

تحلیل عاملی و گروه‌بندی ژنتیکی ژنوتیپ‌های گلرنگ (*Carthamus tinctorious* L.) تحت تنش کم‌آبی آخر فصل و شرایط نرمال

Factor Analysis and Genetic Grouping of Safflower (*Carthamus tinctorious* L.) Genotypes under Terminal Season Water Deficit Stress and Normal Condition

سلیمان یارالهی^۱، احمد اسماعیلی^{۲*}، سید سجاد سهرابی^۳، سیده زهرا حسینی^۴ و علیرضا زبرجدی^۵

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۲/۲۶ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۲/۱۰
(مقاله پژوهشی)

چکیده

کاهش محصولات کشاورزی به‌علت تغییرات جهانی آب‌وهوا، به‌ویژه وقوع هم‌زمان خشک‌سالی و دمای بالا، رو به افزایش است. از این‌رو درک روابط بین ویژگی‌های ژنوتیپ‌ها تحت شرایط تنش خشکی برای انتخاب و اصلاح ارقام متحمل به خشکی بسیار مهم خواهد بود. در این تحقیق به‌منظور گروه‌بندی و بررسی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های گلرنگ، ۱۵ ژنوتیپ تحت شرایط نرمال و تنش کم‌آبی آخر فصل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان (خرم‌آباد) کشت شدند. نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها اختلاف معنی‌دار آماری بین ژنوتیپ‌ها را در هر دو شرایط برای صفات اندازه‌گیری شده نشان دادند. نتایج تحلیل عاملی در شرایط نرمال سه عامل را شناسایی کرد که در مجموع ۷۹/۴۰ درصد از کل تغییرات داده‌ها را توجیه نمود. عامل اول و دوم به‌ترتیب به‌عنوان عامل اجزای عملکرد دانه و عامل بهره‌وری نام‌گذاری شدند. در شرایط تنش کم‌آبی آخر فصل نیز به‌طور مشابه ۳ عامل شناسایی شد که عامل اول و دوم در مجموع ۵۹/۰۹ درصد از تغییرات کل را توجیه نمودند. عامل اول و دوم در این شرایط به‌ترتیب به‌عنوان عامل عملکرد و اجزا عملکرد دانه و عامل مؤثر بر رشد و نمو شناخته شدند. براساس تجزیه خوشه‌ای، در هر دو شرایط نرمال و تنش کم‌آبی آخر فصل ژنوتیپ‌ها به سه گروه مجزا تقسیم شدند. در مجموع با توجه نتایج تحلیل عاملی، تجزیه خوشه‌ای و مقایسه میانگین‌ها و به‌علت پایداری عملکرد دانه در هر دو شرایط رطوبتی، می‌توان ژنوتیپ ۶ (Syrian) را به‌عنوان یک ژنوتیپ امیدبخش جهت برنامه‌های آینده به‌نژادی و به‌زراعی معرفی کرد.

واژه‌های کلیدی: تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، تجزیه خوشه‌ای، اجزای عملکرد دانه، عامل بهره‌وری

۱. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرمانشاه، کرمانشاه، ایران
۲، ۳ و ۴. به‌ترتیب دانشیار و دانشجویان دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران
۵. دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
*: نویسنده مسئول Email: ismaili.a@lu.ac.ir
این مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد نویسنده اول تحت راهنمایی احمد اسماعیلی می‌باشد.

مقدمه

از بین دانه‌های روغنی سازگار با شرایط کشور، گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) با داشتن تیپ‌های بهاره و پاییزه و مقاومت بالا به تنش شوری و خشکی (باسیل و کافکا^۱، ۲۰۰۲) جهت تأمین بخش عمده‌ای از روغن مصرفی از آینده نویدبخشی برخوردار است (پاسبان اسلام، ۱۳۹۱). کشت گلرنگ در ایران از سالیان دور به‌صورت محدودی معمول بوده ولی به‌دلیل نبودن ارقام دارای عملکرد بالا و طولانی بودن دوره رشد، سطح زیر کشت آن محدود بوده است. با توجه به نیاز کشور به افزایش تولید دانه‌های روغنی، معرفی ارقام گلرنگ با عملکرد بالا و سازگار با شرایط اقلیمی کشور می‌تواند در افزایش تولید سهم به‌سزایی داشته باشد (صادقی بختوری و همکاران، ۱۳۹۴) از این‌رو در برنامه‌ریزی‌هایی که به‌منظور افزایش تولید روغن صورت پذیرفته این گیاه مورد توجه قرار گرفته است (فروزان، ۱۳۸۰)، با این حال خشک‌سالی و تنش حاصل از آن یکی از مهم‌ترین و رایج‌ترین تنش‌های محیطی است که تولیدات کشاورزی را با محدودیت روبرو ساخته و باعث کاهش عملکرد محصولات در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌شود (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۷۶). یکی از مهم‌ترین راه‌حل‌ها برای مقابله با مشکل خشکی، اصلاح ارقام متحمل به خشکی می‌باشد (ریبترک^۲ و همکاران ۲۰۰۶). سازوکارهای تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های بومی متحمل، می‌تواند الگوی خوبی برای اصلاح ارقام گلرنگ باشد (کلاول^۳ و همکاران، ۲۰۰۵). در برنامه‌های اصلاحی، انتخاب براساس تعداد زیادی صفت زراعی صورت می‌گیرد که ممکن است بین آن‌ها همبستگی مثبت و منفی وجود داشته باشد؛ لذا شناخت ویژگی‌های ژنتیکی صفات مهم، خصوصاً اجزای عملکرد و بررسی روابط و نحوه تأثیرگذاری آن‌ها بر یکدیگر برای رسیدن به اهداف مطلوب ازجمله دستیابی به ارقام متحمل به تنش‌های محیطی با عملکرد اقتصادی در اصلاح نباتات بسیار مهم می‌باشد. تجزیه عامل‌ها، یکی از روش‌های آماری چندمتغیره جهت درک روابط بین صفات (متغیرها) و کاهش حجم داده‌ها و نتیجه‌گیری قطعی از داده‌هایی است که همبستگی بالایی را بین متغیرهای اولیه نشان می‌دهد (جانسن و ویچرن^۴، ۲۰۰۷). در این تجزیه از طریق شناسایی یک سری عوامل غیرقابل مشاهده و اندازه‌گیری آن‌ها می‌توان متغیرها را گروه‌بندی نمود. سپس عواملی را که باعث قرار گرفتن صفات در یک گروه می‌شوند شناسایی و تأثیر آن‌ها را بر روی صفت خاصی مشخص کرد. به‌طوری‌که تعداد

متغیرهای اولیه به تعداد کم‌تری از متغیرها که همان عامل‌های مشترک هستند، کاهش می‌یابد (گورتین و بایلی^۵، ۱۹۸۲). در مطالعه‌ای که به‌منظور بررسی صفات مؤثر بر عملکرد گلرنگ در دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی صورت گرفت، با استفاده از تجزیه به عامل‌ها تعداد ۶ فاکتور اصلی که در مجموع ۸۰ درصد از واریانس کل داده‌ها را توجیه نمود، شناسایی شدند و نشان داد که این روش توانایی بالایی در شناسایی صفات مؤثر بر عملکرد دانه دارد (اشکانی^۶ و همکاران، ۲۰۰۷b). نتایج پژوهش دیگری بر روی ۲۶ رقم گلرنگ که به‌منظور گروه‌بندی و شناسایی ارقام مقاوم به خشکی با استفاده از روش تجزیه عامل‌ها صورت گرفت نشان داد که سه عامل اول به‌ترتیب ۳۵/۹۴، ۱۶/۰۴ و ۱۲/۹۹ درصد از واریانس کل داده‌ها را توجیه نمود. همچنین تجزیه خوشه‌ای بر اساس صفات اندازه‌گیری شده این ارقام را به ۷ گروه مجزا گروه‌بندی نمود (رامشک‌نیا^۷ و همکاران، ۲۰۱۳). با استفاده از روش تجزیه به عامل‌ها در بررسی ۸ ژنوتیپ گلرنگ بهاره تحت شرایط تنش رطوبتی مشخص شد که ۶ عامل اول ۸۰ درصد از تنوع کل داده‌ها را توجیه نمودند که از این بین دو عامل اول (کارآیی مصرف آب و ظرفیت موازنه آب) ۴۰ درصد از این تنوع را به خود اختصاص دادند (اشکانی و همکاران^۸، ۲۰۰۷a). نتایج حاصل از گروه‌بندی توده‌های بومی گلرنگ با استفاده از تجزیه خوشه‌ای نشان داد که ژنوتیپ‌ها در گروه‌های مختلف قرار گرفتند که برای تمامی صفات، به‌جز صفت تعداد روز تا سبز شدن دارای تفاوت معنی‌داری بودند. یکی از گروه‌ها دارای بیش‌ترین تعداد انشعاب اصلی در بوته، تعداد غوزه در بوته، تعداد دانه در غوزه، عملکرد دانه در بوته و عملکرد دانه در واحد سطح، ولی کم‌ترین وزن هزاردانه بود. لاین‌های این گروه، جهت انتخاب برای افزایش عملکرد دانه مناسب‌تر شناخته شدند (رفیعی و سعیدی، ۱۳۸۴).

هدف از این مطالعه شناسایی عامل‌های مؤثر بر عملکرد دانه ارقام گلرنگ در شرایط نرمال و تنش کم‌آبی آخر فصل و گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس صفات اندازه‌گیری شده بود.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق به‌منظور مطالعه تنوع ژنتیکی، تعیین صفات مؤثر بر عملکرد دانه و گروه‌بندی ژنوتیپ‌های متحمل به کم‌آبی، ۱۵ ژنوتیپ گلرنگ (IL-111، LRV-51-51، S-541، Lesaf، Dincer، Syrian، Gila، Kino-76، Yenice، زرقان 279، محلی

5. Guertin and Bailey

6. Ashkani

7. Rameshknia

8. Ashkani

1. Bassil and Kaffka

2. Rebetzke

3. Clavel

4. Johnson and Wichern

نقطه برداشت و سریع به آزمایشگاه منتقل گردید. بعد از اندازه‌گیری وزن تر هر نمونه، نمونه خاک به دستگاه آون منتقل و پس از نگهداری در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت، وزن خشک نمونه اندازه‌گیری و سپس از طریق رابطه زیر درصد رطوبت وزنی خاک به‌دست آمد:

$$100 \times [\text{وزن خشک نمونه} - \text{وزن تر نمونه}] = \text{رطوبت وزنی خاک (درصد)}$$

جهت تعیین نقطه ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی خاک، از منحنی درصد رطوبت وزنی خاک مربوطه استفاده شد. برای ترسیم این منحنی با استفاده از دستگاه صفحات فشاری، درصد رطوبت وزنی خاک محل آزمایش در فشارهای مختلف تعیین گردید و منحنی رطوبتی خاک براساس پتانسیل آب خاک و درصد رطوبت وزنی آن ترسیم شد. همچنین جهت اطمینان بیشتر در خصوص اطلاعات به‌دست‌آمده و کنترل آن با منحنی‌های موجود در منابع علمی و با در نظر گرفتن بافت خاک، نقاط ظرفیت زراعی و پژمردگی کنترل گردید. بنابراین با داشتن درصد رطوبت خاک، پتانسیل آب خاک روی این منحنی به‌دست آمد و براساس این منحنی، زمان آبیاری به هنگام تخلیه شدن ۳۵ تا ۴۰ درصد آب قابل‌استفاده خاک (علیزاده، ۱۳۸۳) تعیین شد.

با توجه به این که یکی از حساس‌ترین دوره رشد گیاه گل‌رنگ که تأثیر زیادی بر عملکرد نهایی نیز دارد مرحله انتهایی فصل رشد (مرحله دانه‌بندی) می‌باشد، زمان شروع تنش به صورتی تنظیم گردید که منطبق بر این مرحله رشدی گیاه (اواخر مرحله گل‌دهی و شروع مرحله دانه‌بندی) باشد. قابل‌ذکر است که این مرحله مصادف با زمانی است که در طبیعت بارندگی وجود ندارد و نیاز به آبیاری می‌باشد و لذا چنانچه بتوان به رقم یا ژنوتیپی دست یافت که به یک تا دو آبیاری کمتر نیاز داشته باشد، می‌تواند ما را در مصرف کمتر آبیاری کمک نماید. بر این اساس، نحوه اعمال تنش کم‌آبی آخر فصل (در مرحله اواخر گل‌دهی و طی مرحله دانه‌بندی) به این صورت بود که آبیاری از اوایل رشد تا اواسط مرحله گل‌دهی در هر دو محیط یکسان صورت گرفت ولی در مرحله اواخر گل‌دهی و شروع دانه‌بندی که نیاز به آبیاری بود، در محیط تحت تنش آبیاری قطع شد اما در محیط نرمال ادامه یافت. به‌طوری‌که در محیط تنش به میزان دو دور کمتر آبیاری صورت گرفت و گیاهان به‌مدت حدود دو هفته در معرض تنش کم‌آبی قرار گرفتند. قابل‌ذکر است در هر دو محیط، دو هفته قبل از برداشت (به‌منظور رسیدگی نهایی بذور) آبیاری قطع شد. در مدت زمان اعمال تنش و مراحل انتهایی فصل رشد، میانگین کمینه دمای هوا ۱۰/۶ درجه سانتی‌گراد، میانگین بیشینه دمای هوا ۴۱/۲ درجه

اصفهان، Hartman، ورامین ۲۹۵، Cyprus bregon و CW-74) در سال زراعی ۹۲ - ۱۳۹۱ مورد ارزیابی قرار گرفت. این ژنوتیپ‌ها در دو آزمایش جداگانه در دو محیط تنش کم‌آبیاری و نرمال (بافاصله ۱۰ متری بین دو محیط) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان (طول ۴۸ درجه و ۲۲ دقیقه شرقی و عرض ۳۳ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی با ۱۱۲۵ متر ارتفاع از سطح دریا) مورد ارزیابی قرار گرفتند. میانگین بلندمدت بارندگی سالیانه منطقه ۴۷۱/۵ میلی‌متر و میانگین درجه حرارت در ماه‌های گرم و سرد سال به‌ترتیب ۴۴/۷ و ۵/۱- درجه سانتی‌گراد بود. پراکنش بارندگی در این منطقه در ماه‌های مرطوب سال (حدود مهرماه تا اواسط اردیبهشت‌ماه) می‌باشد.

به‌منظور تعیین مشخصات خاک محل آزمایش قبل از شروع آزمایش، از خاک مزرعه به روش زیگزاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک مزرعه نمونه‌گیری به‌عمل آمد. نتایج بررسی و مطالعه خاک مزرعه آزمایش در جدول ۱ نشان داده شد. هر کرت آزمایشی شامل ۴ خط به طول ۴ متر با فواصل خطوط ۴۰ سانتی‌متر بود که فاصله بین کرت‌ها ۸۰ سانتی‌متر و فاصله‌ی بین تکرارها (بلوک‌ها) ۲ متر در نظر گرفته شد. در بین بلوک‌ها دو کانال اصلی آب (یکی برای آبیاری و دیگری برای جمع‌آوری زه‌آب) طراحی گردید. تهیه زمین و عملیات شخم در آبان‌ماه و عملیات کاشت در آذرماه انجام شد. با توجه به نتایج آزمایش خاک (جدول ۱)، ۷۵ کیلوگرم کود ازت از منبع اوره و ۱۵۰ کیلوگرم کود فسفره از منبع سوپر فسفات تریپل هم‌زمان با آماده‌سازی زمین به خاک زراعی اضافه گردید. تراکم معادل ۴۵۰ هزار بوته در هکتار بود. از مراحل اولیه رشد تا رسیدن ارتفاع بوته به حدود ۴۰ سانتی‌متر در سه مرحله مبارزه مکانیکی با علف‌های هرز انجام گرفت. تنک کردن بوته‌ها به‌منظور دستیابی تراکم مطلوب پس از استقرار کامل گیاهچه‌های گل‌رنگ براساس فاصله ۱۰ سانتی‌متر بوته‌ها روی ردیف کاشت به‌صورت هم‌زمان در هر دو محیط انجام گرفت. پس از انجام عملیات کاشت به‌منظور رسیدن به سطح یکنواخت آبیاری هر دو محیط صورت گرفت. فواصل زمانی بین هر دور آبیاری با توجه به مرحله رشد گیاه و همچنین شرایط رطوبت خاک از ۷ تا ۱۴ روز متغیر بود. قابل‌ذکر است در مواردی که طی فصل رشد بارندگی صورت می‌گرفت، آبیاری انجام نمی‌شد. جهت تعیین زمان آبیاری، بر اساس تعیین وضعیت رطوبت خاک عمل می‌شد. جهت تعیین رطوبت خاک، ۴ روز پس از آبیاری با فواصل یک روز در میان چند نمونه خاک مزرعه به‌وسیله اگر تا عمق توسعه ریشه و به‌طور تصادفی از چندین

اطمینان از محل خط برش در تجزیه خوشه‌ای از تابع تشخیص استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج مقایسه میانگین

نتایج تجزیه واریانس برای صفات مهم مرتبط با عملکرد دانه نشان داد که در هر دو شرایط رطوبتی، بین ژنوتیپ‌های گلرنگ اختلاف معنی‌داری وجود دارد (نتایج آورده نشده است). نتایج مقایسه میانگین (به روش دانکن) برای ۱۱ صفت اندازه‌گیری شده در دو شرایط نرمال و تنش در جدول ۲ و ۳ ارائه شد. در شرایط نرمال ژنوتیپ ۶ از نظر صفات عملکرد دانه و وزن هزاردانه بهترین رتبه را به خود اختصاص داد، درحالی‌که ژنوتیپ ۱۵ کم‌ترین میزان عملکرد دانه و وزن هزاردانه را داشت (جدول ۲). پایین‌ترین رتبه از نظر صفات اجزای عملکرد به ژنوتیپ ۱۵ تعلق گرفت که خود می‌تواند علت پایین بودن عملکرد این ژنوتیپ را توجیه نماید. در شرایط تنش، نیز ژنوتیپ ۶ بیش‌ترین میزان عملکرد دانه را به خود اختصاص داد که این نتایج نشان از پایداری عملکرد این ژنوتیپ تحت شرایط تنش می‌باشد. با توجه به نتایج اراده شده در جدول ۲ و ۳ به‌طور متوسط میزان افت عملکرد از شرایط نرمال به شرایط تنش خشکی آخر فصل ۳۳ درصد تخمین زده شد. به‌طور کلی می‌توان گفت هر عاملی مانند آبیاری که فرصت رشد بیش‌تری در اختیار گیاه قرار دهد موجب شکل‌گیری مکان‌های بالقوه بیش‌تری جهت تولید طبق در روی گیاه، از طریق افزایش ارتفاع، انشعابات جانبی دوره رشد خواهد شد. به‌همین علت در شرایط نرمال افزایش اندام‌های هوایی و رشد بیش‌تر انجام گرفته و لذا ژنوتیپ‌هایی که قطر ساقه اصلی بیش‌تر و تعداد شاخه فرعی بیش‌تری دارند، تعداد طبق بیش‌تری هم دارند. درحالی‌که در شرایط تنش ارتباط تعداد طبق در بوته با قطر ساقه اصلی بیش‌تر است، زیرا در شرایط تنش خشکی آخر فصل وجود ساقه‌های محکم که در اثر کم‌آبی ضعیف نشود یکی از اصول تولید و پایداری عملکرد در گلرنگ است (لطفی و همکاران، ۱۳۹۱). سایر محققین نیز با مطالعه تنش خشکی بر روی گلرنگ، کاهش تعداد طبق در بوته را مشاهده کردند (بیوس و همکاران^۵، ۲۰۱۱).

نتایج تجزیه به عامل‌ها در شرایط نرمال

در شرایط نرمال ۱۱ صفت اندازه‌گیری شده، برای تجزیه به عامل‌ها مورد استفاده قرار گرفت. همان‌طور که در جدول ۴ دیده می‌شود در تجزیه به عامل‌ها براساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و بر مبنای مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک، پس از چرخش وریماکس سه عامل مشخص شدند (شکل ۱). این عامل‌ها مجموعاً توانستند ۷۹/۴۰

سانتی‌گراد و میانگین دمای هوا ۲۷/۱ درجه سانتی‌گراد بود. در مدت زمان تنش و تا پایان فصل رشد بارندگی صورت نگرفت. گیاهان هر دو محیط (نرمال و تنش) تا قبل از اعمال تنش، از نظر وضعیت رویشی و زایشی وضعیت مشابهی داشتند. اندازه‌گیری برخی صفات مورفولوژیک موردنظر در انتهای زمان اعمال تیمار تنش و قبل از برداشت نهایی صورت گرفت ولی اندازه‌گیری برخی صفات دیگر (مثل عملکرد و اجزای عملکرد) بعد از برداشت صورت گرفت. به‌منظور ارزیابی تعدادی از صفات مورفولوژیک شامل قطر ساقه اصلی، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن دانه در طبق، وزن دانه در بوته، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، وزن هزاردانه و عملکرد دانه، پنج بوته از هر رقم به‌طور تصادفی مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. در هر کرت دو ردیف کناری و ۵۰ سانتی‌متر از دو انتها به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد.

برای درک روابط بین صفات، شناخت صفاتی که بیش‌ترین نقش را در عملکرد دانه ایفا می‌کردند و شناخت عوامل پنهانی مؤثر بر عملکرد، از تجزیه به عامل‌ها براساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده شد و عوامل به‌دست آمده با استفاده از روش چرخش وریماکس (Varimax) که واریانس بین عوامل را حداکثر می‌نماید محاسبه شدند (کایسر^۱، ۱۹۸۵). ضرایب عاملی ۰/۵ به بالا صرف‌نظر از علامت آن‌ها معنی‌دار در نظر گرفته شدند (رنچر^۲، ۲۰۰۳). مقادیر آماره KMO^2 و نیز معنی‌دار بودن آزمون بارتلت بیانگر کافی بودن مقادیر همبستگی متغیرهای اولیه برای انجام تجزیه به عامل‌ها و کفایت مدل تجزیه به عامل‌ها بود. بدین ترتیب صفات مؤثر در هر عامل شناسایی شده و عوامل نیز بر اساس مؤثرترین صفات نام‌گذاری شد (تادس و بکل^۴، ۲۰۰۱). برای تأیید صفات مؤثر در عامل‌ها، تجزیه خوشه‌ای برای صفات انجام شد (گل‌آبادی و ارزانی، ۱۳۸۲). تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها به روش وارد (Ward) و با استفاده از مربع فاصله اقلیدسی برای متغیرهای استاندارد شده از طریق نرم‌افزار SPSS v20 به‌منظور تشریح تنوع ژنتیکی و گروه‌بندی صورت گرفت. از تجزیه واریانس چندمتغیره بر مبنای طرح کاملاً تصادفی نامتعادل جهت تعیین خط برش استفاده شد. برای این منظور در حالت‌های مختلف برش دندروگرام، گروه‌بندی انجام شد. در حالتی که بیش‌ترین میزان F به‌دست می‌آمد، خط برش تعیین شد. سپس برای بررسی صحت گروه‌بندی و

1. Kaiser
2. Rencher
3. Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling
4. Tadesse and Bekele

درصد از تنوع کل داده‌ها را توجیه نمایند. سهم عامل‌های اول تا سوم به ترتیب برابر ۳۶/۱۹، ۲۶/۰۰ و ۱۷/۲۱ درصد برآورد گردید (جدول ۴). عامل اول که بیش‌ترین میزان از تغییرات داده‌ها را توجیه نمود (۳۶/۱۹ درصد)، دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای صفات قطر ساقه، تعداد دانه در طبق، وزن دانه در طبق، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت بود (جدول ۵) که این عامل را می‌توان به‌عنوان اجزا عملکرد دانه معرفی نمود. انتخاب بر اساس این عامل منجر به انتخاب ژنوتیپ‌هایی با رشد و نمو بیش‌تر می‌شود. عامل دوم که ۲۶/۰۰ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه نمود، دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای وزن هزاردانه و عملکرد دانه بود که این فاکتورها را می‌توان به‌عنوان عامل بهره‌وری نام‌گذاری نمود. عامل سوم که ۱۷/۲۱ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه می‌کند، دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای صفات ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی در بوته بود و این فاکتورها را می‌توان به‌عنوان عامل ساختار گیاه نام‌گذاری نمود (جدول ۵). انتخاب براساس این عامل می‌تواند منجر به انتخاب ژنوتیپ‌هایی با ارتفاع بالا و تعداد شاخه فرعی بیش‌تر می‌شود.

نتایج تجزیه به عامل‌ها در شرایط تنش کم‌آبی آخر فصل

در شرایط تنش کم‌آبی آخر فصل همانند شرایط نرمال، پس از چرخش وریماکس سه عامل مشخص شدند. این عامل‌ها در مجموع توانستند ۷۷/۰۸ درصد از تنوع کل داده‌ها را توجیه نمایند. سهم عامل‌های اول تا سوم به ترتیب برابر ۳۱/۲۳، ۲۷/۸۶ و ۱۷/۹۸ درصد برآورد گردید (جدول ۶). عامل اول که بیش‌ترین میزان (۳۱/۲۳ درصد) از تغییرات داده‌ها را توجیه نمود دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای صفات وزن دانه در طبق، وزن دانه در بوته، وزن هزاردانه، شاخص برداشت و عملکرد دانه بود (جدول ۷) که این فاکتورها را می‌توان عامل عملکرد و اجزا عملکرد دانه نام‌گذاری نمود. این ضرایب نشانگر آن است که ژنوتیپ‌های برخوردار از مقادیر بالای عامل اول، دارای عملکرد دانه بیش‌تری هستند. انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس عامل اول می‌تواند منجر به افزایش عملکرد دانه در شرایط تنش کم‌آبی آخر فصل در جمعیت مورد مطالعه گردد. عامل دوم که ۲۷/۸۶ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه می‌کند دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای صفات قطر ساقه، تعداد طبق در بوته و عملکرد بیولوژیک بود که این فاکتورها را می‌توان عامل مؤثر بر رشد و نمو نام‌گذاری نمود. انتخاب برای این عامل می‌تواند منجر به افزایش عملکرد بیولوژیک گیاه گردد. عامل سوم که ۱۷/۹۸ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه کرد دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته و تعداد دانه در طبق بود که این عامل را می‌توان به‌عنوان عامل ارتفاع و رشد رویشی نام‌گذاری نمود.

مقایسه عامل‌ها در دو شرایط تنش آخر فصل و شرایط نرمال نشان می‌دهد در شرایط نرمال، عملکرد دانه متأثر از صفات بیش‌تری بوده که این امر توجه به انتخاب غیرمستقیم برای بهبود این صفت را توجیه می‌نماید؛ اما در شرایط تنش به دلیل مکانیسم و سازوکارهای تحمل به خشکی، فعالیت گیاه به‌طور ویژه‌ای روی صفات وابسته به وزن دانه متمرکز بوده تا با بهبود عامل بهره‌وری، خسارات ناشی از تنش کم‌آبی آخر فصل را جبران نماید. این عامل در شرایط نرمال که فرصت بیش‌تری برای سایر اجزای عملکرد گیاه وجود دارد در مرتبه پایین‌تری از اهمیت برای گیاه قرار دارد. عامل دوم در شرایط تنش خشکی آخر فصل با افزایش قطر ساقه، شرایط بوته را جهت افزایش استحکام و نگهداری تعداد بیش‌تر طبق فراهم می‌نماید. پایین بودن ضرایب صفات قطر ساقه و تعداد طبق عامل اول برای شرایط نرمال رویکرد متفاوت گیاه در برخورد با شرایط محیطی مختلف را نشان می‌دهد. بر اساس گزارش‌های دیگر در گلرنگ صفات عملکرد دانه بیش‌تر بوته، ارتفاع بیش‌تر و شاخه‌بندی با فاصله بیش‌تر از سطح زمین و شاخص سطح برگ بزرگ‌تر می‌توانند شاخص‌های مفیدی برای انتخاب در شرایط آبیاری محدود باشند (شکائی و همکاران، ۲۰۰۷). در تحقیقی با استفاده از تجزیه به عامل‌ها به روش تجزیه به مؤلفه اصلی چهار عامل را که ۹۷ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه می‌کرد در شرایط آبیاری محدود معرفی و عاملی را که در آن عملکرد دانه دارای بزرگ‌ترین ضریب عاملی معنی‌دار بود عامل بهره‌وری نامیدند (شکائی و همکاران، ۲۰۰۴). در تحقیقی دیگر شش عامل اصلی و مستقل که ۸۰/۰۴ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه می‌کرد در شرایط دیم معرفی شدند که در آن عوامل اول، دوم و پنجم را به‌عنوان عامل فنولوژیک و مورفولوژیک عامل‌های سوم و چهارم را به‌عنوان عامل عملکرد و اجزای آن و عامل ششم را به‌عنوان عامل کیفی نام‌گذاری نمودند (جمشیدی‌مقدم و همکاران، ۱۳۸۵). در بررسی دیگری بر روی برخی ژنوتیپ‌های گلرنگ با استفاده از تجزیه عاملی، ۴ عامل استخراج شد که سه عامل اول ۹۷/۲۳ درصد از کل واریانس داده‌ها را توجیه می‌کرد. عامل اول به‌عنوان عامل بهره‌وری شامل صفات عملکرد دانه و عملکرد روغن با بار عاملی مثبت و بالایی بود، عامل دوم (عامل مخزن) شامل صفات تعداد شاخه فرعی، تعداد غوزه در بوته بود و عامل سوم نیز به‌عنوان عامل سرمایه ثابت گیاه نام‌گذاری شد که خود شامل صفات تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی، تعداد روز تا رسیدن و ارتفاع بود (حاتم‌زاده، ۱۳۸۷). البته باید خاطر نشان کرد که تفسیر عوامل استخراج‌شده تا حد زیادی به ژنوتیپ‌های مورد بررسی و صفات اندازه‌گیری شده بستگی دارد.

تأیید مطالب ذکر شده در مورد توانایی مؤثر تجزیه به عامل‌ها برای تفکیک ارتباطات (همبستگی) صفات با استفاده از بای‌پلات عامل اول در مقابل عامل دوم (که بیش‌ترین میزان تغییرات کل را توجیه

نمودند)، برای صفات صورت گرفت. به‌طوری‌که پس از تجزیه بای‌پلات صفات مؤثر در عامل‌ها در گروه‌های واحد قرار گرفتند (شکل ۲ و ۳). زوایای بین بردارهای ضرایب عاملی صفات، بیانگر پیوستگی (میزان همبستگی) آن‌ها می‌باشد. هرچه زوایای این بردارها کمتر باشد، پیوستگی صفات بیش‌تر و مثبت‌تر خواهد بود و به‌عبارتی دیگر همبستگی صفات بیش‌تر می‌باشد. به‌طوری‌که در شرایط نرمال صفات تعداد دانه در طبق، وزن دانه در طبق، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت (که بیش‌ترین میزان بار عاملی در عامل اول را به خود اختصاص دادند)، دارای کم‌ترین زاویه برداری با یکدیگر بودند و بیش‌ترین همبستگی را با هم نشان دادند. به‌طور کلی هر چه مقدار اختلاف بار برداری صفات کمتر باشد، زاویه بین صفات به سمت صفر میل می‌کند (شکل ۲). در شرایط تنش کم‌آبی آخر فصل نیز دو صفت وزن هزاردانه و وزن دانه در بوته که کم‌ترین اختلاف از نظر بار در عامل اول (که بیش‌ترین میزان واریانس داده‌ها را توجیه می‌نماید) را داشتند، دارای زاویه بسیار نزدیک به هم بودند و بیش‌ترین همبستگی را نشان دادند (شکل ۳).

پراکنش ژنوتیپ‌های موردبررسی براساس دو عامل اول در شکل‌های ۴ و ۵ ارائه شد. به‌طور کلی ژنوتیپ‌هایی که به مرکز نمودار نزدیک‌تر باشند از نظر هر دو عامل مقدار کمی را به خود اختصاص داده‌اند. در شرایط نرمال (شکل ۴) ژنوتیپ‌های ۷ و ۱۵ به‌ترتیب دارای بیش‌ترین و کم‌ترین میزان برای عامل اول و ژنوتیپ‌های ۶ و ۱۳ به‌ترتیب دارای بیش‌ترین و کم‌ترین میزان برای عامل ۲ بودند. بررسی هم‌زمان هر دو عامل، انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد و اجزای عملکرد بالا را توجیه می‌نماید. از این‌رو ژنوتیپ‌های ۱ و ۶ که به‌تناسب مقادیر بالا برای هر دو عامل را به خود اختصاص دادند، برای شرایط نرمال مطلوب می‌باشند. به‌طور مشابه در شرایط تنش آخر فصل نیز ژنوتیپ ۶ نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برای هر دو عامل از رتبه بالایی برخوردار بود (شکل ۵). نتایج مقایسه میانگین (جدول ۲ و ۳) نیز برتری ژنوتیپ ۶ در هر دو شرایط را نشان داد.

نتایج تجزیه خوشه‌ای

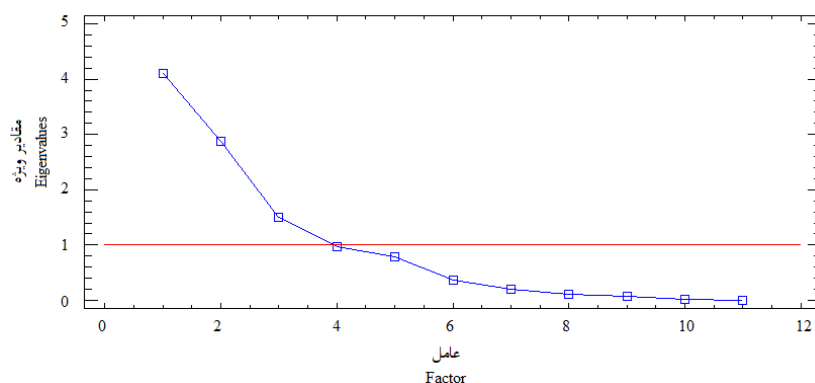
برای آن‌که ایده‌هایی از میزان شباهت‌ها و تفاوت‌های بین ژنوتیپ‌های گلرنگ مورد مطالعه از نظر کلیه صفات به‌دست آید، تجزیه‌ای به روش‌های مختلف از جمله متوسط فاصله بین گروه‌ها، نزدیک‌ترین و دورترین همسایه‌ها و حداقل میانگین مربعات وارد انجام شد و گروه‌بندی حاصل از آن‌ها مورد مقایسه قرار گرفت. به‌علاوه معیارهای مختلف فاصله نیز به‌همراه استاندارد کردن و نکردن داده‌ها، موردبررسی قرار گرفت. در نهایت روش حداقل میانگین مربعات وارد با داده‌های استاندارد شده و با استفاده از ضریب مربع فاصله اقلیدسی به‌دلیل ارائه گروه‌بندی بهتر انتخاب شد. تجزیه خوشه‌ای برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها به تفکیک برای هر دو شرایط تنش آخر فصل و نرمال انجام گرفت (شکل‌های ۵ و ۶). در هر دو شرایط نرمال و تنش آخر فصل ژنوتیپ‌ها در ۳ کلاس گروه‌بندی شدند. جهت بررسی صحت گروه‌بندی صورت گرفته از روش تجزیه خوشه‌ای، از تابع تشخیص استفاده شد و مشخص شد که تمامی ژنوتیپ‌ها به‌طور صحیحی گروه‌بندی شدند و میزان موفقیت تابع تشخیص ۱۰۰ درصد بود (جدول ۸).

در شرایط نرمال، گروه اول تنها شامل ژنوتیپ ۶ بود که برای همه صفات به‌جز تعداد دانه در طبق و تعداد طبق در بوته بیش‌تر از میانگین کل بود. این ژنوتیپ برای صفات وزن هزاردانه و عملکرد دانه بیش‌ترین مقدار را به خود اختصاص داد. گروه دوم و سوم شامل ۷ ژنوتیپ بودند. ژنوتیپ شماره ۶ در دورترین خوشه از ژنوتیپ شماره ۱ قرار گرفت. ژنوتیپ‌های ۱ و ۶ از پرمحصول‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند اما از لحاظ سایر صفات تفاوت معنی‌دار داشتند. با توجه به این‌که ضریب مربع فاصله اقلیدسی فاصله ژنتیکی ارقام را نشان می‌دهد لذا می‌توان گفت که احتمالاً هیبرید حاصل از این ژنوتیپ‌ها هتروزیس مطلوبی از نظر اجزا عملکرد و سایر صفات مورفولوژیک خواهد داشت. این نتایج و گروه‌بندی حاصل از آن با گروه‌بندی سه عامل استخراج‌شده از صفات موردنظر تطابق بالایی دارد.

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

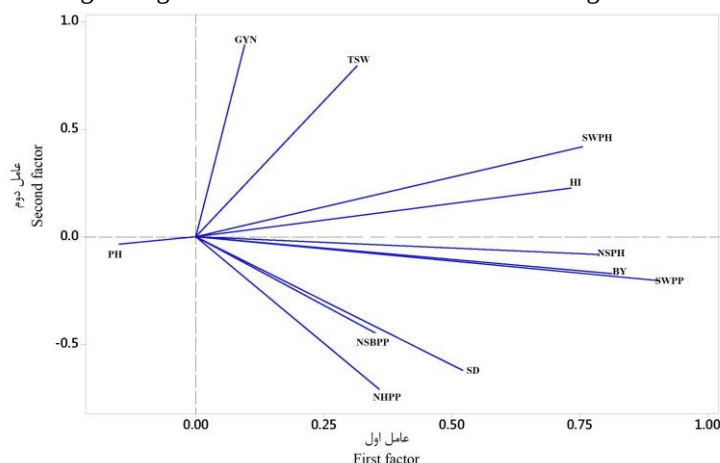
Table 1. Physical and chemical properties of farm soil

بافت خاک Soil texture			هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS.m ⁻¹)	اسیدیته pH	کربن آلی (درصد) OC (%)	نیتروژن (درصد) N (%)	فسفر (پی پی ام) P (ppm)	پتاسیم (پی پی ام) K (ppm)
رس (درصد) Clay (%)	سیلت (درصد) Silt (%)	شن (درصد) Sand (%)						
26.88	49.32	23.8	1.6	7.8	1.28	0.12	23.15	180
لوم رسی Clay loam								



شکل ۱: بای پلات عامل در مقابل مقادیر ویژه برای تعیین تعداد عامل معنی دار در شرایط نرمال

Fig. 1: Biplot of Factor loading vs. eigenvalues to determination number of significant factors in normal condition



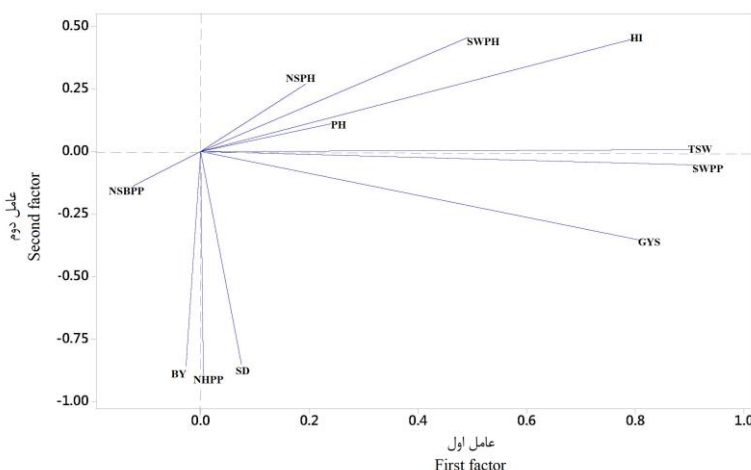
شکل ۲: تحلیل ارتباط صفات با استفاده از بای پلات عامل اول در مقابل عامل دوم در شرایط نرمال

Fig. 2: Relation analysis of characteristics using biplot of the first factor vs. second factor in normal condition

SD= قطر ساقه، PH= ارتفاع بوته، NSBPP= تعداد شاخه فرعی در بوته، NHPP= تعداد طبق در بوته، NSPH= تعداد دانه در طبق، SWPH= وزن دانه در طبق، SWPP=

وزن دانه در بوته، BY= عملکرد بیولوژیک، HI= شاخص برداشت، TSW= وزن هزار دانه و GYN= عملکرد دانه در شرایط نرمال

SD= Stem diameter; PH= Plant height; NSBPP= Number of sub-branches per plant; NHPP= Number of heads per plant; NSPH= Number of seeds per head; SWPH= Seed weight per head; SWPP= Seed weight per plant; BY= Biological yield; HI= Harvest index; TSW= Thousand Seed weight; GYN= Grain yield under normal conditions



شکل ۳: تحلیل ارتباط صفات با استفاده از بای پلات عامل اول در مقابل عامل دوم در شرایط تنش کم آبی آخر فصل

Fig. 3: Relation analysis of characteristics using biplot of the first factor vs. second factor under terminal water deficit stress condition

SD= قطر ساقه، PH= ارتفاع بوته، NSBPP= تعداد شاخه فرعی در بوته، NHPP= تعداد طبق در بوته، NSPH= تعداد دانه در طبق، SWPH= وزن دانه در طبق، SWPP=

وزن دانه در بوته، BY= عملکرد بیولوژیک، HI= شاخص برداشت، TSW= وزن هزار دانه و GYN= عملکرد دانه در شرایط تنش

SD= Stem diameter; PH= Plant height; NSBPP= Number of sub-branches per plant; NHPP= Number of heads per plant; NSPH= Number of seeds per head; SWPH= Seed weight per head; SWPP= Seed weight per plant; BY= Biological yield; HI= Harvest index; TSW= Thousand Seed weight; GYS= Grain yield under stress conditions

جدول ۲: مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده در ۱۵ ژنوتیپ گلرنگ در شرایط نرمال

Table 2: Mean comparison for measured traits of 15 safflower genotypes in normal condition

عملکرد دانه	وزن هزاردانه	شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیک	وزن دانه در بوته	وزن دانه در طبق	تعداد دانه در طبق	تعداد طبق در بوته	تعداد شاخه فرعی در بوته	ارتفاع بوته	قطر ساقه	کد ژنوتیپ	نام ژنوتیپ
Grain yield	Thousand Seed weight	Harvest index	Biological yield	Seed weight per plant	Seed weight per head	Number of seeds per head	Number of heads per plant	Number of branches per plant	Plant height	Stem diameter	Genotype code	Genotype name
1331.60d	34.96b	21.19ba	96.07ef	4.11ed	1.02b	29.267cb	5.26h	4.73fg	59.20f	6.25fe	G1	IL-111
1558.20cb	27.05h	12.95h	97.29ed	2.53i	0.60e	26.667e	7.13edf	5.53cbd	70.40ba	6.15feg	G2	LRV-51-51
1370.90d	31.18c	17.42ef	109.92cd	3.89ef	0.98b	28.73cbd	5.46h	5.33ced	64.66d	6.00g	G3	S-541
1139.90fe	28.59fe	18.62d	84.31gf	3.17h	0.68dce	23.13gf	6.86ef	4.40g	62.53e	6.22feg	G4	Lesaf
1188.80e	28.05g	20.06c	94.34ef	3.78gf	0.70dce	27.93ced	8.80cb	5.40ced	63.13cd	6.14feg	G5	Dincer
2121.80a	35.73a	20.64bc	101.88ed	4.22d	0.97b	23.86gf	7.20edf	5.73cbd	69.86ba	6.03fg	G6	Syrian
1307.00d	27.77g	22.05a	115.36cb	5.08b	1.43a	29.40cb	7.33ed	5.80cb	71.00a	6.87a	G7	Gila
1508.60c	29.43d	18.84d	125.11b	4.76c	0.91b	35.40a	8.66c	5.93b	64.8d	6.73ba	G8	Kino-76
1019.00g	26.68ih	16.65f	99.59ed	3.50g	0.76dc	28.60cbd	6.80f	4.93fe	69.00b	6.51dc	G9	Yenice
1622.20b	28.91e	19.90c	99.23ed	4.00edf	0.79c	27.40ed	7.46d	4.53fg	63.60ed	6.04fg	G10	Zarghan 279
1044.40fg	26.15i	15.23g	100.91ed	3.05h	0.64de	24.60f	7.40d	4.73fg	69.93ba	6.53bc	G11	local genotype of Isfahan
1067.70fg	28.2fg	18.20ed	94.44ef	3.51g	0.64de	22.33g	7.20edf	5.26ed	64.73d	6.32de	G12	Hartman
777.90h	24.34j	15.39g	121.09cb	3.75gf	0.65de	24.00gf	9.13b	7.06a	69.80ba	6.74ba	G13	Varamin 295
760.30h	26.20i	19.87c	150.99a	6.00a	0.77c	29.93b	10.73a	6.86a	66.46c	6.75ba	G14	cyprus bregon
1335.60d	26.55ih	15.26g	81.66g	2.45i	0.61e	20.06h	6.00g	5.66cbd	69.53ba	6.08fg	G15	CW-74

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند

The columns having common letter(s), do not differ significantly at 5% probability level

جدول ۳: نتایج مقایسه میانگین در شرایط تنش خشکی آخر فصل

Table 3: Mean comparison for measured traits of 15 safflower genotypes under terminal drought stress condition

عملکرد دانه	وزن هزاردانه	شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیک	وزن دانه در بوته	وزن دانه در طبق	تعداد دانه در طبق	تعداد طبق در بوته	تعداد شاخه فرعی در بوته	ارتفاع بوته	قطر ساقه	کد ژنوتیپ	نام ژنوتیپ
Grain yield	Thousand Seed weight	Harvest index	Biological yield	Seed weight per plant	Seed weight per head	Number of seeds per head	Number of heads per plant	Number of branches per plant	Plant height	Stem diameter	Genotype code	Genotype name
969.40b	34.71a	18.64a	87.04cebd	3.38a	0.92a	27.80a	5.13h	4.47e	62.60dc	5.80g	G1	IL-111
846.50ed	24.73j	12.50e	84.66cebd	2.13feg	0.69b	26.73a	5.80hg	4.00g	65.20b	6.41ed	G2	LRV-51-51
822.70ed	29.86c	12.91ed	89.99cbd	2.20fed	0.62cd	19.87efd	6.47ef	4.13fg	58.00f	6.36e	G3	S-541
862.80cd	28.77d	18.03a	78.41ed	2.84cb	0.54egf	20.60cebd	5.13h	3.73h	68.13a	5.78g	G4	Lesaf
984.50b	27.51f	13.18ed	80.38ed	2.13feg	0.59ed	19.33ef	7.73cb	4.13fg	61.26de	6.25ef	G5	Dincer
1218.50a	34.23b	14.79cb	118.80a	3.71a	0.53egf	22.33cb	9.40a	4.33fe	62.40dc	7.25a	G6	Syrian
937.30cb	26.60hg	14.41cbd	96.53b	2.96b	0.51gf	19.47efd	7.07ed	4.53e	62.20dce	6.40ed	G7	Gila
991.20b	28.43e	15.20b	83.87ced	2.69cb	0.58edf	22.67b	5.60h	5.53a	67.80a	5.66g	G8	Kino-76
870.00cd	25.76i	8.48g	96.47b	1.54i	0.57edf	22.93b	8.07cb	5.27b	66.00b	6.86b	G9	Yenice
852.30d	28.77d	12.50e	93.38cb	2.48ced	0.51gf	17.93f	8.40b	4.33fe	60.667e	6.71cb	G10	Zarghan 279
712.70f	26.29h	14.44cbd	86.42cebd	2.57cbd	0.68cb	27.27a	7.47cd	4.73d	65.33b	6.40ed	G11	local genotype of Isfahan
771.70ef	27.81f	13.47ced	76.59e	2.07fhg	0.59ed	19.27ef	6.87edf	4.80dc	63.66c	6.06f	G12	Hartman
721.40f	26.76g	10.53f	95.37cb	1.97fhg	0.41h	20.00cefd	8.20b	3.73h	55.53g	6.62cd	G13	Varamin 295
605.60g	24.08k	10.92f	79.52ed	1.76hig	0.48g	20.60cebd	6.67ef	4.93c	57.46f	6.08f	G14	cyprus bregon
611.90g	23.81k	10.10f	83.78ced	1.69hi	0.40h	21.87cbd	6.27gf	3.73h	58.93f	6.05f	G15	CW-74

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند

The columns having common letter(s), do not differ significantly at 5% probability level

جدول ۴: واریانس توجیه شده، جمع کل واریانس توجیه شده و ریشه‌های مشخصه صفات مختلف گلرنگ در شرایط نرمال

Table 4: Explained variance, sum of explained variance and eigenvalue of safflower traits under normal condition

عامل‌ها	ریشه‌های مشخصه	واریانس توجیه شده	جمع کل واریانس توجیه شده
Factors	Eigen value	Explained variance	Sum of explained variance
1	3.98	36.19	36.19
2	2.86	26.00	62.19
3	1.89	17.21	79.40

جدول ۵: ضرایب عاملی صفات مختلف گلرنگ در شرایط نرمال

Table 5: Factor coefficients, explained variance, sum of explained variance and eigenvalue of safflower traits under normal condition

صفات	بار عامل		
	اول	دوم	سوم
Traits	First	Second	Third
قطر ساقه	0.52*	-0.62	0.34
Stem diameter			
ارتفاع بوته	-0.15	-0.03	0.94*
Plant height			
تعداد شاخه فرعی در بوته	0.35	-0.44	0.59*
Number of branches per plant			
تعداد طبق در بوته	0.36	-0.725	0.21
Number of heads per plant			
تعداد دانه در طبق	0.78*	-0.08	-0.09
Number of of seeds per head			
وزن دانه در طبق	0.77*	0.42	0.06
Seed weight per head			
وزن دانه در بوته	0.93*	-0.21	-0.04
Seed weight per plant			
عملکرد بیولوژیک	0.83*	-0.17	0.36
Biological yield			
شاخص برداشت	0.73*	0.22	-0.44
Harvest index			
وزن هزاردانه	0.31	0.79*	-0.34
Thousand Seed weight			
عملکرد دانه	0.09	0.89*	0.11
Grain yield			

*: ضریب عاملی معنی دار

*: Significant factor coefficient

جدول ۶: واریانس توجیه شده، جمع کل واریانس توجیه شده و ریشه‌های مشخصه صفات مختلف گلرنگ در شرایط تنش خشکی آخر فصل

Table 6: Explained variance, sum of explained variance and eigenvalue of safflower traits under terminal drought stress condition

عامل‌ها	ریشه‌های مشخصه	واریانس توجیه شده	جمع کل واریانس توجیه شده
Factors	Eigen value	Explained variance	Sum of explained variance
1	3.43	31.23	31.23
2	3.06	27.86	59.09
3	1.97	17.98	77.08

جدول ۷: ضرایب عاملی صفات مختلف گلرنگ در شرایط تنش خشکی آخر فصل

Table 7: Factor loading, explained variance, sum of explained variance and eigenvalue of safflower traits under terminal drought stress condition

بار عاملی Factor loading			صفات Traits
سوم Third	دوم Second	اول First	
-0.12	0.89*	0.07	قطر ساقه Stem diameter
0.79*	-0.11	0.24	ارتفاع بوته Plant height
0.74*	0.14	-0.12	تعداد شاخه فرعی در بوته Number of branches per plant
-0.20	0.90*	0.00	تعداد طبق در بوته Number of heads per plant
0.62*	-0.27	0.19	تعداد دانه در طبق Number of seeds per head
0.48	-0.47	0.50*	وزن دانه در طبق Seed weight per head
0.11	0.05	0.93*	وزن دانه در بوته Seed weight per plant
0.10	0.87*	-0.27	عملکرد بیولوژیک Biological yield
0.15	-0.45	0.80*	شاخص برداشت Harvest index
-0.03	-0.00	0.93*	وزن هزاردانه Thousand Seed weight
0.22	0.35	0.81*	عملکرد دانه Grain Yield

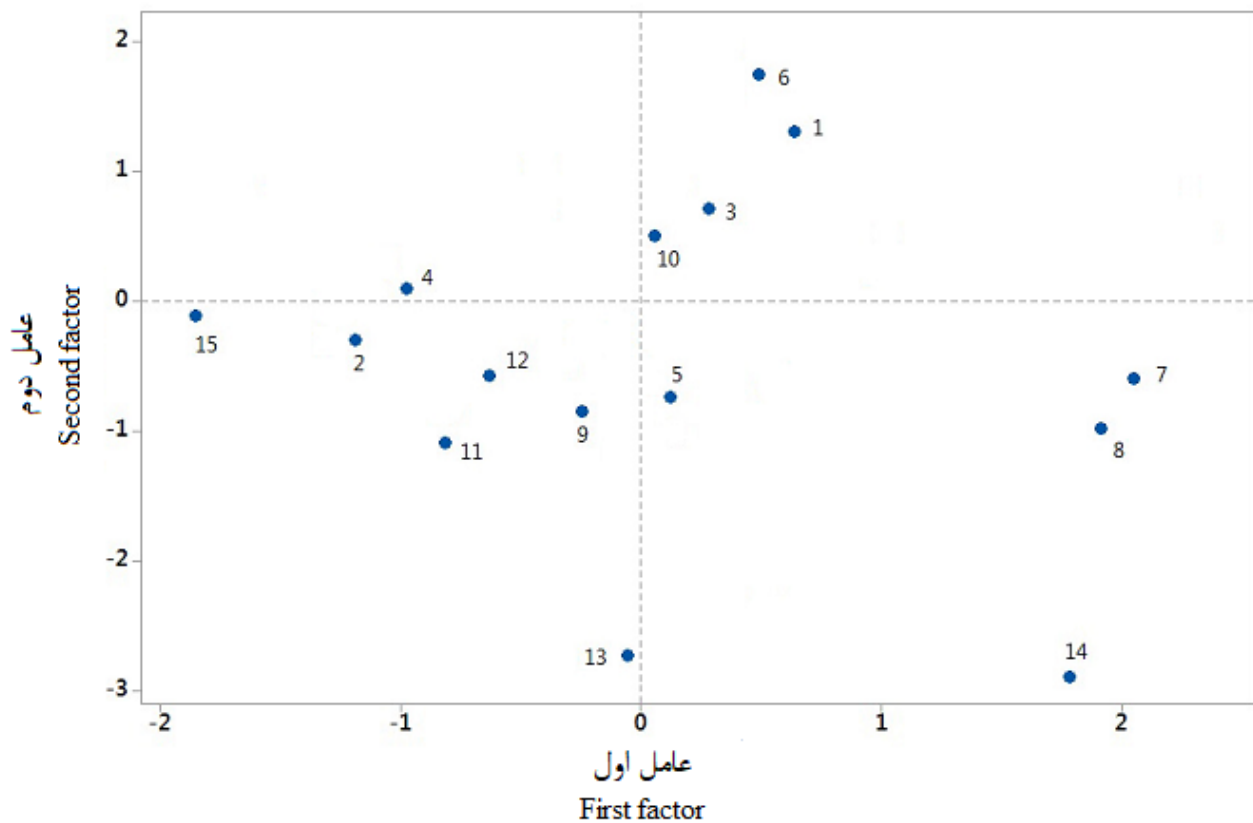
*: ضریب عاملی معنی‌دار

*: Significant factor coefficient

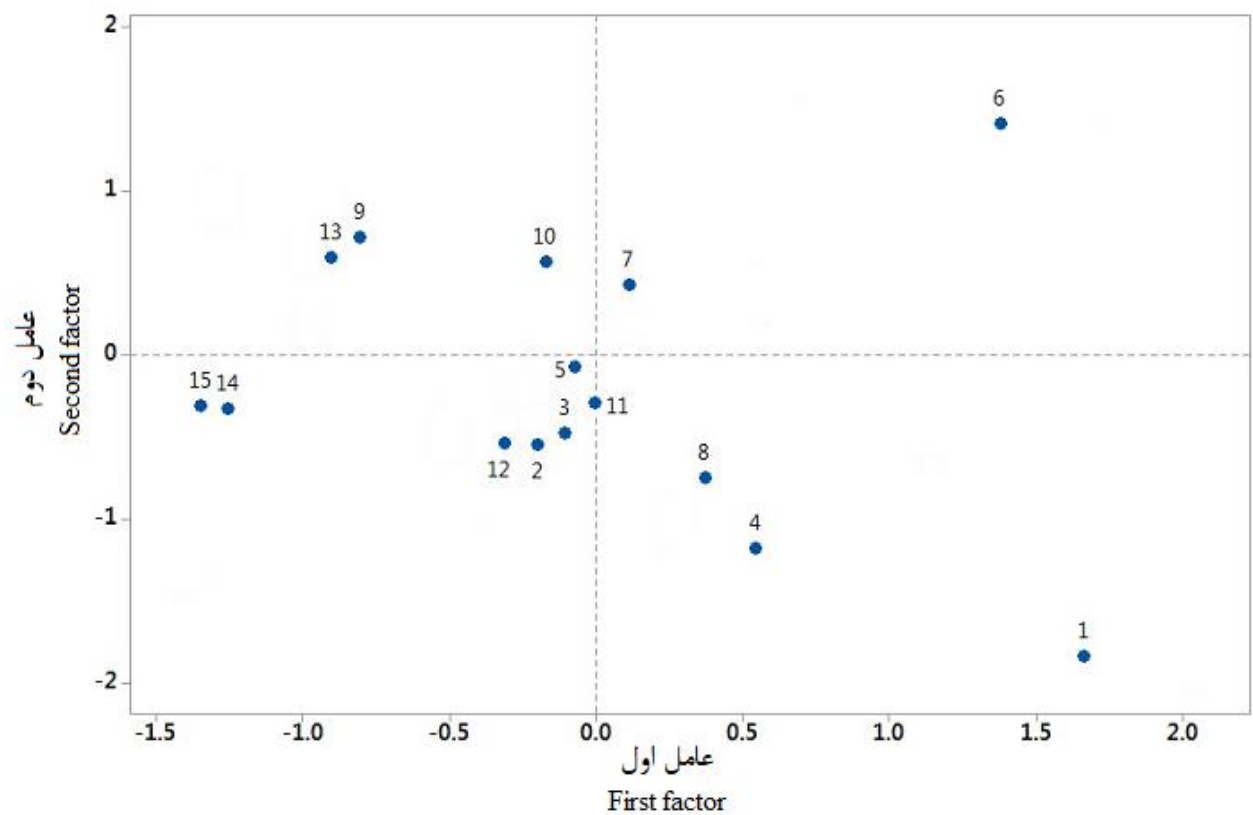
جدول ۸: طبقه‌بندی ژنوتیپ‌ها با استفاده از تابع تشخیص

Table 8: Classification of genotypes using detection function

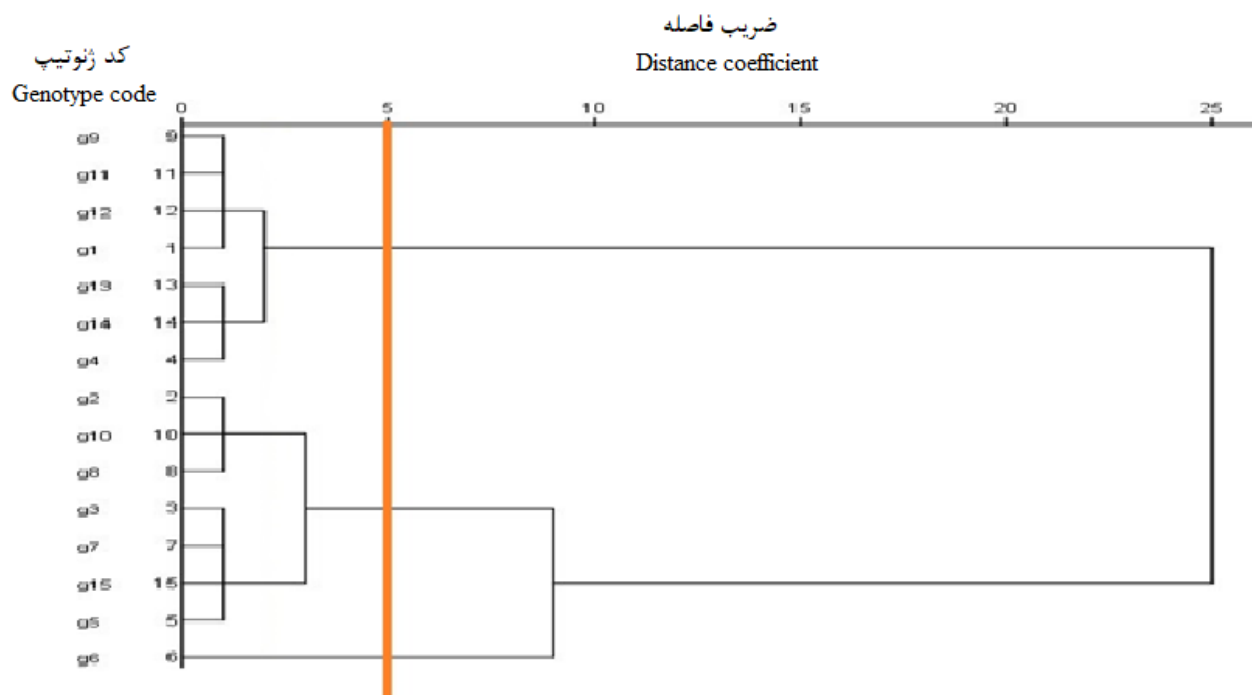
اعضای پیش‌بینی شده برای گروه‌ها Predicted members of the groups				
3	2	1	گروه Group	اعضای تعیین‌شده برای گروه‌ها بر اساس تجزیه
0	0	7	1	خوشه‌ای در شرایط نرمال
0	7	0	2	Members of groups determined by cluster analysis in normal condition
1	0	0	3	
اعضای پیش‌بینی‌شده برای گروه‌ها Predicted members of the groups				
3	2	1	گروه Group	اعضای تعیین‌شده برای گروه‌ها براساس تجزیه
0	0	5	1	خوشه‌ای در شرایط تنش کم‌آبی آخر فصل
0	7	0	2	Members of groups determined by cluster analysis in terminal water deficit stress condition
3	0	0	3	



شکل ۴: بای پلات عامل اول در مقابل عامل دوم برای ۱۵ ژنوتیپ گلرنگ در شرایط نرمال
Fig. 4: Biplot of the first factor vs. second factor for 15 safflower genotypes under normal condition

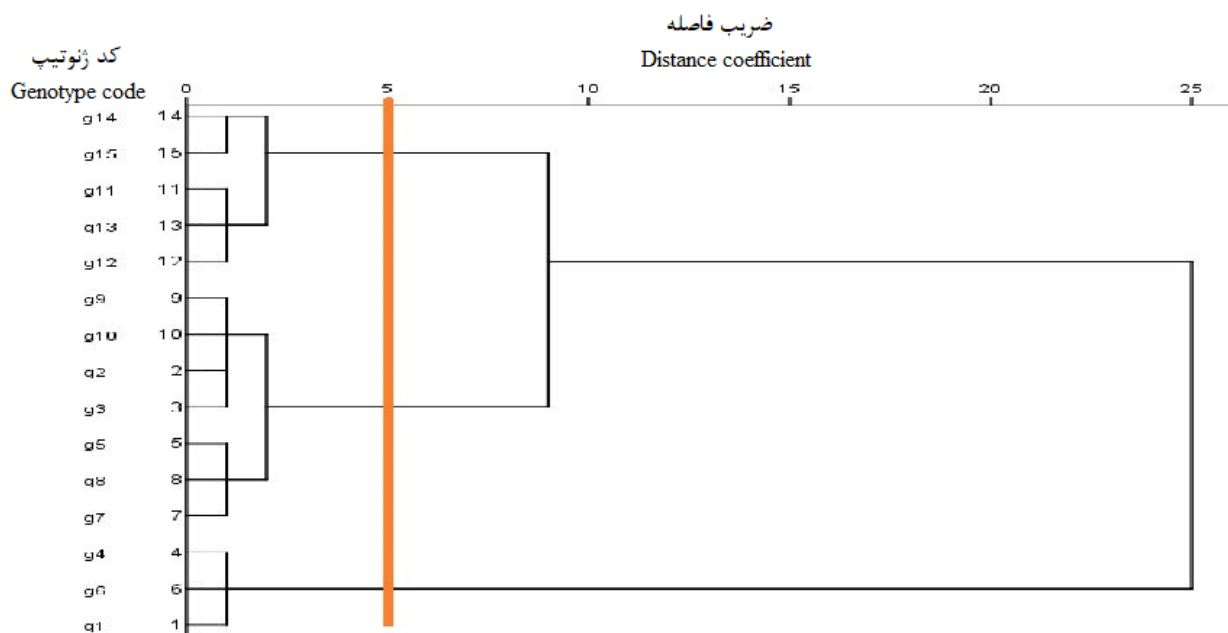


شکل ۵: بای پلات عامل اول در مقابل عامل دوم برای ۱۵ ژنوتیپ گلرنگ در شرایط تنش کم آبی آخر فصل
Fig. 5: Biplot of the first factor vs. second factor for 15 safflower genotypes under under terminal water deficit stress condition



شکل ۶: گروه‌بندی ژنوتیپ‌های گلرنگ در شرایط نرمال به روش Ward و میانگین فاصله اقلیدسی. جهت تبیین کد ژنوتیپ‌ها در محور عمودی دندروگرام، به جدول شماره ۲ مراجعه شود.

Fig. 6: Grouping of safflower genotypes using Ward's method and average Euclidean distance in normal condition. For introduction of genotype codes, refer to table 2



شکل ۷: گروه‌بندی ژنوتیپ‌های گلرنگ در شرایط تنش خشکی آخر فصل به روش Ward و میانگین فاصله اقلیدسی. جهت تبیین کد ژنوتیپ‌ها در محور عمودی دندروگرام، به جدول شماره ۲ مراجعه شود

Fig. 7: Grouping of safflower genotypes using Ward's method and average Euclidean distance in terminal water deficit stress condition. For introduction of genotype codes, refer to table 2

در شرایط تنش کم‌آبی آخر فصل ژنوتیپ شماره ۴ در خوشه ژنوتیپ شماره ۶ قرار گرفت و ژنوتیپ شماره ۱ (که در شرایط نرمال در دورترین خوشه از ژنوتیپ ۶ بود)، نیز در شرایط تنش هم‌گروه با شماره ۶ قرار گرفت. عامل قرار گرفتن این سه ژنوتیپ در یک گروه صفات عملکرد دانه، وزن هزاردانه، وزن دانه در طبق می‌باشد که با عامل اول استخراج شده در شرایط تنش خشکی آخر فصل تطابق بالایی دارد. اساس گروه‌بندی خوشه‌های دوم و سوم نیز با عامل‌های استخراج شده متناظر تطابق نسبی دارد. هم‌چنین با توجه به مقایسه نتایج گروه‌بندی در دو شرایط محیطی می‌توان گفت که روابط ژنوتیپ‌ها تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد. درواقع بروز تنوع، تابع شرایط محیطی است زیرا کاهش جذب عناصر غذایی معدنی در گیاهان تحت تنش می‌تواند ناشی از تداخل جذب عناصر غذایی و مکانیزم‌های تخلیه و کاهش جریان تعرق باشد (گال^۱ و همکاران، ۲۰۰۲). تقریباً تمامی واکنش‌های سوخت‌وساز تحت تأثیر کمبود آب در گیاه قرار می‌گیرند. کمبود شدید آب عموماً موجب کاهش فعالیت آنزیمی می‌گردد. باین‌وجود، این اثرات انتخابی هستند و به این معنی است که وقتی پروتوپلاسم آب خود را از دست می‌دهد فعالیت برخی از آنزیم‌هایی که در ساختن مواد فعالیت دارند قبل از سایر آنزیم‌ها کاهش می‌یابد. اختلافات موجود در گروه‌بندی مبتنی بر تجزیه عامل‌ها و تجزیه خوشه‌ای به دلیل استفاده ۱۰۰ درصدی تجزیه خوشه‌ای از تمام واریانس بین داده‌ها می‌باشد؛ درحالی‌که این مقدار برای تجزیه عامل‌ها در حدود ۷۰ درصد می‌باشد. در پژوهش‌های دیگر نیز با استفاده از تجزیه خوشه‌ای به گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها گلرنگ پرداخته‌شده که نتایج این مطالعات نیز تنوع بین ژنوتیپ‌های گلرنگ و لزوم گروه‌بندی آن‌ها را اثبات نمود (رفیعی و سعیدی، ۱۳۸۴).

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی با توجه به نتایج تجزیه به عامل‌ها و تجزیه خوشه‌ای

منابع

- اشکانی، ج.، پاک‌نیت، ه. و قطبی، و. ۱۳۸۳. بررسی صفات مرتبط با عملکرد دانه در گلرنگ بهاره (*Carthamus tinctorius* L.) با استفاده از تجزیه به عامل‌ها. چکیده مقالات هشتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، دانشگاه گیلان. صفحه ۸.
- پاسبان اسلام، ب. ۱۳۹۱. تأثیر تنش خشکی بر عملکرد دانه و روغن ژنوتیپ‌های پاییزه گلرنگ. علوم زراعی ایران. ۴۲ (۲): ۲۸۳-۲۷۵.
- جمشیدی مقدم، م.، پورداد، س. و حاتم زاده، ح. ۱۳۸۵. بررسی ژرم‌پلاسم گلرنگ در کشت پاییزه در شرایط دیم. چکیده مقالات نهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، پردیس ابوریحان دانشگاه تهران، صفحه ۲۴۹.
- حاتم‌زاده، ح. ۱۳۸۷. بررسی صفات مرتبط با عملکرد دانه در گلرنگ با استفاده از تجزیه به عامل‌ها. نهال و بذر، ۲۴ (۳): ۵۶۳-۵۷۸.

- رفیعی، ف. و سعیدی، ق. ا. ۱۳۸۴. تنوع ژنتیکی برای صفات زراعی مختلف در لاین‌های انتخابی از توده‌های بومی گلرنگ ایران و ژنوتیپ‌های خارجی. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۹ (۲): ۹۱-۱۰۶.
- صادقی بختوری، ا. ر.، پاسبان اسلام، ب.، قربی چلکی، س. و محمدی، ح. ۱۳۹۴. اثرات پرایمینگ و تنش کم‌آبی بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ. پژوهشنامه گیاهان دانه روغنی ایران، ۴ (۲): ۵۹-۷۴.
- فروزان، ک. ۱۳۸۰. شرکت سهامی خاص توسعه کشت دانه‌های روغنی، ۱۲۰ صفحه.
- کوچکی، ع. و سرمدنی، غ. ح. ۱۳۷۶. فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه فردوسی مشهد، ۴۲۸ صفحه.
- علیزاده، ا. ۱۳۸۳. رابطه آب‌وخاک و گیاه. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، مشهد، ۴۷۲ صفحه.
- گل‌آبادی، م. و ارزانی، ا. ۱۳۸۲. بررسی تنوع ژنتیکی و تجزیه عامل‌ها برای ویژگی‌های زراعی در گندم دوروم. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۷ (۱): ۱۱۵-۱۲۶.
- لطفی، پ.، محمدی‌نژاد، ق. و گلکار، پ. ۱۳۹۱. بررسی تحمل به تنش خشکی در ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ زراعی. مجله دانش زراعت، ۵ (۷): ۱-۱۴.
- Ashkani, J., Pakniyat, H. and Ghotbi, V. 2007a. Genetic evaluation of several physiological traits for screening of suitable sprig safflower genotype under stress and non-stress irrigation regimes. Pakistan Journal of Biological Sciences, 10: 2320-2326.
- Ashkani, J., Pakniyat, H., Emam, Y., Assad, M. T. and Bahrani, M. J. 2007b. 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: 267-277.
- Bassil, B. S., and Kaffka, S. R. 2002. Response of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) to saline soils and irrigation. II Crop response to salinity. Agricultural Water Management, 54:81-92.
- Beyyavas, V., Haliloglus, H., Copur, O., and Yilmaz, A. 2011. Determination of seed yield and yield components of some safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars, lines and populations under the semi-arid Conditions. South African Journal of Biotechnology, 10:527-534.
- Clavel, D., Drame, N., Macauley, K. and Braconnier, N. 2005. Analysis of early responses to drought associate with field drought adaptation in four sahelian groundnut. Environmental and Experimental Botany, 54:219-230.
- Gale, A., Csiszar, J., Tari, I. and Erdei, L. 2002. Changes in water and chlorophyll fluorescence parameters under osmotic stress in wheat cultivars. Proceeding of the 7th Hungarian congress on plant physiology, S2-p05, pp 85-86.
- Guertin, W. H., and Bailey, J. P. 1982. Introduction to modern factor analysis. Edwards Brothers Inc., Michigan, 472 pp.
- Johnson, R. A. and Wichern, D. W. 2007. Applied multivariate statistical analysis. 3rd ed. Prentice Hall, new Dehli, 458 pp.
- Kaiser, H. F. 1958. The Varimax criterion for analysis rotation in factor analysis. Psychometrika, 23:187-200.
- Rameshknia, Y., Tahmasebpour, B. and Sabbagh Tazeh, E. 2013. Investigation the important traits of spring safflower varieties through multivariate statistical methods. Bulletin of environment, Pharmacology and Life Sciences, 2 (8): 29-34.
- Rebetzke, G. J., Richards, R. A. Condonl, A. G. and Farquhar, G. D. 2006. Inheritance of carbon isotope discrimination in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Euphytica, 14: 324-341.
- Rencher, A. C. 2003. Methods of multivariate analysis. John Wiley & Sons Inc. Publication, New Jersey, 732 pp.
- Tadesse, W. and Bekele, E. 2001. Factor analysis of components of yield in grasspea (*Lathyrus sativus* L.). Lathyrus Lathyrism Newsletter, 2: 91-93.

Factor Analysis and Genetic Grouping of Safflower (*Carthamus tinctorious* L.) Genotypes under Terminal Season Water Deficit Stress and Normal Condition

Yarollahi¹, S., Ismaili^{2*}, A., Sohrabi³, S. S., Hosseini⁴, S. Z. and Zebarjadi⁵, A. R.

Abstract

Decreasing crop production due to the global climate change, especially simultaneous appearance of drought and high temperature is being rose. Hence, understanding relationships among genotypes characteristics under drought stress will be crucial for selection and breeding of drought tolerant cultivars. In this research, in order to grouping and the study of genetic variability of safflower (*Carthamus tinctorious* L.) genotypes, 15 genotypes were cultivated based on a completely randomized design in Lorestan University (Khorramabad, Iran) Research Farm under normal and terminal season water deficit condition. Results of ANOVA and mean comparison showed significant differences among genotypes for studied traits under both conditions. The factor analysis technique introduced three factors under non-stress conditions which explained 79.40% of total variation. Factors I and II were named as grain yield component and efficiency, respectively. Similarly, three factors were introduced under stress condition, and 59.09% of total variation was accounted by the first two factors. Factors I and II were described as grain yield and yield component factor, and growth and development factor, respectively. According to the cluster analysis, all genotypes were grouped into 3 groups in both normal and terminal season water deficit stress conditions. Totally, results of factor analysis, cluster analysis and mean comparison and also, stability of grain yield in both humidity conditions showed that genotype 6 (Syrian) could be introduced as a hopeful genotype for future breeding and agronomy programs.

Keywords: Cluster analysis, Grain yield component factor, Efficiency factor, Principal components analysis

1. Master Graduate, Islamic Azad University, Kermanshah Branch, Kermansh, Iran

2, 3 and 4. Associate Professor and PhD Students, Respectively, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran

5. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran

*: Corresponding author

Email: ismaili.a@lu.ac.ir

This paper has been extracted from the first author's MSc thesis under the guidance of Ahmad Ismaili.