



بررسی روابط صفات و تجزیه علیت در توده‌های گلرنگ وحشی (*Carthamus oxyacanthus*) و

لاین‌های گلرنگ اهلی (*C. tinctorius* L.) در شرایط تنش و بدون تنش خشکی

وحید توکلی^۱، * محمد مهدی مجیدی^۲، آقافخر میرلوحی^۳ و محمدرضا سبزه‌علیان^۲

^۱ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه اصلاح نباتات، دانشگاه صنعتی اصفهان، آستادیار گروه اصلاح نباتات،

دانشگاه صنعتی اصفهان، آستاد گروه اصلاح نباتات، دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۹/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۴/۲۲

چکیده

به منظور بررسی همبستگی صفات، کشف روابط پنهانی حاکم بر آنها و تعیین مهم‌ترین اجزای دخیل در توجیه تنوع عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های گلرنگ اهلی و وحشی و تأثیر تنش رطوبتی بر این پارامترها، آزمایشی در سال ۱۳۸۷ در مزرعه دانشگاه صنعتی اصفهان اجرا گردید. نتایج نشان داد که گونه وحشی در شرایط تنش عملکرد خود را تا حدود زیادی حفظ می‌کند. تحت شرایط عادی رطوبتی در ژنوتیپ‌های اهلی صفات تعداد دانه در طبق، روز تا گل‌دهی، وزن دانه در طبق و ارتفاع بوته بالاترین همبستگی مثبت را با عملکرد داشتند. همین روابط تحت شرایط تنش رطوبتی نیز صادق بود با این تفاوت که عملکرد دانه با تعداد دانه در طبق همبستگی نداشت. در ژنوتیپ‌های وحشی تحت شرایط بدون تنش رطوبتی عملکرد دانه با تعداد طبق در بوته و وزن دانه در طبق همبستگی مثبت دارا بود در حالی که تحت شرایط تنش عملکرد دانه با ارتفاع، تعداد طبق در بوته و وزن هزاردانه همبستگی مثبت داشت. نتایج رگرسیون گام به گام بیان‌گر آن بود که نوع و ترتیب اهمیت اجزای عملکرد در گلرنگ اهلی بیش‌تر از شرایط کمبود آب و خشکی متأثر می‌گردد. تجزیه علیت نشان داد که در هر دو گونه اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات بر عملکرد دانه تحت شرایط تنش و بدون تنش متفاوت است. به طوری که در شرایط آبیاری کافی، گیاه از طریق تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق به طور مستقیم بر عملکرد دانه تأثیر می‌گذارد ولی در شرایط تنش خشکی وزن هزاردانه یک عامل مؤثر در تبیین تغییرات عملکرد است. در مجموع نتایج نشان داد که گونه وحشی از تحمل بالایی به تنش خشکی برخوردار است و می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی گلرنگ استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: تجزیه علیت، خشکی، گلرنگ وحشی، همبستگی.

* مسئول مکاتبه: majidi@cc.iut.ac.ir

مقدمه

گلرنگ (*Carthamus tictorius* L.) به‌عنوان یک گیاه دانه روغنی در بسیاری از کشورها به‌ویژه مناطق خشک (مانند هند، پاکستان، ایران، برخی ایالات آمریکا و...) کشت و کار می‌شود (موندل و برگمن، ۲۰۰۹). این گیاه به‌طور سنتی برای استفاده از گل آن به‌منظور بهبود رنگ و طعم غذا و حتی به‌عنوان یک گیاه دارویی استفاده می‌شده است (داجو و ماندل، ۱۹۹۶). تولید جهانی گلرنگ از دیگر گیاهان دانه روغنی کم‌تر است که علت آن عملکرد پایین این گیاه به‌ویژه در رویارویی با تنش‌های محیطی است (سبزیلیان و همکاران، ۲۰۰۹). در ایران علاوه‌بر گونه زراعی (*Carthamus tinctorius* L.) گونه‌های وحشی آن نیز در بسیاری از مناطق به وفور یافت می‌شود. براساس اطلاعات ارایه شده توسط رچینگر در فلور ایرانیکا (دیتریچ و همکاران، ۱۹۷۹) به‌نظر می‌رسد گونه *C. oxyacanthus* و *C. lanatus* بیش‌ترین تنوع، پراکنش و سازگاری را با شرایط اقلیمی ایران داشته باشند و به‌عنوان محتمل‌ترین اجداد گلرنگ به تنش‌های محیطی از اهمیت و ارزش زیادی برخوردارند و احتمالاً بتوان از آن‌ها در اصلاح گلرنگ و افزایش توسعه کشت آن استفاده نمود.

مطالعه روابط صفات مختلف در برنامه‌های به‌نژادی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است زیرا که ممکن است انتخاب برای یک یا چند صفت موجب تأثیر بر صفات دیگر شود بنابراین بررسی همبستگی بین صفات می‌تواند متخصصان اصلاح نباتات را در انجام گزینش غیرمستقیم برای صفات مهم زراعی و از طریق صفاتی که اندازه‌گیری آن‌ها آسان‌تر است، یاری نماید (مجیدی و میرلوحی، ۲۰۰۹). تجزیه علیت یکی از راه‌های کاربردی برای تجزیه همبستگی صفات و پی بردن به اثرات مستقیم و غیرمستقیم آن‌ها می‌باشد (مونتگومری و پیک، ۲۰۰۷). در برنامه‌های به‌نژادی تعیین صفات هم‌بسته یا یک صفت موردنظر که بیش‌ترین نقش را در بروز آن دارند، دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد. در این رابطه می‌توان از تجزیه رگرسیون استفاده نمود، ولی کارایی رگرسیون چندگانه به‌علت مواجه شدن با مسأله هم‌راستایی بین صفات و محدودیت در بیان روابط علت و معلولی بین تعداد زیادی از صفات مورد تردید است (جانسون و ویچرن، ۲۰۰۷؛ نکدت و اسندال، ۲۰۰۶). بنابراین برای فائق آمدن بر مشکلات رگرسیون و همبستگی چندگانه، از تجزیه به عامل‌ها استفاده می‌شود (لاولی و مکسول، ۱۹۶۳). تجزیه به عامل‌ها روش چندمتغیره قدرتمندی است که برای برآورد اجزای عملکرد (گورتین و بایل، ۱۹۸۲)، استخراج زیرمجموعه‌ای از متغیرهای همسان و کاهش تعداد زیادی از صفات هم‌بسته به تعداد کمی از عامل‌ها

(جانسون و ویچرن، ۲۰۰۷) و تشریح همبستگی‌های بین متغیرها (لاولی، ۱۹۴۱) به کار برده شده است. امینی و سعیدی (۲۰۰۸) با بررسی گلرنگ‌های اهلی گزارش کردند که عملکرد دانه با صفات تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق همبستگی معنی‌داری داشت. همچنین در مطالعه آن‌ها تجزیه رگرسیون مرحله‌ای نشان داد که تعداد دانه در طبق و تعداد طبق در بوته بیش‌ترین سهم را در توجیه تغییرات عملکرد دانه داشتند. ابوالحسنی (۲۰۰۳) در مطالعه‌ای بر روی گیاه گلرنگ نشان دادند که صفت تعداد دانه در طبق بیش‌ترین سهم را در توجیه عملکرد دارد. سابالاشمی و سواسوبرامین (۱۹۸۶) همبستگی تعداد انشعاب در بوته با تعداد طبق در بوته را مثبت و معنی‌دار گزارش نمودند و بیان کردند که تعداد انشعاب در بوته، تعداد طبق در بوته و وزن طبق اثرات مستقیم و زیادی بر عملکرد دانه گلرنگ دارد. آچاریا و همکاران (۱۹۹۴) نیز با استفاده از تجزیه علیت برای عملکرد دانه گلرنگ و در شرایط رطوبت محدود خاک اعلام کردند تنوع موجود برای عملکرد دانه در بین ژنوتیپ‌ها بیش‌تر به تنوع وزن دانه و تعداد طبق در بوته اختصاص داشته است. نقش متفاوت بعضی از صفات مانند ارتفاع، روز تا پایان گل‌دهی و روز تا رسیدگی در تعیین عملکرد دانه در بوته می‌تواند به علت نقش جبرانی اجزای عملکرد دانه باشد که تحت شرایط محیطی مختلف متفاوت است. اشکانی و همکاران (۲۰۰۷) با استفاده از تجزیه به عامل‌ها تعداد ۶ فاکتور اصلی را شناسایی کردند که در مجموع ۸۰ درصد از واریانس کل داده‌ها را در گلرنگ توجیه نمود.

با توجه به این‌که مطالعات اندکی در زمینه بررسی روابط صفات در گلرنگ به‌ویژه تحت شرایط مختلف رطوبتی انجام شده است و از طرفی گزارشی در رابطه با نحوه تأثیرپذیری ویژگی‌های مختلف گلرنگ وحشی *C. Oxycanthus*، به‌عنوان یکی از اجداد تلاقی‌پذیر با گلرنگ زراعی، در دسترس نمی‌باشد، این مطالعه با هدف بررسی همبستگی صفات، تعیین آثار مستقیم و غیرمستقیم صفات بر عملکرد دانه، تعیین مهم‌ترین اجزای دخیل در توجیه تنوع عملکرد دانه و کشف روابط پنهانی خاکم بر گروه متغیرها در ژنوتیپ‌های گلرنگ اهلی و وحشی تحت شرایط عادی و محدودیت شدید رطوبتی صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۸۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان اجرا گردید. خاک مزرعه دارای بافت لوم رسی با جرم مخصوص ظاهری ۱/۴ گرم بر سانتی‌مترمکعب و

اسیدیته ۷/۳ بود. در این آزمایش تعداد ۲۰ ژنوتیپ شامل لاین‌های اصلاحی، توده‌های بومی گلرنگ اهلی و گلرنگ‌های وحشی به‌عنوان مواد ژنتیکی استفاده گردید (جدول ۱). این ژنوتیپ‌ها در دو محیط رطوبتی مختلف شامل بدون تنش (آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر از تشتک تبخیر کلاس A و تنش شدید (آبیاری پس از ۱۸۰ میلی‌متر از تشتک تبخیر کلاس A) ارزیابی شدند. طرح استفاده شده در هر تیمار رطوبتی بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار بود. در هر تیمار رطوبتی تا مرحله تکمه‌دهی آبیاری به‌طور هم‌زمان انجام شد و از آن پس آبیاری براساس تبخیر از تشت تبخیر کلاس A صورت گرفت. به‌طوری‌که در تیمار نبود تنش آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و در تیمار تنش شدید آبیاری پس از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A صورت پذیرفت. برای کنترل آب آبیاری از سرریز مستطیل‌شکل استفاده و برای تعیین حجم آب مورد نیاز در هر آبیاری، قبل از آبیاری نمونه‌برداری از خاک تا عمق ۵۰ سانتی‌متر انجام گرفت و براساس درصد رطوبت وزنی خاک، حجم آب مصرفی محاسبه گردید.

در هر واحد آزمایشی پس از حذف اثر حاشیه، تعداد ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و مجموعه‌ای از خصوصیات فنولوژیک، مرفولوژیک، عملکرد دانه و اجزای آن اندازه‌گیری گردید. تجزیه واریانس به‌صورت تجزیه مرکب (ترکیب دو آزمایش تنش و بدون تنش) انجام گردید. به‌منظور تعیین ارتباط بین صفات مختلف، ابتدا همبستگی فنوتیپی ساده بین صفات محاسبه شد. سپس از رگرسیون گام به گام به‌منظور انتخاب زیرمجموعه‌ای از صفات که سهم بیشتری در توجیه تنوع عملکرد دانه دارند، استفاده گردید (مونتگومری و پیک، ۲۰۰۷). از تجزیه عامل‌ها به‌منظور گروه‌بندی صفات و کشف روابط پنهانی بین آن‌ها استفاده گردید. در این پژوهش تجزیه به عامل‌ها به روش مؤلفه‌های اصلی انجام و عامل‌ها به‌منظور توجیه بهتر به روش وریماکس دوران داده شدند (جانسون و ویچرن، ۲۰۰۷). تجزیه‌های آماری به کمک نرم‌افزار SAS و SPSS و داده‌پردازی به کمک نرم‌افزار Excel انجام گردید. مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD صورت پذیرفت.

جدول ۱- ژنوتیپ‌های مورد مطالعه گلرنگ به تفکیک اهلی وحشی.

منشاء	ژنوتیپ	گونه	شماره
کانادا	AC-stirling		۱
لاین - اصفهان - کوسه	C111		۲
لاین - اصفهان - کوسه	C4110		۳
لاین - مرکزی	M113		۴
لاین - مرکزی	M115		۵
لاین - اصفهان	S149		۶
لاین - اصفهان	S144		۷
لاین - اراک	۲۸۱۱ اراک		۸
کاشان	کاشان		۹
کردستان	کردستان		۱۰
کوسه	کوسه		۱۱
کانادا	Saffire		۱۲
شیراز	شیراز		۱۳
الیگودرز	الیگودرز		۱۴
اراک	اراک وحشی		۱۵
آذربایجان	آذری		۱۶
همدان	همدان		۱۷
کرمانشاه	کرمانشاه		۱۸
نجف‌آباد	لورک		۱۹
شیراز	شیراز وحشی		۲۰

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ژنوتیپ و محیط رطوبتی برای بیش‌تر صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود (نتایج نشان داده نشده است). نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲) نشان می‌دهد که تفاوت زیادی بین ژنوتیپ‌های دو گونه اهلی و وحشی از نظر تحمل به تنش خشکی وجود دارد. رقم C4110 که یک لاین انتخابی از توده محلی اصفهان بود بیش‌ترین عملکرد دانه را در شرایط بدون تنش به خود اختصاص داد در حالی که در شرایط تنش رقم کاشان بیش‌ترین عملکرد را داشت. با

این حال معیار تحمل به خشکی درصد کاهش صفت در دو محیط است. کمترین درصد کاهش مربوط به ارقام وحشی بود. به طور کلی به طوری که با اعمال تنش عملکرد نمونه‌های اهلی به طور معنی‌داری کاهش یافت (میانگین ۶۴/۵ درصد) در حالی که درصد کاهش این صفت در ژنوتیپ‌های وحشی ۱۴/۲۷ درصد بود که این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار نبود. در ژنوتیپ‌های اهلی، تنش رطوبتی علاوه بر عملکرد دانه، مهم‌ترین اجزا عملکرد (تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزاردانه) را نیز به طور معنی‌داری کاهش داد. وزن هزاردانه نسبت به دیگر اجزای عملکرد کم‌تر تحت تأثیر تنش قرار گرفت. در گونه وحشی نه تنها میزان کاهش اجزای عملکرد تحت شرایط تنش کم‌تر بود، بلکه در برخی از ژنوتیپ‌ها، تنش خشکی باعث بهبود برخی خصوصیات نیز گردید که بارزترین آن‌ها صفت تعداد طبق در بوته می‌باشد به طوری که به عنوان مثال در رقم اراک وحشی این صفت تا ۸۴ درصد افزایش نشان داد (جدول ۲). با این حال بین ژنوتیپ‌های گلرنگ وحشی نیز از نظر عملکرد و اجزای عملکرد و نیز واکنش آن‌ها به شرایط تنش خشکی تنوع دیده شد. این نتایج نشان می‌دهد که گونه وحشی حتی در شرایط تنش، عملکرد خود را تا حدود زیادی حفظ می‌کند و نوعی پایداری عمومی تحت شرایط تنش از خود نشان می‌دهد.

ضرایب همبستگی فنوتیپی بین صفات مختلف ژنوتیپ‌های گلرنگ اهلی در شرایط بدون تنش رطوبتی (پایین قطر) و تنش رطوبتی (بالای قطر) در جدول (۲) نشان داده شده است. در محیط بدون تنش رطوبتی همبستگی مثبت و معنی‌داری بین صفت تعداد روز تا شروع گل‌دهی با صفات تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی و روز تا پایان گل‌دهی مشاهده گردید در حالی که سه صفت یاد شده (مربوط به زمان‌های گل‌دهی) با روز تا پایان رسیدگی همبستگی معنی‌داری نداشتند. با توجه به این‌که کل دوره رشد گیاه را می‌توان به دو دوره رشد رویشی (از زمان کاشت تا گل‌دهی) و رشد زایشی (از گل‌دهی تا رسیدگی) تقسیم نمود، چنین به نظر می‌رسد که تحت شرایط عادی رطوبت ارتباطی بین طول این دو دوره وجود ندارد. این در حالی است که تحت شرایط تنش رطوبتی همبستگی معنی‌داری بین صفات مربوط به زمان گل‌دهی با روز تا رسیدگی وجود داشت. به عبارت دیگر تنش خشکی به عنوان یک عامل مشترک باعث ایجاد نوعی همبستگی بین دو دوره یاد شده (رویشی و زایشی) شده و به عنوان یک عامل کاهنده باعث کاهش هر دو دوره گردیده است. این نتیجه‌گیری با نتایج خیدیر (۱۹۷۴) و پاسکول و یلابوس و آلبورکورگ (۱۹۹۶) مطابقت دارد. تحت هر دو شرایط تنش و نبود تنش رطوبتی همبستگی هر یک از صفات فنولوژیک (روز تا شروع گل‌دهی، روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی، روز تا پایان

گل‌دهی و روز تا رسیدگی) با ارتفاع بوته، تعداد دانه در طبق، وزن دانه در طبق و عملکرد دانه مثبت و معنی‌دار بود. به‌نظر می‌رسد هرچه دوره رشد رویشی و زایشی گیاه طولانی‌تر باشد، امکان فتوسنتز و ذخیره غذایی آن افزایش می‌یابد و در نتیجه باعث افزایش عملکرد دانه می‌گردد. نتایج به‌دست آمده با نتایج دیگر محققان در گلرنگ مطابقت دارد (ابوالحسنی، ۲۰۰۳؛ امینی و همکاران، ۲۰۰۸؛ اشکانی و همکاران، ۲۰۰۷؛ کوتکا، ۱۹۷۹).

در شرایط عادی همبستگی صفت انشعاب از شاخه اصلی با ارتفاع و تعداد طبق در بوته مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۳) که نشان می‌دهد هرچه گیاه پابلندتر باشد، تعداد انشعاب شاخه اصلی بیش‌تر و در نتیجه تعداد طبق در بوته پیش‌تر خواهد شد. سابالاشمی و سواسوبرامین (۱۹۸۶) در بررسی اثر محیط بر صفات زراعی گلرنگ بیان کردند که تعداد انشعاب در بوته با تعداد طبق همبستگی مثبت و بالا دارد. رانگاو رایو و همکاران (۱۹۷۷) نیز به نتایج مشابه دست یافتند. تعداد طبق در بوته با تعداد دانه در طبق همبستگی منفی و معنی‌داری داشت ولی با وزن دانه در طبق همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. این در حالی است که تحت شرایط تنش رطوبتی، اگرچه تعداد طبق در بوته با تعداد دانه در طبق همبستگی منفی داشت ولی با وزن دانه در طبق همبستگی معنی‌داری نشان نداد. عملکرد دانه در بوته در شرایط عادی با ارتفاع، تعداد دانه در طبق، وزن دانه در طبق و صفات گل‌دهی همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. همین روابط تحت شرایط تنش رطوبتی نیز صادق بود با این تفاوت که عملکرد دانه با تعداد دانه در طبق همبستگی نداشت. نکته جالب توجه این است که تحت هر دو شرایط رطوبتی عملکرد دانه (در بوته و نیز در واحد سطح) با تعداد طبق در بوته همبستگی معنی‌داری نداشت که می‌تواند ناشی از تأثیر غیرمستقیم سایر صفات باشد که تجزیه علیت در این زمینه می‌تواند روشن‌کننده باشد.

نتایج همبستگی صفات در ژنوتیپ‌های وحشی تحت شرایط بدون تنش رطوبتی (جدول ۴، پایین قطر) نشان داد که هیچ‌یک از صفات فنولوژیک با یکدیگر و با دیگر صفات همبستگی معنی‌داری نداشتند. احتمالاً یکی از دلایل نبود همبستگی این صفات با سایر صفات می‌تواند به‌دلیل نبود یکنواختی و نامحدود بودن گل‌دهی در گلرنگ‌های وحشی باشد به‌طوری‌که بعضی از گلرنگ‌های وحشی تا اواسط آبان‌ماه گل‌دهی داشتند. بین صفات ارتفاع با تعداد انشعاب از شاخه اصلی، تعداد طبق در بوته و وزن دانه در طبق همبستگی مثبتی وجود داشت. عملکرد دانه در بوته و عملکرد در واحد سطح با تعداد طبق در بوته و وزن دانه در طبق همبستگی مثبت دارا بود. این در حالی است که در گلرنگ‌های اهلی تعداد طبق در بوته با عملکرد دانه همبستگی معنی‌داری نشان نداده بود.

تحت شرایط تنش شدید در ژنوتیپ‌های وحشی (جدول ۴، بالای قطر) بین صفات فنولوژیک با عملکرد و اجزای عملکرد همبستگی مشاهده نشد اما بر خلاف شرایط تنش، همبستگی بالایی بین صفت روز تا شروع گل‌دهی با روز تا پایان گل‌دهی و ۵۰ درصد گل‌دهی دیده شد. همبستگی بین روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی و پایان گل‌دهی نیز مثبت بود. به نظر می‌رسد تنش رطوبتی گل‌دهی ژنوتیپ‌های وحشی را یکنواخت‌تر کرده و باعث ایجاد همبستگی بین آن‌ها شده باشد. عملکرد دانه با ارتفاع، تعداد طبق در بوته و وزن هزاردانه همبستگی مثبت داشت. مقایسه همبستگی عملکرد با سایر صفات در دو شرایط تنش و نبود تنش رطوبتی نشان می‌دهد که تنش خشکی، روابط بین عملکرد با اجزای عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به عنوان مثال در شرایط بدون تنش، ارتفاع به طور مستقیم با عملکرد ارتباطی ندارد اما با افزایش تعداد انشعاب و در نتیجه تعداد طبق در بوته احتمالاً به طور غیرمستقیم در افزایش عملکرد مؤثر است. در حالی که تحت شرایط تنش ارتفاع به طور مستقیم با عملکرد دانه همبستگی دارد. تجزیه رگرسیون مرحله‌ای و علیت در این زمینه اطلاعات بیش‌تری می‌دهند (جدول ۴).

نتایج رگرسیون مرحله‌ای برای ژنوتیپ‌های اهلی (جدول ۵) در شرایط بدون تنش رطوبتی نشان داد که صفت تعداد دانه در طبق به تنهایی ۵۱ درصد از تغییرات عملکرد دانه در بوته را توجیه نمود و به عنوان مهم‌ترین عامل اصلی تبیین‌کننده تغییرات عملکرد دانه در بوته شناخته شد. صفت ارتفاع بوته دومین متغیری بود که وارد مدل شد، این صفت به همراه تعداد دانه در طبق توانستند در مجموع ۵۶ درصد از تغییرات عملکرد دانه در بوته را موجب شوند. صفات تعداد طبق در بوته و روز تا شروع گل‌دهی در مرحله سوم و چهارم وارد مدل گردیدند و به همراه دو صفت قبلی ۶۱ درصد از تغییرات را توجیه نمودند. در شرایط تنش، صفت تعداد روز تا پایان گل‌دهی به تنهایی ۶۵ درصد از تغییرات عملکرد دانه در بوته را توجیه کرد و پس از آن صفت وزن دانه در طبق و تعداد انشعاب از شاخه اصلی وارد مدل شدند. این سه صفت در مجموع ۸۲ درصد از تغییرات عملکرد دانه در بوته را توجیه نمودند و می‌توانند در برنامه‌های اصلاحی برای گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد بالاتر مورد توجه قرار گیرند. در مطالعه امینی و همکاران (۲۰۰۸) نیز تجزیه رگرسیون مرحله‌ای نشان داد که تعداد دانه در طبق و تعداد طبق در بوته بیش‌ترین سهم را در توجیه تغییرات عملکرد دانه داشتند. ابوالحسنی (۲۰۰۳) در مطالعه خود بر روی گیاه گلرنگ نشان دادند که صفت تعداد دانه در طبق بیش‌ترین تنوع عملکرد دانه را توجیه کردند.

برای ژنوتیپ‌های وحشی سطح بدون تنش رطوبتی (جدول ۶) صفت تعداد طبق در بوته ۵۰ درصد از تغییرات عملکرد دانه در بوته را توجیه نموده است. پس از آن صفت وزن دانه در طبق، تعداد روز تا رسیدگی و ارتفاع به‌ترتیب اجزای بودند که در مدل رگرسیونی وارد شدند و در مجموع ۶۲ درصد از تغییرات مدل را توجیه کردند. برای ژنوتیپ‌های وحشی تحت شرایط تنش (جدول ۶) روند وارد شدن اجزای عملکرد بسیار شبیه شرایط بدون تنش بود با این تفاوت که به‌جای ارتفاع به‌عنوان آخرین متغیر، وزن هزاردانه وارد مدل گردید. همچنین تعداد طبق در بوته به تنهایی بخش بیش‌تری از واریانس کل را توجیه نمود (۶۵ درصد). نتایج رگرسیون مرحله‌ای بیان‌گر آن بود که نوع و ترتیب اهمیت اجزای عملکرد در گلرنگ اهلی بیش‌تر از شرایط کمبود آب و خشکی متأثر می‌گردد در حالی که برای گلرنگ‌های اهلی ثبات بیش‌تری دیده می‌شود.

تجزیه علیت: نتایج تجزیه علیت برای صفت عملکرد دانه در بوته گلرنگ‌های اهلی در شرایط بدون تنش رطوبتی (جدول ۷) نشان داد که اثر مستقیم تعداد دانه در طبق بر عملکرد دانه مثبت و بسیار بالا (۰/۸۵) و اثر غیرمستقیم آن از طریق صفت، تعداد طبق در بوته منفی (۰/۴۱-) بود. پس از آن صفت تعداد طبق در بوته دارای بیش‌ترین اثر مستقیم (۰/۵۱) بر عملکرد دانه در بوته بود. اثر غیرمستقیم تعداد طبق در بوته از طریق تعداد دانه در طبق منفی (۰/۲۴-) بود بنابراین وجود اثر غیرمستقیم منفی باعث نبود معنی‌داری همبستگی تعداد طبق در بوته با عملکرد گردیده است. برای شرایط تنش (جدول ۷) اگرچه تعداد دانه در طبق بیش‌ترین تأثیر مثبت (۰/۳۱) را بر عملکرد دانه داشت ولی تعداد طبق در بوته تأثیری بر تغییرات عملکرد نداشت. تحت این شرایط بر خلاف محیط نبود تنش، وزن هزاردانه دارای تأثیر مثبت و قابل ملاحظه‌ای (۰/۲۵) بر عملکرد دانه داشت. نتایج تجزیه علیت در گونه اهلی نشان داد که اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات بر عملکرد دانه تحت شرایط تنش و نبود تنش رطوبتی متفاوت است. در شرایط آبیاری کافی، گیاه از طریق توسعه اندازه سیستم تولیدمثلی (تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق) به‌طور مستقیم بر عملکرد دانه تأثیر می‌گذارند. در حالی که در شرایط تنش خشکی وزن هزاردانه یک عامل مؤثر در تبیین تغییرات عملکرد است.

ژنوتیپ	تعداد دانه در طبق			تعداد طبق در پورته			وزن هزار دانه (گرم)			عملکرد پورته در واحد سطح (گرم در مترمربع)		
	درصد	تشش	بدون تشش	درصد	تشش	بدون تشش	درصد	تشش	بدون تشش	درصد	تشش	بدون تشش
اراک	۸/۸۹	۲۲/۲۲۸-c	۲۴/۲۷۵	۲۹/۸۶	۳۷/۸۱	۳۰/۵۵۵	۵۵/۱۲	۱۷۲/۱۲۷-c	۳۸۶/۸۷۵-f	۵۵/۱۲	۱۷۲/۱۲۷-c	۳۸۶/۸۷۵-f
شیراز	۸/۸۹	۲۴/۲۲۸-ab	۲۶/۵۷۸	۳۰/۱۲۳	۳۱/۳۸۵	۳۷/۸۱	۵۸/۲۲	۶۰/۱۲۸	۵۷۹/۲۷۵	۵۸/۲۲	۶۰/۱۲۸	۵۷۹/۲۷۵
کاشان	۷/۵۷	۲۲/۲۲۸-c	۲۴/۲۷۵	۲۸/۵۲۳	۳۳/۵۵۵	۳۶/۱۸۰-c	۴۰/۷	۲۹/۵۲۸	۳۰۷/۲۲۳-f	۴۰/۷	۲۹/۵۲۸	۳۰۷/۲۲۳-f
کردستان	۳۲	۱۴/۵۵۵	۲۲/۵۰۵-b-d	۲۵/۳۲	۳۳/۸۵۵-d	۲۸/۸۱	۵۱/۳۳	۱۸۰/۶۷۰-h	۳۶۹/۸۷۵	۵۱/۳۳	۱۸۰/۶۷۰-h	۳۶۹/۸۷۵
کرمان	۸/۸۵	۲۹/۳۹۸	۳۲/۲۷۸	۲۹/۲۷۵	۲۹/۲۷۵	۳۱/۳۲۵	۷۱/۶۵	۱۵۹/۲۰۰-b-e	۵۶۱/۶۰۰-ab	۷۱/۶۵	۱۵۹/۲۰۰-b-e	۵۶۱/۶۰۰-ab
AC-Stirling	۳۳/۸۹	۱۰/۱۱۵-d-f	۱۸/۰۲۵	۲۶/۸۷۵	۳۴/۳۲۷-b-d	۳۶/۸۵۵-c	۶۴/۸۱	۷۷/۰۷۵	۲۱۸/۲۲۸	۶۴/۸۱	۷۷/۰۷۵	۲۱۸/۲۲۸
C111	۲۹/۸۰	۲۲/۸-c	۳۴/۲۲۷-b-d	۳۶/۲۷۵	۳۳/۲۷۵-b-d	۳۵/۶۷۵	۳۳/۵۲	۱۹۶/۲۲۷	۳۳۷/۲۷۵-g	۳۳/۵۲	۱۹۶/۲۲۷	۳۳۷/۲۷۵-g
C4110	-۱/۲۵	۲۹/۹۹۸	۲۹/۵۹۸	۳۴/۸۷۵	۳۳/۲۷۵	۳۵/۱۲۷	۷۷/۸۳	۱۳۶/۸۰-c-g	۶۱۹/۲۷۸	۷۷/۸۳	۱۳۶/۸۰-c-g	۶۱۹/۲۷۸
M113	-۴/۵۲	۲۶/۳۲۸	۲۵/۱۹۸-c	۱۴/۶۵	۳۶/۱۶۸	۳۷/۱۲۸	۵۶/۲۱	۱۸۲/۵۲۸	۵۳۳/۶۸-c	۵۶/۲۱	۱۸۲/۵۲۸	۵۳۳/۶۸-c
M115	۱۶/۱۱۶	۲۵/۱۶۸	۳۰/۱۸۱	۲۸/۸۰-g	۲۹/۸۱	۳۱/۲۱۸	۶۰/۱۸	۱۸۵/۸۷۵	۴۶۶/۸۵	۶۰/۱۸	۱۸۵/۸۷۵	۴۶۶/۸۵
Salfire	-۱۶/۱۱	۱۸/۳۲۷-b-d	۱۵/۵۷	۲۲	۳۲/۸۵۵-g	۳۳/۹۵	۴۹/۸۹	۱۲۵/۶۰-h	۲۵۰/۶۷۵	۴۹/۸۹	۱۲۵/۶۰-h	۲۵۰/۶۷۵
S144	۲۱/۵۴	۲۱/۷۸-c	۲۷/۶۶۸	۲۶/۸۰	۲۶/۸۰	۳۵/۲۱۷	۷۷/۱۳	۹۷/۰۷۵	۲۲۴/۵۳۰-e	۷۷/۱۳	۹۷/۰۷۵	۲۲۴/۵۳۰-e
S149	۳۳/۳۴	۱۸/۹۷-b-d	۲۸/۴۶۸	۲۳/۸۷۵-g	۲۳/۸۷۵-g	۳۳/۱۶۵	۷۶/۸۵	۱۲۲/۳۰-h	۵۳۵/۸۷۵-c	۷۶/۸۵	۱۲۲/۳۰-h	۵۳۵/۸۷۵-c
آذری (وحشی)	-۲۲/۲۷	۷/۶۸۵-f	۶/۱۷۰	۱۲/۲	۳۳/۵۱۵-f	۲۲/۶۸۵	۳۶/۲۲	۲۱۷/۸۵۵-h	۳۳۴/۱۱۵-g	۳۶/۲۲	۲۱۷/۸۵۵-h	۳۳۴/۱۱۵-g
اراک (وحشی)	۳/۲۵	۶/۲۲۵-f	۶/۲۵۰	۹۳/۲۵	۲۲/۳۶۳-h	۲۱/۳۲۵	-۱۲/۵۳	۲۱۸/۰۲	۹۸/۸۷۱	-۱۲/۵۳	۲۱۸/۰۲	۹۸/۸۷۱
الگودرز (وحشی)	-۱۶/۸۸	۷/۰۶۵-f	۷/۸۷۰	۱۲-bc	۱۸/۹۷۵	۲۰/۳۲۵	۶۱/۶۹	۱۰۶/۹۷۰-h	۲۷۹/۲۷۵-f	۶۱/۶۹	۱۰۶/۹۷۰-h	۲۷۹/۲۷۵-f
شیراز (وحشی)	۶/۸	۴/۹۹	۱۴/۹۷۵	۸۰/۱۲۵-f	۱۷/۶۸	۱۷/۲۲۰	-۶/۲۲	۷۴/۰۷۵	۶۹/۸۳۱	-۶/۲۲	۷۴/۰۷۵	۶۹/۸۳۱
کرمانشاه (وحشی)	-۱۳۲/۵۵	۶/۶۰-e-f	۲/۸۹۰	۱۰/۸۷۵	۳۳/۵۶۵	۲۹	-۳۰/۱۰	۱۲۲/۸۵۵-h	۹۲/۵۰-i	-۳۰/۱۰	۱۲۲/۸۵۵-h	۹۲/۵۰-i
لوز (وحشی)	-۰/۵۷	۷۶	۶/۹۶۰	۱۹/۲۷۸	۲۲/۳۶۳	۲۲/۸۷۵	۱۸/۲۱	۲۱۷/۸۵۵	۲۶۶/۸۰-gh	۱۸/۲۱	۲۱۷/۸۵۵	۲۶۶/۸۰-gh
همدان (وحشی)	-۹/۵۰	۷/۲۶۶-f	۶/۳۲۰	۹۱/۶۳۵	۱۹/۲۵۵	۱۸/۳۲۰	-۱۹/۲۵	۱۱۰/۳۸۵	۹۲/۲۱	-۱۹/۲۵	۱۱۰/۳۸۵	۹۲/۲۱
LSD (تقریباً) (۵)			۷/۹		۳۰							
میانگین اهلی**	۱۵/۳۸	۲۲	۲۶	۳۹/۱	۳۳/۳	۳۵/۶	۶۴/۵	۱۵۳	۳۳۰/۹	۶۴/۵	۱۵۳	۳۳۰/۹
میانگین وحشی**	۶/۸۳	۶/۶۶	۷/۱۴	۱۰/۴۷۷	۵/۶۶	۲۲/۲۶	۱۴/۲۷	۱۵۲/۵۶	۱۷۷/۹۶	۱۴/۲۷	۱۵۲/۵۶	۱۷۷/۹۶

+ در هر ستون ژنوتیپ‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد اختلاف آماری ندارند.
 ++ برای همه صفات تفاوت بین دو سطح تنش در گونه اهلی در سطح ۵ درصد معنی دار است.

جدول ۳- ضرایب همبستگی فنوتیپی بین صفات مختلف زئوتیپ‌های گلرنگ اهلی در شرایط بدون تنش رطوبتی (پایین قطر) و تنش رطوبتی (بالای قطر).

صفات	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
۱ روز تا شروع گل دهی	۱	۰/۷۷ ^{**}	۰/۷۸ ^{**}	۰/۵۲ ^{**}	۰/۵۹ ^{**}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۴۶ ^{**}	۰/۴۰ ^{**}	۰/۱۸ ^{ns}	۰/۷۸ ^{**}	۰/۳۰ ^{**}	۰/۳۰ ^{**}
۲ روز تا ۵۰ درصد گل دهی	۰/۷۷ ^{**}	۱	۰/۷۸ ^{**}	۰/۴۲ ^{**}	۰/۵۶ ^{**}	۰/۷۱ ^{ns}	۰/۴۵ ^{**}	۰/۳۸ ^{**}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۳۳ ^{**}	۰/۳۰ ^{**}	۰/۳۰ ^{**}
۳ روز تا پایان گل دهی	۰/۷۸ ^{**}	۰/۷۸ ^{**}	۱	۰/۵۰ ^{**}	۰/۶۵ ^{**}	۰/۲۸ ^{ns}	۰/۴۹ ^{**}	۰/۴۲ ^{**}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۴۲ ^{**}	۰/۴۱ ^{**}	۰/۴۱ ^{**}
۴ ارتفاع بوته	۰/۷۸ ^{**}	۰/۷۸ ^{**}	۰/۷۸ ^{**}	۰/۵۰ ^{**}	۰/۶۵ ^{**}	۰/۲۸ ^{ns}	۰/۴۹ ^{**}	۰/۴۲ ^{**}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۴۲ ^{**}	۰/۴۱ ^{**}	۰/۴۱ ^{**}
۵ ارتفاع بوته	۰/۴۴ ^{**}	۰/۴۴ ^{**}	۰/۴۴ ^{**}	۱	۰/۳۱ [*]	۰/۳۱ [*]	۰/۴۰ ^{**}	۰/۳۱ [*]	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۳۱ [*]	۰/۳۱ [*]	۰/۳۱ [*]
۶ انشعاب از شاخه اصلی	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۱	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}
۷ تعداد طبق در بوته	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۱	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}
۸ تعداد دانه در طبق	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۱	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}
۹ وزن هزاردانه	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۱	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}
۱۰ وزن دانه در طبق	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}	۱	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}
۱۱ عملکرد دانه در بوته	۰/۳۶ [*]	۰/۳۶ [*]	۰/۳۶ [*]	۰/۲۴ ^{ns}	۰/۶۰ ^{**}	۰/۲۸ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۶۰ ^{**}	۰/۶۰ ^{**}	۱	۰/۶۰ ^{**}	۰/۶۰ ^{**}
۱۲ عملکرد دانه در واحد سطح در مزرعه	۰/۳۶ [*]	۰/۳۶ [*]	۰/۳۶ [*]	۰/۲۴ ^{ns}	۰/۶۰ ^{**}	۰/۲۸ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۶۰ ^{**}	۰/۶۰ ^{**}	۰/۶۰ ^{**}	۱	۰/۶۰ ^{**}

* معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد، ** معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد و ns غیر معنی دار.

جدول ۴- ضرایب همبستگی فنوتیپی بین صفات مختلف گلرنگ‌های وحشی شرایط بدون تنش رطوبتی (پایین قطر) و تنش رطوبتی (بالای قطر).

صفات	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
۱ روز تا شروع گل‌دهی	۱	۰/۷۴**	۰/۸۷**	-۰/۰۱ ^{ns}	-۰/۲۰ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}	-۰/۰۸ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	-۰/۳۳ ^{ns}	-۰/۳۷ ^{ns}	-۰/۰۸ ^{ns}	-۰/۰۷ ^{ns}
۲ روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی	۰/۳۹ ^{ns}	۱	۰/۷۲**	۰/۰۳ ^{ns}	-۰/۳۳ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	-۰/۱۹ ^{ns}	-۰/۰۸ ^{ns}	-۰/۲۷ ^{ns}	۰/۲۱ ^{ns}	۰/۲۴ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}
۳ روز تا پایان گل‌دهی	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۱۷ ^{ns}	۱	-۰/۱۲ ^{ns}	۰/۱۸ ^{ns}	۰/۲۱ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۷ ^{ns}	-۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۱۷ ^{ns}	۰/۱۸ ^{ns}
۴ روز تا رسیدگی	۰/۲۶ ^{ns}	۰/۱۸ ^{ns}	۰/۴۲ ^{ns}	۱	-۰/۱۶ ^{ns}	-۰/۰۰ ^{ns}	-۰/۰۰ ^{ns}	۰/۴۹*	-۰/۲۲ ^{ns}	۰/۴۵*	-۰/۰۲ ^{ns}	-۰/۱۱ ^{ns}
۵ ارتفاع بوته	۰/۱۸ ^{ns}	۰/۰۰ ^{ns}	-۰/۰۴ ^{ns}	-۰/۲۳ ^{ns}	۱	۰/۴۴*	۰/۶۰**	۰/۲۷ ^{ns}	-۰/۰۷ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۶۶**	۰/۱۶ ^{ns}
۶ انشعاب از شاخه اصلی	-۰/۰۸ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	-۰/۱۳ ^{ns}	-۰/۲۸ ^{ns}	۰/۵۷**	۱	۰/۱۷ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}	-۰/۰۴ ^{ns}	-۰/۰۳ ^{ns}	۰/۲۰ ^{ns}	۰/۲۰ ^{ns}
۷ تعداد طبق در بوته	-۰/۰۶ ^{ns}	۰/۰۸ ^{ns}	۰/۳۵ ^{ns}	-۰/۳۱ ^{ns}	۰/۵۱*	۰/۳۳ ^{ns}	۱	-۰/۰۹ ^{ns}	۰/۱۷ ^{ns}	-۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}	۰/۰۸ ^{ns}
۸ تعداد دانه در طبق	۰/۲۳ ^{ns}	۰/۲۳ ^{ns}	-۰/۰۶ ^{ns}	۰/۳۳ ^{ns}	-۰/۴۴ ^{ns}	-۰/۲۴ ^{ns}	-۰/۲۱ ^{ns}	۱	۰/۱۷ ^{ns}	۰/۲۴ ^{ns}	۰/۲۴ ^{ns}	۰/۲۴ ^{ns}
۹ وزن هزاردانه	-۰/۱۳ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}	-۰/۴۴ ^{ns}	-۰/۰۵ ^{ns}	-۰/۳۱ ^{ns}	۰/۲۴ ^{ns}	۰/۷۴*	۱	۰/۶۰**	۰/۴۰ ^{ns}	۰/۴۲*
۱۰ وزن دانه در طبق	۰/۰۷ ^{ns}	۰/۱۱ ^{ns}	-۰/۰۳ ^{ns}	-۰/۰۶ ^{ns}	۰/۷۳**	۰/۶۱**	۰/۶۱**	-۰/۰۷ ^{ns}	۰/۲۳ ^{ns}	۱	۰/۳۶ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}
۱۱ عملکرد دانه در بوته	۰/۰۷ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	-۰/۴۵ ^{ns}	۰/۳۴ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۲۳**	-۰/۰۴ ^{ns}	-۰/۰۷ ^{ns}	۰/۶۰**	۱	۰/۹۹**
۱۲ عملکرد دانه در واحد سطح (مترمربع)	۰/۰۷ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	-۰/۴۵ ^{ns}	۰/۳۴ ^{ns}	۰/۲۳ ^{ns}	۰/۲۳**	-۰/۰۷ ^{ns}	-۰/۰۷ ^{ns}	۰/۶۰**	۰/۹۹**	۱

* معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد. ** معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد. ^{ns} غیرمعنی‌دار.

وحید توکلی و همکاران

جدول ۵- نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام برای تعیین سهم نسبی اجزای عملکرد دانه در بوته ژنوتیپ‌های اهلی گلرنگ در شرایط عادی و تنش رطوبتی.

ضریب تشخیص تجمعی	b_4	b_3	b_2	b_1	عرض از مبدا	متغیر مستقل	محیط
۰/۵۱				۰/۳۶**	۸/۶۳	۱- تعداد دانه در طبق	C_1
۰/۵۶			۰/۲۴**	۰/۰۹**	۳/۴۴	۲- ارتفاع بوته	C_2
۰/۵۹		۰/۳**	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۰۸*	۳/۹۷	۳- تعداد طبق در بوته	C_3
۰/۶۱	۰/۳۱**	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۱۴ ^{ns}	۴/۷۸	۴- روز تا شروع گل‌دهی	C_4
۰/۶۵				۰/۰۳**	۲/۸۶	۱- روز تا پایان گل‌دهی	C_5
۰/۸۰			۱۶/۴۴**	۰/۰۳*	۱۰/۲۴	۲- وزن دانه در طبق	C_6
۰/۸۲		۱۸/۰۸**	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۹/۲۳	۳- تعداد انشعاب از شاخه اصلی	C_7

* معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد، ** معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد و ^{ns} غیرمعنی‌دار.
 b_1 تا b_4 ضرایب رگرسیونی متغیرهای اول تا چهارم می‌باشند.

جدول ۶- نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام برای تعیین سهم نسبی اجزای عملکرد دانه در بوته ژنوتیپ‌های وحشی گلرنگ در شرایط عادی و تنش رطوبتی.

ضریب تشخیص تجمعی	b_4	b_3	b_2	b_1	عرض از مبدا	متغیر مستقل	محیط
۰/۵۰				۰/۰۳**	۱۶/۸۶	تعداد طبق در بوته	C_1
۰/۵۵			۳۹/۲۱*	۰/۰۲ ^{ns}	۳/۴۴	وزن دانه در طبق	C_2
۰/۵۹		۲۳/۲۰ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}	۱۴/۱	روز تا رسیدگی	C_3
۰/۶۲	۳۵/۴۸*	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	-۰/۰۷ ^{ns}	۱۳/۱۲	ارتفاع بوته	C_4
۰/۶۵				۰/۰۳**	۲۶/۲۱	تعداد طبق در بوته	C_5
۰/۸۰			۳۱/۱۶**	۰/۰۳**	۹/۷۶	وزن دانه در طبق	C_6
۰/۸۲		۱۷/۲۲**	۰/۰۳**	۰/۰۷ ^{ns}	۹/۷۴	روز تا رسیدگی	C_7
۰/۸۴	۱۲/۲*	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۰۲**	۰/۱۶*	۸/۹۶	وزن هزاردانه	C_8

* معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد، ** معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد و ^{ns} غیرمعنی‌دار.
 b_1 تا b_4 ضرایب رگرسیونی متغیرهای اول تا چهارم می‌باشند.

تجزیه علیت در ژنوتیپ‌های وحشی (جدول ۸) نشان داد که تحت هر دو شرایط رطوبتی، تعداد طبق در بوته و پس از آن تعداد دانه در طبق بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه دارد. در ژنوتیپ‌های وحشی نیز نقش وزن هزاردانه در شرایط بدون تنش (عادی) و تنش رطوبتی متفاوت بود به طوری که در شرایط عادی دارای اثر مستقیم منفی ($-0/57$) ولی در شرایط تنش رطوبتی دارای اثر مستقیم مثبت ($0/35$) بود. نتایج تجزیه علیت نشان داد که در این دو گونه گلرنگ (اهلی و وحشی) اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات بر عملکرد دانه تحت شرایط تنش و نبود تنش رطوبتی متفاوت است. به طوری که به نظر می‌رسد در شرایط آبیاری کافی، گیاه از طریق توسعه اندازه صفات تولیدمثلی (تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق) به طور مستقیم بر عملکرد دانه تأثیر می‌گذارند. در حالی که در شرایط تنش خشکی وزن هزاردانه یک عامل مؤثر در تبیین تغییرات عملکرد است. به عبارت دیگر در شرایط عادی اگرچه افزایش تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق باعث افزایش عملکرد می‌گردد، ولی با در نظر گرفتن محدودیت مواد فتوسنتزی هر گیاه، سهم اندوخته‌ای دانه کاهش یافته و باعث کم شدن وزن هزاردانه می‌گردد. در حالی که در شرایط تنش گیاه از افزودن تعداد اندام‌های تولیدمثلی خودداری می‌کند و توان خود را برای افزایش وزن دانه‌ها صرف می‌کند. این وضعیت برای گلرنگ‌های وحشی محسوس‌تر بود. رانجا رایو و همکاران (۱۹۷۷) و سابالاشمی و سواسوبرامین (۱۹۸۶) نیز در مطالعات خود بیان کردند که تعداد دانه در طبق اثر مستقیم زیادی بر عملکرد دانه گلرنگ زراعی داشت. آچاریا و همکاران (۱۹۹۴) نیز با استفاده از تجزیه علیت برای عملکرد دانه گلرنگ و در شرایط رطوبت محدود خاک اعلام کردند که تعداد دانه در طبق بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشته است.

وحید توکلی و همکاران

جدول ۷- تجزیه علیت برای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های اهلی گلرنگ تحت شرایط عادی و تنش رطوبتی.

همبستگی	اثر غیرمستقیم از طریق			اثر مستقیم	صفت	محیط
	وزن هزاردانه	تعداد دانه در طبق	تعداد طبق در بوته			
۰/۰۹	-۰/۰۰۹	-۰/۴۱	-	۰/۵۱*	تعداد طبق در بوته	بدون تنش رطوبتی
۰/۶۱	-۰/۰۰۴	-	-۰/۲۴	۰/۸۵**	تعداد دانه در طبق	
-۰/۰۴۵	-	۰/۰۲۵	۰/۰۴	-۰/۱۰	وزن هزاردانه	
باقی مانده = ۰/۶۵						
۰/۰۴	-۰/۰۶	-۰/۱۲	-	۰/۰۹	تعداد طبق در بوته	تنش رطوبتی
۰/۲۸	۰/۰۱	-	-۰/۰۳	۰/۳۱*	تعداد دانه در طبق	
۰/۲۸	-	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۲۵*	وزن هزاردانه	
باقی مانده = ۰/۹۱						

* معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد، ** معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد

جدول ۸- تجزیه علیت برای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های وحشی گلرنگ تحت شرایط عادی و تنش رطوبتی.

همبستگی	اثر غیرمستقیم از طریق			اثر مستقیم	صفت	محیط
	وزن هزاردانه	تعداد دانه در طبق	تعداد طبق در بوته			
۰/۶۲	-۰/۱۳	-۰/۴۱	-	۰/۸۱**	تعداد طبق در بوته	بدون تنش رطوبتی
-۰/۲۴	-۰/۲۷	-	-۰/۱۷	۰/۲۰*	تعداد دانه در طبق	
-۰/۲۸	-	۰/۰۲۵	۰/۱۹	-۰/۵۷**	وزن هزاردانه	
باقی مانده = ۰/۶۱						
۰/۸۱	۰/۰۱	-۰/۰۳	-	۰/۷۷**	تعداد طبق در بوته	تنش رطوبتی
۰/۲۴	-۰/۰۳	-	-۰/۰۷	۰/۳۴*	تعداد دانه در طبق	
۰/۴۲	-	-۰/۰۳	۰/۱۲	۰/۳۲*	وزن هزاردانه	
باقی مانده = ۰/۳۹						

* معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد، ** معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد

منابع

1. Abolhassani, K.H. 2003. Drought tolerance evaluation of safflower lines derived from native landraces under two irrigation regimes. M.Sc. Thesis. Isfahan University of Technology, Iran. (In Persian).
2. Amini, F., and Saedi, G.H. 2008. Relationship between seed yield and its components in safflower genotypes (*Carthamus tinctorius*). J. Sci. Technol. Agric. Natur. Resour. 12: 525-535. (In Persian)
3. Ashkani, J., Pakniyat, H., Emam, Y., Asad, M.T., and Bahrani, M.J. 2007. The evaluation and relationships of some physiological traits in spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under stress and non-stress water regimes. J. Agric. Sci. Technol. 9: 15-30.
4. Ashkani, J., Pakniyat, H., and Ghotbi, V. 2007. Genetic evaluation of several physiological traits for screening of suitable spring safflower genotype under stress and non-stress irrigation regimes. Pak. J. Bio. Sci. 10: 2320-2326.
5. Acharya, S., Dhaduk, L.K., and Malival, G.H. 1994. Path analysis in safflower under conserved moisture conditions. Gujarat Agric. Res. J. 20: 154-157.
6. Dajue, L., and Mündel, H.H. 1996. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Promoting the Conservation and Use of Underutilized and Neglected Crops. Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenzüchtung (IPK), Gatersleben, Germany and International Plant Genetic Resources Institute, Rome.
7. Dittrich, M., Petrak, F., Rechinger, K.H., and Wagenitz, G. 1979. Compositae Cynareae. In: Rechinger, K.H. (ed.), Flora Iranica, Pp: 139-468.
8. Guertin, W.H., and Bailey, J.P. 1982. Introduction to Modern Factor Analysis. Edwards Brothers Inc., Michigan, USA.
9. Johnson, R.A., and Wichern, D.W. 2007. Applied multivariate statistical analysis. 3rd ed. Prentice Hall, new Delhi, 642p.
10. Kotecha, A. 1979. Inheritance and association of six traits in safflower. Crop Sci. 19: 523-527.
11. Khidir, M.O. 1974. Genetic variability and inter-relationship of some quantitative characters in safflower. J. Agric. Sci. 83: 107-202.
12. Lawley, D.N., and Maxwell, A.E. 1963. Factor analysis as a statistical Method. Botterwothes, London.
13. Lawley, D.H. 1941. The estimation of factor loading by the method of maximum likelihood. Proc. Royal Soc. Edin. 60: 64-82.
14. Majidi, M.M., and Mirlohi, A.F. 2009. Genetic variation, heritability and correlations of agro-morphological traits in tall fescue (*Festuca arundinacea*). Euphytica, 167: 323-331.
15. Montgomery, D.C., and Peck, E.A. 2007. Introduction to linear Regression Analysis. 5th edition. John Wiley and Sons. Newyork, USA.
16. Mündel, H.H., and Bergman, J.W. 2009. Safflower. In: Vollmann, J and Rajcan, I. (eds). Oil crop, Hand book of plant breeding. Springer, Pp: 423-448.
17. Necdet, C., and Esendal, E. 2006. Estimatied of broad-sense heritability for seed

- yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Hereditas*, 143: 55-57.
18. Pascual-Villalobos, M.J., and Albuquerque, N. 1996. Genetic variation of a safflower germplasm collection grown as a winter crop in Southern Spain. *Euphytica*, 92: 327-332.
19. Ranga Rao, V., Ramachandram, M., and Arunachalam, V. 1977. An analysis of association of components of yield and oil in safflower (*Carthamus tinctorios* L.), *Theor. Appl. Genet.* 50: 185-191.
20. Sabzalian, M.R., Mirlohi, A.F., Saeidi, G., and Rabbani, M.T. 2009. Genetic variation among population of wild safflower, *Carthamus oxyacantha* analyzed by agro-morphological traits and ISSR markers. *Genet. Res. Crop Evol.* 56: 1057-1064.
21. Subbalakshmi, B., and Sivasubramanian, V. 1986. Effect of environment in the variability of characters in safflower. *Madras. Agric. J.* 8: 450-456.

Archive of SID



Syudy of relationships between traits and path analysis in cultivated (*Carthamus tinctorius*) and wild (*Carthamus oxyacanthus*) safflower genotypes under normal and water deficit conditions

V. Tavakoli¹, *M.M. Majidi², A.F. Mirlohi³ and M.R. Sabzalian²

¹M.Sc. Graduated, Dept. of Plant Breeding, Isfahan University of Technology,

²Assistant Prof., Dept. of Plant Breeding, Isfahan University of Technology,

³Professor, Dept. of Plant Breeding, Isfahan University of Technology

Received: 2010-12-02; Accepted: 2012-07-12

Abstract

To investigate the relationship between different traits, discover factors affecting this relationship and to identify components of seed yield in cultivated and wild safflower genotypes, this investigation was conducted at Isfahan University of Technology research farm under two different water regimes during 2008. Significant differences were observed between genotypes belonged to the two species for drought tolerance. Wild genotypes were more tolerant than the cultivated genotypes. In cultivated genotypes under normal moisture condition, number of seed per head, days to flowering, head weight and plant height had a positive correlation with seed yield. Under water deficit condition, seed yield showed non-significant correlation with number of seed per head. Similarly in wild safflowers number of heads per plant and seed weight per head had positive correlation with seed yield under normal condition. Under stress; seed yield was correlated with plant height, number of head per plant and thousand seed weight. Results of step wise regression showed that the kind and order of seed yield components in cultivated safflower was more affected by drought condition. Path analysis indicated that moisture stress changed direct and indirect effects of traits on seed yield. Under normal irrigation regime development of reproductive system (increasing number of head per plant and number of seed per head) directly affect yield, while under deficit irrigation, thousand seed weight was the effective parameter. Results indicated that wild species had high drought tolerance which can be used for breeding of cultivated safflower.

Keywords: Path analysis; Drought; Wild safflower; Correlation

* Corresponding author; Email: majidi@cc.iut.ac.ir