دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

"مقاله پژوهشی"

تجزیه عاملی عملگرا در گلرنگ

امیر قنبری[۱]، مسعود سلطانی نجف‌آبادی[۲]، علیرضا عباسی[۳] و محمدرضا بی‌همتا[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد اصلاح نباتات پردیس کشاورزی و علوم طبیعی تهران، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه تهران
۲- عضو هیات علمی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران، (نویسنده مسوول: m.soltanioil@yahoo.com)
۳- عضو هیات علمی دانشگاه تهران، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۵/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۴
صفحه: ۱۶۳ تا ۱۷۳

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: گلرنگ گیاهی روغنی مناسب مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد. اصلاح گلرنگ برای عملکرد مستلزم شناسایی مولفه‌های مهم تاثیرگذار بر عملکرد می‌باشد. استفاده موثر از تجزیه و تحلیل روابط بین عملکرد و اجزای آن در اصلاح‌نباتات مستلزم تلفیق نتایج تجزیه‌های چند متغیره با واقعیت‌های فیزیولوژیکی گیاه است .

مواد و روش‌ها: در این تحقیق آزمایش در چارچوب طرح آگمنت بر روی ۱۰۶نمونه گلرنگ دریافت شده از بانک ژن گیاهی آلمان با شمول تعداد پنج شاهد تجاری انجام گردید. تجزیه‌های چند متغیره بر روی صفات مختلف مربوط به عملکرد دانه و فنولوژی گیاه انجام گرفت.

یافته‌ها: نتایج تجزیه همبستگی ساده مبین همبستگی‌های بالا بین صفات مهم دخیل در عملکرد دانه و قطر ساقه بود. تجزیه رگرسیون گام به گام عملکرد دانه تک بوته بر روی صفات مورد بررسی منجر به برازش مدلی شامل صفات تعداد دانه در گیاه، وزن هزار دانه، تعداد قوزه در بوته، تعداد دانه در قوزه با اثرات مثبت و تعداد شاخه فرعی ثالثیه با اثر منفی گردید. تجزیه عاملی قادر به استخراج پنج عامل بود که مجموعا ۷۴ درصد واریانس داده‌های اولیه را توضیح می‌دادند. عامل اول عمدتا بر صفات دخیل در شکل‌گیری عملکرد و عامل دوم عمدتا بر صفات فنولوژیک تاثیرگذار بود. عامل‌های سوم، چهارم و پنجم به ترتیب بر صفات تعداد دانه در قوزه، ارتفاع شاخه‌دهی و تعداد روز تا خروج از روزت موثر بودند. بر اساس نتایج تجزیه‌های چند متغیره، تمرکز بر تعداد شاخه فرعی اولیه و ثانویه بیشتر، قطر بیشتر ساقه، اجزای عملکرد و ارتفاع بیشتر می‌تواند برنامه‌های اصلاحی در جهت افزایش عملکرد را بهبود بخشد.

نتیجه‌گیری: استفاده موثر از نتایج تجزیه‌های آماری چند متغیره مستلزم تلفیق خروجی‌های نرم‌افزارهای آماری با اطلاعات فیزیولوژیکی می‌باشد. این موضوع به عنوان تجزیه‌های عملگرا در این مقاله مطرح شده است.

واژه‌های کلیدی: برنامه‌های اصلاحی، تجزیه عاملی عملگرا، تجزیه‌های چند متغیره، سیستم کنترل درونی گلرنگ

مقدمه

توجه به گیاهان بومی و سازگار به مناطق خشک و نیمه خشک به منظور توسعه کشاورزی پایدار در مناطق خشک و نیمه خشک، از اهمیت به سزایی برخوردار است (۵۷ و ۵۹). خشکی و شوری خاک از عوامل کاهش‌دهنده عملکرد اغلب گیاهان زراعی (۵۸) به خصوص دانه‌های روغنی است (۱۵ و ۲۳). گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) گیاهی صنعتی بوده که برای روغن دانه آن و نیز تهیه رنگ‌های خوراکی از گلبرگ‌های آن کشت می‌شود. محتوای روغن دانه گلرنگ ۲۵ تا ۴۵ درصد و پروتیین آن ۱۵ تا ۲۵ درصد می‌باشد (۴۹). این گیاه سطوح تحملی بالایی به شرایط کم آبی و شوری آب و خاک نشان می‌دهد (۲۳ و ۳۲) که همین امر موجب گرایش و کشش به این گیاه دانه روغنی در نواحی خشک و نیمه‌خشک شده است. ایران در ناحیه خشک و نیمه خشک کره زمین قرار گرفته است (۵۱). کشت گلرنگ از دیر باز در نواحی مرکزی ایران رواج داشته است (۲۹). کشت این محصول در ایران در سال زراعی ۹۸-۹۹ حدود ۵۰۰۰ هکتار با تولیدی حدود ۷۱۷۵ تن بوده است. بیشترین سطح زیر کشت آن در ایران مربوط به استان اصفهان با سطحی معادل ۲۵۰۰ هکتار بوده است (۲).

از اهداف مهم اصلاحی گیاه گلرنگ می‌توان به کاهش دوره‌های فنولوژیک و افزایش عملکرد دانه آن اشاره نمود. گام اول در نیل به اهداف فوق، آشنایی با معماری عملکرد گیاه می‌باشد (۱۱ و ۱۲). تحقیقات فراوانی در جهان و ایران برای شناسایی روابط بین عملکرد و اجزای عملکرد در گلرنگ انجام شده است. برای مثال باقری و همکاران (۶) با بهره‌گیری از روش‌های آماری چند متغیره روابط بین عملکرد و اجزای عملکرد ۱۲۱ ژنوتیپ گلرنگ را بررسی نمودند. بر این اساس، عملکرد تک بوته گلرنگ به طور معنی‌داری تحت تاثیر تعداد قوزه در بوته، قطر قوزه، روز تا ظهور اولین گل، روز تا ۵۰ درصد گلدهی، ارتفاع بوته، وزن هزار دانه و وزن دانه های داخل هر قوزه قرار داشت. این محققین توافق ضعیفی بین نتایج تجزیه رگرسیونی، تجزیه همبستگی ساده و تجزیه عاملی را گزارش نمودند. خماری و همکاران (۲۷) با بررسی ۳۲ ژنوتیپ گلرنگ وجود همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با صفات وزن قوزه و تعداد قوزه در بوته را گزارش نمودند. همچنین وزن قوزه دارای بیشترین اثر مثبت بر عملکرد دانه گزارش گردید. پورداد و جمشید مقدم (۴۸) تعداد ۱۰۰ ژنوتیپ گلرنگ را در شرایط دیم مورد بررسی قرار دادند و گزارش نمودند که برای صفات تعداد روز تا گلدهی و رسیدن فیزیولوژیک تنوع زیادی وجود ندارد. همچنین انجام تجزیه عاملی بر روی داده‌های حاصل از این بررسی گویای وجود چهار عامل بود که مجموعا حدود ۶۹ درصد واریانس داده‌ها را توجیه می‌کردند. ملکی‌نژاد و مجیدی (۳۴) روابط بین عملکرد و اجزای آن را در گلرنگ در دو شرایط آبیاری کافی و تنش خشکی را بر روی ۱۰۰ ژنوتیپ گلرنگ، بررسی نمودند و بر نقش شاخه‌های فرعی در شکل‌گیری عملکرد دانه در شرایط نرمال تاکید نمودند. اشکانی و همکاران (۳) نیز در مطالعه‌ای بر روی هشت ژنوتیپ گلرنگ در شرایط تنش آبی و نرمال و انجام تجزیه عاملی، به تجزیه و تحلیل عوامل تاثیرگذار بر تولید دانه گلرنگ پرداختند. در تحقیق این پژوهشگران تعداد عوامل استخراجی در شرایط نرمال و

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.52547/jcb.14.41.163]

تنش متفاوت بود. این محققین نتایج تجزیه عاملی را برای طرح ریزی برنامه‌های اصلاحی افزایش عملکرد گلرنگ پیشنهاد نمودند. بیاواس و همکاران (۱۰) در آزمایشاتی که در شرایط نیمه خشک بر روی ۲۶ ژنوتیپ گلرنگ انجام دادند اجزای مهم عملکرد دانه گلرنگ را مورد بررسی قرار دادند. اشری و زمیر (۴) با بررسی کلکسیونی شامل ۹۳ واریته و انجام رگرسیون گام به گام، اجزای عملکرد گلرنگ را تشریح نمودند. بر این اساس تعداد قوزه در بوته به عنوان مهمترین جز تاثیر گذار بر عملکرد دانه گلرنگ معرفی گردید و وزن هزار دانه اثری بر عملکرد دانه نداشت.

پیشرفت برنامه‌های اصلاحی مستلزم تلفیق دیدگاه‌های بیومتریک با بینش فیزیولوژیک است. شناسایی روابط بین عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان و تفکیک و ساده سازی روابط پیچیده بین آنها، به عنوان مسیری کارآمد در اصلاح گیاهان مطرح شده است (۲۱). تجزیه‌های چند متغیره به عنوان راهکاری برای مدل‌سازی روابط بین گیاهان و محیط آنها و نیز شناسایی روابط بین عملکرد و اجزای آن مورد استفاده قرارگرفته است (۴۰ و ۵۲)، با این حال در اغلب این گونه تجزیه و تحلیل‌ها به داده‌های جمع‌آوری شده از سیستم‌های بیولوژیکی (گیاه و اجزای آن) به عنوان ورودی نرم افزار تجزیه‌های آماری نگاه شده و خروجی این تجزیه‌ها نیز صرفا به صورت توضیحاتی در قالب ریاضی و آمار ارایه شده است (۵، ۱۴، ۲۶ و ۲۸). فقدان نگاه بیولوژیک به داده‌ها و خروجی‌های حاصل از سیستم‌های بیولوژیکی باعث گردیده استفاده از تحلیل‌های چند متغیره در اصلاح فیزیولوژیکی گیاهان فاقد کارآیی کافی بوده همین امر شاید زمینه ساز نیاز به ورود روش‌های دقیق‌تر مولکولی نظیر تجزیه‌های کیو تی ال[1] شده است (۱۸، ۱۹ و ۳۱).

بر اساس آخرین اطلاعات نگارندگان، تاکنون مقاله‌ای در گلرنگ که در آن به تفسیر بیولوژیک و فیزیولوژیک نتایج تجزیه عاملی پرداخته باشند منتشر نشده است. در پژوهش حاضر، برای تجزیه روابط عملکرد دانه گلرنگ و اجزای آن از روش‌های چند متغیره رگرسیونی و تجزیه عاملی با نگرش فیزیولوژیک استفاده شده است.

مواد و روش‌ها

بذر ۱۰۶ نمونه گلرنگ زراعی (*Cartamus tinctorius* L.) از بانک ژن گیاهی آلمان دریافت و در سال‌های زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۸ و ۱۳۹۸-۱۳۹۹ در مزرعه تحقیقاتی چهار صد هکتاری موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کشت شدند.

طرح آزمایشی و عملیات زراعی

آزمایش در هر سال زراعی در قالب یک طرح حجیم شده (آگمنت) با ۱۱۱ ژنوتیپ شامل ۱۰۶ نمونه گلرنگ خارجی و پنج شاهد تجاری گلرنگ به اسامی صفه (تیپ بهاره)، پرنیان (تیپ پاییره-بهاره)، گلمهر (تیپ پاییزه)، گلدشت (تیپ پاییزه-بهاره) و پدیده (تیپ پاییزه) با سه بلوک با شمول ۳۷ ژنوتیپ در هر بلوک به اجرا در آمد. به علت کم بودن مقدار بذر موجود برای نمونه‌ها، هر کرت شامل یک خط با طول دو متر با فاصله کاشت روی ردیف و بین ردیف به ترتیب ۲۰ و ۶۰ سانتی‌متر بود. کشت در دهه دوم آبان ماه هر سال زراعی انجام شد.

زمین مورد کشت در پاییز سال قبل شخم زده و بر اساس نتایج آزمون خاک، مقادیر کافی کود اوره، فسفات آمونیوم و سولفات پتاسیم به خاک اضافه گردید. آبیاری به صورت بارانی تا مرحله شروع گلدهی هر ۱۰ روز یک بار و بعد از آن تا زمان پژمرده شدن و ریختن ۷۵ درصد گلبرگ‌های هر ژنوتیپ، به فواصل ۱۴ روزه انجام شد. برای مبارزه با آفت کرم قوزه خوار، سم پاشی دستی در دو نوبت یکی خاتمه گلدهی و دیگری زمانی که در ۷۵ درصد بوته‌های هر خط گلبرگ‌ها خشک شده بودند با سم کونفیدور یک در هزار انجام گرفت.

در طول فصل از صفات روز تا خروج از روزت، روز تا تشکیل و مشاهده تکمه اولین گل آذین در بوته، روز تا شروع گلدهی، روز تا خاتمه گلدهی و با مشاهده صفت مورد نظر در ۲۵ درصد بوته‌های هر کرت یادداشت‌برداری به‌عمل آمد. زمان رسیدگی فیزیولوژیک به دلیل تخریبی بودن نوع یادداشت برداری ثبت نگردید. در پایان فصل رشد، ارتفاع کل بوته از سطح خاک، ارتفاع اولین شاخه فرعی از سطح خاک، تعداد شاخه‌های فرعی اولیه، ثانویه و ثالثیه و قطر ساقه در زیر محل خروج اولین شاخه فرعی (توسط کولیس) و تعداد کل قوزه در بوته در روی چهار بوته در حال رقابت داخل هر کرت اندازه گیری و شمارش شد. برای صفت تعداد دانه در قوزه، تمامی قوزه‌های هر یک از چهار بوته انتخابی هر کرت شمارش شده و پس از بوجاری و شمارش تمامی بذور آنها و تقسیم تعداد دانه بر تعداد کل قوزه‌ها، میانگین تعداد دانه در قوزه محاسبه گردید. تعداد دانه در کلیه چهار بوته مذکور هر کرت شمارش و توزین گردید و سپس بر حسب تک بوته گزارش شد (به ترتیب تعداد دانه تک بوته و عملکرد تک بوته). همچنین وزن ۱۰۰ عدد دانه از هر کرت به طور تصادفی با ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شده و با ضرب مقدار اندازه‌گیری شده در عدد ده، وزن هزار دانه برای هر ژنوتیپ تخمین زده شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه واریانس داده شاهدها با نرم‌افزار MSTATC انجام و تجزیه همبستگی دوگانه، رگرسیون و عاملی به کمک نرم‌افزار SPSS V21 انجام گرفت.

نتایج و بحث

برای هر سال زراعی، تجزیه واریانس شاهدها برای بررسی یکنواختی زمین آزمایش براساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی برای کلیه صفات انجام شد. نتایج حاصله حاکی از عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین بلوک‌ها از نظر صفات مورد بررسی، به جز صفت روز تا پایان گلدهی بود. همچنین تجزیه مرکب داده‌ها بر اساس اطلاعات شاهدهای آزمایشی انجام گرفت که بر اساس آن، اختلاف معنی‌داری بین آزمایش و تیمارها برای کلیه صفات در سطح ۰/۰۵ وجود نداشت (جداول تجزیه واریانس ارایه نشده اند). با توجه به اجرای طرح آگمنت یا حجیم شده، ضرایب تصحیح بر اساس شاهدها برای هر سال محاسبه و بر روی همه داده‌ها اعمال شد تا داده‌های تصحیح شده به

1- Quantitative Trait Loci (QTL)

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.52547/jcb.14.41.163]

دست آیند. میانگین داده‌های تصحیح شده دو ساله برای تجزیه و تحلیل‌های چند متغیره به کار برده شدند.

آماره‌های توصیفی

بر اساس صفات تصحیح شده تجزیه‌های آمار توصیفی شامل آماره‌های حداقل، حداکثر، میانگین، انحراف از معیار و واریانس و ضریب تغییرات محاسبه شد که در جدول ۱ ارایه شده است. بین نمونه‌های مختلف، تنوع مربوط به صفات فنولوژیک کم بود (چهار درصد یا کمتر)، نتایج مشابهی توسط پورداد و جمشید مقدم (۴۸) در بررسی ۱۰۰ ژنوتیپ گلرنگ مشاهده شده است.

با وجودی که ضریب تغییرات روز تا خروج از روزت و روز تا خاتمه گلدهی با یکدیگر برابر بود، دامنه تغییرت روز تا گلدهی حدود دو برابر دامنه تغییرات روز تا خروج از روزت است. این موضوع اشاره به وجود نمونه‌های زودرس در بین نمونه‌های مورد بررسی دارد. درحالی که میانگین روز تا خاتمه گلدهی بر روی کل نمونه‌ها ۲۲۶ روز بود، حداقل مقدار برای این صفت ۲۰۸ روز بود (برای نمونه شماره ۱۱۵) این در حالی است که خاتمه گلدهی برای زودرس‌ترین شاهد ۲۲۱ روز بود.

جدول ۱- آماره‌های توصیفی مربوط به صفات مختلف اندازه‌گیری شده روی نمونه‌های گلرنگ
Table 1. Descriptive statistics for the investigated traits measured on the safflower accessions

صفت	آماره‌ها					
	حداقل	حد اکثر	دامنه تغییرات	میانگین	انحراف استاندارد	درصد ضریب تغییرات
روز تا خروج از روزت	۱۳۰	۱۶۶	۳۶	۱۴۷/۳	۶	۴
روز تا ظهور تکمه انتهایی	۱۶۳	۲۰۲/۳	۳۹/۳	۱۹۰/۹	۵/۵	۲/۸
روز تا شروع گلدهی	۱۹۲	۲۲۴	۳۳	۲۰۸/۶	۵/۹	۲/۸
روز تا خاتمه گلدهی	۲۰۸	۰/۲۶۷	۵۹	۲۳۶/۵	۹/۱	۴
ارتفاع بوته	۳۴	۱۱۴/۶	۸۰/۶	۸۳	۱۱/۹	۱۴/۴
ارتفاع شاخه دهی	۰/۵	۸۶	۸۵/۵	۲۶/۴	۹/۱۲	۴۹/۱
تعداد شاخه فرعی اولیه	۴/۷	۵۵	۵۰/۳	۱۳/۲	۵/۸	۴۴/۱
تعداد شاخه فرعی ثانویه	۰/۰	۶۳/۷	۶۳/۷	۲۱	۱۵/۳	۷۲/۶
تعداد شاخه فرعی ثالثیه	۰/۰	۴۹	۴۹	۳/۲	۹	۲۷۹
تعداد کل شاخه فرعی	۶	۱۲۸/۵	۱۲۲/۵	۳۷	۲۴/۱	۶۵/۱
قطر ساقه	۴/۵	۱۷/۸	۱۳/۳	۹/۷	۲/۱	۲۱/۴
تعداد قوزه در بوته	۲	۹۹/۵	۹۷/۵	۲۲/۴	۱۷/۲	۷۶/۶
تعداد دانه در بوته	۵	۱۵۸۶	۱۵۸۱	۳۹۹/۲	۳۲۲/۱	۸۰/۷
تعداد دانه در قوزه	۲/۵	۳۵/۳	۳۲/۸	۱۸	۶/۳	۳۴/۹
عملکرد دانه	۰/۲	۴۶/۶	۴۶/۴	۱۰/۲	۱/۸	۷۹/۸
وزن هزار دانه	۱۵/۷	۴۸/۱	۳۶	۲۶/۵	۶/۵	۲۱/۲

تنوع بالایی از نظر عملکرد تک بوته در بین نمونه‌ها وجود داشت (CV=٪۸۰) بیشترین عملکرد دانه در تک بوته مربوط به نمونه شماره ۱۱۵ بود، بنابراین این نمونه به لحاظ پارامترهای زودرسی (خاتمه زودتر گلدهی) و عملکرد تک بوته بالا، دارای قابلیت ورود به چرخه معرفی رقم، در صورت مناسب بودن وضعیت محتوی روغن را دارد.

بیشترین درجه تنوع پذیری بین انواع شاخه‌های فرعی، در درجه نخست برای تعداد شاخه‌های ثالثیه و سپس تعداد شاخه ثانویه بود، درحالیکه تعدادی از نمونه‌ها فاقد شاخه ثالثیه بودند، دو اکسیشن دارای تعداد شاخه ثالثیه ۴۷ و ۴۹ بودند.

همبستگی دوگانه

همبستگی ساده بین صفات مختلف محاسبه گردید که نتایج آن در جدول ۲ ارایه شده است. به دلیل بالابودن درجه آزادی که ناشی از زیاد بودن تعداد نمونه‌ها می‌باشد، ضرایب همبستگی با قدر مطلق بالای ۰/۱۹ توسط نرم‌افزار، معنی‌دار اعلام شده بود، لیکن در این بررسی همبستگی‌های بالای ۰/۴ در خور توجه و معنی‌دار در نظر گرفته شدند.

بر اساس نتایج ارایه شده در جدول ۲، روز تا خاتمه گلدهی با ارتفاع گیاه همبستگی نسبتا بالایی داشت (r=۰/۳۴) بنابراین هر قدر گیاه دیرتر از گلدهی خارج شود، به احتمال زیاد ارتفاع بیشتری نیز خواهد داشت و بالعکس. تعیین رابطه علت و معلولی بین این دو صفت در گیاه با عادت رشد نامحدود (مانند گلرنگ) ناممکن است زیرا نیاز هورمونی برای رشد طولی ساقه با نیازمندی‌های هورمونی برای تداوم رشد زایشی متفاوت است (۳۸). نیکفر و سعیدی (۴۱) نیز به وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین خاتمه گلدهی و ارتفاع بوته در گلرنگ اشاره نموده‌اند. در پژوهش حاضر، همبستگی معنی‌داری بین تمامی صفات فنولوژیک مورد مطالعه (روز تا خروج از روزت، روز تا ظهور اولین تکمه قوزه، روز تا شروع اولین گل و روز تا خاتمه گلدهی) با صفات مرتبط با عملکرد و نیز شاخه دهی مشاهده نگردید که با گزارشات نیکفر و سعیدی (۴۱) و پهلوانی و همکاران (۴۴) مطابق نبود. این موضوع شاید به دلیل ضریب تغییرات پایین این صفات در بین نمونه‌های مورد بررسی باشد در حالی‌که ضریب تغییرات صفات مرتبط با عملکرد و شاخه‌دهی نسبتا بالا بود (جدول ۱). با توجه به اینکه اساس محاسبه ضرایب همبستگی بر همپوشانی و اشتراک واریانس‌ها استوار است، شاید فقدان چنین همپوشانی بین واریانس این صفات منجر به حصول نتیجه همبستگی غیر معنی‌دار شده است.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.52547/jcb.14.41.163]

جدول ۲- همبستگی دوگانه بین صفات مختلف ارزیابی شده در نمونه‌های گلرنگ

Table 2. Bivariate correlation between various traits on safflower accessions

صفت	روز تا خروج از روزت	روز تا ظهور تکمه انتهایی	روز تا شروع گلدهی	روز تا خاتمه گلدهی	ارتفاع بوته	ارتفاع شاخه دهی	تعداد شاخه فرعی اولیه	تعداد شاخه فرعی ثانویه	تعداد شاخه فرعی ثالثیه	تعداد کل شاخه فرعی	قطر ساقه	تعداد قوزه در بوته	تعداد دانه در بوته	تعداد دانه در قوزه	عملکرد دانه
روز تا خروج از روزت	۱														
روز تا ظهور تکمه انتهایی	۰/۰۶۵	۱													
روز تا شروع گلدهی	۰/۲۹	۰/۲۴۹	۱												
روز تا خاتمه گلدهی	۰/۰۲۴	۰/۰۸۶	۰/۴۴۶*	۱											
ارتفاع بوته	۰/۱۰۱	-۰/۰۹۸	۰/۱۵۵	۰/۳۴*	۱										
ارتفاع شاخه دهی	۰/۰۷۹	۰/۰۸۱	-۰/۰۲۸	۰/۱۰۸	۰/۲۵	۱									
تعداد شاخه فرعی اولیه	۰-/۰۲۶	-۰/۱۲۲	۰/۰۱۹	۰/۰۳۲	۰/۲۶	-۰/۳*	۱								
تعداد شاخه فرعی ثانویه	۰/۱۰۵	-۰/۱۳۱	-۰/۱۲۳	۰/۰۴۱	۰/۵۳*	-۰/۳*	۰/۴۵*	۱							
تعداد شاخه فرعی ثالثیه	۰/۰۲۳	۰/۱۳۴	-۰/۰۵۷	۰/۰۲۷	۰/۳۱*	۰/۲	۰/۱۸	۰/۵۷*	۱						
تعداد کل شاخه فرعی	۰/۰۵۴	-۰/۵۰۶	-۰/۰۷۳	۰/۰۴۳	۰/۵۱*	-۰/۳	۰/۵۹*	۰/۹۳**	۰/۷۶۶**	۱					
قطر ساقه	۰/۱۲۵	-۰/۰۳۹	۰/۱۶۱	۰/۱۹۱	۰/۵۶*	-۰/۲	۰/۴۱*	۰/۶*	۰/۵۲۸**	۰/۶۶۹*	۱				
تعداد قوزه در بوته	۰/۰۲۹	-۰/۰۴۱	-۰/۱۲۱	۰/۱۴	۰/۵۲*	-۰/۲	۰/۴۴*	۰/۸۹**	۰/۷۳۷**	۰/۹۲**	۰/۶۵۷*	۱			
تعداد دانه دز بوته	۰-/۰۰۵	-۰/۰۵۹	-۰/۱۰۴	۰/۲۱۲	۰/۵۲*	-۰/۲	۰/۴*	۰/۸۳**	۰/۶۹۱**	۰/۸۶**	۰/۶۴۷*	۰/۹۳۶**	۱		
تعداد دانه در قوزه	۰-/۰۴۶	۰/۰۱۲	۰/۰۱۱	۰/۱۸۴	۰/۱۶	۰/۱	۰/۴*	۰	۰/۰۴۷	۰/۰۱۳	۰/۱۱۷	۰/۰۵	۰/۳۱۴	۱	
عملکرد دانه	۰-/۰۳	-۰/۱۰۹	-۰/۱۱۷	۰/۲۱۱	۰/۴۸*	-۰/۲	۰/۴۱*	۰/۷۷**	۰/۶۳۸*	۰/۸۱۱**	۰/۶۲۸*	۰/۸۹۷**	۰/۸۵۲**	۰/۳۳	۱
وزن هزار دانه	۰-/۰۷۹	-۰/۱۱۱	۰/۰۷۵	۰/۰۷۳	-۰/۲	۰/۱	-۰/۰۹	-۰/۳	-۰/۱۵	-۰/۲۶	-۰/۱۱۲	-۰/۲۱۵	-۰/۱۹۱	۰/۴۶۰	۰/۴۵۰

* و **: به ترتیب اختلاف معنی دار در سطح پنج درصد و یک درصد

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.52547/jcb.14.41.163]

همبستگی‌های معنی‌داری بین ارتفاع گیاه و تعداد شاخه‌های فرعی (۰/۵)، تعداد قوزه در بوته (۰/۵)، تعداد دانه در بوته (۰/۵) و نیز عملکرد تک بوته (۰/۵) مشاهده گردید. این ارتباط ممکن است از نوع علت و معلولی باشد زیرا ارتفاع بیشتر بوته از طریق تامین تعداد بیشتر برگ (منبع[1] بیشتر و بنابراین تولید مواد اسیمیلاتی بیشتر) بر تولید و صفات مرتبط با عملکرد تاثیر گذار است. همچنین ارتفاع بالاتر با امکان حدوث تعداد شاخه‌های جانبی بیشتر همراه است که منجر به ایجاد تعداد بیشتر قوزه در بوته و در نهایت عملکرد دانه بیشتر می‌شود.

همبستگی معنی‌داری بین تعداد شاخه فرعی اولیه و تعداد شاخه ثانویه (۰/۴۶) و نه تعداد شاخه ثالثیه (۰/۱۸) مشاهده گردید. به احتمال زیاد سیگنال‌های القای شاخه‌های جانبی که اغلب در زمره هورمون‌های گیاهی هستند (۴۳) و از جوانه انتهایی گیاه ترشح و صادر می‌شوند (۵۶) به صورت وابسته به دز و زمان عمل نموده (۱۶) و بنابراین به احتمال زیاد غلظت کافی ازآنها برای القای شاخه‌های ثالثیه در زمان‌های بعد از تشکیل شاخه ثانویه وجود نخواهد داشت.

همبستگی معنی‌داری بین تعداد شاخه‌های فرعی با تعداد قوزه در بوته (۰/۹۲)، تعداد دانه در قوزه (۰/۸۶) و عملکرد دانه (۰/۸۱) مشاهده گردید. نتایج مشابهی توسط پاسکال و البورک (۴۵) در بررسی ژرم‌پلاسم گلرنگ گزارش شده است. بنابراین به نظر می‌رسد گزینش برای تعداد شاخه‌های فرعی بیشتر منجر به افزایش تعداد قوزه در بوته می‌شود. از آنجایی که این صفت مهمترین جزء عملکرد به شمار می‌آید (۴، ۱۳، ۴۲ و ۴۹) افزایش عملکرد دانه را به همراه خواهد داشت. با توجه به اینکه شاخه‌های فرعی در گیاه گلرنگ اغلب منتهی به قوزه می‌شوند، زیادتر بودن تعداد شاخه‌های فرعی از طریق افزایش تولید قوزه، با فرض قوی بودن منبع باعث افزایش عملکرد دانه خواهد شد. با این حال در گزارش پهلوانی و همکاران (۴۴) تاکیدی بر شاخه‌های ثانویه و ثالثیه نشده است.

همبستگی بین وزن هزار دانه با تعداد شاخه فرعی ثانویه غیر معنی‌دار منفی بود (r=-۰/۳۲). با توجه به اینکه شاخه‌های ثانویه از طریق تولید قوزه، مخزن قوی برای مواد اسیمیلاتی محسوب می‌شوند، و نیز تشکیل شاخه‌های فرعی مستلزم مصرف مواد اسیمیلاتی توسط گیاه می‌باشد، و اینکه به دلیل رشد نامحدود بودن گیاه گلرنگ، همزمان با پر شدن دانه‌ها بر روی شاخه‌های ثانویه از قبل تشکیل شده، شاخه‌های فرعی دیگر بر روی گیاه در حال تشکیل هستند، رقابت بالای بین دانه‌های در حال پر شدن و تشکیل شاخه‌های ثانویه اجتناب ناپذیر است. با این حال با توجه به همبستگی بالای بین تعداد شاخه فرعی و عملکرد دانه، به نظر می‌رسد سیستم کنترل داخلی گیاه (۹) رقابت بین دانه‌های در حال پرشدن و ایجاد شاخه‌های فرعی ثانویه را تنظیم کرده به طوری که در نهایت منجر به تولید نتاج بیشتر (دانه‌ها) برای بقا و تداوم نسل گیاه می‌شود.

همبستگی معنی‌داری بین قطر ساقه با ارتفاع بوته (۰/۶) و تعداد شاخه‌های فرعی (۰/۶۷) مشاهده گردید. همچنین این صفت با تعداد قوزه در گیاه (۰/۶۶)، تعداد دانه در گیاه (۰/۶۴) و نیز عملکرد تک بوته (۰/۶۲) همبستگی‌های معنی‌دار و مثبتی از خود نشان داد. نقش قطر ساقه به لحاظ استحکام دهی به گیاه برای افزایش ارتفاع بوته بدیهی است. مشاهدات حین یادداشت برداری و بریدن ساقه بوته‌ها حاکی از یکسان بودن تقریبی قطر مغز ساقه‌ها بین نمونه‌های مختلف بود. بنابراین قطر ساقه در گلرنگ نشانگری از قطر لایه‌های آوندی (چوب و آبکش) می‌باشد (۵۰) در نتیجه مقاومت کمتر در برابر حرکت آب و املاح و مواد اسیمیلاتی در نمونه‌های با قطر بیشتر ساقه مورد انتظار است (۲۲ و ۲۵) انتظاری که با مشاهده عملکرد بیشتر دانه در این نمونه‌ها همراه بود.

رابطه معنی‌دار بین تعداد قوزه در بوته و تعداد دانه در بوته (۰/۹۳) قابل انتظار بود. لیکن عدم ارتباط آن با تعداد دانه در قوزه (۰/۰۵) ممکن است بواسطه دو منشا باشد: الف: تعداد دانه در قوزه تنوع چندانی نداشته و تقریبا ثابت است که این موضوع با توجه به ضریب تغییرات بالای این صفت در بین نمونه‌های مورد ارزیابی (CV=٪۳۵) صحیح نمی‌باشد. ب: عدم رقابت جدی بین تعداد دانه در قوزه و تعداد قوزه در بوته، که می‌تواند به دلیل رشد نامحدود بودن گیاه باشد. همبستگی بین صفات می‌تواند به‌نژادگران را در انجام گزینش غیرمستقیم برای صفات مهم زراعی مانند عملکرد دانه از طریق صفاتی که اندازه‌گیری آن‌ها آسانتر است، یاری نماید. در این راستا، انتخاب بوته‌های با ارتفاع بیشتر، پر شاخه‌تر و قطورتر می‌تواند به عنوان نشانگرهایی برای انتخاب نمونه‌های با عملکرد بالاتر به کار برده شوند.

تجزیه رگرسیون عملکرد دانه تک بوته بر روی صفات اندازه‌گیری شده

به منظور حصول درکی از روابط علیت بین عملکرد تک بوته و صفات اندازه گیری شده، تجزیه رگرسیونی چند متغیره گام به گام عملکرد تک بوته (متغیر وابسته) بر روی صفات اندازه‌گیری شده (متغیرهای مستقل) انجام گرفت.

مدل برآورد شده شامل تعداد شاخه ثالثیه با اثر منفی و صفات تعداد دانه در قوزه، تعداد قوزه در بوته، وزن هزار دانه و تعداد دانه در بوته با اثرات مثبت بر عملکرد دانه در بوته بود (جدول ۳). بیشترین اثر به ترتیب مربوط به تعداد دانه در بوته، تعداد قوزه در بوته، وزن هزار دانه، تعداد دانه در قوزه و تعداد شاخه‌های ثالثیه است. ضریب تبیین چند متغیره تعدیل شده این مدل ۰/۹۶۵ بود که نشان از برازش مناسب مدل می‌باشد. همچنین آماره هم خطی VIF[2] برای ضرایب رگرسیونی کمتر از ۵ بود که نشان از ناچیز بودن همخطی بین متغیرهای موجود در مدل و اعتبار مقادیر برآورد شده ضرایب می‌باشد. ضرایب رگرسیون عادی و استاندارد شده این مدل و نیز آماره همخطی در جدول ۳ ارایه شده است.

تعداد قوزه‌های تشکیل شده بر روی شاخه‌های ثالثیه در گلرنگ معمولا کم و قوزه‌های تشکیل شده بر روی آنها کوچک می‌باشند (۱۷). بنابراین، به نظر می‌رسد توان اسیمیلاتی گیاه با تشکیل تعداد شاخه ثالثیه بیشتر صرف ساختارهای رویشی شده و بدین سبب اثر منفی بر عملکرد دانه می‌گذارد. ملکی نژاد و مجیدی (۳۳) با انجام تجزیه علیت در گلرنگ، اثرات مثبت بزرگ و معنی‌داری برای صفات تعداد قوزه در بوته، تعداد دانه در قوزه و وزن هزار دانه گزارش نمودند. همچنین میرآبادی و

1- Source

2- Variance Inflation Factor

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.52547/jcb.14.41.163]

همکاران (۳۹) با انجام تجزیه رگرسیونی، به نقش معنی‌دار وزن هزار دانه و تعداد دانه در قوزه بر عملکرددانه گلرنگ اشاره نمودند.

جدول ۳- ضرایب رگرسیون معمولی و استاندارد شده گام به گام صفت عملکرد دانه بر روی متغیرهای اندازه‌گیری شده در گلرنگ
Table 3. Ordinary and standardized coefficients for stepwise regression of grain yield on the measured traits in safflower

صفت	ضریب رگرسیون معمولی	ضریب رگرسیون استاندارد شده	آماره هم خطی VIF
ثابت مدل	-۱۱/۵۴۶	-	-
تعداد دانه در بوته	۰/۰۱۸	۰/۷۰۴	۴/۲۱
وزن هزار دانه	۰/۳۵۲	۰/۲۳۷	۱/۰۴۷
تعداد قوزه در بوته	۰/۱۵۵	۰/۳۳	۳/۵۶
تعداد دانه در قوزه	۰/۱۱۳	۰/۰۸۶	۲/۳۲
تعداد شاخه فرعی ثالثیه	-۰/۰۵۷	-۰/۰۶۳	۲/۱۹

تجزیه عاملی

در ابتدا آزمون کایزر-میر-اولکین[1] (کا/ ام/ او) و آزمون کروی بودن بارتلت[2] برای بررسی صحت اعتبار تجزیه عاملی و کفایت آن انجام گرفت (جدول ۴). با توجه بزرگتر بودن از ۰/۵ بودن شاخص کا. ام. او. و نیز معنی‌داری آماره بارتلت، صحت تجزیه عاملی مورد تایید قرار گرفت.

تجزیه عاملی با استفاده از روش تجزیه به مولفه‌های اصلی و رعایت شرط مقادیر مشخصه بزرگتر از واحد انجام گرفت. بر این اساس پنج عامل استخراج گردید که مجموعا ۰/۷۴۶ درصد واریانس داده‌ها را شامل می‌شوند (جدول ۵).

جدول ۴- آزمون کروی بودن بارتلت و آزمون کا.ام. او. برای ارزیابی صحت و کفایت تجزیه عاملی بر روی داده‌های گلرنگ
Table 4. Bartlett's Test of Sphericity and Kaiser-Meyer-Olki (KMO) test for validating and sufficiency factor analysis over data of safflower accessions

تست کروی بودن بارتلت			آزمون اولکین-میر-کایزر
سطح معنی‌داری	درجه آزادی	کای اسکوئر تقریبی	آماره کا ام او
۰/۰۰	۱۲۰	۱۶۸۸	۰/۶۱۴

در هر عامل صفات با ضریب بزرگتر از قدر مطلق ۰/۵ به عنوان صفاتی که به طور معنی‌دار تحت تاثیر عامل مربوطه قرار می‌گیرند در نظر گرفته شدند (۳۵) (جدول ۵). بر این اساس، عامل اول تاثیر زیادی بر مورفولوژی و ساختارهای رویشی، عملکرد و اجزای مهم آن دارد. به نظر می‌رسد گروه ژن‌های پلیوتروپیک با اثرات همپوشان و مداخله‌ای بر بروز این صفات تاثیرگذار باشند. عامل اول بیشترین تاثیر را بر بیولوژی گیاه دارد، بنابراین در اصلاح برای عملکرد بیشتر دانه، تمرکز بر تعداد شاخه‌های فرعی بیشتر، قطر بیشتر ساقه، و ارتفاع بیشتر می‌تواند مسیر برنامه‌های اصلاحی را تسهیل نماید.

عامل دوم از طریق تاثیرگذاری بر ژن‌ها و یا مسیرهای بیولوژیکی موثر در تنظیم فنولوژی، بر بیولوژی گیاه اثر می‌گذارد. عوامل سوم، چهارم و پنجم بیشتر ماهیت غیر پلیوتروپیک داشته و هر کدام دارای اثرات زیاد بر یک صفت خاص می‌باشند. عامل سوم بر ساز و کارهای تعیین‌کننده تعداد دانه در قوزه موثر است، عامل چهارم تعیین‌کننده معماری بوته به لحاظ تشکیل اولین شاخه فرعی و عامل پنجم به‌واسطه اثر بزرگی که بر تاریخ ظهور اولین علایم گل (ظهور تکمه) دارد بر بروز و ورود گیاه به فاز زایشی تاثیر گذار است. قرارگیری صفات مرتبط با شاخه‌دهی و ارتفاع که در واقع جایگاه‌های ایجاد قوزه و برگ را فراهم می‌نمایند به همراه صفات مرتبط با عملکرد تحت کنترل عامل اول حاکی از آن است که بیولوژی گیاه گلرنگ در اساس بر دانه‌ای بودن و نه علوفه‌ای بودن تاکید دارد. به عبارت بهتر، سیستم کنترل داخلی این گیاه سهم زیادی از توجه و انرژی خود را صرف فرآیندهای سوخت و ساز و تولید دانه برای حفظ نسل می‌نماید.

قرارگرفتن صفات مرتبط با فنولوژی این گیاه تحت کنترل عامل دوم مبین وجود یک حقیقت اکوفیزیولوژیکی است. گیاه گلرنگ متحمل به کم آبی و شوری خاک و آب است (۷ و ۹)،که این سازوکارها را از طریق ساختار چرم مانند برگ برای کاهش تعرق (۵۳) و ریشه‌های عمیق برای جذب بیشتر آب خاک (۲۴) ایجاد نموده است. بنابراین، این گیاه نیازی به کوتاه کردن طول دوره زندگی خود در طبیعت برای فرار از مواجهه با دوران کم آبی نداشته و سعی بر ساخت بیشتر غذا در تعداد روز بیشتر تا رسیدگی دارد. تلفیق طول دوره زندگی زیاد با مکانیسم‌های تحمل به تنش‌های محیطی سازکاری است که برخی گیاهان برای بقا در شرایط نامساعد بدان نایل شده‌اند. قوزه به لحاظ اکوفیزیولوژی ارزش بیشتری نسبت به دانه دارد، چرا که خود قوزه به دلیل مشابهت عمل با طبق آفتابگردان، به عنوان مخزنی ثانویه برای برقراری جریان مواد اسیمیلاتی به سوی دانه‌ها فراهم می‌نماید (۴۶). بنابراین منطقی به نظر می‌رسد که گیاه تولید نسل بعد خود را با تاکید بر تعداد قوزه بیشتر (صفتی تحت کنترل عامل اول) رقم بزند. بنابراین قرار گیری صفت تعداد دانه در قوزه تحت کنترل عامل کم اهمیتی مثل عامل سوم دور از انتظار نمی‌باشد. ارتفاع شاخه‌دهی صفتی حایز اهمیت برای برداشت مکانیزه گلرنگ است، بنابراین از منظر گیاه فاقد اهمیت بوده و به این دلیل توسط عامل چهارم کنترل می‌شود.

1- Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)
2- Bartlett's Test of Sphericity

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.52547/jcb.14.41.163]

جدول ۵ – نتایج تجزیه عاملی مجموعه داده‌های گلرنگ. بارهای عاملی بزگتر از ۰/۵ معنی‌دار در نظر گرفته و به صورت پر رنگ نشان داده شده‌اند.

Table 5. Factor analysis results on safflower accessions. Loading factors greater than ۰/۵ are considered to be significant and shown as highlighted

صفت	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم	عامل چهارم	عامل پنجم
روز تا خروج از روزت	۰/۰۳۷	۰/۳۲۸	۰/۴۷۴	−۰/۱۰۰	۰/۳۸۸
روز تا ظهور تکمه انتهایی	−۰/۰۹۹	۰/۳۲۱	۰/۴۲۱	−۰/۲۵۹	**−۰/۶۸۰**
روز تا شروع گلدهی	−۰/۰۶۳	**۰/۷۳۵**	۰/۳۹۴	۰/۳۴۹	۰/۰۰۷
روز تا خاتمه گلدهی	۰/۱۷۹	**۰/۷۳۶**	−۰/۰۹۲	۰/۲۰۰	−۰/۰۳۲
ارتفاع بوته	**۰/۶۱۲**	۰/۴۹۹	−۰/۱۷۲	−۰/۲۴۰	۰/۳۶۱
ارتفاع شاخه دهی	۰/۲۴۹	۰/۴۰۹	−۰/۳۶۹	**−۰/۶۵۱**	۰/۱۷۸
تعداد شاخه فرعی اولیه	**۰/۵۴۳**	−۰/۱۴۳	۰/۰۷۱	۰/۴۶۰	۰/۲۰۳
تعداد شاخه فرعی ثانویه	**۰/۹۰۶**	−۰/۱۵۳	۰/۱۱۷	−۰/۰۸۵	۰/۱۵۹
تعداد شاخه فرعی ثالثیه	**۰/۷۳۷**	-۰/۰۵۷	۰/۱۴۶	−۰/۱۸۶	−۰/۳۶۷
تعداد کل شاخه فرعی	**۰/۹۶۱**	۰/۱۳۸	۰/۱۳۸	−۰/۰۰۹	۰/۰۰۲
قطر ساقه	**۰/۷۶۱**	۰/۲۰۰	۰/۰۸۱	۰/۱۱۹	۰/۰۷۵
تعداد قوزه در بوته	**۰/۹۵۹**	−۰/۰۷۴	۰/۰۲۷	−۰/۰۸۷	−۰/۰۵۷
تعداد دانه دز بوته	**۰/۹۴۹**	۰/۰۲۷	−۰/۱۵۲	−۰/۰۶۳	−۰/۱۱۸
تعداد دانه در قوزه	۰/۱۶۸	۰/۳۰۶	**−۰/۵۵۴**	۰/۰۹۲	−۰/۲۴۰
عملکرد دانه	**۰/۹۰۸**	۰/۰۳۰	−۰/۲۷۱	۰/۰۶۵	−۰/۱۳۳
وزن هزار دانه	−۰/۲۱۸	۰/۱۵۰	−۰/۴۱۲	۰/۴۵۴	−۰/۱۴۳
واریانس	۶/۳۶۵	۱/۸۹۰۵	۱/۳۷۰۳	۱/۲۱۷۸	۱/۰۹۵۴
درصد واریانس	۳۹/۶	۱۱/۸	۸/۶	۷/۶	۶

گیاه گلرنگ با دارا بودن الگوی رشد روزت در ابتدای فصل رشد، تحمل بالایی در این مرحله به سرما دارد (۳۰ و ۴۵). این موضوع احتمالا باعث شده تا حساسیت گیاه به زمان خروج از روزت چندان بالا نباشد و به این دلیل این صفت تحت تاثیر کم اثر ترین عامل یعنی عامل پنجم قرار گرفته است.

ملکی نژاد و مجیدی (۳۳) صفات فنولوژیک روز تا ظهور تکمه، روز تا اولین گلدهی، روز تا پایان گلدهی و همچنین ارتفاع بوته را همگی تحت کنترل عامل اول و عملکرد دانه، تعداد قوزه در بوته و تعداد انشعابات فرعی بوته را تحت تاثیر عامل دوم معرفی نمودند که با مشاهدات تحقیق حاضر در تضاد می باشد. با این حال در مشاهدات ایشان، تعداد دانه در قوزه نیز تحت تاثیر عامل سوم قرار گرفته است.

محققین متعددی از روش تجزیه عاملی برای تحلیل روابط بین اجزای گیاه در گلرنگ استفاده نموده‌اند (۳، ۳۳، ۲۰ و ۴۷)، لیکن در اغلب این گزارشات به بررسی فیزیولوژیک مشاهدات پرداخته نشده و صرفا به نامگذاری عوامل استخراجی بسنده شده است. تجزیه عاملی روشی قدرتمند برای استخراج روندها و الگوهای پنهان بین داده‌ها است. این روش به خصوص برای شناخت سیستم‌های بیولوژیکی که اجزای آن دارای روابط متعدد و پنهان می‌باشند، روش مناسبی است (۳، ۲۰، ۳۳ و ۳۶). منصوری و همکاران (۳۷) با انجام تجزیه عاملی بر روی گیاه کنجد، عوامل استخراجی را مشابه نواحی از ژنوم توصیف کردند که ضمن دارا بودن خاصیت پلیوتروپیک[1]، اثرات زیادی بر بروز صفات دارند.

گیاهان واجد سیستم عصبی مرکزی برای کنترل اجزا و صدور فرامین بیولوژیکی متمرکز، همانند آنچه در جانوران وجود دارد، نیستند (۵۴). از سوی دیگر گیاه را نمی‌توان به صورت توده‌ای از سلول‌های کنار همدیگر و مجزا از نظر کارکرد در نظر گرفت. بررسی پاسخ‌های فیزیولوژیکی گیاهان در شرایط مختلف درونی و محیطی منجر به ظهور فرضیه وجود یک سیستم هماهنگ‌کننده بین اجزا، در ضمن حفظ استقلال سلول‌ها و یا مفهوم بیولوژی نورون شناسی گیاهی[2] گردیده است (۸، ۱۱، ۱۲ و ۵۴). با این توضیحات، احتمالا عوامل استخراج شده در تجزیه عاملی نشانگر بخشی از سیستم کنترل درونی و هماهنگ‌کننده بین اجزاء باشد. برای اطمینان از صحت نتایج تجزیه‌های عاملی بایستی تعداد نمونه مورد تجزیه زیاد باشد تا بتوان الگوی حفاظت شده‌ای را در بین نمونه‌ها استخراج نمود. از سوی دیگر ظهور چندین صفت تحت کنترل یک عامل (برای مثال نه صفت تحت تاثیر یک عامل، جدول ۵) مشابه مکالمات بین چرخه‌ای[3] (۱۱) در فیزیولوژی مولکولی می‌باشد. بنابراین آنچه در تجزیه‌های بیومتریک، مانند همبستگی‌ها، رگرسیون‌ها و تجزیه‌های عاملی به دست می‌آید احتمالا روی دیگر سکه فیزیولوژی مولکولی است.

هرچند نتایج تجزیه همبستگی دوگانه تا حدی منطبق بر نتایج تجزیه عاملی است، اما تجزیه عاملی به خصوص زمانی که با نگرش فیزیولوژیک به نتایج آن نگریسته شود اطلاعات بهتری نسبت به تجزیه همبستگی دوگانه ارایه می‌دهد.

منصوری و همکاران (۳۷) با تلفیق تجزیه‌های چند متغیره و مفاهیم فیزیولوژیک، مفهوم تجزیه عاملی عملگرا[1] را ارایه نمودند. در پژوهش حاضر برای نخستین بار از شیوه ی تجزیه و تحلیل فیزیولوژیک برای تحلیل داده‌های چند متغیره در گلرنگ استفاده شده است که آن را تجزیه عاملی عملگرا می‌نامند (۳۷). تجزیه عاملی عملگرا قدرت انتخاب و تصمیم‌گیری بهنژادگران را در مسیر اصلاح کارآمد برای برای بهبود صفات مورد نظر بالا می‌برد. نتایج این بررسی نشان داد که سیستم کنترل بیولوژیکی گیاه گلرنگ، به جای توجه و تمرکز بر تولید دانه‌های قوی‌تر (که با شاخصه وزن هزار دانه بیشتر سنجیده می شود)، بیشتر بر تعداد بیشتر دانه برای بقای نسل تمرکز می‌نماید.

1 Pleiotropic 2- Plant neurobiology 3- Cross talk

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.52547/jcb.14.41.163]

تشکر و قدردانی

این پژوهش در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و بواسطه گرنت پروژه تحقیقاتی شماره ۹۷۰۰۵۸-۰۰۵-۰۳-۰۳-۷ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی انجام گردید. از کلیه کارکنان بانک ژن گیاهی ملی ایران، که این پژوهش با استفاده از امکانات و مساعدت آنها انجام گرفته است، صمیمانه تشکر و قدر دانی به عمل می‌آید.

منابع

1. Adams, M. 1982. Plant architecture and yield breeding. Iowa State Journal Research, 56(3): 225-254.
2. Ahmadi, K., H.R. Ebadzadeh, F. Hatami, S.M. Afroozi, E. Esfandiyaripour and R.A. Taghani. 2021. AGROSTAT 2000-2021. Ministry of Jihad-Agriculture Publisher; Tehran, Iran, Inc, 89 pp.
3. Ashkani, J., H. Pakniyat, Y. Emam, M.T. Assad and M. Bahrani. 2007. The evaluation and relationships of some physiological traits in spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under stress and non-stress water regimes. Journal of Agricultural Science and Technology, 9(4): 267-77.
4. Ashri, A., D. Zimmer, A. Urie, A. Cahaner and A. Marani. 1974. Evaluation of the world collection of safflower, *Carthamus tinctorius* L. IV. yield and yield components and their relationships. Crop Science, 14(6): 799-802.
5. Ayana, A. and E. Bekele. 1999. Multivariate analysis of morphological variation in sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) germplasm from Ethiopia and Eritrea. Genetic Resources and Crop Evolution, 46(3): 273-284.
6. Bagheri, A., B. Yazdi-Samadi, M. Taeb and M. Ahmadi. 2001. Study of correlations and relations between plant yield and quantitative and qualitative other traits in safflower. Iranian Journal of Agricultural Science, 32(2): 295-307 (In Persian).
7. Bahrami, F., A. Arzani and A. Karimi. 2014. Evaluation of yield-based drought tolerance indices for screening safflower genotypes. Agronomy Journal, 106(4): 1219-1224.
8. Baluška, F. and S. Mancuso. 2009. Plant neurobiology: from sensory biology, via plant communication, to social plant behavior. Cognitive Processing, 10(1): 3-7.
9. Bassil, E.S. and S.R. Kaffka. 2002. Response of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) to saline soils and irrigation: I. consumptive water use. Agricultural water Management, 54(1): 67-80.
10. Beyyavas, V., H. Haliloglu, O. Copur and A. Yilmaz. 2011. Determination of seed yield and yield components of some safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars, lines and populations under the semi-arid conditions. African Journal of Biotechnology, 10(4): 527-534.
11. Brenner, E.D., R. Stahlberg, S. Mancuso, J. Vivanco, F. Baluška and E. Van Volkenburgh. 2006. Plant neurobiology: an integrated view of plant signaling. Trends in Plant Science, 11(8): 413-419.
12. Calvo, P. 2016. The philosophy of plant neurobiology: a manifesto. Synthese, 193(5): 1323-1343.
13. Çamaş, N. and E. Esendal. 2006. Estimates of broad-sense heritability for seed yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Hereditas, 143(2006): 55-57.
14. Chakravorty, A., P. Ghosh and P. Sahu. 2013. Multivariate analysis of phenotypic diversity of landraces of rice of west Bengal. Journal of Experimental Agriculture International, 3(1): 110-123.
15. Deshmukh, R., H. Sonah, G. Patil, W. Chen, S. Prince, R. Mutava, et al. 2014. Integrating omic approaches for abiotic stress tolerance in soybean. Frontiers in Plant science, 5: 244.
16. Domagalska, M.A. and O. Leyser. 2011. Signal integration in the control of shoot branching. Nature Reviews Molecular Cell Biology, 12(4): 211-221.
17. Eskandari Torbaghan, M. and M. Eskandari Torbaghan. 2015. Study of safflower genotypes grain and oil yield in different sowing dates in dryland condition. International Conference on Research in Science and Technology, Kualalumpur. Malesia.
18. Fan, Y., S. Shabala, Y. Ma, R. Xu and M. Zhou. 2015. Using QTL mapping to investigate the relationships between abiotic stress tolerance (drought and salinity) and agronomic and physiological traits. BMC Genomics, 16(1): 1-11.
19. Gao, F., W. Wen, J. Liu, A. Rasheed, G. Yin, X. Xia, et al. 2015. Genome-wide linkage mapping of QTL for yield components, plant height and yield-related physiological traits in the Chinese wheat cross Zhou 8425B/Chinese Spring. Frontiers in Plant Science, 6: 1099.
20. Hatamzadeh, H. 2008. Investigation of traits related to grain yield in safflower using factor analysis. Seed and Plant, 24(3): 563-78 (In Persian).
21. Hazel, L.N., G.E. Dickerson and A.E. Freeman. 1994. The selection index—then, now, and for the future. Journal of Dairy Science, 77(10): 3236-3251.
22. Hölttä, T., T. Vesala, S. Sevanto, M. Perämäki and E. Nikinmaa. 2006.Modeling xylem and phloem water flows in trees according to cohesion theory and Münch hypothesis. Trees, 20(1): 67-78.
23. Hussain, M.I., D.A. Lyra, M. Farooq, N.M. Nikoloudakis and N. Khalid. 2016. Salt and drought stresses in safflower: a review. Agronomy for Sustainable Development, 36(1): 4.
24. Johnston, A.M., D.L. Tanaka, P.R. Miller, S.A. Brandt, D.C. Nielsen, G.P. Lafond, et al. 2002. Oilseed crops for semi-arid cropping systems in the northern Great Plains. Agronomy Journal, 94(2): 231-240.
25. Jyske, T. and T. Hölttä. 2015. Comparison of phloem and xylem hydraulic architecture in *Picea abies* stems. New Phytologist, 205(1): 102-115.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.52547/jcb.14.41.163]

26. Karsai, I., K. Mészáros, L. Lang, P. Hayes and Z. Bedö. 2001. Multivariate analysis of traits determining adaptation in cultivated barley. Plant Breeding, 120(3): 217-222.
27. Khomari, A., S. Omrani, A. Omrani and K. Mostafavi. 2017. Study of genetic variation in safflower genotypes (*Carthamus tinctorius* L.) in terms of some morphological and agronomic traits. Journal of Agronomy and Plant Breeding,13(3): 27-38 (In Persian).
28. Kiani, G. and G.A. Nematzade. 2013. Relationship between morphological traits in rice restorer lines at F_3 generation using multivariate analysis. International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research, 1(6): 572-577.
29. Knowles, P. 1969. Centers of plant diversity and conservation of crop germ plasm: safflower. Economic Botany; 23(4): 324-329.
30. Koç, H. 2019. Relationships between survival in winter colds and some morphological and technological characteristics in safflower genotypes. Genetika, 51(2): 525-537.
31. Li, D., T. Pfeiffer and P. Cornelius. 2008. Soybean QTL for yield and yield components associated with *Glycine soja* alleles. Crop Science, 48(2): 571-581.
32. 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.
33. Maleki Nejad, R. and M. Majidi. 2015. Investigation of relationships between characteristics related to grain and oil yield in spring safflower genotypes under normal conditions and drought stress. Journal of Crop Breeding, 7(15): 1-13 (In Persian).
34. Maleki Nejad, R. and M. Majidi. 2016. Evaluation of internal and exotic germplasm of safflower under normal conditions and drought stress. Journal of Crop Breeding, 13(15): 109-115 (In Persian).
35. Manly, B.F. and J.A.N. Alberto. 2016. Multivariate statistical methods: a primer: CRC Press Washington DC, USA, 207 pp.
36. Mansouri, S. and M. Soltani Najafabadi. 2021. Evaluation of behavioral flexibility in effective components on yield of sesame genotypes under normal irrigation conditions and water limitation. Journal of Crop Breeding, 13(37): 75-84 (In Persian).
37. Mansouri, S., M. Soltani Najafabadi, M. Esmailov and M. Aghaee. 2014. Functional factor analysis in sesame under water-limiting stress: new concept on an old method. Plant Breeding and Seed Science, 70: 91-104.
38. Metzger, J.D. 1995. Hormones and reproductive development: plant hormones: In: Davis, P.J. (eds) Plant hormones. 617-648 pp., Springer, Dordrecht, Germany.
39. Mirabadi, A.Z., M. Haghpanah, K. Foroozan and S. Talaee. 2019. Multivariate analysis of some quantitative traits in introduced safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes in Sari. Journal of Crop Breeding, 10(29): 162-170.
40. Niazian, M. and G. Niedbała. 2020. Machine learning for plant breeding and biotechnology. Agriculture, 10(10): 436.
41. 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 Persian).
42. Omidi, A.H., H. Khazaei, P. Monneveux and F. Stoddard. 2012. Effect of cultivar and water regime on yield and yield components in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Turkish Journal of Field Crops, 17(1): 10-15.
43. Ongaro, V. and O. Leyser. 2008. Hormonal control of shoot branching. Journal of Experimental Botany, 59(1): 67-74.
44. Pahlavani, M., G. Saidi and A. Mirlohi. 2012. Genetic analysis of seed yield and oil content in safflower using F_1 and F_2 progenies of diallel crosses. International Journal of Plant Production,1(2): 129-140.
45. Pascual-Villalobos, M. and N. Alburquerque. 1995. Genetic variation of a safflower germplasm collection grown as a winter crop in southern Spain. Euphytica, 92(3): 327-332.
46. Pereira, M.L., A. Berney, A.J. Hall and N. Trápani. 2008. Contribution of pre-anthesis photoassimilates to grain yield: Its relationship with yield in Argentine sunflower cultivars released between 1930 and 1995. Field Crops Research, 105(1-2): 88-96.
47. Pour-Aboughadareh, A., E.M. Amini, M. Khalili and M.R. Naghavi. 2013. Factor analysis of agronomic and morphological traits of safflower genotypes under two stress and non-stress conditions. Proceeding of the Second International Conference on Agriculture and Natural Resources, 665-667 pp., Kermanshah, Iran.
48. Pourdad, S. and M. Jamshid Moghaddam. 2013. Study on genetic variation in safflower collection (*Carthamus tinctorius* L.) under rainfed condition. Iranian Journal of Dryland Farming, 1(3): 1-16 (In Persian).
49. Rao, V.R., M. Ramachandram and V. Arunachalam. 1977. An analysis of association of components of yield and oil in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Theoretical and Applied Genetics, 50(4): 185-191.
50. Reddy, V.R.P., L.R. Vemireddy, A. Srividhya, K.H. Reddy and E. Siddiq. 2019. Genetic analysis of culm strength and its related traits in rice (*Oryza sativa* L.). Applied Biological Research, 21(2): 166-175.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.52547/jcb.14.41.163]

51. Shahabfar, A., A. Ghulam and J. Eitzinger. 2012. Drought monitoring in Iran using the perpendicular drought indices. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 18: 119-27.
52. Sharma, J.R. 2006. Statistical and biometrical techniques in plant breeding: New Age International Publishers, Lucknow, India, 432 pp.
53. Singh, S., K. Grover, S. Begna, S. Angadi, M. Shukla, R. Steiner, et al. 2014. Physiological response of diverse origin spring safflower genotypes to salinity. J Arid Land Studies, 24: 169-174.
54. Taiz, L. and E. Zeiger. 2002. Plant physiology. 2nd Edn. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, Massachusetts, USA, 792 pp.
55. Vollmann, J. and I. Rajcan. 2009. Oil crops: Springer; New York, USA, 548 pp.
56. Ward, S.P. and O. Leyser. 2004. Shoot branching. Current Opinion in Plant Biology, 7(1): 73-78.
57. Witcombe, J., P. Hollington, C. Howarth, S. Reader and K. Steele. 2008. Breeding for abiotic stresses for sustainable agriculture. philosophical transactions of the royal society B: Biological Sciences, 363(1492): 703-716.
58. Yadav, S., P. Modi, A. Dave, A. Vijapura, D. Patel and M. Patel. 2020. Effect of abiotic stress on crops. In: Galindo, F.S., M.C. Minhoto, T. Filho, M. Fujita, M. Hasanuzzaman, T. Assis, et al. (eds.) Sustainable crop production. 3-60 pp. IntechOpen Press, London, UK.
59. Zhang, H., Y. Li and J.K. Zhu. 2018. Developing naturally stress-resistant crops for a sustainable agriculture. Nature plants, 4(12): 989-996.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.52547/jcb.14.41.163]

Functional Factor Analysis in Safflower

Amir Ghanbari[1], Masood Soltani Najafabadi[2], Ali Reza Abbasi[3] and Mohammad Reza Bihamta[3]

1- M.Sc. Student in Plant Breeding, College of Agriculture, Tehran University, Karaj, Iran
2- National Plant Gene Bank of Iran, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran, (Corresponding author: m.soltanioil@yahoo.com)
3- Agronomy Dept., University of Tehran. Agronomy Dept., University of Tehran, Karaj, Iran
Received: 8 August 2021 Accepted: 24 January 2022

Extended Abstract

Introduction and Objective: Safflower, an oilseed crop, is attractive for cultivation in arid and semi-arid regions. Safflower breeding for more grain requires having knowledge on effective components in yield formation. Effective utilization of results obtained in analyzing relationships between yield and its components in plant breeding processes needs to integrate the results of multivariate analysis with the physiological statue of the plant.

Material and Methods: In this study, an augmented design containing 106 safflower accessions received from Genebank of Germany accompanying with five commercial cultivars was executed. Multivariate analysis was one on the grain yield-related traits and phonologic traits, as well.

Results: Results of bivariate correlation analysis indicated presence of high correlations between important traits involved in grain yield and stem diameter. Stepwise regression analysis was used to fit a model for regressing of seed yield per plant on the studied traits. The resulted model contained number of seeds per plant, 1000-seed weight, number of bolls per plant, number of seeds per boll with positive effects and number of tertiary branches with negative effect. Factor analysis was able to extract five factors cumulatively explained 74% of the variance of the initial data. While the first factor mostly affects on the traits involved in seed yield, the second factor mainly affects phenological traits. The third, fourth and fifth factors were effective on number of seeds per boll, branch height and exiting from rosette, respectively. Based on the multivariate analysis results, improvement in safflower breeding programs can be met through selecting for more primary and secondary branches, more stem diameter, and higher plant height.

Conclusion: Effective utilization of multivariate analysis results requires integration of statistical software outputs with physiological data. The subject which in this paper has been referred to as functional analysis.

Keywords: Breeding Programs, Functional Factor Analysis, Internal Control System of Safflower, Multivariate Analysis

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.52547/jcb.14.41.163]