Archive of SID

Plant Prod., 42(2) (2019) 211-226 ISSN (P): 2538-543x
DOI: 10.22055/ppd.2019.23810.1527 ISSN (E): 2588-5979

The Multivariate Statistical Methods to Study the Relationships among Safflower Traits under Normal Irrigation and Drought Stress Conditions

Roghayeh Aminian[1], Khalil Karimzadeh Asl[2]*, Farhad Habibzadeh[3] and Abolfazl Baghbani Arani[4]

1- Assistant Professor, Department of Genetics and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran
2- ***Corresponding Author:** Assistant Professor, Research Institute of Forests and Rangelands and Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran (karimzadeh@rifr-ac.ir)
3- Assistant Professor, Department of Genetics and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran
4- Assistant Professor, Department of Agronomy Science, Faculty of Agriculture, Payam Noor University, Tehran, Iran

Received: 11 November, 2017 Accepted: 26 September, 2018

Abstract

Background and Objectives

Drought stress is one of the most substantial environmental stresses affecting agricultural productivity around the world and may result in considerable yield reduction. The human population is expected to increase to over 8 billion by the year 2020. Therefore, providing adequate food and preventing crop yield reduction is essential. Plant breeding can solve this problem to some extent. Evaluating yield components and their inter-relationships as well as detecting suitable selection indices are very important in the safflower breeding program. The multivariate statistical analysis can provide more insights into the deep structure of data and traits' relationships

Materials and Methods

In order to study the relationships between yield components of eight genotypes of safflower under normal irrigation and drought stress conditions and determine the high yield genotypes, a split-plot experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications in the research field of Imam Khomeini International University, Qazvin. Irrigation regime included normal irrigation (irrigation after 60 mm evaporation from class A pan evaporation) and drought stress (watering until 50% flowering similar to normal irrigation and 50% flowering to maturity and irrigation after 100 mm evaporation from class A pan evaporation) were considered as main plots. Eight genotypes, including Kuseh Local, Sina, Isfahan Local, Mexican 88, Faraman, Soffeh, Goldasht, and Mexican 11 were used too.

Results

The analysis of the variance showed that the irrigation effect was significant for traits 1000 grain weight, flower weight, harvest index, and grain yield. There were significant differences among the genotypes for most of the measured traits, except boll diameter, boll number per plant, relative water content, and relative water loss. Plant height, shoot number, boll number, stem diameter, chlorophyll value, flower weight, biological yield, and harvest index positively correlated with the grain yield in both normal irrigation and drought stress conditions. Based on the results of stepwise

www.SID.ir

Archive of SID

regression and path analysis, biological yield and harvest index in both normal irrigation and drought stress conditions had the greatest effect on grain yield. Due to the high correlation between yield and harvest index and biological yield under stress conditions, the selection of varieties with high harvest index and biological yield can be very effective in achieving maximum yield under stress conditions. Factor analysis revealed that 4 factors accounted for approximately 82% variance changes in both normal irrigation and drought stress conditions. These factors were called yield, seed, boll size, and leaf water, respectively under normal irrigation, and plant vigor, yield, seed, boll size, and leaf water, respectively under drought stress conditions. Based on the seed yield factor and the biplot display, Faraman, Mahali Isfahan, Sina, and Mahali Kuseh were determined as high yield genotypes both in normal and drought stress conditions.

Discussion

Grain yield is a quantitative trait with a low broad sense heritability. Therefore, identifying the traits correlated with grain yield is a suitable strategy for the improvement and the indirect selection of grain yield. Stepwise regression and path analysis are efficient and useful statistical approaches for reaching the above aim. According to the results, the traits of the harvest index and biomass were recognized as the best suitable traits for indirect grain yield selection under normal and drought stress conditions.

Keywords: Biplot display, Factor analysis, Moisture stress, Path analysis, Stepwise regression

www.SID.ir

Archive of SID

روش‌های آماری چندمتغیره جهت مطالعه روابط بین صفات گلرنگ در شرایط آبیاری معمولی و تنش خشکی

رقیه امینیان[۱]، خلیل کریم‌زاده اصل[۲]*، فرهاد حبیب‌زاده[۳] و ابوالفضل باغبانی آرانی[۴]

۱- استادیار، گروه زنتیک و به‌نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران
۲-*نویسنده مسئول: استادیار، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
(karimzadeh@rifr-ac.ir)
۳- استادیار، گروه زنتیک و به‌نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران
۴- استادیار، گروه علوم کشاورزی، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۸/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۰۴

چکیده

در مطالعات بیولوژیک از متغیرهای آماری می‌توان جهت آزمون تفاوت‌ها و شباهت‌ها و ارزیابی صفات مرفو-فیزیولوژیک در یک جمعیت گیاهی استفاده نمود. به منظور بررسی روابط بین اجزاء عملکرد دانه هشت ژنوتیپ گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) در شرایط آبیاری معمولی و تنش خشکی و تعیین ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا، آزمایشی به‌صورت کرت‌های یک‌بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه دانشگاه قزوین در سال زراعی ۱۳۹۵ اجرا شد. رژیم آبیاری در دو سطح آبیاری معمولی و تنش خشکی در ۵۰ درصد گلدهی در کرت‌های اصلی و هشت ژنوتیپ گلرنگ در کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که همبستگی صفات ارتفاع، تعداد شاخه فرعی، تعداد غوزه در بوته، قطر ساقه، کلروفیل، وزن گل، عملکرد زیستی و شاخص برداشت با عملکرد دانه در هر دو شرایط آبیاری معمولی و تنش خشکی مثبت و معنی‌دار بود. براساس نتایج رگرسیون گام به گام و تجزیه مسیر، شاخص برداشت و عملکرد زیستی در هر دو شرایط آبیاری معمولی و تنش خشکی بیشترین اثر را بر عملکرد دانه داشتند. به دلیل همبستگی بسیار بالا بین میزان عملکرد با صفات شاخص برداشت و عملکرد زیستی در شرایط تنش، انتخاب ارقامی با شاخص برداشت و عملکرد زیستی بالا می‌تواند در حصول حداکثر عملکرد در شرایط تنش بسیار مؤثر باشد. تجزیه به عامل‌ها نشان داد در هر دو شرایط آبیاری معمولی و تنش خشکی ٤ عامل حدود ۸۲ درصد تغییرات را توجیه نمودند. این عامل‌ها در شرایط آبیاری معمولی به‌ترتیب عملکرد دانه، وزن و تعداد دانه، اندازه غوزه، آب برگ و در شرایط تنش خشکی بنیه گیاه، عملکرد دانه، وزن و تعداد دانه، اندازه غوزه و آب برگ نامیده شدند. بر اساس عامل عملکرد دانه و ترسیم بای‌پلات ارقام فرامان، محلی اصفهان، سینا و محلی کوسه در هر دو شرایط آبیاری معمولی و تنش خشکی عملکرد بالایی را ارائه نمودند.

کلیدواژه‌ها: بای‌پلات، تجزیه عامل‌ها، تجزیه مسیر، ترسیم تنش رطوبتی، رگرسیون گام به گام

مقدمه

گلرنگ زراعی (*Carthamus tinctorius* L.) متعلق به خانواده کاسنی، گیاهی دانه روغنی است که به منظور استحصال روغن صنعتی، گیاهی و تولید مارگارین از قرن‌ها پیش تاکنون در مناطق مختلف جهان کشت می‌شود (Singh and Nimbkar, 2007). روغن گلرنگ به دلیل داشتن مقدار زیادی اسید چرب غیراشباع یک روغن بهداشتی و با ارزش محسوب می‌شود (Baybordi, 2008). در ایران گلرنگ از قدیم در خراسان، آذربایجان و اصفهان برای تهیه کار تأمین و استفاده آن در رنگ‌آمیزی

www.SID.ir

Archive of SID

غذا، پارچه و ابریشم کشت شده است (Paknejad, 2015).

تنش‌های غیرزیستی عملکرد محصولات زراعی را کاهش می‌دهند. در این بین، تنش خشکی مهم‌ترین تنش محدودکننده رشد و تولید گیاهان زراعی در سراسر جهان است (Mahajan and Tuteja, 2005). هدف برنامه‌های اصلاحی در زمینه تحمل به خشکی معرفی ارقام متحملی است که بتوانند به‌طور نسبی و در شرایط تنش خشکی افت عملکرد کمتری داشته باشند. از آن‌جایی‌که عملکرد یک صفت کمی پیچیده با توارث‌پذیری پایین است، گزینش غیرمستقیم عملکرد از طریق صفات مهم زراعی که توارث‌پذیری بالا و همبستگی بالایی با عملکرد دارند می‌تواند مؤثرتر باشد (Falconer, 1960). بنابراین، بررسی روابط عملکرد و اجزای عملکرد و نحوه تأثیرگذاری آن‌ها بر یکدیگر برای رسیدن به این هدف، مطلوب اصلاح نباتات می‌باشد (Blum, 2010). عدم توجه به نحوه ارتباط و همبستگی بین صفات مختلف ممکن است نتایج مطلوبی را در بر نداشته باشد و منجر به نتیجه معکوس برای صفات مهم دیگر در برنامه‌های به‌نژادی شود (Majidi and Mirlohi, 2009). مهم‌ترین معیار برای شناسایی و غربالگری ژنوتیپ‌های برتر، مطالعه نشانگرهای مورفولوژیکی و اجزای عملکرد می‌باشد. یکی از روش‌های شناسایی صفات گیاهی مرتبط با عملکرد، تعیین همبستگی بین آن‌ها و عملکرد می‌باشد (Aydin *et al*., 2010). هرچند ضرایب همبستگی صفات مورفولوژیکی و زراعی در تعیین اجزای عملکرد مفید است، اصولاً ماهیت ارتباط صفات را به درستی بیان نمی‌کند. به همین منظور لازم است در برنامه‌های اصلاحی اثرات مستقیم و غیرمستقیم بین عملکرد و اجزای عملکرد دانه شناخته شود (Moosavi *et al*., 2016; Zahedi *et al*., 2016).

برای شناسایی صفات مؤثر بر عملکرد دانه از تجزیه همبستگی، تجزیه رگرسیون و تجزیه علیت استفاده می‌شود (Rahimi *et al*., 2016). در پژوهش‌های قبلی عملکرد دانه گلرنگ با تعداد روز تا ظهور اولین گل، قطر غوزه، تعداد غوزه در بوته، تعداد دانه در غوزه و وزن هزار دانه گلرنگ همبستگی مثبت معنی‌داری داشته است (Bagheri *et al*., 2002). در پژوهش دیگری در گلرنگ در شرایط عدم تنش و تنش خشکی، به‌ترتیب تعداد دانه در غوزه و روز تا پایان گلدهی اولین متغیرهایی بودند که وارد مدل رگرسیونی شدند (Tavakoli *et al*., 2012). در مطالعات دیگر نیز تعداد غوزه در بوته در شرایط معمولی رطوبتی (Amini *et al*., 2008; Hatamzadeh, 2008) و وزن هزار دانه (Acharya *et al*., 1994) بیشترین تأثیر مستقیم را بر عملکرد دانه داشتند.

در برنامه‌های به‌نژادی گزینش براساس تعداد زیادی صفت زراعی با همبستگی مثبت و منفی انجام می‌شود، بنابراین روش‌های تجزیه و تحلیل آماری که تعداد صفات مؤثر در عملکرد را کاهش دهند برای اصلاحگران با ارزش هستند. تجزیه به عامل‌ها، روش آماری چندمتغیره قدرتمندی است که برای کاهش تعداد زیادی از صفات همبسته به تعداد کمی از عامل‌ها، و تشریح همبستگی بین متغیرها به‌کار برده شده است (Johnson and Wichern, 2007). در بررسی ۵۶ ژنوتیپ گلرنگ به روش تجزیه به عامل‌ها مشخص شد که سه عامل اول ۹۷/۲ درصد از واریانس را توجیه می‌کند و عامل‌ها را به‌ترتیب عامل بهره‌وری (همبستگی بالا با عملکرد دانه و عملکرد روغن)، مخزن (همبستگی بالا با تعداد شاخه فرعی و تعداد غوزه در بوته) و سرمایه ثابت (همبستگی بالا با صفات تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، تعداد روز تا رسیدن و ارتفاع بوته) گیاه نام‌گذاری کرد (Hatamzadeh, 2008). هدف از این تحقیق درک درست از نحوه تأثیر و ارتباط صفات جهت کارآیی انتخاب در برنامه‌های به‌نژادی در هر یک از دو محیط تنش و عدم تنش رطوبتی، انتخاب مناسب‌ترین شاخص‌ها برای بهبود عملکرد ژنوتیپ‌ها و تعیین ژنوتیپ‌های برتر در هر دو محیط می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در اوایل اردیبهشت سال ۱۳۹۳ در مزرعه دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) قزوین (با طول

www.SID.ir

Archive of SID

جغرافیایی ۴۹ درجه و ۵۷ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۸ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۲۷۸ متری از سطح دریا) به‌صورت کرت‌های یک‌بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. رژیم آبیاری در دو سطح آبیاری معمولی و تنش خشکی به‌عنوان عامل اصلی و ژنوتیپ در هشت سطح به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. آبیاری معمولی (a_1) بر اساس عرف منطقه (آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) صورت گرفت و در تنش خشکی (a_2) آبیاری تا ۵۰ درصد گلدهی مشابه a_1 بود و پس از آن تا رسیدگی، آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A انجام شد. در منطقه مورد نظر در دوره زایشی گیاه (بازه زمانی اعمال تنش خشکی) بارندگی صورت نگرفت. ژنوتیپ‌های مورد استفاده شامل: صفه، فرامان، محلی اصفهان، محلی کوسه، سینا، گلدشت، مکزیکی ۱۱ و مکزیکی ۸۸ بودند که از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان و مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شدند. پس از آماده‌سازی زمین کود اوره، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم بر اساس آزمایش خاک اضافه گردیدند. هر کرت فرعی شامل ۸ ردیف کاشت به‌طول ۳ متر و فاصله بین دو ردیف ۲۵ سانتی‌متر بود. فاصله بوته‌ها روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر و فاصله کرت‌های اصلی از یکدیگر ۳ متر در نظر گرفته شد. در ابتدا بذرها با تراکم زیاد کشت شدند ولی وقتی که گیاهان به مرحله دو تا چهار برگی رسیدند عملیات تنک کردن انجام شد تا تراکم ۴۰ بوته در مترمربع حاصل شود. صفات مورد بررسی شامل ارتفاع، تعداد شاخه، تعداد غوزه، تعداد دانه در غوزه، قطر ساقه، و قطر غوزه، وزن هزار دانه، میزان آب نسبی برگ، میزان آب نسبی از دست رفته، محتوی کلروفیل، وزن گل، عملکرد دانه، عملکرد زیستی و شاخص برداشت بود. بعد از اعمال تیمار تنش خشکی کلروفیل برگ توسط دستگاه کلروفیل متر (SPAD) (ساعت ۱۰ صبح تا ۱۲ ظهر) اندازه‌گیری شد. برای تعیین میزان آب نسبی برگ (RWC) قطعاتی به طول و عرض ۲ سانتی‌متر از ۵ برگ توسعه‌یافته جدا کرده و بلافاصله نمونه‌ها توزین‌شده (FW) و سپس به مدت ۲۴ ساعت درون آب مقطر در دمای محیط قرار گرفته و دوباره توزین شدند و وزن آماس آن‌ها مشخص گردید (TW). سپس نمونه‌های برگی در داخل آون به مدت ۴۸ ساعت و دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا وزن خشک نمونه‌ها (DW) به‌دست آید. مقدار آب نسبی برگ از رابطه (۱) محاسبه گردید (Diaz-Perez *et al*., 2006).

رابطه (۱)

$$RWC = \{(FW–DW) / (TW–DW)\} \times 100$$

برای اندازه‌گیری مقدار آب از دست رفته (RWL) قطعاتی به طول و عرض ۲ سانتی‌متر از ۵ برگ توسعه‌یافته جدا کرده و وزن تر (FW) آن‌ها اندازه‌گیری شد. سپس برگ‌ها به مدت ۶ ساعت در دمای آزمایشگاه نگهداری و مجدداً توزین شدند (6w). بعد از آن نمونه‌ها در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۴۸ ساعت در آون قرار گرفتند و وزن خشک (DW) آن‌ها به‌دست آمد. درنهایت RWL از رابطه ۲ به‌دست آمد (Gavuzzi *et al*., 1997).

رابطه (۲)

$$RWL = \{(FW-6w) / (FW-DW)\} \times 100$$

برای کاهش اثرات حاشیه‌ای، از خطوط کاشت میانی نمونه‌برداری صورت گرفت. برای درک روابط بین صفات و شناخت صفاتی که بیشترین نقش را در عملکرد دانه در مترمربع ایفا می‌کردند از رگرسیون چندگانه به روش گام به گام و برای بررسی اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات از تجزیه مسیر استفاده شد. جهت شناسایی عوامل پنهانی مؤثر بر عملکرد دانه در مترمربع از تجزیه به عامل‌ها به روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده شد و عوامل به‌دست آمده به روش وریماکس چرخش داده شدند. برای محاسبه همبستگی فنوتیپی، تجزیه رگرسیون چندمتغیره به روش گام به گام، تجزیه به عامل‌ها و تجزیه مسیر از نرم‌افزار SPSS-22 و برای رسم

www.SID.ir

Archive of SID

نمودار دو بعدی از نرم‌افزار Minitab-15 استفاده شد.

نتایج و بحث

بر طبق تجزیه واریانس، صفات وزن هزار دانه، وزن گل در بوته، عملکرد دانه و شاخص برداشت تحت تأثیر تیمار آبیاری قرار گرفتند و بین ژنوتیپ‌های موردنظر از نظر تمامی صفات به جز تعداد غوزه در بوته، قطر غوزه، میزان آب نسبی و آب نسبی از دست‌رفته تفاوت معنی‌دار وجود داشت (جدول ۱). این امر نشان‌دهنده وجود تنوع ژنتیکی بالا از لحاظ اکثر صفات مورد بررسی و امکان گزینش برای این صفات در میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه می‌باشد. همچنین اثر برهمکنش آبیاری و ژنوتیپ فقط بر صفت وزن هزار دانه در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۱). نتایج برخی از مطالعات نشان می‌دهند که تداوم تنش کمبود آب پس از مرحله گرده‌افشانی بر تعداد دانه‌های موجود در هر واحد زایشی گیاهان مختلف تأثیری ندارد، اما وزن دانه‌ها را کاهش می‌دهد (Fathian and Ehsanzade, 2013). به نظر می‌رسد کاهش وزن هزار دانه در شرایط تنش خشکی به علت کوتاه شدن دوره پرشدن دانه‌ها و پیری زودرس گیاه می‌باشد (Paknejad, 2015).

ضرایب همبستگی بین عملکرد و سایر صفات (جدول ۲) نشان داد که عملکرد دانه با ارتفاع بوته، تعداد شاخه و غوزه در بوته، قطر ساقه، محتوی کلروفیل، وزن گل در بوته، عملکرد زیستی و شاخص برداشت در شرایط آبیاری معمولی و تنش خشکی همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. همچنین همبستگی عملکرد دانه با وزن هزار دانه در شرایط تنش خشکی مثبت و معنی‌دار بود. با توجه به این‌که دانه حاصل فعالیت فتوسنتزی ساقه و برگ بوده و تعداد غوزه نیز از اجزاء عملکرد می‌باشد، لذا همبستگی بالای آن‌ها با عملکرد دور از ذهن نیست و نشان می‌دهد که عملکرد دانه بهتر در گیاهانی با رشد سبزینه‌ای خوب و قدرت رویشی مناسب، حاصل می‌شود (Dabiri *et al*., 2009). در بررسی صفات گلرنگ در ژنوتیپ‌های وحشی و اهلی تحت شرایط بدون تنش رطوبتی، عملکرد دانه با تعداد طبق در بوته و وزن دانه در طبق همبستگی فنوتیپی مثبت داشت درحالی‌که تحت شرایط تنش، عملکرد دانه با ارتفاع، تعداد طبق در بوته و وزن هزار دانه همبستگی مثبت داشت (Tavakoli *et al*., 2012). Amini *et al.* (2008) همبستگی مثبت و بالایی بین عملکرد دانه با صفات تعداد دانه در غوزه و تعداد غوزه در بوته مشاهده نمودند. در مطالعه دیگری بین عملکرد دانه با تعداد شاخه، تعداد غوزه در بوته، تعداد دانه در غوزه و وزن هزار دانه گلرنگ همبستگی مثبت معنی‌داری مشاهده شد (Tuncturk and Ciftci, 2004). رابطه مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه با صفت ارتفاع بوته در هر دو شرایط محیطی تنش و بدون تنش در سایر مطالعات نیز گزارش شده است (Golkar *et al*., 2011; Mokhtassi Bidgoli *et al*., 2006).

روش رگرسیون گام به گام سهم هر صفت و میزان تأثیر بر عملکرد را تعیین می‌کند و صفاتی که بیشترین تأثیر را بر عملکرد دارند، در برنامه اصلاحی برای بهبود ژنتیکی عملکرد به‌کار می‌روند (Asadi and Mozaffari, 2006). نتایج حاصل از رگرسیون گام به گام برای شرایط آبیاری معمولی و تنش خشکی به‌ترتیب در جدول‌های (۳) و (۴) آمده است. در شرایط آبیاری معمولی ۴ متغیر در مجموع ۹۹/۷ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمودند. شاخص برداشت نخستین متغیر واردشده به مدل ۶۹/۴ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمود. در مراحل بعدی به‌ترتیب عملکرد زیستی، تعداد غوزه در بوته و قطر ساقه وارد مدل شدند. در آزمایشات متفاوت تعداد دانه در غوزه و تعداد غوزه در بوته (Rafiei and Saeidi, 2005)، تعداد غوزه در بوته، ارتفاع بوته و وزن هزار دانه (Bagheri *et al*., 2002) بیشترین سهم را در توجیه عملکرد داشتند. بر اساس رگرسیون گام به گام صفات تعداد دانه در طبق، تعداد طبق در بوته و وزن هزار دانه ۸۱/۲ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمودند (Amini *et al*., 2008). در مطالعه دیگری عملکرد زیستی، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و درصد روغن ۹۸ درصد تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمودند (Salamati, 2012).

www.SID.ir

Arcl .

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس صفات مختلف در ژنوتیپ‌های گلرنگ

Table 1. Analysis of variance of different traits in safflower genotypes

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع Height	تعداد شاخه در بوته No. shoot. plant^{-1}	تعداد غوزه در بوته No. head. plant^{-1}	قطر ساقه Stem diameter	قطر غوزه Head diameter	تعداد دانه در غوزه No. seeds. head^{-1}	وزن هزار دانه 1000 grain weight	میزان آب نسبی Relative water content	آب نسبی از دست رفته Relative water lost	عدد کلروفیل متر Chlorophyll (Spad value)	وزن گل در بوته Flower weight plant^{-1}	عملکرد دانه در متر مربع grain yield/m^2	عملکرد بیولوژیک در متر مربع Biological yield/m^2	شاخص برداشت Harvest index
بلوک Block	2	12.26^{ns}	2.04^{ns}	3.27^{ns}	0.56^{ns}	9.95^{ns}	31.73^{ns}	133.35**	0.149^{ns}	0.065^{ns}	0.81^{ns}	0.015*	22687.21*	26.52^{ns}	443.47*
آبیاری Irrigation	1	0.98^{ns}	3.78^{ns}	4.59^{ns}	0.72^{ns}	9.95^{ns}	31.73^{ns}	133.35**	0.149^{ns}	0.065^{ns}	0.81^{ns}	0.015*	22687.21*	26.52^{ns}	443.47*
خطای الف Error A	2	5.03	0.30	0.42	0.42	1.88	26.98	1.07	0.018	0.025	4.03	0.001	1023.57	1337.36	16.80
ژنوتیپ Genotype	7	339.03**	7.29**	5.75^{ns}	0.91**	1.97^{ns}	55.26**	288.8**	0.004^{ns}	0.009^{ns}	118.8**	0.726**	18620.09**	42091.27**	207.81**
آبیاری × ژنوتیپ G × I	7	8.39^{ns}	0.63^{ns}	0.48^{ns}	0.12^{ns}	0.81^{ns}	11.48^{ns}	6.55*	0.004^{ns}	0.003^{ns}	20.02^{ns}	0.005^{ns}	1842.86^{ns}	14784.68^{ns}	29.65^{ns}
خطای ب Error B	28	12.13	0.46	0.96	0.28	1.29	13.26	2.74	0.002	0.005	16.85	0.007	1620.04	9445.05	22.76
ضریب‌تغییرات (درصد) C.V. (%)		7.10	16.37	19.08	12.65	5.35	16.92	5.51	7.74	0.07	6.00	20.83	21.23	14.10	17.47

ns، * و ** عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌داری در سطوح پنج و یک درصد را نشان می‌دهد.

ns, * and ** not significant, significant at the 5 and 1 % probability, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های گلرنگ (آبیاری معمولی در بالای قطر جدول و تنش خشکی در پایین قطر جدول)

Table 2. Correlation coefficients between studied traits in safflower genotypes (normal irrigation at the top of table diameter and drought stress at the bottom of table diameter)

14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	صفات Traits
0.630**	0.717**	0.826**	0.894**	0.641**	-0.345	0.203	-0.319	0.571**	0.210	0.726**	0.733**	0.819**		1
0.642**	0.660**	0.815**	0.865**	0.624**	-0.345	0.178	-0.087	0.373	0.303	0.795**	0.888**		0.749**	2
0.579**	0.663**	0.788**	0.837**	0.643**	-0.104	0.204	0.033	0.308	0.448*	0.829**		0.911**	0.752**	3
0.457*	0.751**	0.715**	0.774**	0.424*	-0.362	-0.022	-0.047	0.399	0.471*		0.876**	0.785**	0 .765**	4
0.167	0.403	0.339	0.298	0.443*	-0.157	0.225	0.055	0.384		0.298	0.140	0.009	0.006	5
0.094	0.540**	0.348	0.598**	0.511*	-0.329	0.040	-0.611**		0.171	0.095	0.084	-0.014	0.304	6
0.298	-0.115	0.135	-0.389	-0.068	0.198	0.155		-0.499*	0.246	-0.017	0.140	0.180	-0.258	7
0.341	0.093	0.324	0.183	0.105	0.442*		0.069	0.232	0.061	0.029	0.004	0.048	-0.123	8
-0.081	-0.259	-0.177	-0.254	-0.285		0.271	0.333	0.017	0.298	0.464*	0.385	0.392	0.235	9
0.440*	0.466*	0.575**	0.640**		-0.087	-0.030	-0.070	0.374	-0.019	0.565**	0.620**	0.575**	0.659**	10
0.468*	0.640**	0.690**		0.723**	0.298	-0.067	-0.074	0.297	0.126	0.838**	0.898**	0.778**	0.778**	11
0.864**	0.739**		0.729**	0.641**	0.365	-0.011	0.405*	0.149	0.228	0.619**	0.751**	0.747**	0.595**	12
0.310		0.787**	0.853**	0.616**	0.518**	0.017	0.165	0.209	0.244	0.792**	0.876**	0.795**	0.710**	13
	0.455*	0.899**	0.488*	0.543**	0.164	-0.017	0.438	0.091	0.127	0.364	0.491*	0.572**	0.446*	14

(1) ارتفاع (Height)
(2) تعداد شاخه در بوته (Shoot number per plant)
(3) تعداد غوزه در بوته (Boll number per plant)
(4) قطر ساقه (Stem diameter)
(5) قطر غوزه (Boll diameter)
(6) تعداد دانه در غوزه (Seed number per boll)
(7) وزن هزار دانه (1000 grain weight)
(8) میزان آب نسبی برگ (Relative water content)
(9) میزان آب نسبی از دست رفته (Relative water lost)
(10) محتوی کلروفیل (Chlorophyll value)
(11) وزن گل در بوته (Flower weight per plant)
(12) عملکرد دانه در مترمربع ($Yeild/m^2$)
(13) عملکرد زیستی در مترمربع ($Biological\ yield/m^2$)
(14) شاخص برداشت (Harvest index)

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام برای عملکرد دانه در مترمربع در شرایط بدون تنش

Table 3. Results of stepwise regression analysis for yield under non-stress condition

متغیر تابع Dependent variable	متغیر پیش‌بینی‌کننده Predicting variable	ضرایب رگرسیون B Coefficients	ضریب تبیین Square R	ضریب رگرسیون جزء Partial R
	عرض از مبدأ Intercept	-3.878**	-	-
	شاخص برداشت Harvest index (X_1)	0.155**	0.746	0.746
عملکرد دانه Grain yield	عملکرد زیستی Biological yield (X_2)	0.266**	0.992	0.246
	تعداد غوزه در بوته Boll Number per plant (X_3)	0.165**	0.995	0.003
	قطر ساقه Stem Diameter	-0.232	0.997	0.002
مدل نهایی Final model	$Y = -3.878+0.155X_1 + 0.266X_2 + 0.165X_3 - 0.232X_4$			

** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد. ** Significant at 1% level of probability.

جدول ٤- نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام برای عملکرد دانه در مترمربع در شرایط تنش

Table 4. Results of stepwise regression analysis for yield under stress condition

متغیر تابع Dependent variable	متغیر پیش‌بینی‌کننده Predicting variable	ضرایب رگرسیون B Coefficients	ضریب تبیین Square R	ضریب رگرسیون جزء Partial R
	عرض از مبدأ Intercept	-3.860**	-	-
	شاخص برداشت Harvest index (X_1)	0. 165**	0.808	0.808
عملکرد دانه Grain yield	عملکرد زیستی Biological yield (X_2)	0.290**	0.988	0.180
	ارتفاع گیاه Plant height (X_3)	0.018*	0.993	0.005
مدل نهایی Final model	$Y = -3.860 + 0.165X_1 + 0.290X_2 + 0.018X_3$			

** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد. ** Significant at 1% level of probability.

در شرایط تنش خشکی ۳ متغیر وارد مدل شدند که در مجموع ۹۹/۳ درصد از تغییرات را تبیین نمودند. شاخص برداشت نخستین متغیر واردشده به مدل ۸۰/۸ درصد از تغییرات را توجیه نمود. عملکرد زیستی و ارتفاع بوته در مرحله بعدی وارد مدل شدند (جدول ۴). بنابراین، برای رسیدن به ارقام پرمحصول گلرنگ در شرایط آبیاری معمولی و تنش خشکی انتخاب ارقامی با شاخص برداشت و عملکرد زیستی بالا می‌تواند در حصول حداکثر عملکرد بسیار مؤثر باشد. نتایج حاصل از ارزیابی توده های ارقام محلی گلرنگ در شرایط دیم نشان داد که بالا بودن عملکرد ژنوتیپ های پر محصول، ناشی از صفات تعداد غوزه در بوته، تعداد دانه در غوزه و وزن هزار دانه می‌باشد (Pourdad, 2008). در پژوهش دیگری در شرایط تنش خشکی تعداد دانه در غوزه، تعداد غوزه در بوته، وزن هزار دانه و ارتفاع بوته ۸۲ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمودند (Maleki Nejad and Majidi, 2015). عملکرد زیستی در هر دو شرایط تنش و بدون تنش همبستگی مثبت معنی‌داری با صفات ارتفاع، تعداد شاخه فرعی، تعداد غوزه در بوته، قطر ساقه و تعداد دانه در غوزه دارد،

www.SID.ir

Archive of SID

بنابراین برای بهبود عملکرد دانه گیاه بهتراست مقادیر این صفات را افزایش داد.

نتایج تجزیه مسیر عملکرد دانه در شرایط آبیاری معمولی (جدول ۵) نشان داد که شاخص برداشت دارای بیشترین اثر مستقیم (۰/۶۶۷) بر عملکرد بود و به‌طور غیرمستقیم از طریق عملکرد زیستی و تعداد غوزه در بوته بر عملکرد تأثیر مثبت داشت. سایر صفات مدل شامل عملکرد زیستی، تعداد غوزه در بوته و قطر ساقه (به‌ترتیب ۰/۵۰۴، ۰/۱۳۵ و ۰/۰۸۱-) اثر مستقیم بیشتری بر عملکرد داشتند. اثر مستقیم قطر ساقه بر عملکرد منفی بود اما اثر غیرمستقیم آن از طریق شاخص برداشت (۰/۳۸۶)، عملکرد زیستی (۰/۳۷۹) و تعداد غوزه (۰/۱۱۲) مثبت بود. در تنش خشکی (جدول ۶) شاخص برداشت بیشترین اثر مستقیم مثبت را بر عملکرد دانه (۰/۶۹۷) داشت و سایر صفات مدل شامل عملکرد زیستی و ارتفاع (به‌ترتیب ۰/۵۴۱ و ۰/۱-) اثر مستقیم بیشتری بر عملکرد داشتند. اثر مستقیم ارتفاع بر عملکرد منفی بود اما اثر غیرمستقیم آن از طریق شاخص برداشت (۰/۳۱۱) و عملکرد زیستی (۰/۳۸۴) مثبت بود.

در پژوهشی عملکرد زیستی، تعداد طبق در بوته و وزن هزار دانه بیشترین تأثیر مستقیم را بر عملکرد روغن و عملکرد دانه داشتند (Naserirad *et al*., 2013). در مطالعه دیگری تعداد غوزه در گیاه، تعداد دانه در غوزه و وزن هزار دانه بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد داشتند (Reddy *et al*, 2004). با استفاده از تجزیه مسیر، وزن هزار دانه و تعداد دانه در بوته بهترین معیار انتخاب غیرمستقیم برای بهبود عملکرد روغن در تنش خشکی معرفی شد (Golparvar, 2011). در شرایط تنش خشکی تعداد دانه در غوزه بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشته است (Tavakoli *et al*., 2012). بنابراین با توجه به ضرایب تجزیه مسیر شاخص برداشت، عملکرد زیستی و تعداد غوزه به‌ترتیب مهمترین صفات مؤثر بر عملکرد دانه در دو شرایط تنش و بدون تنش بودند. برای رسیدن به تولید بیشتر و بهبود ژنتیکی علاوه بر شناخت روابط با استفاده از تجزیه مسیر نبایستی عامل مهم توارث‌پذیری صفات را از نظر دور داشت، به‌عبارتی هر چه صفات دارای منشاء اشتراکی کمتری باشند به همان میزان موفقیت اصلاح عملکرد از طریق اجزاء نیز موفقیت‌آمیزتر است (Amiri *et al*., 2009). تجزیه و تحلیل عاملی در شرایط آبیاری معمولی نشان داد (جدول ۷) که ۴ عامل مقادیر ویژه بزرگتر از یک داشتند و روی هم‌رفته ۸۲/۷۷ درصد از تغییرات داده‌های اولیه را توجیه نمودند. در هر عامل ضرایب عاملی بزرگتر از ۰/۵ صرف‌نظر از علامت مربوطه، به‌عنوان ضرایب عاملی بزرگ که می‌توانند نقش مهمی در آن عامل ایفا نمایند، در نظر گرفته شدند. عامل اول ۵۱/۲۳ درصد از واریانس بین صفات را به‌خود اختصاص داد. در این عامل متغیرهای ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد غوزه در بوته، قطر ساقه، محتوی کلروفیل، وزن گل، عملکرد دانه، عملکرد زیستی و شاخص برداشت دارای ضرایب عاملی بزرگی بودند، پس می‌توانند نقش مهمی در این عامل ایفا نمایند. بنابراین این عامل با توجه به اجزاء تشکیل‌دهنده آن عامل عملکرد دانه نامیده شد. همان‌طور که در جدول همبستگی‌ها (جدول ۲) مشاهده شد کلیه صفاتی که در این عامل وجود دارند دارای همبستگی مثبت بالایی با یکدیگرند و در ارتباط با بنیه گیاه و عملکرد دانه می‌باشند. از آن‌جایی‌که دانه و گل گیاه گلرنگ به‌ترتیب در صنعت روغن، داروسازی و رنگ غذا اهمیت بسیار دارد، بدین لحاظ با استفاده از این عامل می‌توان ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه و گل بالا را انتخاب نمود. عامل دوم با توجیه ۱۴/۸۷ درصد از واریانس، و ضرایب عاملی بالا برای صفات وزن هزار دانه و تعداد دانه عامل وزن و تعداد دانه نامیده شد. عامل سوم حدود ۹/۰۹ درصد از واریانس را توجیه نمود و با توجه به ضرایب عاملی بالا برای قطر غوزه عامل اندازه غوزه نامیده شد. عامل چهارم با توجیه ۷/۵۸ درصد از واریانس و همبستگی بالا با محتوی آب نسبی برگ و آب نسبی از دست‌رفته، عامل آب برگ نام گرفت.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- تجزیه ضرایب مسیر برای عملکرد دانه در مترمربع ژنوتیپ‌های گلرنگ در شرایط بدون تنش
Table 5. Path analysis for grain yield of safflower genotypes under non-stress condition

همبستگی با عملکرد دانه Correlation with grain yield	اثر غیرمستقیم Indirect effect				اثر مستقیم Direct effect	صفات Traits
	4	3	2	1		
0.864**	-0.037	0.078	0.156	-	0.667	شاخص برداشت Harvest index
0.739**	-0.061	0.089	-	0.207	0.504	عملکرد زیستی Biological yield
0.788**	-0.067	-	0.294	0.334	0.386	تعداد غوزه در بوته Boll N. per plant
0.715**	-	0.112	0.379	0.305	-0.081	قطر ساقه Stem diameter

** Significant at 1% level of probability. ** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

جدول ٦- تجزیه ضرایب مسیر برای عملکرد دانه در مترمربع ژنوتیپ‌های گلرنگ در شرایط تنش
Table 6. Path analysis for grain yield of safflower genotypes under stress condition

همبستگی با عملکرد دانه Correlation with grain yield	اثر غیرمستقیم Indirect effect			اثر مستقیم Direct effect	صفات Traits
	3	2	1		
0.899**	-0.045	0.246	–	0.697	شاخص برداشت Harvest index
0.787**	-0.071	–	0.317	0.541	عملکرد زیستی Biological yield
0.595**	–	0.384	0.311	-0.1	ارتفاع گیاه Plant height

** Significant at 1% level of probability. ** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

تجزیه و تحلیل عاملی در تنش خشکی نشان داد (جدول ۷) که ۴ عامل مقادیر ویژه بزرگتر از یک داشتند. این عامل‌ها ۸۲/۴۰ درصد از تغییرات موجود را توجیه نمودند. عامل اول ۴۹/۱۹ درصد از واریانس بین صفات را به‌خود اختصاص داد و متغیرهای ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد غوزه در بوته، قطر ساقه، مقدار کلروفیل، وزن گل در بوته، عملکرد زیستی و عملکرد دانه نقش مهمی در این عامل ایفا نمودند. این عامل تحت عنوان عامل بنیه گیاه نامیده شد. عامل دوم حدود ۱۴/۴۷ درصد از واریانس را توجیه نمود. شاخص برداشت و عملکرد دانه نقش مهمی در این عامل ایفا نمودند و عامل عملکرد دانه نامیده شد. با استفاده از عامل اول و دوم به‌عنوان شاخص انتخاب می‌توان ژنوتیپ‌های با بنیه قوی و عملکرد دانه بالا را انتخاب نمود. عامل سوم ۱۰/۴۶ درصد از تغییرات داده‌های اولیه را توجیه نمود. تعداد دانه در بوته دارای بار عاملی مثبت و وزن هزار دانه دارای بار عاملی منفی بودند. این عامل به‌عنوان عامل وزن و تعداد دانه نامیده شد. انتخاب بر اساس این عامل منجر به انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه پایین می‌شود. عامل چهارم ۸/۲۸ درصد از تغییرات داده‌های اولیه را توجیه نمود و با صفات قطر غوزه، میزان آب نسبی برگ و میزان آب از دست‌رفته همبستگی بالایی داشت و عامل اندازه غوزه و آب برگ نام گرفت.

در مطالعات Amini *et al.* (2008) بر روی گیاه گلرنگ و در شرایط آبیاری معمولی، نتایج تجزیه به عامل ها برای صفات سه عامل اصلی را مشخص کرد که در مجموع ۸۲ درصد از تغییرات کل را توجیه نمودند. این عامل‌ها با توجه به اجزای تشکیل‌دهنده آن‌ها به‌ترتیب عامل عملکرد و اجزاء آن، عامل فنولوژیک و عامل شاخه‌بندی نام‌گذاری شدند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷- تجزیه به عامل‌ها برای صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های گلرنگ در شرایط بدون تنش و تنش

Table 7. Factor analysis for studied traits in safflower genotypes under non-stress and stress conditions

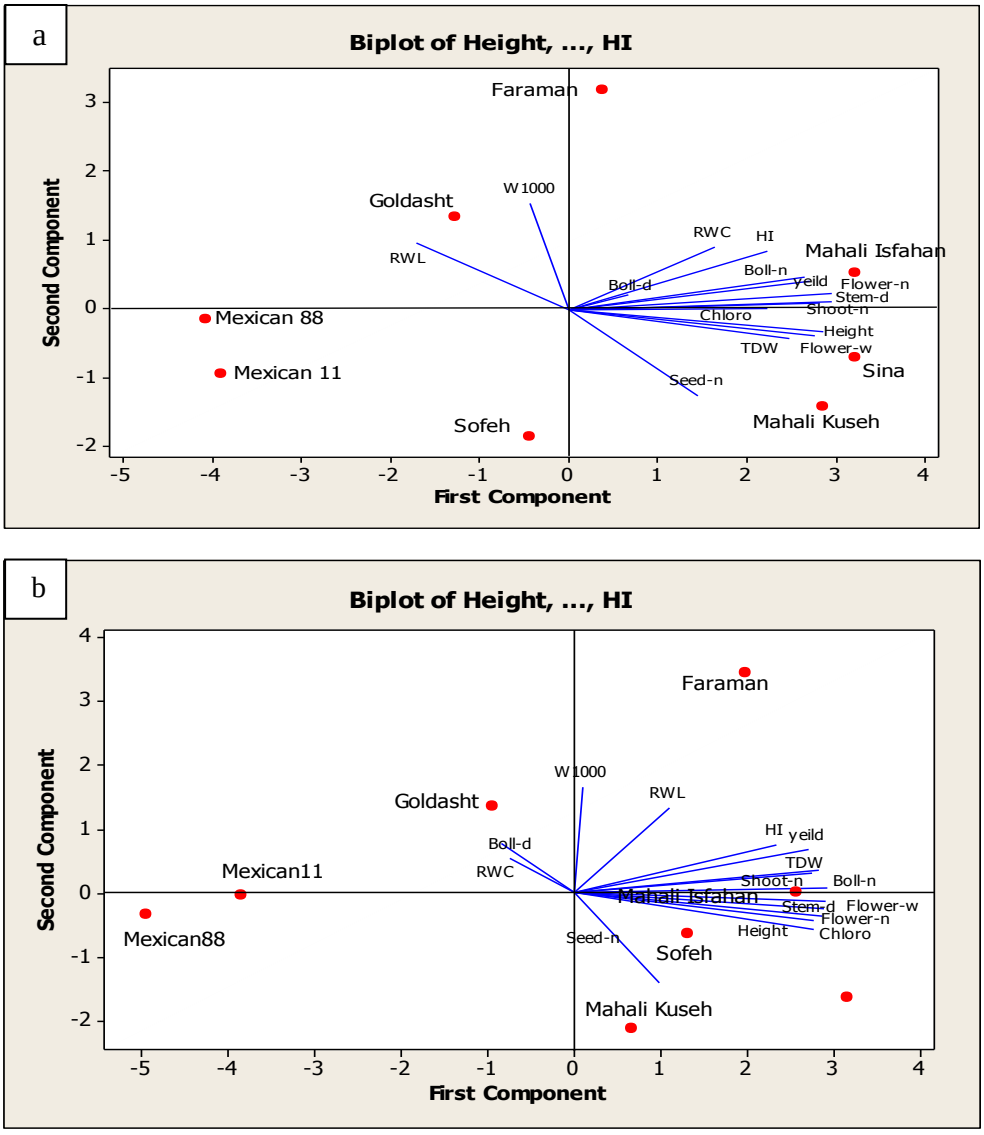
بار عامل چهارم PC4		بار عامل سوم PC3		بار عامل دوم PC2		بار عامل اول PC1		صفات Traits
تنش Stress	بدون تنش Non-stress	تنش Stress	بدون تنش Non-stress	تنش Stress	بدون تنش Non-stress	تنش Stress	بدون تنش Non-stress	
-0.133	-0.031	0.286	0.019	0.116	0.381	0.864	0.897	ارتفاع Height
0.017	-0.088	-0.125	0.113	0.288	0.123	0.871	0.929	تعداد شاخه Shoot number
0.071	0.040	-0.046	0.302	0.234	0.023	0.927	0.863	تعداد غوزه Boll number
0.181	-0.265	0.011	0.343	0.042	0.078	0.921	0.779	قطر ساقه Stem diameter
0.653	0.050	-0.004	0.940	0.140	0.015	0.073	0.199	قطر غوزه Boll diameter
0.277	-0.073	0.897	0.370	0.076	0.770	0.094	0.307	تعداد دانه Seed number
0.303	0.110	-0.712	0.124	0.566	-0.944	-0.076	0.044	وزن هزار دانه 1000 grain weight
0.660	0.871	0.213	0.141	-0.012	-0.016	-0.096	0.230	میزان آب نسبی برگ Relative water content
0.684	0.802	-0.322	-0.125	-0.097	-0.147	0.450	-0.249	میزان آب نسبی از دست رفته Relative water lost
-0.195	-0.043	0.436	0.395	0.507	0.203	0.580	0.604	محتوی کلروفیل Chlorophyll
0.002	-0.004	0.215	0.128	0.230	0.464	0.904	0.823	وزن گل Flower weight
0.155	0.105	-0.032	0.157	0.736	-0.069	0.627	0.937	عملکرد دانه Yield
0.230	-0.116	0.016	0.380	0.252	0.234	0.868	0.672	عملکرد بیولوژیک Biological yield
0.036	0.191	-0.023	-0.70	0.885	-0.292	0.339	0.817	شاخص برداشت Harvest index
1.16	1.06	1.47	1.27	2.03	2.08	6. 89	7.17	مقدار ویژه Eigen value
8.28	7.58	10.46	9.09	14.47	14.87	49.19	51.23	واریانس توجیه‌شده Variance %
82.40	82.77	74.12	75.19	63.66	66.10	49.19	51.23	واریانس توجیه‌شده تجمعی Cumulative variance %

Shiravand and Majidi (2013) در مطالعه ۵ گونه جنس *Carthamus* تحت شرایط عدم تنش و کم آبیاری بیان کردند که چهار عامل اول در شرایط عدم تنش و تنش به ترتیب ۸۲ و ۸۵ درصد از واریانس را توجیه کردند، که در شرایط عدم تنش به ترتیب عامل مخزن، مورفولوژی گیاه، روغن، سرمایه اقتصادی و در

www.SID.ir

Archive of SID

شرایط تنش خشکی به ترتیب عامل سرمایه اقتصادی، مورفولوژی گیاه، مخزن و وزن دانه نامگذاری شدند. نمودار دو بعدی (بای‌پلات) صفات براساس دو مؤلفه اول که بیشترین تغییرات را توجیه نمودند در شرایط تنش و بدون تنش ترسیم گردید (شکل ۱- a و b). زاویه و جهت بین بردارهای صفات شدت و جهت همبستگی، و زاویه و جهت بین بردارهای صفات و دو مؤلفه اول ارتباط صفات با مؤلفه‌ها را نشان می‌دهد. ژنوتیپ‌ها نیز بر اساس دو مؤلفه اول متناسب با ارتباطشان با صفات مختلف و مؤلفه‌ها در چهار ناحیه قرار گرفتند. بنابراین بر اساس مؤلفه اول که عامل عملکرد دانه نیز نامیده شده بود در شرایط بدون تنش ارقام فرامان، محلی اصفهان، سینا و محلی کوسه و در شرایط تنش ارقام فرامان، محلی اصفهان، صفه، سینا و محلی کوسه که همبستگی مثبتی با این مؤلفه داشتند انتخاب شدند. با توجه به این مؤلفه رقم ایرانی گلدشت و ارقام خارجی مکزیکی ۱۱و مکزیکی ۸۸ مناسب شرایط تنش نیستند.



شکل ۱- نمایش بای‌پلات صفات در ژنوتیپ‌های گلرنگ بر اساس دو مؤلفه اول در شرایط بدون تنش (a) و تنش (b)

Figure 1. Biplot of studied traits in safflower genotypes based on two first components under non stress (a) and stress (b) conditions

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری

با توجه به ضرایب همبستگی، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد غوزه در بوته، قطر ساقه، کلروفیل، وزن گل در بوته، عملکرد زیستی و شاخص برداشت در شرایط آبیاری معمولی و تنش خشکی همبستگی مثبت معنی‌داری با عملکرد دانه داشتند. از بین این صفات بر اساس نتایج رگرسیون گام به گام و تجزیه مسیر شاخص برداشت، عملکرد زیستی، تعداد غوزه در بوته و قطر ساقه در شرایط آبیاری معمولی و شاخص برداشت، عملکرد زیستی و ارتفاع در شرایط تنش بیشترین سهم و اثر مستقیم را در عملکرد دانه داشتند. اگرچه در شرایط آبیاری معمولی تعداد غوزه در بوته و قطر ساقه و در شرایط تنش خشکی ارتفاع بوته اثر مستقیم کمتری بر عملکرد دانه نسبت به شاخص برداشت و عملکرد زیستی داشتند اما اثر غیرمستقیم آن‌ها بر عملکرد دانه از طریق شاخص برداشت و عملکرد زیستی قابل ملاحظه بود. از آن‌جایی که در شرایط آبیاری معمولی و تنش خشکی عملکرد زیستی همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفات ارتفاع، تعداد شاخه فرعی، تعداد غوزه در بوته و قطر ساقه داشت و با توجه به این‌که عملکرد دانه صفت پیچیده‌ای است که توارث‌پذیری پایینی دارد، بنابراین تلاش در جهت اصلاح هر کدام از این صفات، هم در شرایط آبیاری معمولی و هم در شرایط تنش خشکی می‌تواند منجر به انتخاب ارقام با عملکرد دانه بالا گردد. هچنین براساس نمودار بای‌پلات و انتخاب براساس عامل عملکرد بالا ارقام فرامان، محلی اصفهان، سینا و محلی کوسه هم در شرایط آبیاری معمولی و هم در شرایط تنش خشکی عملکرد بالایی را دارا بودند.

References

Acharya, S., Dhaduk, L. K. and Maliwal, G. L. (1994). Path analysis in safflower under conserved moisture conditions. *Gujarat Agricultural University Research Journal*, 20(1), 154-157.

Amini, F., Saeidi, Gh. and Arzani, A. (2008). The relationships between yield and its components in safflower genotypes (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 45(12), 525-535. [In Farsi]

Amiri, S., Noormohamadi, S. A. Jafari, A. and Chugan, R. (2009). Correlation, regression and path analysis for grain yield and yield components on early maturing hybrids of grain corn. *Plant Productions*, 16(2), 99-112. [In Farsi]

Asadi, A. and Mozaffari, A. K. (2006). Relationship among yield components and selection criteria for yield improvement in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Applied Sciences*, 6(13), 2853-2855.

Aydin, N., Sermet, C., Zeki Mut, H., Bayramoglu, O. and Ozcan, H. (2010). Path analysis of yield and some agronomic and quality traits of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) under different environments. *African Journal of Biotechnology*, 9(32), 5131-5134.

Bagheri, A., Yazdisamadi, B., Taeb, M. and Ahmadi, M. R. (2002). Study of correlations and relationships between plant yield and other quantitative and qualitative traits in safflower. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 32(2), 307-295. [In Farsi]

Baybordi, A. (2008). *Safflower plant nutrition*. Tabriz: Parivar Press. [In Farsi]

Blum, A. (2010). *Plant breeding for water-limited environments*. New York, NY: Springer Publishing.

Dabiri, M., Bahramnejad, M. and Baghbanzadeh, M. (2009). Ammonium salt catalyzed multicomponent transformation: Simple route to functionalized spirochromenes and spiroacridines. *Tetrahedron*, 65(45), 9443-9447.

www.SID.ir

Archive of SID

Diaz-Perez, J. C., Shackel, K. A and Sutter, E. G. (2006). Relative water content. *Annals of Botany*, 97(1), 85-96.

Falconer, D. S. (1960). *Introduction to quantitative genetics*. New York: The Ronald Press Company.

Fathian, Sh. and Ehsanzade, P. (2013). Association between some physiological characteristics and yield in spring safflower under two irrigation regimes. *Iranian Journal of Filed Crop Science*, 43(4), 649-659. [In Farsi]

Gavuzzi, P., Rizza, F., Palumbo, M., Campanile, R.C., Ricciardi, G.L. and Borghi, B. (1997). Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. *Canadian Journal of Plant Science*, 77(4), 523-531.

Golkar, P., Arzani, A. and Rezaei, A.M. (2011). Genetic variation in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) for seed quality-related traits and Inter-Simple Sequence Repeat (ISSR) Markers. *International Journal of Molecular Sciences*, 12(4), 2664-2677.

Golparvar, A. R. (2011). Assessment of relationship between seed and oil yield with agronomic traits in spring safflower cultivars under drought stress condition. *Journal of Research in Agricultural Science*, 7(2), 109-113.

Hatamzadeh, D. (2008). Study on Traits Related to Seed Yield in Safflower by Factor Analysis. *Seed and Plant Improvement Journal*, 24(3), 563-575. [In Farsi]

Johnson, R. A. and Wichern, D. W. (2007). *Applied multivariate statistical analysis* (6th Ed.). New Jersey, U.S.A.: Prentice-Hall, Inc.

Mahajan, S. and Tuteja, N. (2005). Cold, salinity and drought stresses: An overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 444(2), 139-158.

Majidi, M. M. and Mirlohi, A. F. (2009). Genetic variation, heritability and correlations of agro-morpholical traits in tall fescue (*Festuca arundinacea*). *Euphytica*, 167(3), 323-331.

Maleki Nejad, R. and Majidi, M. M. (2015). Association of seed yield, oil and related traits in safflower genotypes under normal and drought stress. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 13(1), 109-119. [In Farsi]

Mokhtassi Bidgoli, A., Akbari, G. A., Mirhadi, M. J., Zand, E. and Soufizadeh, S. (2006). Path analysis of the relationships between seed yield and some morphological and phonological trait in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Euphytica*, 148(3), 261-268.

Moosavi, S.S., Abdollahi, M.R., Ghanbari, F. and Kanouni, H. (2016). Detection and selection of effective traits on grain yield in chickpea (*Cicer arientinum* L.) under normal moisture condition. *Plant Productions*, 39(1), 119-131. [In Farsi]

Naserirad, H., Soleymanifard, A., Naseri, R. and Nasiri, S. (2013). Study of correlation between important agronomic traits and path analysis for grain and oil yield in Safflower. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4(4), 670-673.

Paknejad, M. (2015). *The effect of TiO_2 Nano particles spraying on yield and physiological parameters of safflower under drought stress*. M.Sc. thesis, Imam Khomeini International University (IKIU), Qazvin. [In Farsi]

Pourdad, S. S. (2008). Study on drought resistance indices in spring safflower. *Acta Agronomica Hungarica*, 56(2), 202-212.

Rafiei, F. and Saeidi, G.A. (2005). Genotypic and phenotypic relationships among agronomic traits and yield components in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Scientific Journal of Agriculture*, 28(1), 137-149. [In Farsi]

www.SID.ir

Archive of SID

Rahimi, M. H., Houshmand, S. and Khodambashi, M. (2016). Determination of the most important agronomic traits affecting seed yield in lentil (*Lens culinaris* Medik) recombinant inbred lines. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 18(2), 161-177.

Reddy, A. R., Chaitanya, K. V. and Vivekandan, M. V. (2004). Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plant. *Journal of Plant. Physiology*, 161(11), 1189-1202.

Salamati, M.S. (2012). Path analysis for seed yield in Iranian safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes. *Agronomy Journal*, 97(4), 105-111. [In Farsi]

Shiravand, R. and Majidi, M. M. (2013). Trait relationships in five species of *Carthamus* under normal and deficit irrigation. *Journal of Crop Production and Processing*, 3(8), 149-163.

Singh, V. and N. Nimbkar. (2007). Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). In R. J. Singh (Ed.). *Genetic resources, chromosome engineering, and crop improvement* (pp. 167-194). London: CRC Press.

Tavakoli, V., Majidi, M. M., Mirlohi, A. F. and Sabzalian, M. R. (2012). Syudy of relationships between traits and path analysis in cultivated (*Carthamus tinctorius*) and wild (*Carthamus oxyacanthus*) safflower genotypes under normal and water deficit conditions. *Electronic Journal of Crop Production*, 5(3), 45-62. [In Farsi]

Tuncturk, M. and Ciftci, V. (2004). Relationships among traits using correlation and path coefficient analysis in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Asian Journal of Plant Sciences*, 3(6), 683-686.

Zahedi, F., Mohammadi, M., Nabati Ahmadi, D. and Karimizadeh, R. (2016). Path analysis to study morpho-physiological traits, yield and traits related to yield of lentil genotypes under rain fed condition. *Journal of Plant Production*, 39(2), 71-89. [In Farsi]

© 2019 by the authors. Licensee SCU, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

www.SID.ir