلف با بهره‌گیری از ژرم‌پلاسم اهلی و وحشی در گلرنگ محدود است. در این پژوهش، ۴۶ ژنوتیپ گلرنگ از پنج گونه مختلف در شرایط عادی و کم‌آبیاری ارزیابی و روابط بین خصوصیات مختلف آنها بررسی شد. نتایج نشان داد که تنش کمبود آب اثر معنی‌داری بر عملکرد طبق در بوته، عملکرد دانه در بوته، تعداد دانه در طبق، قطر طبق و وزن هزار دانه داشت و بر بقیه صفات تأثیر معنی‌داری نداشت. همبستگی فنوتیپی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه در بوته با درصد روغن، تعداد طبق در بوته، قطر طبق، عملکرد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق در حالت عادی و کم‌آبیاری وجود داشت که مطابق با نتایج حاصل از همبستگی ژنتیکی بود. براساس نتایج رگرسیون مرحله‌ای، صفت تعداد دانه در طبق در هر دو شرایط رطوبتی توانست بیشترین تغییرات عملکرد دانه را توجیه کند. با این وجود، تعداد صفات وارد شده به مدل در شرایط عدم تنش رطوبتی و هم‌چنین میزان توجیه آنها بیشتر از شرایط کم‌آبیاری بود. نتایج تجزیه علیت در شرایط عدم تنش رطوبتی نشان داد که تعداد طبق در بوته با دارا بودن بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد دانه می‌تواند بیشترین نقش را در افزایش عملکرد دانه ایفا نماید. ولی در شرایط کم‌آبیاری، صفت تعداد دانه در طبق بیشترین اثر مستقیم را داشت. نتایج تجزیه به عامل‌ها نشان داد که چهار عامل اول در شرایط عدم تنش و تنش به‌ترتیب ۸۲ و ۸۵ درصد از واریانس را توجیه کردند، که در شرایط عدم تنش به‌ترتیب عامل مخزن، مورفولوژی گیاه، روغن، سرمایه اقتصادی و در شرایط تنش خشکی به‌ترتیب عامل سرمایه اقتصادی، مورفولوژی گیاه، مخزن و وزن دانه نام‌گذاری شدند. نتایج این مطالعه می‌تواند برای انتخاب غیرمستقیم به‌منظور بهبود ویژگی‌های اقتصادی گلرنگ نظیر عملکرد و محتوای روغن از طریق صفات دارای وراثت‌پذیری بالاتر، به‌ویژه با تأکید بر ژرم‌پلاسم وحشی، به‌کار گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: گلرنگ، تجزیه به عامل‌ها، انتخاب غیرمستقیم

۱. اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: majidi@cc.iut.ac.ir

مقدمه

بیش از ۶۰٪ سطح کره زمین به مناطق خشک و نیمه خشک تعلق دارد (۱۲). در بین تنش‌های غیرزیستی، خشکی مهم‌ترین تنشی است که رشد و تولید گیاهان زراعی را در سراسر جهان محدود می‌سازد (۱۳). بر این اساس، تحقیقات پیرامون تحمل نسبی به تنش کمبود آب در گیاهان زراعی ضروری به نظر می‌رسد. به‌طوری‌که تحقیقات کشاورزی، به‌خصوص در زمینه افزایش عملکرد در شرایط خشکی، می‌تواند نقش مهمی از طریق توسعه ارقام جدید در جهت بهبود امنیت غذایی ایفا نماید (۱۸). گلرنگ زراعی (Safflower) با نام علمی *Carthamus tinctorius* L. یکی از گونه‌های خانواده Compositae است (۷). گلرنگ امروزه برای تولید دانه به منظور استخراج روغن خوراکی و نیز تغذیه پرندگان کشت می‌شود. ولی در گذشته، این گیاه به خاطر گل‌های آن در رنگ و طعم دادن به غذا، تهیه رنگ پارچه و کاربردهای دارویی متعدد در طب سنتی کشت می‌گردید. گلرنگ بعد از سویا، بادام‌زمینی، کلزا، آفتابگردان، کنجد، بزرک و کرچک هشتمین گیاه دانه روغنی مهم در دنیا به شمار می‌آید (۷ و ۱۶). گلرنگ به‌عنوان یک گیاه دانه روغنی در بسیاری از کشورها به‌ویژه مناطق خشک (نظیر هند، پاکستان، ایران، برخی ایالات آمریکا) کشت و کار می‌شود (۷). ظاهراً گلرنگ در منطقه وسیعی از شمال هند تا خاورمیانه اهلی شده است (۳). کشور ایران نیز در محدوده اهلی شدن گلرنگ قرار دارد. بنابراین، بومی بودن این گیاه و سازگاری آن با شرایط اقلیمی ایران از امتیازات کشت گلرنگ در کشور محسوب می‌گردد. به‌طوری‌که علاوه بر گونه‌های زراعی، برخی گونه‌های وحشی آن نیز در بسیاری از مناطق کشور به وفور یافت می‌شوند.

برای بهبود صفات مطلوب در اصلاح نباتات، شناخت ویژگی‌های ژنتیکی صفات مرتبط، روابط خاص بین آنها و نحوه تأثیرگذاری صفات بر همدیگر یکی از مبانی تصمیم‌گیری در مورد طراحی پروژه‌های اصلاحی می‌باشد. با شناسایی روابط بین صفات می‌توان سرعت و دقت روش‌های اصلاحی را به‌ویژه برای برنامه‌های انتخاب غیرمستقیم افزایش داد (۵). تجزیه و تحلیل چند متغیره ابزار مناسبی در شناسایی و توصیف روابط بین صفات می‌باشد. تعیین چگونگی اثر صفات مستقل بر صفات وابسته، تعیین سهم هر صفت در تنوع کل، طبقه‌بندی صفات و کاهش حجم متغیرهای اصلی در قالب مؤلفه‌های جدید از جمله کاربردهای این روش‌ها است (۲۱).

نتایج حاصل از ارزیابی ارقام و توده‌های محلی گلرنگ در شرایط دیم نشان داد که بالا بودن عملکرد ژنوتیپ‌های پرمحصول ناشی از صفات تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه می‌باشد (۱۶). یوگوی و همکاران (۲۲) عملکرد گلرنگ را تابعی از تعداد بوته در واحد سطح تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه ذکر کردند. در مطالعه زوپ و همکاران (۲۳) بین عملکرد روغن با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد. پاسکولا-ویالوبوس و آلبوکرکی (۱۵) در بررسی روابط بین صفات، بین عملکرد دانه در بوته با تعداد طبق در بوته، تعداد شاخه در بوته و ارتفاع همبستگی بالایی مشاهده کردند. در مطالعه امینی و همکاران (۱) نتایج تجزیه به عامل‌ها برای صفات، سه عامل اصلی را مشخص کرد که در مجموع ۸۱٪ از کل تغییرات را توجیه نمودند. این عامل‌ها با توجه به اجزای تشکیل‌دهنده آنها به‌ترتیب عامل عملکرد و اجزای آن، عامل فنولوژیک و عامل شاخه‌بندی نام‌گذاری شدند. نتایج مجیدی و ارزانی (۱۴) با مطالعه روابط بین صفات مورفولوژیک، زراعی و کیفی در توده‌های اسپرس، پنج عامل پنهانی را مشخص نمودند که بیش از ۸۰٪ از تنوع موجود توجیه می‌شد و به‌ترتیب عامل کیفیت علوفه، حجم بوته، اجزای عملکرد بوته، توان پنجه‌دهی و سرعت سبز شدن نام‌گذاری گردیدند. در مطالعات قبلی از ارقام زراعی گلرنگ برای بررسی روابط صفات استفاده شده است. این در حالی است که تنوع موجود در ژرم‌پلاسم متشکل از گونه زراعی و خویشاوندان وحشی آن بسیار بیشتر بوده و نتایج برآورد روابط ژنتیکی در این جوامع از اعتبار بیشتری برخوردار است. بنابراین، با توجه به مطالعات محدود در زمینه ارتباط

عملکرد با اجزای عملکرد و صفات مختلف و شناسایی عوامل پنهانی مؤثر بر این روابط، به‌ویژه با به‌کارگیری ژرم‌پلاسم حاصل از گونه‌های اهلی و وحشی گلرنگ، این مطالعه در دو شرایط عادی رطوبتی (بدون تنش) و کم‌آبیاری (تنش رطوبتی) طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان در سال ۱۳۹۰ به اجرا در آمد. این مزرعه در ۴۰ کیلومتری جنوب غربی اصفهان در منطقه لورک شهرستان نجف‌آباد و در عرض جغرافیایی ′۲۲ °۳۲ شمالی و طول جغرافیایی ′۲۳ °۵۱ شرقی واقع شده است. میانگین بارندگی و دمای سالانه به‌ترتیب ۱۴۰ میلی‌متر و ۱۴/۵ درجه سلسیوس است. رطوبت خاک در ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی به‌ترتیب ۲۳ و ۱۰ درصد وزنی می‌باشند. بافت خاک منطقه لورک، لوم رسی با جرم مخصوص ظاهری ۱/۳ گرم بر سانتی‌مترمکعب و متوسط پ- هاش آن حدود ۷/۵ می‌باشد.

مواد ژنتیکی مورد بررسی شامل ۴۶ ژنوتیپ از گونه‌های اهلی و وحشی گلرنگ داخلی و خارجی (۵ گونه) بود. این گونه‌ها شامل *C. tinctorius*، *C. palaestinus*، *C. oxyacanthus*، *C. glaucus* و *C. lanatus* بودند که اطلاعات مربوط به آنها و ژنوتیپ‌های هر گونه در جدول ۱ آورده شده است. ژنوتیپ‌های ایرانی از مناطق مختلف کشور جمع‌آوری شده بود و ژنوتیپ‌های خارجی از طریق سفارش از بانک‌های ژن USDA آمریکا و IPK آلمان تهیه شد.

ژنوتیپ‌ها در دو محیط رطوبتی شامل شرایط عادی رطوبتی (بدون تنش) (آبیاری پس از ۷۵ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A) و شرایط کم‌آبیاری (تنش خشکی) (آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A) ارزیابی شدند (تجزیه مرکب آزمایش). در هر محیط رطوبتی از طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار استفاده شد. برای تعیین زمان آبیاری از تشت تبخیر کلاس A استفاده شد. به منظور کنترل روش تشت تبخیر، طی دوره رشد به‌طور تصادفی هر سه یا چهار روز یک‌بار رطوبت خاک در اعماق ۰-۲۰، ۲۰-۴۰ و ۴۰-۶۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. بذرهای هر ژنوتیپ در سه ردیف با فاصله ردیف ۳۵ سانتی‌متر و با تراکم ۵۰ بذر در هر مترمربع کشت شدند.

در طول دوره رشد گیاه، صفات روز تا ۵۰٪ ساقه‌دهی، روز تا ۵۰٪ تکمه‌دهی، روز تا ۵۰٪ گل‌دهی، روز تا رسیدگی، میزان ریزش بذر، رنگ برگ، خاردار بودن برگ، مقاومت به ورس، ارتفاع بوته و تعداد انشعاب در هر بوته یادداشت‌برداری شد و پس از برداشت نیز صفات تعداد طبق در هر بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، قطر طبق، عملکرد دانه در بوته، عملکرد طبق در بوته و درصد روغن دانه اندازه‌گیری شدند. برای حذف اثر حاشیه، برداشت از قسمت میانی سه خط کشت شده انجام شد. از کود سرک اوره برای تکمیل نیتروژن مورد نیاز گیاه در مرحله ساقه‌دهی استفاده گردید.

برای بررسی روابط بین صفات در هر دو محیط رطوبتی، ضرایب همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی محاسبه شدند. با در نظر گرفتن عملکرد دانه به‌عنوان متغیر تابع و صفات دیگر از جمله اجزای عملکرد به‌عنوان متغیر مستقل، از رگرسیون مرحله‌ای جهت تعیین صفاتی که بیشترین سهم را در توجیه تغییرات عملکرد داشتند، استفاده گردید. برای درک بهتر روابط بین صفات و تعیین علت وجود همبستگی‌های خاص صفات با عملکرد دانه از تجزیه ضرایب مسیر استفاده گردید. جهت شناسایی عوامل پنهانی مؤثر بر عملکرد از تجزیه به عامل‌ها به روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده شد و عوامل به‌دست آمده با روش وریماکس دوران داده شدند. محاسبات آماری و تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS و SAS انجام شد. تجزیه مسیر با استفاده از نرم‌افزار Path analysis انجام گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس(جدول ۲) در کل ژنوتیپ‌ها نشان داد که

جدول ۱. اطلاعات مربوط به نام،گونه، زیر گونه و منشا ژرم پلاسم مورد استفاده جهت بررسی تنوع ژنتیکی و ارزیابی تحمل به تنش خشکی

شماره	کد بانک ژن	گونه	زیر گونه	منشاء
۱	Ct 627	*C. tinctorius*	-	Korea
۲	Ct 820	*C. tinctorius*	-	Germany
۳	Ct 735	*C. tinctorius*	-	Germany
۴	Ct 659	*C. tinctorius*	-	Sudan
۵	Ct 872	*C. tinctorius*	-	Ethiope
۶	Ct 734	*C. tinctorius*	-	Spain
۷	Ct sh	*C. tinctorius*	-	Iran(Shiraz)
۸	Ct c_{111}	*C. tinctorius*	-	Iran(C_{111})
۹	Ct il	*C. tinctorius*	-	America(IL)
۱۰	Ct a	*C. tinctorius*	-	Iran
۱۱	Ct c	*C. tinctorius*	-	Iran
۱۲	Cl68	*C. lanatus*	-	Netherlands
۱۳	Cl91	*C. lanatus*	-	China, Beijing
۱۴	Clg	*C. Lanatus*	-	Gorgan, Iran
۱۵	Cl46	*C. Lanatus*	Subsp.lanatus	Frankreich
۱۶	Cl82	*C. Lanatus*	Subsp.lanatus	Georgien
۱۷	Cl53	*C. Lanatus*	Subsp.anatolicus (Boiss.) Hanelt	Palestine
۱۸	Cl84	*C. Lanatus*	Subsp. Montanus (Pomel) Jahand.&	Tunesien
۱۹	Cl71	*C. Lanatus*	Subsp. Turkestanicus(M.Pop.)Hanelt	Kirgistan
۲۰	Cl25	*C. lanatus*	turkestanicus	Afghanistan
۲۱	Cl50	*C. Lanatus*	-	-
۲۲	Cl79	*C. Lanatus*	-	-
۲۳	Co sh	*C. oxyacanthus*	-	Iran(Shiraz1)
۲۴	Co h	*C. oxyacanthus*	-	Iran(Hamedan1)
۲۵	Co az	*C. oxyacanthus*	-	Iran(Azary1)
۲۶	Co c	*C. oxyacanthus*	-	Iran(Kermanshah)
۲۷	Co ar	*C. oxyacanthus*	-	Iran(Arak)
۲۸	Co l	*C. oxyacanthus*	-	Iran(Aligodarz)
۲۹	Co sh2	*C. oxyacanthus*	-	Iran(Shiraz2)
۳۰	Co as	*C. oxyacanthus*	-	Iran(Lavark)
۳۱	Co h2	*C. oxyacanthus*	-	Iran(Hamedan2)
۳۲	Co az2	*C. oxyacanthus*	-	Iran(Azary2)
۳۳	Co af	*C. oxyacanthus*	-	Afghanistan
۳۴	Co af67	*C. oxyacanthus*	-	Pakistan
۳۵	Co p	*C. oxyacanthus*	-	Pakistan
۳۶	Cg 20	*C. glaucus M.Bieb*	Subsp.anatolicus (Boiss.) Hanelt	-
۳۷	Cg 52	*C. glaucus M.Bieb*	Subsp.anatolicus (Boiss.) Hanelt	-
۳۸	Cg 45	*C. glaucus M.Bieb*	Subsp.anatolicus (Boiss.) Hanelt	-
۳۹	Cp 633	*C. palaestinus*	-	Palestine
۴۰	Cp 1	*C. palaestinus*	-	Palestine
۴۱	Cp 4	*C. palaestinus*	-	Palestine
۴۲	Cp 5	*C. palaestinus*	-	Palestine
۴۳	Cp 6	*C. palaestinus*	-	Palestine
۴۴	Cp 8	*C. palaestinus*	-	Palestine
۴۵	Cp 10	*C. palaestinus*	-	Palestine
۴۶	Cp 15	*C. palaestinus*	-	Palestine

تنش کمبود آب اثر معنی‌داری بر عملکرد طبق در بوته، عملکرد دانه در بوته، تعداد دانه در طبق، قطر طبق و وزن هزار دانه داشت و بر صفات روز تا رسیدگی، ارتفاع گیاه، تعداد شاخه، تعداد طبق در بوته و درصد روغن تأثیر معنی‌داری نداشت. تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از نظر تمامی صفات مورد مطالعه دیده شد. تفاوت گونه اهلی در برابر وحشی نیز برای تمامی صفات معنی‌دار بود (به‌دلیل اجتناب از طولانی شدن مقاله، نتایج تجزیه واریانس نشان داده نشده است).

ضرایب همبستگی فنوتیپی بین صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد در شرایط عدم تنش و تنش روی ۴۶ ژنوتیپ گلرنگ از پنج گونه در جدول ۳ آمده است. در شرایط عدم تنش رطوبتی نتایج زیر حاصل شد. همبستگی فنوتیپی بین عملکرد دانه با صفات عملکرد طبق، تعداد دانه در طبق، قطر طبق و تعداد طبق مثبت و معنی‌دار بود و با نتایج حاصل از همبستگی ژنتیکی مطابقت داشت (جدول ۴). بین صفات عملکرد دانه، تعداد دانه در طبق، قطر طبق با درصد روغن در سطح ۱٪ همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی مثبت و بسیار معنی‌دار دیده شد. تعداد طبق به‌عنوان یکی از صفات مؤثر در عملکرد با عملکرد طبق همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی مثبت و با وزن هزار دانه همبستگی منفی داشت. بین صفت قطر طبق و صفات تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه همبستگی فنوتیپی مثبت و معنی‌دار مشاهده شد که نشان می‌دهد هر چه قطر طبق افزایش یابد متناسب با آن تعداد و وزن دانه در طبق‌ها نیز افزایش می‌یابد. در شرایط عدم تنش، همبستگی فنوتیپی تعداد شاخه اصلی با صفات عملکرد دانه، تعداد طبق و عملکرد طبق مثبت و بسیار معنی‌دار بود. همبستگی بین صفات عملکرد دانه با صفات فنولوژیک (از جمله زمان گل‌دهی) منفی و معنی‌دار بود (جدول ۳). تانکترک و وحدتین (۲۰) در مطالعه روی گلرنگ، بین عملکرد دانه با تعداد شاخه، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده کردند. امینی و همکاران (۱) بیان کردند که همبستگی بین عملکرد با صفات تعداد دانه در طبق و تعداد طبق در بوته مثبت و زیاد بود. باقری و همکاران (۵) با ارزیابی ۱۲۱ ژنوتیپ گلرنگ گزارش کردند که عملکرد دانه با قطر طبق، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. در شرایط تنش رطوبتی، همبستگی فنوتیپی بین عملکرد دانه با صفات عملکرد طبق، تعداد دانه در طبق، قطر طبق و تعداد طبق مثبت و معنی‌دار بود. بین صفات عملکرد دانه، تعداد دانه در طبق و قطر طبق با درصد روغن همبستگی فنوتیپی مثبت وجود داشت و بین تعداد طبق با صفت عملکرد طبق همبستگی فنوتیپی مثبت و معنی‌داری دیده شد. هم‌چنین در شرایط تنش مشخص شد که بین صفت قطر طبق با صفات تعداد دانه در طبق و عملکرد طبق همبستگی فنوتیپی مثبت معنی‌دار وجود دارد و همبستگی فنوتیپی تعداد شاخه اصلی با صفات عملکرد دانه، تعداد طبق و عملکرد طبق مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۳). همانند شرایط عدم تنش، همبستگی بین صفات فنولوژیک با عملکرد دانه و اجزای عملکرد منفی و معنی‌دار بود. بررسی ضرایب همبستگی ژنتیکی نیز نتایج حاصل از همبستگی فنوتیپی را در شرایط تنش خشکی تأیید کرد (جدول ۴).

برای تعیین سهم اثر تجمعی صفات در تعیین عملکرد، از روش رگرسیون مرحله‌ای به روش گام به گام استفاده گردید. نتایج حاصل از رگرسیون مرحله‌ای برای عملکرد به‌عنوان متغیر تابع و سایر صفات اندازه‌گیری شده به‌عنوان متغیرهای مستقل در شرایط عدم تنش رطوبتی و تنش رطوبتی به‌ترتیب در جداول ۵ و ۶ نشان داده شده است. از میان صفات مختلف مورد بررسی در شرایط بدون تنش رطوبتی، تعداد دانه در طبق نخستین متغیر وارد شده به مدل بود که ۵۰٪ از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمود. در مراحل بعد، تعداد طبق در بوته، وزن هزار دانه، قطر طبق و تعداد شاخه اصلی وارد مدل شدند که این پنج متغیر در مجموع ۹۰٪ از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمودند (جدول ۵). در مطالعات امینی و همکاران (۱) صفت تعداد دانه در طبق اولین متغیر وارد شده به مدل رگرسیونی بود. اشکانی و همکاران (۲) گزارش کردند که تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن بذر عوامل اصلی تشکیل‌دهنده عملکرد دانه می‌باشند.

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد در تجزیه مرکب دو محیط رطوبتی (تنش و عدم تنش) در قالب طرح بلوک کامل تصادفی برای ۴۶ ژنوتیپ متعلق به پنج گونه گلرنگ

		میانگین مربعات							
منابع تغییرات	درجه آزادی	روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی	روز تا رسیدگی	عملکرد دانه در بوته	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در طبق	قطر طبق	وزن هزار دانه	درصد روغن
تنش	۱	۳۰/۰۰ ^{ns}	۱۵۲/۲۶*	۶۱۷۶/۰۵**	۱۷/۰۰ $^{n.s}$	۲۶۷۶/۳۴**	۰/۳۲*	۵۱۷/۸۸**	۴۴/۱۱ $^{n.s}$
تنش(تکرار)	۴	۱۶/۶۸**	۹/۵۹*	۹۹/۹۹**	۱۱۱۱/۲۴ $^{n.s}$	۸۴/۲۶**	۰/۰۲ **	۷/۱۴**	۱۹/۱۶ $^{n.s}$
ژنوتیپ	۴۵	۷۹۳/۶۸**	۶۶۰/۰۷**	۴۲۸/۶۴**	۱۲۴۸/۴۰**	۳۴۹/۷۶۶**	۱/۲۷**	۲۲۱/۱۶**	۱۳۷/۶۷**
اهلی	۱۰	۲۱/۲۱	۴۹/۰۷**	۴۳۲/۶۶*	۸۶۹/۶۸**	۲۴/۷۹**	۱/۱۵**	۴۸/۴۲**	۸/ ۳۰$^{n.s}$
وحشی	۳۴	۴۵۶/۹۵**	۵۹۲/۲۲**	۵۲۱/۸۱**	۱۰۹۵/۶۱**	۴۸/۵۴**	۱/۲۳**	۱۹۱/۵۱**	۱۲۷/۲۴**
اهلی در برابر وحشی	۱	۹۸۳۶/۱۱**	۱۳۳۳۷/۲۴**	۹۵۳/۹۶**	۱۰۲۰۸/۶۰**	۳۶۶/۵۷**	۱۳/۹۱**	۲۹۲۵/۱**	۸۳۲/۳۴**
تنش×ژنوتیپ	۴۵	۵/۱۱ $^{n.s}$	۱۵/۲۲**	۱۱۲/۱۰**	۳۶۶/۶۶**	۹۸/۲۳**	۰/۰۶**	۳۲/**۰۱	۳۵/۶۳**
خطا	۱۸۰	۴/۷۰۷	۶/۱۷	۲۲/۰۱	۸۶/۱۶	۲۱/۵۱	۰/۰۱	۵/۰۷	۵/۳۵
ضریب تغییرات		۲/۰۲۴	۱/۷۶	۲۵/۲۲	۲۲/۷۶	۲۴/۵۷	۵/۸۹	۸/۵۰	۱۴/۱۰

ns ،* و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول۳. همبستگی فنوتیپی بین صفات زراعی و مورفولوژیک در دو شرایط محیطی تنش خشکی(بالای قطر) و عدم تنش(زیر قطر) در ژنوتیپ‌های متعلق به پنج گونه گلرنگ

صفات	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹
۱	۱	۰/۹۲	۰/۸۸	-۰/۳۶	-۰/۶۳	-۰/۳۹	۰/۵۵	-۰/۳۵	۰/۳۴	-۰/۴۸	۰/۸۳	-۰/۷۸	-۰/۱۱	-۰/۶۱	-۰/۲۵	-۰/۵۶	-۰/۶۲	-۰/۱۹
۲	۰/۹۳	۱	۰/۹۴	-۰/۳۴	-۰/۵۴	-۰/۳۲	۰/۶۰	-۰/۴۵	۰/۱۲	-۰/۴۶	۰/۸۵	-۰/۷۱	-۰/۰۴	-۰/۴۳	-۰/۲۴	-۰/۴۰	-۰/۵۴	-۰/۱۵
۳	۰/۸۹	۰/۹۰	۱	-۰/۴۹	-۰/۵۸	-۰/۳۳	۰/۷۸	-۰/۴۲	۰/۱۰	-۰/۲۸	۰/۸۶	-۰/۶۹	-۰/۰۸	-۰/۳۷	-۰/۲۰	-۰/۳۹	-۰/۵۰	-۰/۰۳
۴	۰/۸۸	۰/۸۳	۰/۹۳	۱	-۰/۵۶	-۰/۳۲	۰/۶۳	-۰/۳۵	۰/۳۸	-۰/۲۷	۰/۸۴	-۰/۷۷	-۰/۰۸	-۰/۵۵	-۰/۱۴	-۰/۴۸	-۰/۵۵	-۰/۱۷
۵	-۰/۳۵	-۰/۳۳	-۰/۴۳	-۰/۴۷	۱	۰/۸۰	۰/۴۲	-۰/۶۳	۰/۲۴	-۰/۳۲	-۰/۵۱	۰/۵۴	-۰/۰۱	۰/۲۲	-۰/۰۲	۰/۳۴	۰/۲۱	-۰/۲۶
۶	-۰/۶۲	-۰/۵۱	-۰/۵۸	-۰/۷۱	۰/۷۶	۱	۰/۵۷	-۰/۴۷	۰/۱۵	-۰/۵۶	۰/۲۹	-۰/۶۲	۰/۶۸	-۰/۲۸	-۰/۰۱	۰/۴۴	۰/۳۳	-۰/۰۱
۷	-۰/۴۰	-۰/۳۸	-۰/۳۱	-۰/۳۵	۰/۳۶	۰/۵۰	۱	-۰/۰۶	-۰/۱۰	-۰/۴۰	۰/۵۳	-۰/۳۴	۰/۳۸	-۰/۴۰	۰/۲۷	۰/۳۵	۰/۰۶	۰/۱۳
۸	۰/۶۱	۰/۶۸	۰/۷۹	۰/۷۱	-۰/۶۰	-۰/۴۰	-۰/۱۵	۱	-۰/۳۶	-۰/۱۰	۰/۰۲	۰/۲۳	-۰/۴۰	-۰/۲۲	-۰/۱۲	-۰/۰۸	-۰/۲۶	۰/۳۰
۹	-۰/۴۸	-۰/۴۹	-۰/۵۵	-۰/۴۹	۰/۱۷	۰/۱۷	-۰/۰۲	-۰/۵۸	۱	۰/۰۹	-۰/۰۷	-۰/۴۶	۰/۵۷	۰/۶۸	۰/۲۴	۰/۵۸	۰/۰۷	۰/۹۳
۱۰	۰/۲۳	۰/۱۳	۰/۱۶	۰/۴۱	-۰/۲۴	-۰/۵۵	-۰/۵۲	-۰/۰۵	۰/۰۱	۱	-۰/۲۲	۰/۲۴	-۰/۶۷	۰/۴۴	-۰/۷۸	۰/۰۳	-۰/۴۷	-۰/۳۵	-۰/۳۰

ادامه جدول۳. همبستگی فنوتیپی بین صفات زراعی و مورفولوژیک در دو شرایط محیطی تنش خشکی(بالای قطر) و عدم تنش(زیر قطر) و در ژنوتیپ‌های متعلق به پنج گونه گلرنگ

	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹
۱۱		-۰/۴۳	-۰/۳۴	-۰/۲۵	-۰/۳۰	۰/۰۷	۰/۳۳	۰/۴۲	۰/۰۵	۰/۰۱	-۰/۳۵	۱	-۰/۳۲	۰/۲۴	-۰/۲۹	۰/۲۸	-۰/۱۰	۰/۱۸	۰/۰۴	۰/۲۸
۱۲	-۰/۴۳		۰/۸۲	۰/۸۰	۰/۸۷	۰/۸۵	-۰/۵۱	-۰/۶۲	-۰/۳۸	-۰/۴۷	-۰/۶۵	۰/۲۷	-۰/۳۲	-۰/۶۷	-۰/۰۳	-۰/۳۳	-۰/۱۹	-۰/۴۵	-۰/۵۶	-۰/۰۳
۱۳	-۰/۳۴	۰/۸۲		-۰/۶۵	-۰/۷۴	-۰/۸۰	۰/۷۲	۰/۷۰	۰/۲۶	-۰/۶۷	۰/۵۷	-۰/۴۱	۰/۱۶	۱	۰/۰۵	۰/۸۲	۰/۲۶	۰/۶۳	۰/۶۷	۰/۱۵
۱۴	-۰/۲۵	۰/۸۰	-۰/۶۵		-۰/۲۸	-۰/۰۹	-۰/۰۱	-۰/۱۵	-۰/۰۶	-۰/۴۱	۰/۴۵	۰/۴۶	-۰/۳۲	-۰/۲۰	۱	-۰/۱۳	۰/۵۹	-۰/۳۲	۰/۲۶	-۰/۱۸
۱۵	-۰/۳۰	۰/۸۵	-۰/۸۰	-۰/۲۸		-۰/۶۲	۰/۱۸	۰/۵۳	۰/۴۵	-۰/۲۲	۰/۲۶	-۰/۷۸	۰/۲۷	-۰/۵۶	-۰/۱۸	۱	۰/۳۲	۰/۵۸	۰/۶۴	۰/۲۴
۱۶	۰/۰۷	-۰/۵۱	۰/۷۲	-۰/۰۹	-۰/۶۲		۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۰۱	-۰/۳۵	۰/۳۸	۰/۱۹	-۰/۳۴	-۰/۳۰	۰/۶۸	۰/۱۲	۱	۰/۲۵	۰/۷۶	-۰/۰۱
۱۷	۰/۳۳	-۰/۶۲	۰/۷۰	-۰/۱۵	۰/۵۳	۰/۱۸		۰/۵۸	۰/۳۳	-۰/۳۲	۰/۳۴	-۰/۴۴	۰/۰۸	-۰/۴۹	-۰/۰۸	۰/۶۱	۰/۵۲	۱	۰/۶۵	-۰/۱۸
۱۸	۰/۴۲	-۰/۳۸	۰/۲۶	-۰/۰۶	۰/۴۵	۰/۲۲	۰/۴۰	۰/۴۹	۰/۴۰	-۰/۴۶	۰/۴۳	-۰/۵۰	۰/۰۲	-۰/۶۲	۰/۳۰	۰/۶۹	۰/۵۵	۰/۶۱	۱	۰/۲۰
۱۹	۰/۰۵	-۰/۴۷	-۰/۶۷	-۰/۴۱	-۰/۲۲	-۰/۳۵	-۰/۳۲	-۰/۴۶	-۰/۴۳	۰/۵۰	۰/۳۴	۰/۱۹	-۰/۳۴	۰/۳۰	۰/۶۵	۰/۳۰	-۰/۲۴	۰/۰۱	۰/۲۲	۱

ضرایب همبستگی بزرگ‌تر از ۰/۲۹ در سطح احتمال ۵ درصد و بزرگ‌تر از ۰/۳۸ درسطح احتمال ۱ درصد معنی دار می باشند.

جدول۴. همبستگی ژنتیکی بین صفات زراعی و مورفولوژیک در دو شرایط محیطی تنش خشکی(بالای قطر) و عدم تنش(زیر قطر) در ژنوتیپ‌های متعلق به پنج گونه گلرنگ

	صفات	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹
۱	روز تا ساقه دهی	۱	۰/۹۴	۰/۹۱	۰/۹۲	۰/۳۳	۰/۶۳	-۰/۴۴	-۰/۳۷	-۰/۶۴	-۰/۶۱	-۰/۶۴	-۰/۶۶	-۰/۰۲	-۰/۱۸	-۰/۶۳	-۰/۵۶	-۰/۵۰	۰/۸۴	۰/۵۳
۲	روز تا تکمه دهی	۰/۹۵	۱	۰/۹۵	۰/۹۰	۰/۱۴	۰/۷۲	-۰/۴۱	-۰/۳۶	-۰/۵۷	-۰/۵۹	-۰/۴۰	-۰/۵۳	-۰/۰۱	-۰/۳۲	-۰/۴۶	-۰/۶۰	-۰/۳۹	۰/۸۴	-۰/۳۵
۳	روز تا گل دهی	۰/۸۹	۰/۹۶	۱	۰/۹۵	۰/۱۶	۰/۷۹	-۰/۳۵	-۰/۴۶	-۰/۶۱	-۰/۶۶	-۰/۴۳	-۰/۵۸	-۰/۰۶	-۰/۳۴	-۰/۴۶	-۰/۶۶	-۰/۴۱	۰/۸۹	-۰/۵۸
۴	روز تا رسیدگی	۰/۹۱	۰/۸۹	۰/۹۵	۱	۰/۴۳	۰/۷۳	-۰/۳۸	-۰/۴۸	-۰/۷۱	-۰/۶۶	-۰/۲۹	-۰/۶۴	-۰/۲۵	-۰/۱۳	-۰/۶۴	-۰/۶۱	-۰/۴۱	۰/۸۸	-۰/۶۲
۵	خارداری	۰/۳۶	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۴۰	۱	-۰/۰۵	-۰/۵۴	-۰/۲۲	۰/۵۴	-۰/۳۳	۰/۲۳	-۰/۵۱	-۰/۵۹	۰/۵۳	-۰/۸۰	۰/۰۱	۰/۳۴	۰/۲۷	-۰/۳۴
۶	رنگ برگ	۰/۵۶	-۰/۶۲	۰/۷۷	۰/۶۵	-۰/۱۰	۱	-۰/۱۵	-۰/۵۹	-۰/۴۴	-۰/۵۰	-۰/۴۰	-۰/۳۶	۰/۲۴	-۰/۴۶	-۰/۲۲	-۰/۶۶	۰/۰۴	۰/۷۳	-۰/۵۸
۷	مقاومت به ورس	-۰/۴۶	-۰/۳۷	-۰/۲۶	-۰/۴۳	-۰/۴۷	-۰/۰۷	۱	۰/۳۷	۰/۵۱	۰/۳۴	۰/۰۱	۰/۳۸	۰/۲۳	-۰/۰۹	۰/۴۷	۰/۰۲	۰/۴۶	-۰/۳۹	۰/۳۲
۸	رنگ گل اولیه	-۰/۳۹	-۰/۳۷	-۰/۵۲	-۰/۵۹	-۰/۳۳	-۰/۶۵	۰/۴۹	۱	۰/۷۹	۰/۲۴	۰/۱۰	۰/۴۸	-۰/۳۴	-۰/۰۴	۰/۱۹	۰/۱۷	۰/۰۷	-۰/۵۱	۰/۶۷
۹	رنگ گل نهایی	-۰/۶۴	-۰/۵۵	-۰/۶۰	-۰/۷۴	-۰/۵۶	-۰/۴۸	۰/۶۴	۰/۸۳	۱	۰/۴۵	۰/۱۱	۰/۶۸	۰/۰۱	-۰/۲۰	۰/۵۴	۰/۱۴	۰/۳۷	-۰/۶۲	۰/۶۷
۱۰	عملکرد دانه در بوته(g)	-۰/۷۴	-۰/۶۶	-۰/۵۸	-۰/۶۷	-۰/۴۰	-۰/۳۴	۰/۰۶	۰/۲۵	۰/۳۸	۱	۰/۸۵	۰/۷۰	۰/۱۴	۰/۵۱	۰/۶۰	۰/۴۸	-۰/۱۶	-۰/۶۵	۰/۴۴
۱۱	عملکرد طبق در بوته	-۰/۲۹	-۰/۲۹	-۰/۲۳	-۰/۲۰	-۰/۰۳	-۰/۱۰	-۰/۲۴	-۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۸۷	۱	۰/۵۵	-۰/۲۹	۰/۷۳	۰/۱۲	۰/۳۱	-۰/۴۶	-۰/۳۵	۰/۱۹
۱۲	تعداد دانه در طبق	-۰/۶۵	-۰/۴۷	-۰/۴۵	-۰/۵۵	-۰/۵۱	-۰/۲۹	۰/۴۶	۰/۳۷	۰/۴۸	۰/۷۵	۰/۳۳	۱	۰/۵۵	-۰/۲۹	۰/۷۳	۰/۱۲	۰/۳۱	-۰/۴۶	-۰/۳۵
۱۳	وزن هزار دانه (g)	-۰/۲۰	-۰/۱۷	-۰/۰۹	-۰/۱۹	-۰/۳۲	۰/۲۹	۰/۱۳	-۰/۲۸	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۳	-۰/۱۸	۱	-۰/۳۶	۰/۴۲	-۰/۱۳	۰/۲۳	-۰/۱۱	-۰/۰۵
۱۴	تعداد طبق در بوته	۰/۱۶	-۰/۰۷	-۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۶۰	-۰/۳۱	-۰/۶۶	۰/۰۸	-۰/۳۸	۰/۲۱	۰/۷۲	-۰/۳۳	-۰/۲۷	۱	-۰/۲۲	۰/۴۶	-۰/۵۲	-۰/۲۹.	۰/۱۴
۱۵	قطر طبق (cm)	-۰/۶۵	-۰/۴۵	-۰/۳۹	-۰/۶۰	-۰/۸۰	-۰/۱۳	۰/۳۲	۰/۲۴	۰/۴۷	۰/۷۵	۰/۳۷	۰/۶۷	۰/۲۴	-۰/۲۱	۱	۰/۲۹	۰/۳۲	-۰/۵۸	۰/۴۲
۱۶	تعداد شاخه اصلی	-۰/۳۷	-۰/۵۱	-۰/۴۵	-۰/۴۱	۰/۰۹	-۰/۳۹	-۰/۱۴	۰/۲۷	۰/۱۵	۰/۶۱	۰/۶۳	۰/۰۸	-۰/۰۷	۰/۸۱	۰/۲۷	۱	-۰/۰۳	-۰/۷۳	۰/۵۱
۱۷	ارتفاع (cm)	-۰/۵۴	-۰/۵۴	-۰/۳۳	-۰/۳۰	-۰/۲۶	۰/۰۲	۰/۷۶	۰/۰۱	۰/۳۴	۰/۰۵	-۰/۱۰	۰/۲۳	۰/۳۲	-۰/۴۸	۰/۳۴	-۰/۰۵	۱	-۰/۳۷	۰/۱۳
۱۸	ریزش	۰/۸۵	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۲۴	۰/۷۳	-۰/۳۹	-۰/۵۲	-۰/۶۴	-۰/۶۴	-۰/۲۲	-۰/۵۰	-۰/۰۴	-۰/۰۵	-۰/۴۵	-۰/۴۹	-۰/۳۷	۱	۰/۱۵
۱۹	درصد روغن	-۰/۵۸	-۰/۴۴	-۰/۵۱	-۰/۶۰	-۰/۴۶	-۰/۴۵	۰/۳۱	۰/۵۴	۰/۵۸	۰/۵۰	۰/۲۶	۰/۴۹	۰/۱۱	۰/۰۱	۰/۶۰	۰/۴۳	۰/۱۶	-۰/۵۱	۱

ضرایب همبستگی بزرگ‌تر از ۰/۲۹ در سطح احتمال ۵ درصد و بزرگ‌تر از ۰/۳۸ درسطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار می‌باشند

جدول۵. نتایج رگرسیون مرحله‌ای برای عملکرد دانه به‌عنوان متغیر تابع در برابر سایر صفات در شرایط عدم تنش خشکی در گونه‌های گلرنگ

متغیر اضافه شده به مدل	پارامترهای مدل (ضرایب رگرسیون)	R^2 جزء	R^2 مدل	F
تعداد دانه در طبق	۰/۷۷	۰/۵۰	۰/۵۰	۱۰۳/۲۹**
تعداد طبق در بوته	۰/۴۰	۰/۲۹	۰/۷۹	۱۴۱/۱۲**
وزن هزار دانه	۰/۴۹	۰/۰۹	۰/۸۸	۱۷/۰۱**
قطر طبق	۵/۳۶	۰/۰۱	۰/۸۹	۹/۶۸**
تعداد شاخه	−۰/۷۵	۰/۰۱	۰/۹۰	۴/۱۶*
عرض از مبدا	-۲۸/۷۶			۵۲/۳۳**

*، **: به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد، ۱ درصد

در شرایط تنش رطوبتی سه متغیر وارد مدل شدند که در مجموع ۷۹٪ از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمودند (جدول ۶). به‌طوری که همانند شرایط عادی رطوبتی، تعداد دانه در طبق نخستین متغیر وارد شده به مدل بود که ۴۳٪ از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمود. در مراحل بعدی به‌ترتیب تعداد طبق و وزن هزار دانه وارد مدل شدند (جدول ۶). نتایج نشان می‌دهد که در هر دو شرایط رطوبتی، صفات تعداد دانه در طبق، تعداد طبق و وزن هزار دانه دارای اهمیت بیشتر است و این صفات نیز تأثیر مثبت بر عملکرد دارند و ارقامی که از نظر این صفات برتر باشند عملکرد بیشتری نیز خواهند داشت. با این وجود، نسبت اهمیت این صفات در محیط عدم تنش و تنش و ضرایبی که این صفات در مدل رگرسیونی دارند تا حدودی متفاوت بود.

به منظور تفسیر بهتر نتایج به‌دست آمده از رگرسیون مرحله‌ای، تجزیه علیت برای عملکرد دانه انجام شد. نتایج تجزیه علیت برای عملکرد در شرایط عدم تنش رطوبتی (جدول ۷) نشان داد که اثر مستقیم تعداد طبق زیاد (۰/۷۱) و بیشترین اثر غیرمستقیم آن از طریق تعداد شاخه اصلی (۰/۳۰+) و وزن هزار دانه (۰/۲۵−) بود. پس از آن، تعداد دانه در طبق بیشترین اثر مستقیم (۰/۶۷) را بر عملکرد دانه داشت و از طریق قطر طبق بیشترین اثر غیرمستقیم را بر عملکرد دانه داشت. اثر مستقیم وزن هزار دانه، قطر طبق و تعداد شاخه اصلی مثبت و به‌ترتیب ۰/۲۳، ۰/۳۲ و ۰/۲۵ برآورد گردید.

نتایج تجزیه علیت برای عملکرد دانه در شرایط تنش رطوبتی (جدول ۸) نشان داد که بیشترین اثر مستقیم مربوط به تعداد دانه در طبق (۰/۷۵) و تعداد طبق در بوته (۰/۵۰) است و اثر مستقیم وزن هزار دانه و قطر طبق به‌صورت مثبت (۰/۲۵) برآورد گردید. تعداد دانه در طبق از طریق صفات وزن هزار دانه (۰/۲۰-) و تعداد طبق در بوته (۰/۳۰-) اثر غیرمستقیم منفی و از طریق قطر طبق (۰/۳۴) اثر غیرمستقیم مثبت بر عملکرد دانه گذاشت. در شرایط تنش، تعداد شاخه اصلی کمترین اثر مستقیم را دارا بود و دارای اثر غیرمستقیم مثبت و زیاد (۰/۳۵) بر تعداد طبق در بوته بود. در مجموع، نتایج تجزیه علیت نشان داد که در شرایط عدم تنش رطوبتی، تعداد طبق در بوته با دارا بودن بیشترین اثر مستقیم می‌تواند بیشترین نقش را در افزایش عملکرد دانه ایفا نماید. مطالعات حاتم زاده (۱۱) و هم‌چنین امینی و همکاران (۱) در شرایط عدم تنش نتایج این مطالعه را تأیید می‌کند. ردی و همکاران (۱۷) با مطالعه همبستگی و تجزیه علیت در گلرنگ بیان کردند که تعداد طبق در گیاه، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه بیشترین سهم را در عملکرد دانه داشتند. در شرایط تنش، صفت تعداد دانه در طبق بیشترین اثر مستقیم را داشت. در هر دو شرایط رطوبتی، تعداد دانه در طبق

جدول۶. نتایج رگرسیون مرحله‌ای برای عملکرد دانه به‌عنوان متغیر تابع در برابر سایر صفات در شرایط تنش خشکی در گونه‌های گلرنگ

متغیر اضافه شده به مدل	پارامترهای مدل (ضرایب رگرسیون)	R^2 جزء	R^2 مدل	F
تعداد دانه در طبق	۰/۵۳	۰/۴۳	۰/۴۳	۵۴/۶۵**
تعداد طبق در بوته	۰/۲۰	۰/۲۶	۰/۶۹	۱۹/۷۹**
وزن هزار دانه	۰/۲۴	۰/۱۰	۰/۷۹	۹/۸۶ **
عرض از مبدا	-۲۰/۵۱			۴۲/۶۲**

* ، **: به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد، ۱ درصد

جدول ۷. نتایج تجزیه ضرایب مسیر عملکرد دانه در پنج گونه گلرنگ تحت شرایط عدم تنش خشکی

	صفت	اثر مستقیم	اثر غیرمستقیم از طریق					ضریب همبستگی با عملکرد دانه
			۱	۲	۳	۴	۵	
۱	تعداد دانه در طبق	۰/۶۷*	–	-۰/۲۰	-۰/۱۷	۰/۴۱	-۰/۱۰	۰/۶۱
۲	وزن هزار دانه (g)	۰/۲۳ns	۰/۰۰۱	–	-۰/۰۸	۰/۰۹	-۰/۰۲	۰/۲۲
۳	تعداد طبق در بوته	۰/۷۱*	-۰/۰۹	-۰/۲۵	–	-۰/۱۹	۰/۳۰	۰/۴۸
۴	قطر طبق (cm)	۰/۳۲*	۱۴	۰/۰۸	-۰/۰۴	–	۰/۰۵	۰/۵۵
۵	تعداد شاخه اصلی	۰/۲۵ns	-۰/۰۴	-۰/۰۶	۰/۳۵	-۰/۰۳	–	۰/۴۷
	باقیمانده=۰/۳۰							

ns ،* و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۸. نتایج تجزیه ضرایب مسیر عملکرد دانه در پنج گونه گلرنگ تحت شرایط تنش خشکی

	صفت	اثر مستقیم	اثر غیرمستقیم از طریق صفت					ضریب همبستگی با عملکرد دانه
			۱	۲	۳	۴	۵	
۱	تعداد دانه در طبق	۰/۷۵*	-	-۰/۲۰	-۰/۳۰	۰/۳۴	۰/۰۶	۰/۶۵
۲	وزن هزار دانه (g)	۰/۲۵ns	-۰/۰۵	-	-۰/۰۴	۰/۰۶	-۰/۰۲	۰/۲۰
۳	تعداد طبق در بوته	۰/۵۰*	-۰/۲۶	-۰/۰۹	-	-۰/۰۷	۰/۳۴	۰/۲۶
۴	قطر طبق (cm)	۰/۲۵ns	۰/۳۵	۰/۰۴	-۰/۰۲	-	۰/۰۴	۰/۶۴
۵	تعداد شاخه اصلی	۰/۱۳ns	۰/۰۱	-۰/۰۱	۰/۳۵	۰/۰۷	-	۰/۵۵
	باقیمانده=۰/۳۲							

ns ،* و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

اثر غیرمستقیم زیاد از طریق قطر طبق داشت و این موضوع دلالت بر این دارد که هرچه قطر طبق بیشتر شود تعداد دانه‌های درون طبق نیز افزایش می‌یابد. هم‌چنین، در هر دو شرایط رطوبتی، تعداد طبق از طریق تعداد شاخه اصلی نیز اثر غیرمستقیم زیادی داشت.

نتایج تجزیه به عامل‌ها برای کلیه صفات اندازه‌گیری شده در شرایط عادی و تنش رطوبتی روی ۴۶ ژنوتیپ مورد بررسی در جدول ۹ آمده است. تجزیه و تحلیل عاملی در محیط عدم

جدول ۹. نتایج تجزیه به عامل‌ها شامل بار عامل‌ها، نسبت واریانس توجیه شده هر عامل، نسبت تجمعی واریانس در گونه‌های گلرنگ تحت شرایط عدم تنش و تنش

صفات	عدم تنش				تنش			
	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم	عامل چهارم	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم	عامل چهارم
روز تا ساقه‌دهی	-۰/۲۰	۰/۷۶	۰/۵۲	-۰/۱۰	-۰/۳۲	۰/۸۲	-۰/۲۰	-۰/۲۹
روزتا د تکمه‌دهی	-۰/۲۱	۰/۵۲	۰/۷۴	۰/۰۳	-۰/۲۵	۰/۸۷	-۰/۱۵	-۰/۰۷
روز تا گل‌دهی	-۰/۳۰	۰/۷۴	۰/۵۲	۰/۰۸	-۰/۳۱	۰/۸۸	-۰/۱۷	۰/۱۰
روز تا رسیدگی	-۰/۲۵	۰/۸۳	۰/۴۰	۰/۰۳	-۰/۴۲	۰/۸۷	-۰/۱۰	-۰/۰۶
رنگ گل نهایی	-۰/۱۵	-۰/۷۲	-۰/۰۲	-۰/۵۱	۰/۲۶	-۰/۳۳	-۰/۰۷	-۰/۱۹
رنگ گل اولیه	-۰/۱۴	-۰/۸۹	-۰/۰۸	-۰/۱۸	۰/۰۷	-۰/۴۹	۰/۰۸	۰/۱۵
مقاومت به ورس	۰/۰۸	۰/۹۳	۰/۱۰	-۰/۱۳	-۰/۶۱	۰/۶۴	-۰/۰۲	-۰/۳۵
رنگ برگ	-۰/۴۳	۰/۶۲	۰/۲۲	-۰/۵۱	-۰/۳۶	۰/۷۴	-۰/۱۳	۰/۵۰
تعداد شاخه اصلی	۰/۶۹	-۰/۳۳	-۰/۳۶	-۰/۱۴	۰/۰۳	-۰/۵۵	۰/۴۰	-۰/۵۷
خارداری	-۰/۰۹	۰/۹۶	۰/۱۷	۰/۰۳	-۰/۶۲	۰/۷۱	-۰/۱۵	-۰/۱۸
ارتفاع (cm)	-۰/۵۳	-۰/۳۱	۰/۳۶	۰/۱۶	۰/۳۲	-۰/۰۱	-۰/۰۴	۰/۶۴
ریزش	-۰/۳۴	۰/۷۸	۰/۴۴	-۰/۳۲	-۰/۳۱	۰/۸۹	-۰/۱۹	-۰/۰۷
درصد روغن	-۰/۱۴	۰/۰۳	۰/۸۱	-۰/۱۴	۰/۲۰	-۰/۵۴	۰/۲۰	۰/۰۰
تعداد طبق در بوته	۰/۷۷	۰/۲۳	-۰/۲۷	۰-/۳۲	۰/۰۴	-۰/۰۵	۰/۸۸	-۰/۳۴
قطر طبق (cm)	۰/۱۱	-۰/۷۸	-۰/۱۳	۰/۳۹	۰/۳۶	-۰/۶۰	۰/۲۷	۰/۳۵
عملکرد طبق در بوته (g)	۰/۸۴	-۰/۲۴	-۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۰۹	-۰/۰۷	۰/۹۸	-۰/۰۲
تعداد دانه در طبق	۰/۱۷	-۰/۷۳	-۰/۰۲	۰/۴۴	۰/۵۳	-۰/۷۷	-۰/۱۷	-۰/۱۸
عملکرد دانه در بوته (g)	۰/۶۵	-۰/۶۲	-۰/۱۴	۰/۲۰	۰/۶۳	-۰/۵۱	۰/۷۳	۰/۲۱
وزن هزار دانه (g)	-۰/۱۳	-۰/۱۰	-۰/۱۷	۰/۸۳	-۰/۲۷	-۰/۲۳	-۰/۰۹	۰/۷۵
واریانس توجیه شده	۰/۵۲	۰/۱۵	۰/۱۰	۰/۰۵	۰/۵۶	۰/۱۴	۰/۰۹	۰/۰۶
واریانس توجیه شده تجمعی	۰/۵۲	۰/۶۷	۰/۷۷	۰/۸۲	۰/۵۶	۰/۷۰	۰/۷۹	۰/۸۵
ریشه مشخصه	۸/۷۵	۳/۱۵	۲/۶۲	۱/۹۱	۷/۷۵	۴/۲۰	۲/۸۲	۲/۳۱

تنش نشان داد که چهار عامل اول رویهم رفته ۸۲/۶ درصد از تغییرات موجود بین صفات را توجیه می‌کنند. عامل اول ۵۱٪ از واریانس بین صفات را به خود اختصاص داد و نقش مهمی در متغیرهای تعداد شاخه اصلی، تعداد طبق در بوته، عملکرد طبق در بوته و عملکرد دانه در بوته ایفا نمود. لذا این عامل تحت عنوان عامل مخزن نامیده شد. عامل دوم در حدود ۱۵٪ از واریانس را توجیه نمود. ضرایب عاملی صفات روز تا ۵۰٪ تکمه‌دهی، روز تا ٪ گل‌دهی، روز تا ۵۰٪ رسیدگی، رنگ برگ و خارداری مثبت و زیاد بود. بنابراین عامل دوم، عامل فنولوژی نام‌گذاری شد. عامل سوم ۱۰٪ از تغییرات را به خود اختصاص داده و نقش مهمی در توجیه صفت روغن ایفا نمود و این عامل روغن نامیده شد. عامل چهارم که ۵٪ از تغییرات را توجیه کرد ضریب عاملی برای صفات تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه زیاد بود که این عامل اجزای عملکرد (سرمایه اقتصادی) نام‌گذاری شد. در شرایط تنش، عامل اول ۵۵٪ از تغییرات واریانس را توجیه کرد و اجزای عملکرد (سرمایه اقتصادی) نام‌گذاری شد. عامل دوم ۱۴٪ از واریانس را به خود اختصاص داد و عامل فنولوژی نامیده شد. عامل سوم ۹٪ از واریانس را توجیه کرد و عامل مخزن نام‌گذاری شد و آخرین عامل ۶٪ از تغییرات را توجیه کرد و به‌عنوان عامل وزن هزار دانه در نظر گرفته شد. حاتم‌زاده (۱۱) در بررسی ۵۶ ژنوتیپ گلرنگ بیان کرد که عامل‌ها به‌ترتیب عامل بهروری، مخزن و سرمایه ثابت گیاه می‌باشند. گلپریار و همکاران (۱۰) در بررسی ژنوتیپ‌های گندم گزارش کردند که چهار عامل اول در شرایط عدم تنش و تنش خشکی به‌ترتیب ۸۷ و ۸۹ درصد از تغییرات واریانس را توجیه کردند. به‌طوری‌که سهم عامل‌ها و نام‌گذاری عامل‌ها در دو محیط عدم تنش و تنش متفاوت بود. اشکانی و همکاران (۲) در تحقیقی، پنج عامل را که ۹۶٪ از تغییرات کل داده‌ها را توجیه می‌کرد در شرایط آبیاری محدود معرفی کردند. آنها عاملی را که در آن عملکرد دانه دارای بزرگ‌ترین ضریب عاملی معنی‌دار بود عامل بهره‌وری نامیدند.

نتیجه‌گیری

در مجموع، نتایج این پژوهش با بهره‌گیری از نمونه‌های گلرنگ زراعی و چهار گونه خویشاوند آن توانست روابط بین خصوصیات مهم اقتصادی با سایر ویژگی‌های گیاه را مشخص نماید. بسیاری از این روابط با همبستگی‌های ژنتیکی زیاد نیز تأیید شدند. همبستگی ژنتیکی زیاد می‌تواند ناشی از لینکاژ ژنی و یا پدیده پلیوتروپی باشد که در اصلاح غیر مستقیم صفات بسیار حائز اهمیت می‌باشد. به طور کلی، نتایج در هر دو شرایط عدم تنش و تنش حاکی از آن است که سه صفت تعداد دانه در طبق، تعداد طبق در بوته و وزن هزار دانه به ترتیب از اهمیت نسبی بیشتری در تعیین عملکرد برخوردار بودند. ولی اهمیت و توجیه صفات در این دو محیط رطوبتی تا حدودی متفاوت بود که می‌تواند پس از مطالعات بیشتر، در برنامه‌های اصلاحی گلرنگ، به‌ویژه روش‌های انتخاب غیر مستقیم، برای بهبود عملکرد دانه مورد استفاده قرار گیرد. همچنین، با توجه به نتایج تجزیه به عامل‌ها، واکنش ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف متفاوت بود. به‌طوری که ترتیب و اهمیت عوامل شناسایی شده تا حدودی متفاوت است. این امر بایستی در اصلاح برای تحمل به خشکی مد نظر قرار گیرد.

سپاسگزاری

بخشی از هزینه اجرای این پژوهش از محل اعتبارات طرح شماره ۹۰۰۰۲۵۴۲ صندوق پژوهشگران کشور تأمین شده است که بدین وسیله قدردانی می‌گردد.

منابع مورد استفاده

1. Amini, F., Gh. Saeedi and A. Arzani. 2008. The relationship between yield and its components in safflower genotypes. *Journal of Agricultural Science and Natural Resources* 45: 525- 535. (In Farsi).

2. Ashkani, J., H. Pakniat and V. Ghotbi. 2004. Study on traits in relation to seed yield in spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.) using genetic factor analysis. Proceeding of the 8th Iranian Congress of Crop Sciences, Guilan University, Rasht, Iran, pp. 8-9. (In Farsi).
3. Ashri, A. 1975a. Evaluation of the germplasm collection of safflower *Carthamus tinctorius* L. V. Distribution and regional divergence for morphological characters. *Euphytica* 24: 651-659.
4. Ashri, A., D. E. Zimmer, A. L. Urie, A. Cahaner and P. F. Knowles. 1975b. Evaluation of the germplasm collection of safflower *Carthamus tinctorius* L. VI. Length of planting to flowering period and plant height in Israel, Utah and Washington. *Theoretical and Applied Genetics* 46: 356-364.
5. Bagheree, A., B. Yazdi Samadi, M. Tayeb and M. R. Ahmadi. 2001. Study of correlation between yield and other quantitative and qualitative characters of safflower. *Iranian Journal of Agricultural Science* 32: 295-307.
6. Dewey, D. R. and K. H. Lu. 1959. A correlation and path analysis of component of crested wheat grass seed production. *Agronomy Journal* 51: 515-518.
7. Ekin, Z. 2005. Resurgence of sofflower (*Carthamus tinctorius*) utilization: A global view. *Agronomy Journal* 4: 83-87.
8. Ferriol, M., B. Pico and F. Nuez. 2003. Genetic diversity of a germplasm collection of *Cucurbita pepo* using SRAP and AFLP markers. *Theoretical and Applied Genetics* 107: 271-282.
9. Garcia Del Moral, L. F., J. M. Ramos, M. B. Garcia Del Moral and P. Jimenez-Tejada. 1991. Ontogenetic approach to grain production in spring barley based on path coefficient analysis. *Crop Science* 31: 1179-1185.
10. Golparyar, A., M. Ghanadha, A. Zali, A. Ahmadi, E. Harvan and A. Ghasemi Pirbalooti. 2007. Factor analysis of morphological and morpho-physiological traits in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under drought and non-drought sStress conditions. *Pajouhesh and Sazandegi* 19: 52-59 (In Farsi).
11. Hatamzadeh, H. 2008. Study on traits related to seed yield in safflower by factor analysis. *Plant and Seed* 24: 563-578. (In Farsi).
12. Hong, B., S. L. ZongSuo and S. MingAn. 2006. Osmotic regulation of 10 wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes at soil water deficits. *Biointerfaces* 47: 132-139.
13. Mahajan, S. and N. Tuteja. 2005. Cold, salinity and drought stresses: An overview. *Journal of Biochemistry and Biophysiol*ogy 444: 139-158.
14. Majidi, M. M. and A. Arzani. 2009. Study of relationship between morphological, agronomic and qualitative traits in sainfoin populations (*Onobrychis viciifolia* Scop). *Plant Production Researches* 2: 172-159.
15. 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.
16. Pourdad, S. 1999. Primary evaluation of safflower germplasm in rainfall condition. *Dryland Agriculture Research Institute of Iran*, No. 87.650. 2 p.
17. Reddy, A. R., K. V. Chaitanya and M. V. Vivekandan. 2004. Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Journal of Plant Physiology* 161: 1189-1202.
18. Reynolds, M. P., S. Rajaram and K. D. Sayre. 1999. Physiological and genetic changes of irrigated wheat in the post-green revolution period and approaches for meeting projected global demand. *Crop Sciences* 39: 1611-1621.
19. Sangman, L. D., H. D. Upadhyaya and D. M. Hegda. 2005. Development of core collection using geographic information and morphological descriptors in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) germplasm. *Genetic Resources and Crop Evolution* 52: 821-830.
20. Tuncturk, M. and C. Vahdettin. 2004. Relationship among traits using correlation and path coefficient analysis in safflower. *Asian Journal of Plant Sciences* 3: 683-686.
21. Westerlund, E., R. Anderson, M. Hanalain and P. Aman. 1991. Principal component analysis: An efficient tool for selection of wheat samples with wide variation in properties. *Cereal Science* 14: 95-104.
22. Yoguoy, J., K. Dingming, J. Yunfen and Z. Jikeng. 1993. The analysis of the growth of safflower. Proceeding of the 3rd International Safflower Conference, Bijing, China, pp. 481-488.
23. Zope, R. E., B. K. Katule and D. Ghorpade. 1998. Seed filing duration and yield in safflower. *Sesame and Safflower Newsletter* 4: 39-45.