Archive of SID

Plant Prod., 43(2) (2020) 227-240
DOI: 10.22055/ppd.2020.27588.1671

ISSN (P): 2588-543X
ISSN (E): 2588-5979

Study of Genetic and Phenotypic Diversity of Sunflower (*Helianthus annus* L.) Genotypes for Agro-morphological Traits under Normal and Drought Stress Conditions

Ali Saremirad[1]* and Khodadad Mostafavi[2]

1- ***Corresponding Author:** Ph.D. Student of Plant Breeding, Department of Agronomy and Plant Breeding, Karaj Branch, Islamic Azad University and Young Researchers and Elite Club, Karaj, Iran (Asaremirad@gmail.com)
2- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

Received: 12 November, 2018 Accepted: 20 November, 2019

Abstract

Background and Objectives

As the world's population grows, increasing demand for edible oils is inevitable. In addition to plant genetics, environmental variability plays a key role in plant yield. Drought is one of the most important environmental stresses that reduce the productivity of sunflower and other crops. Understanding the nature of phenotypic traits that improve performance under stress conditions and identifying the complex physiological and genetically mechanisms is fundamental to plant stress. Improving drought tolerance and increasing water productivity in plants is one of the most important goals of the breeders. Gaining knowledge of the amount of phenotypic and genetic parameters in the plant species for genetic and plant breeding studies is very important for the exact selection of the genotypes according to the objectives of the breeding programs. Understanding the nature of morphological, physiological, genetic and molecular mechanisms under the influence of drought tolerance can play an important role in the development of drought tolerant genotypes for cultivation in arid and semi-arid areas. The main aims of this study included investigation of genetic diversity of sunflower germplasm (to understand the relationships between morphological traits and their heritability) and accurate identification of the most important traits that affect the sunflower yield in each of the normal conditions and drought stress.

Materials and Methods

An experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications in normal and drought stress conditions in 2014 growing season on 12 sunflower genotypes in a research field of Islamic Azad University, Karaj Branch. Each block consisted of 12 plots and each plot contained five rows. Each row was 5 meters length with 60 cm spacing, and plant spacing on rows was 20 cm. The studied traits included grain yield, seed length, seed width, seed diameter, leaf length, leaf width, plant height and stem diameter.

Results

The results of combined analysis of variance confirmed the significant diversity among genotypes for most traits. Grain yield showed higher values for parameters of genetic efficiency,

www.SID.ir

Archive of SID

genotypic and phenotypic variation coefficients under drought stress and non-stress conditions compared to other traits. While the highest percentage of heritability in the normal condition belonged to grain yield, it belonged to plant height in the stress conditions. Plant height, leaf width, stem diameter and leaf length showed the highest change in terms of traits in stress conditions compared to normal conditions. Dendrograms derived from cluster analysis classified genotypes into three groups based on studied traits under both drought stress and non-stress conditions. According to the cluster analysis, under drought stress condition, the Sor and Progress genotypes were identified as tolerant genotypes and, in contrast, genotypes of Favorite, Record, SHF81-90, Master and Lakomka were recognized as sensitive genotypes.

Discussion

In the combined analysis of variance the significance of the environmental effect shows that drought stress has significantly affected all traits. Therefore, the applied stress reveals the differences between the cultivars and the evaluation of the cultivars in the stress environment can lead to the selection of suitable cultivars. The effect of genotype was not significant for some traits, which suggests that the selection of cultivars for these traits is complex because the differences between the cultivars are not clearly defined. Selection is more reliable for traits that are significant, such as grain yield. The interaction between genotype and environment also increases the complexity of selection, which was significant only for plant height in this study. The high coefficient of phenotypic variation for traits indicates that the expression of these traits is greatly affected by the environment. Also, the high coefficient of genotypic and phenotypic variation for some traits indicates the wide range of changes for these traits. In general, the correspondence of the phenotypic coefficient and the genotypic coefficient in some traits indicates that the environmental effects on trait expression are negligible. However, when the phenotypic variation coefficient is higher than the genotypic variation coefficient, it indicates a high environmental effect. The low difference between the phenotypic and genotypic coefficient of variation for some traits suggests that these traits are more controlled by genetic factors. Therefore, the selection of parents for these traits is appropriate for hybridization programs.

Keywords: Abiotic stress, Coefficients of genotypic and phenotypic variation, Genetic gain

www.SID.ir

Archive of SID

مطالعه تنوع فنوتیپی و ژنتیکی ژنوتیپ‌های آفتابگردان دانه روغنی (*Helianthus annus* L.) از نظر صفات اگرو-مورفولوژیکی تحت شرایط نرمال و تنش خشکی

علی صارمی‌راد[۲]* و خداداد مصطفوی[۲]

۱- ***نویسنده مسئول:** دانشجوی دکتری اصلاح نباتات، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی و باشگاه پژوهشگران و نخبگان جوان، کرج، ایران (Asaremirad@gmail.com)

۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۸/۲۹

چکیده

یکی از مهم‌ترین چالش‌هایی که در ردیف تنش‌های غیر زیستی قرار می‌گیرد و باعث ایجاد محدودیت در عملکرد گیاهان می‌شود، تنش خشکی است. شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی مهم‌ترین گام در طرح‌های به‌نژادی محسوب می‌گردد، بدین منظور آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط تنش و عدم تنش رطوبتی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج در سال زراعی ۱۳۹۴ روی ۱۲ ژنوتیپ آفتابگردان پایه‌ریزی و اجرا شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب وجود تنوع میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه را از لحاظ بیشتر صفات تأیید نمود. اثر محیط برای تمامی صفات و اثر متقابل ژنوتیپ با محیط نیز فقط برای ارتفاع بوته معنی‌دار بود. صفت عملکرد دانه از نظر پارامترهای بازده ژنتیکی، ضرایب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی در شرایط تنش و عدم تنش نسبت به سایر صفات مقادیر بیشتری را نشان داد. بالاترین وراثت‌پذیری در آزمایش نرمال متعلق به عملکرد دانه (۷۷/۵۵ درصد) و در آزمایش تنش متعلق به ارتفاع بوته (۶۲/۷۰ درصد) بود. بیشترین تغییر میزان صفت در شرایط تنش نسبت به شرایط نرمال به‌ترتیب مربوط به ارتفاع بوته (۲۷ درصد)، عرض برگ (۲۵/۵ درصد)، قطر ساقه (۲۵ درصد) و طول برگ (۲۲ درصد) بود. دندروگرام به‌دست‌آمده از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها را بر اساس صفات تحت بررسی در هر دو شرایط تنش و عدم تنش در سه گروه طبقه‌بندی نمود. با توجه به گروه‌بندی تجزیه خوشه‌ای در شرایط تنش خشکی ژنوتیپ‌های Sor و Progress به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل و در مقابل ژنوتیپ‌های Favorite، Record، SHF81-90، Master و Lakomka به‌عنوان ژنوتیپ‌های حساس شناخته شدند. بر اساس نتایج حاصل و با توجه به وجود تنوع کافی در بین ژنوتیپ‌ها به نظر می‌رسد امکان شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی وجود دارد.

کلیدواژه‌ها: پیشرفت ژنتیکی، تنش غیرزیستی، ضرایب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی

مقدمه

طبق بررسی‌های انجام‌شده توسط سازمان ملل متحد (United Nations, 2019)، پیش‌بینی می‌شود، جمعیت جهان از ۷/۷ میلیارد نفر در سال ۲۰۱۹ به ۸/۵ میلیارد نفر در سال ۲۰۳۰، ۹/۷ میلیارد نفر در سال ۲۰۵۰ و در سال ۲۱۰۰ میلادی به ۱۰/۹ میلیارد نفر افزایش یابد. طبیعتاً با رشد جمعیت تقاضای غذا نیز به میزان قابل ملاحظه‌ای افزایش خواهد یافت. علاوه بر مواد غذایی مصرف آب نیز بیشتر خواهد شد. نزدیک به ۴۰ درصد از زمین‌های جهان تحت شرایط خشک و نیمه‌خشک اقلیمی قرار گرفته‌اند (Elias et al., 2001). به‌کارگیری مناسب آب و بهینه‌سازی بهره‌وری آن (WP) در چنین

www.SID.ir

Archive of SID

شرایطی یک امر ضروری و حیاتی است. کمبود آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید محصولات کشاورزی می‌باشد. کشاورزی آبی اصلی‌ترین مصرف‌کننده آب شیرین محسوب می‌شود و بیش از ۴۵ درصد مواد غذایی جهان با این روش کشاورزی تولید می‌گردد (Beyazgul et al., 2000). بنا به آنچه گفته شد، برنامه‌های به‌نژادی باید به‌گونه‌ای طراحی شود که در آینده با حداقل مصرف آب حداکثر تولید محصول حاصل شود.

آفتابگردان یکی از مهم‌ترین منابع تولید روغن خوراکی پس از سویا، کلزا و بادام‌زمینی به شمار می‌رود. تولید سالیانه دانه آفتابگردان در حدود ۳۳/۳ میلیون تن است که تقریباً به‌طور انحصاری جهت استخراج روغن مورد استفاده قرار می‌گیرد. این میزان نزدیک به ۸/۵ درصد تولید جهانی محصولات کشاورزی را به خود اختصاص داده است (FAO, 2015). محتوای روغن در دانه آفتابگردان بین ۳۵ تا ۵۰ درصد است و ۹۰ درصد اسیدهای چرب آن به‌صورت غیراشباع است که آن را در زمره روغن‌های سالم جهت مصرف قرار می‌دهد (Shayesteh et al., 2013).

تنش خشکی تولید دانه آفتابگردان و پایداری در عملکرد آن را به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک محدود می‌کند. در نتیجه‌ی تنش خشکی در آفتابگردان کاهش در ارتفاع گیاه، طول ریشه، ماده خشک و تعداد دانه در گیاه گزارش شده است (Nezami et al., 2008). مرحله گل‌دهی و پس از آن مرحله شکل‌گیری دانه نسبت به کمبود آب بیش‌ترین حساسیت را دارند. کمبود طولانی مدت آب در این مراحل حساس رشدی آفتابگردان، عملکرد دانه و محتوای روغن را به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد (Beyazgul et al., 2000). بروز تنش آبی در زمان گرده‌افشانی و رسیدن فیزیولوژیک بر روی زیست‌توده تأثیر چندانی ندارد اما عملکرد و شاخص برداشت را متأثر می‌سازد (Chimenti et al., 2002). Ghani et al. (2000) اظهار نمودند که با افزایش تعداد دفعات آبیاری، تعداد دانه‌های پرشده به‌صورت خطی افزایش می‌یابد. Yousefi et al. (2016) گزارش کردند که با کاهش محتوای نسبی آب برگ عملکرد دانه کاهش می‌یابد، زیرا در ابتدا رشد سلول‌ها با پتانسیل آب در ارتباط است، به نظر می‌رسد کاهش پتانسیل تورگور و کاهش محتوای نسبی آب سلول‌ها بر تقسیم سلولی و طویل شدن سلول در گیاهان مؤثر بوده و موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود.

مهم‌ترین هدف پیش‌روی اصلاح‌کنندگان، افزایش در عملکرد گیاهان است (Ehdaie and Waines, 1989). عملکرد دانه یک صفت کمّی می‌باشد و به‌وسیله تعداد زیادی ژن کنترل می‌شود، بنابراین، گزینش بر اساس عملکرد دانه چندان مؤثر نخواهد بود (Allard, 1960). این صفت دارای وراثت‌پذیری پایینی است به‌طوری‌که تاکنون ژنی که به‌صورت مستقیم بر روی عملکرد مؤثر باشد یافت نشده است. لذا تفکیک تغییرات صفات به دو جزء ژنتیکی و محیطی با استفاده از برآورد واریانس ژنتیکی، واریانس محیطی، وراثت‌پذیری و بازده ژنتیکی کمک شایانی به به‌نژادگران گیاهی می‌کند (Singh and Chaudhary, 1985). بهبود عملکرد با استفاده از گزینش یک یا چند صفت که بر روی آن مؤثر است انجام می‌گردد، در نتیجه همبستگی بین اجزا عملکرد ساده نبوده و حاصل برهم‌کنش تعدادی صفت می‌باشد (Marinkovic, 1992). برآورد تنوع ژنتیکی در گیاهان، نقش بسزایی در پیشبرد برنامه‌های اصلاحی و حفاظت از منابع ژنتیکی ایفا می‌کند. افزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات زراعی و استفاده بهینه از ذخایر ژنی مستلزم جمع‌آوری، نگهداری، توصیف و ارزیابی مواد ژنتیکی است (Pearce et al., 2000).

با توجه به افزایش جمعیت جهان، افزایش تقاضا برای روغن‌های خوراکی یک امر اجتناب‌ناپذیر است. علاوه بر ژنتیک گیاه، تغییرات محیطی نیز نقش کلیدی در عملکرد گیاهان ایفا می‌کند. خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که بهره‌وری محصول آفتابگردان و دیگر گیاهان زراعی را با کاهش مواجه می‌سازد. شناخت ماهیت

www.SID.ir

Archive of SID

صفات فنوتیپی که موجب بهبود عملکرد در شرایط تنش می‌شود و درک سازوکارهای فیزیولوژیکی و ژنتیکی پیچیده اصل اساسی در سازگاری گیاهان به تنش است. به‌کارگیری ژن‌ها برای افزایش تحمل به خشکی و ایجاد ثبات در عملکرد یک راهکار مناسب و مهم تلقی می‌شود که ثبات در تولید محصول جهانی را به همراه خواهد داشت. بهبود تحمل به تنش خشکی و افزایش بهره‌وری آب (WUE) در این گیاه از مهم‌ترین اهداف به‌نژادگران است. آگاهی از میزان پارامترهای فنوتیپی و ژنتیکی موجود در گونه گیاهی جهت مطالعات ژنتیکی و به‌نژادی گیاهی، برای انتخاب دقیق ژنوتیپ‌های موردنظر بر اساس اهداف برنامه‌های اصلاحی، ضرورت فراوانی دارد. درک ماهیت سازوکارهای مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، ژنتیکی و مولکولی تحت تأثیر تحمل به تنش خشکی می‌تواند نقش کلیدی در توسعه ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی جهت کشت در مناطق مستعد خشکی که امکان کشت وجود دارد، ایفا نماید. بنا به آنچه گفته شد، استفاده از تنوع ژنتیکی ژرم‌پلاسم آفتابگردان به منظور شناخت روابط صفات مورفولوژیکی و درک وراثت‌پذیری آن‌ها و نیز شناسایی دقیق مهم‌ترین صفاتی که عملکرد آفتابگردان را در هر یک از شرایط نرمال و تنش خشکی تحت تأثیر قرار می‌دهند، از اهداف اصلی این مطالعه بود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی مورد بررسی در این پژوهش شامل ۱۲ ژنوتیپ روغنی آفتابگردان (جدول ۱) بود که از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، در سال زراعی ۱۳۹۴ مورد کشت و ارزیابی قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های مورد نظر در اواسط اردیبهشت‌ماه کاشت و در اواخر شهریور برداشت شدند. این مزرعه در طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۳ دقیقه شمالی و در ارتفاع ۱۳۱۰ متر از سطح دریا قرار گرفته است.

هر بلوک شامل ۱۲ کرت و هر کرت آزمایشی شامل پنج ردیف کشت به طول ۵ متر، فاصله خطوط ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی هر خط ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. عملیات آماده‌سازی زمین کشت شامل شخم، دیسک و ایجاد ردیف کاشت (فارو کشی) بود. مقدار ۱۰۰ کیلوگرم کود فسفات آمونیم قبل از کاشت و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه در دو مرحله (زمان کاشت و مرحله ۴ برگی) به زمین داده شد. میزان بذر مورد استفاده ۶ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد. در طول فصل رشد وجین و مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت دستی اعمال گردید. آبیاری تا مرحله گل‌دهی مطابق نیاز گیاه انجام شد و پس از مرحله گل‌دهی آبیاری در آزمایش نرمال بر اساس ۶۰ میلی‌متر تبخیر و در آزمایش تنش خشکی بر اساس ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A انجام شد (Akbari et al., 2008; Rahimi et al., 2013; Hatami Maleki et al., 2016). به منظور حذف اثرات حاشیه‌ای، یادداشت‌برداری با حذف یک خط از ابتدا، یک خط از انتها و یک متر از ابتدا و انتهای هر خط صورت پذیرفت. جهت اندازه‌گیری عملکرد دانه، پس از حذف حاشیه تمامی کرت برداشت و میزان عملکرد ارزیابی شد. جهت ارزیابی صفات طول بذر، عرض بذر، قطر بذر، طول برگ، عرض برگ، ارتفاع بوته و قطر ساقه ۱۰ نمونه ارزیابی و از مقادیر حاصل میانگین گرفته شد.

Table 1. Names and origin of the studied sunflower genotypes

Genotype no.	Genotype	Origin	Genotype no.	Genotype	Origin
G1	Zargol	Iran	G7	Lakomka	Russia
G2	Armaverski	Russia	G8	Record	Romania
G3	Azargol	Iran	G9	Zaria	Iran
G4	Favorit	Russia	G10	Sor	Russia
G5	Master	Russia	G11	Progress	Russia
G6	SHF81-90	Russia	G12	Gabur	Russia

www.SID.ir

Archive of SID

پیش از انجام تجزیه واریانس مفروضات تجزیه واریانس مورد بررسی قرار گرفت و نتایج حاصل، فرضیات را تأیید کرد. به منظور محاسبه پارامترهای ژنتیکی در هر یک از شرایط عدم تنش و تنش خشکی تجزیه واریانس برای تمامی صفات مورد مطالعه انجام شد. واریانس‌های ژنتیکی، محیطی و فنوتیپی بر اساس روش Comstock and Robinson (1952) به‌ترتیب با استفاده از روابط زیر محاسبه شد.

$$\sigma_g^2 = \frac{MS_g - MS_e}{r}$$

$$\sigma_e^2 = MS_e$$

$$\sigma_p^2 = \sigma_g^2 + MS_e$$

در این روابط MSg میانگین مربعات ژنوتیپ، MSe میانگین مربعات خطا و r تعداد بلوک‌های آزمایشی است. وراثت‌پذیری بر اساس روش فالکونر (Falconer, 1989) از طریق رابطه

$$h^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_p^2}$$

برآورد گردید که در آن σ_g^2 واریانس ژنتیکی و σ_p^2 واریانس فنوتیپی به‌دست‌آمده از جدول تجزیه واریانس بر طبق روش Comstock and Robinson (1952) است. جهت برآورد ضریب تغییرات ژنتیکی و فنوتیپی از روش Singh and Chaudhary (1985) با استفاده از روابط یزر استفاده شد که در آن $\overline{x}$ میانگین صفت می‌باشد.

$$GCV\ (\%) = \frac{\sqrt{\sigma_g^2}}{\overline{x}} \times 100$$

$$PCV\ (\%) = \frac{\sqrt{\sigma_p^2}}{\overline{x}} \times 100$$

جهت برآورد پیشرفت ژنتیکی از رابطه

$$GA = k \times \sigma_p \times h^2$$

استفاده شد که در آن k شدت گزینش ۱۰ درصد برابر ۱/۷۵۵، σ_p انحراف معیار فنوتیپی و h^2 وراثت‌پذیری عمومی می‌باشد (Allard, 1960; Singh and Chaudhary, 1985).

درصد تغییرات مربوط به هر صفت در آزمایش تنش خشکی در مقایسه با آزمایش نرمال با استفاده از رابطه

$$Trait\ change\ percent = (\frac{\overline{X}_p - \overline{X}_s}{\overline{X}_p}) \times 100$$

به‌دست‌آمد. در این رابطه $\overline{X}_p$ میانگین صفت در آزمایش نرمال و $\overline{X}_s$ میانگین صفت در آزمایش تنش می‌باشد.

گروه‌بندی ژنوتیپ‌های آفتابگردان در هر یک از شرایط عدم تنش و تنش خشکی بر اساس روش Ward و با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. تعیین تعداد کلاستر (نقطه برش) نیز بر اساس تابع تشخیص تعیین شد.

تجزیه واریانس ساده و مرکب داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ و محاسبه پارامترهای ژنتیکی، میانگین خوشه‌ها و درصد انحراف از میانگین گروه‌ها در روش تجزیه خوشه‌ای در هر دو شرایط تنش و عدم تنش و درصد تغییر در میزان صفات در شرایط خشکی نسبت به شرایط نرمال با استفاده از پردازشگر Excel انجام شد.

نتایج و بحث

جهت بررسی تجانس واریانس خطاهای آزمایشی، آزمون بارتلت به‌کار برده شد و نتایج حاصل از آن یکنواختی خطاهای آزمایشی را در دو شرایط عدم تنش و تنش رطوبتی تأیید کرد. لذا تجزیه واریانس مرکب انجام و نتایج آن در جدول (۲) آورده شد. طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب، در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر تمام صفات مورد بررسی به‌جز قطر ساقه و عرض برگ تنوع قابل ملاحظه‌ای مشاهده شد. اثر محیط برای عملکرد دانه، ارتفاع بوته، قطر ساقه، طول برگ، عرض برگ، طول بذر و قطر بذر در سطح احتمال یک درصد و برای عرض بذر و وزن صد دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد که نشان‌دهنده اعمال صحیح و مؤثر تنش خشکی می‌باشد. برهمکنش ژنوتیپ با محیط تنها برای ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. این موضوع نشان می‌دهد که بسته به شرایط مختلف محیطی واکنش ژنوتیپ‌ها از لحاظ ارتفاع تغییر می‌کند.

کاهش ۳/۹۲ تا ۲۷/۰۷ درصدی در میانگین تمامی صفات در شرایط تنش خشکی در مقایسه با شرایط نرمال

www.SID.ir

Archive of SID

رؤیت شد. بیشترین کاهش در ارتفاع بوته، قطر ساقه، عرض برگ، طول برگ و عملکرد دانه و کم‌ترین کاهش در طول و عرض بذر اتفاق افتاد (شکل ۱). کاهش در نتیجه تنش خشکی در صفات مختلف به‌خصوص در عملکرد دانه در مطالعات گوناگون گزارش شده است (Sanchez-Bianco et al., 2004; Earl and Davis, 2003; Nabipour et al., 2000; Reddy et al., 2003). مهم‌ترین دلیل افت عملکرد ناشی از تنش خشکی افزایش عقیمی دانه‌های گرده و کاهش اندام فتوسنتزی در نتیجه ریزش برگ‌ها می‌باشد (Rauf and Sadaqat, 2007). مواد موردنیاز جهت تغذیه گیاه به‌صورت محلول در آب در دسترس گیاهان قرار می‌گیرد، در هنگام بروز تنش خشکی آب موردنیاز جهت در دسترس قرار دادن مواد غذایی محدود می‌شود، در نتیجه گیاه ملزم به کاهش مرحله رشد رویشی و آغاز زودهنگام مرحله رشد زایشی می‌گردد که این موضوع کاهش در ارتفاع گیاه را در پی دارد (Mohammadi et al., 2006). البته باید توجه داشت که این کمبود مواد غذایی موردنیاز، تنها ارتفاع گیاه را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد و بر بسیاری دیگر از جنبه‌های فیزیولوژیک، مورفولوژیک و فنولوژیک گیاه مؤثر است که درنهایت به افت عملکرد منتهی می‌شود.

تجزیه واریانس ساده صفات برای هر یک از شرایط عدم تنش و تنش خشکی به‌منظور برآورد پارامترهای ژنتیکی انجام شد و نتایج آن به‌ترتیب در جدول‌های (۳ و ۴) ارائه شد. از نظر صفات عملکرد دانه، ارتفاع گیاه، طول برگ و عرض برگ بین ژنوتیپ‌ها در آزمایش نرمال تفاوت معنی‌داری در سطوح یک و پنج درصد مشاهده شد. در آزمایش تنش اثر ژنوتیپ برای تعداد بیشتری از صفات (عملکرد دانه، ارتفاع بوته، طول برگ، عرض بذر، قطر بذر و وزن صد دانه) معنی‌دار بود. این افزایش تفاوت در شرایط تنش میان ژنوتیپ‌ها حاکی از تنوع در بین ژنوتیپ‌های تحت مطالعه از نظر تنش خشکی می‌باشد.

پارامترهای ژنتیکی از قبیل اجزای واریانس و ضرایب تغییرات ژنتیکی و فنوتیپی، وراثت‌پذیری و بازده ژنتیکی برای صفات مورد بررسی در آزمایش آبیاری نرمال و تنش خشکی بر اساس اجزای واریانس محاسبه و در جدول‌های (۵ و ۶) آورده شد. بر اساس نتایج حاصل، واریانس ژنتیکی و فنوتیپی قابل توجهی برای صفات در میان ژنوتیپ‌ها در هر دو آزمایش مشاهده شد. به‌جز صفات مربوط به مشخصات بذر (قطر، عرض و طول بذر) مابقی صفات از واریانس ژنتیکی و فنوتیپی بالایی در هر یک از آزمایش‌ها برخوردار بودند. بالاترین ضرایب تغییرات ژنتیکی و فنوتیپی در شرایط آبیاری مطلوب و تنش رطوبتی به عملکرد دانه اختصاص یافت. مقادیر ضریب تغییرات ژنتیکی و ضریب تغییرات فنوتیپی برای این صفت (عملکرد دانه) در هر دو شرایط نرمال و تنش تقریباً به یکدیگر نزدیک بود. این موضوع بیانگر تأثیر بالای ژن‌ها در ایجاد تنوع میان ژنوتیپ‌ها است. در مورد سایر صفات نیز این موضوع تا حدودی صدق می‌کند. هر یک از ضرایب تنوع فنوتیپی، ژنتیکی و محیطی اطلاعات سودمندی در رابطه با ژنتیکی یا محیطی بودن تنوع مشاهده‌شده در صفات را در اختیار قرار می‌دهد. همان‌طور که در نتایج (جدل‌ها ۵ و ۶) مشهود است در تمام صفات مورد مطالعه ضریب تغییرات فنوتیپی بیشتر از ضریب تغییرات ژنتیکی می‌باشد. این امر ناشی از تأثیر عوامل محیطی بر این صفات است. با توجه به این‌که واریانس فنوتیپی از مجموع واریانس محیطی و ژنتیکی حاصل شده است لذا اگر واریانس ژنتیکی ثابت فرض شود آنچه باعث می‌گردد یک صفت در تنوع فنوتیپی و ژنتیکی متفاوت باشد واریانس محیطی خواهد بود؛ به بیان بهتر درصورتی‌که صفتی تنوع فنوتیپی بالا و تنوع ژنتیکی پایین داشته باشد این امر نشان‌دهنده اثر محیط است. هر اندازه که نسبت تنوع ژنتیکی به محیطی بیشتر باشد کارایی گزینش افزایش خواهد یافت و شناسایی و انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب از نامطلوب به شکل صحیح‌تری انجام خواهد شد.

www.SID.ir

Table 2. Mean square in combined analysis of variance for different traits of sunflower genotypes

S.O.V.	df	Seed yield	Plant height	Stem diameter	Leaf length	Leaf width	Seed length	Seed width	Seed diameter	100 Seed weight
Environment	1	8603090.27**	34499.51**	326.95**	240.31**	317.18**	3.65**	0.95*	0.70**	2.63*
First error	4	718337.04	59.55	13.61	10.32	15.12	0.44	0.37	0.21	1.67
Genotype	11	3888080.31**	1076.58**	9.27^{ns}	9.84**	8.66^{ns}	0.73*	0.81**	0.25**	2.11**
Genotype × Environment	11	101655.74^{ns}	645.13**	6.72^{ns}	4.83^{ns}	8.19^{ns}	0.20^{ns}	0.16^{ns}	0.10^{ns}	0.31^{ns}
Second error	44	334146.27	199.99	5.27	3.12	4.51	0.33	0.21	0.06	0.54
Coefficient of variation (%)	-	14.42	10.11	15.75	11.73	14.82	5.13	8.35	7.79	14.04

*, ** and ns: Significant at 5 percent, 1 percent and non-significant.

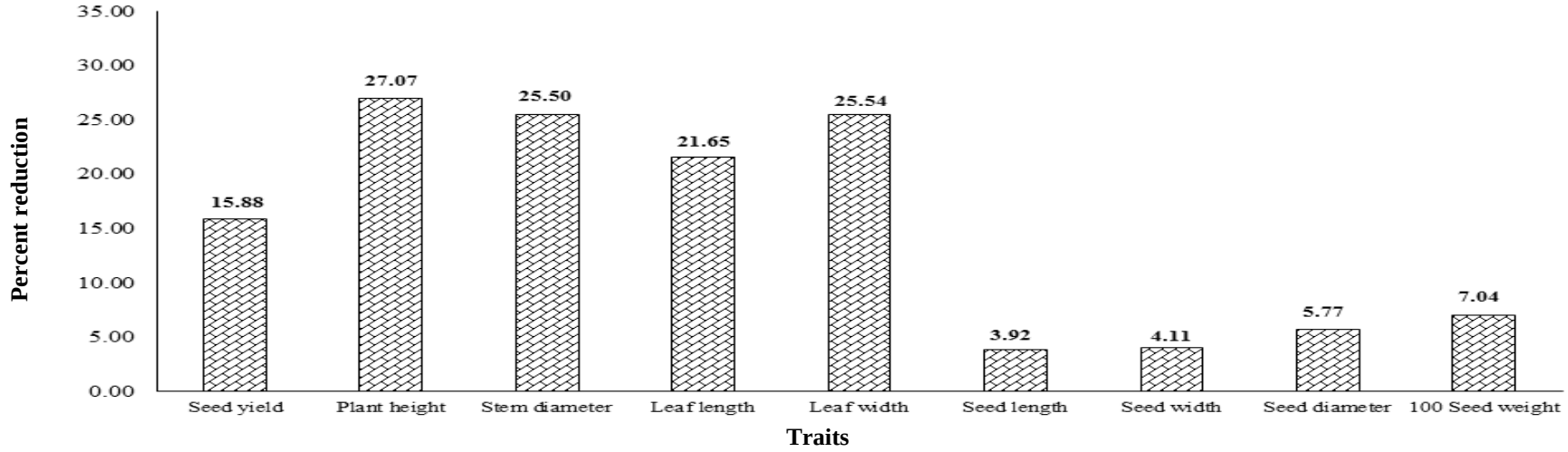

Figure 1. Percent of reduction in traits amount in drought stress conditions compared to normal conditions in sunflower genotypes.

Table 3. Analysis of variance results for sunflower agronomic traits under normal condition

S.O.V.	df	Seed yield	Plant height	Stem diameter	Leaf length	Leaf width	Seed length	Seed width	Seed diameter	100 Seed weight
Block	2	40724.00^{ns}	42.48^{ns}	20.72^{ns}	1.14^{ns}	1.28^{ns}	0.22^{ns}	0.03^{ns}	0.10^{ns}	0.55^{ns}
Genotype	11	1859600.68**	846.45**	9.08^{ns}	5.62*	7.98*	0.25^{ns}	0.20^{ns}	0.12^{ns}	0.92^{ns}
Error	22	163624.88	255.18	6.60	2.45	3.33	0.27	0.14	0.06	0.59
Coefficient of variation (%)	-	9.29	9.87	15.37	9.28	11.10	4.56	5.50	7.43	14.16

*, ** and ns: Significant at 5 percent, 1 percent and non-significant.

www.SID.ir

Table 4. Analysis of variance results for sunflower agronomic traits under drought stress condition

S.O.V.	df	Seed yield	Plant height	Stem diameter	Leaf length	Leaf width	Seed length	Seed width	Seed diameter	100 Seed weight
Block	2	1395950.09^{ns}	76.62^{ns}	6.50^{ns}	19.51*	28.95*	0.67^{ns}	0.72^{ns}	0.33*	2.79*
Genotype	11	2130135.08**	875.26**	6.91^{ns}	9.05*	8.87^{ns}	0.69^{ns}	0.77*	0.23**	1.50*
Error	22	504667.65	144.81	3.95	3.78	5.70	0.39	0.27	0.06	0.49
Coefficient of variation (%)	-	19.40	10.20	15.97	14.71	19.51	5.67	9.79	8.17	13.88

*, ** and ns: Significant at 5 percent, 1 percent and non-significant.

Table 5. Heritability and variance components of traits in sunflower genotypes under normal condition

Genetic parameters	Seed yield	Plant height	Stem diameter	Leaf length	Leaf width	Seed length	Seed width	Seed diameter	100 Seed weight
Genetic variance	565325.26	197.09	0.82	1.05	1.55	-0.007	0.02	0.02	0.11
Coefficient of genetic variation (%)	17.27	8.67	5.43	6.09	7.57	-	2.52	4.12	6.09
Phenotypic variance	728950.14	452.27	7.42	3.50	4.88	0.26	0.16	0.08	0.70
Coefficient of phenotypic variation (%)	19.61	13.14	16.30	11.09	13.43	4.46	7.13	8.24	15.38
Environmental variance	163624.88	255.18	6.60	2.45	3.33	0.27	0.14	0.06	0.59
Heritability percentage	77.55	43.57	11.13	30.13	31.76	-	12.50	25.00	15.71
Genetic efficiency (%)	26.70	10.05	3.18	5.87	7.49	-	1.56	3.62	4.24

Table 6. Heritability and variance components of traits in sunflower genotypes under stress condition

Genetic parameters	Seed yield	Plant height	Stem diameter	Leaf length	Leaf width	Seed length	Seed width	Seed diameter	100 Seed weight
Genetic variance	541822.47	243.48	0.98	1.75	1.05	0.10	0.16	0.05	0.33
Coefficient of genetic variation (%)	20.10	13.22	7.97	10.02	8.39	2.86	7.59	7.36	11.47
Phenotypic variance	1046490.12	388.29	4.93	5.53	6.75	0.49	0.43	0.11	0.82
Coefficient of phenotypic variation (%)	27.94	16.70	17.84	17.79	21.23	6.34	12.29	10.57	17.98
Environmental variance	504667.65	144.81	3.95	3.78	5.70	0.39	0.27	0.06	0.49
Heritability percentage	51.77	62.70	19.98	31.72	15.63	20.40	38.16	48.57	40.72
Genetic efficiency (%)	25.32	18.33	6.24	9.88	5.81	2.27	8.21	8.98	12.82

www.SID.ir

Archive of SID

همان‌طور که بیان شد مقادیر ضریب تغییرات ژنتیکی میزان تنوع میان ژنوتیپ‌ها را به نمایش می‌گذارد و قادر به مشخص نمودن میزان به ارث رسیدن این تنوع نیست. این شاخص به همراه وراثت‌پذیری، تخمین مناسبی از پیشرفت ژنتیکی در گزینش فنوتیپی را فراهم می‌آورد (Burton and DeVane, 1953). به‌کارگیری هم‌زمان دو پارامتر بسیار مهم توارث‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی نقش حائز اهمیتی در توسعه ارقام و ژنوتیپ‌ها ایفا می‌نماید. میزان بالای پیشرفت ژنتیکی نشان‌دهنده عمل افزایشی ژن و پایین بودن آن بیانگر عمل غیر افزایشی ژن است. زمانی که توارث‌پذیری بالا برای یک صفت برآورد شود الزاماً مؤید بازده ژنتیکی زیاد نخواهد بود. اگر وراثت‌پذیری و بازده ژنتیکی بالا با یکدیگر همراه شوند مبین اثرات افزایشی ژن‌ها خواهد بود؛ اما اگر وراثت‌پذیری بالا با بازده ژنتیکی پایین همراه شود نشان‌دهنده اثرات غالبیت خواهد بود (Johnson et al., 1955).

توارث‌پذیری و بازده ژنتیکی صفات در آزمایش آبیاری نرمال به‌ترتیب بین ۱۱/۱۳ تا ۷۷/۵۵ درصد و ۳/۱۸ تا ۲۶/۷۰ درصد و در آزمایش تنش خشکی بین ۱۵/۶۳ تا ۶۲/۷۰ درصد و ۲/۲۷ تا ۲۵/۳۲ درصد متغیر بود. اگر وراثت‌پذیری صفتی کمتر از ۰/۲ باشد نشان‌دهنده توارث پایین، اگر بین ۰/۲ تا ۰/۵ باشد دارای توارث متوسط و اگر بیش از ۰/۵ باشد از توارث‌پذیری بالایی برخوردار است (Stansfield, 1991). وراثت‌پذیری بالا همراه با بازده ژنتیکی مطلوب در شرایط نرمال برای صفت عملکرد دانه و در شرایط تنش خشکی برای صفات ارتفاع بوته و عملکرد دانه مشاهده گردید (جدول‌های ۵ و ۶). برای صفات قطر ساقه و عرض بذر در شرایط نرمال و برای صفات عرض برگ و طول بذر وراثت‌پذیری پایین یا متوسط با بازده ژنتیکی پایین به‌دست‌آمد. دلیل تغییر در مقادیر توارث صفات تحت دو شرایط تنش و عدم تنش، از تأثیرگذاری متفاوت محیط ناشی می‌شود. Gholinezhad and Darvishzadeh (2018) بیان نمودند که در شرایط آبیاری مطلوب، متوسط وراثت‌پذیری عمومی از حداقل ۰/۵۲ درصد برای تعداد دانه در طبق تا حداکثر ۸۰/۶۱ درصد برای صفت ارتفاع گیاه متغیر است اما در شرایط تنش خشکی ملایم کم‌ترین وراثت‌پذیری (۲۶/۴۵ درصد) مربوط به صفت شاخص کلروفیل و بیش‌ترین میزان آن (۷۴/۲۱ درصد) در صفت قطر طبق قابل مشاهده است؛ در شرایط تنش خشکی شدید بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار وراثت‌پذیری به‌ترتیب مربوط به صفات قطر ساقه (۸۳/۶۴ درصد) و تعداد دانه در طبق (۰/۰ درصد) بود.

نمودار درختی به‌دست‌آمده از تجزیه خوشه‌ای به روش Ward برای آزمایش نرمال در شکل (۲) نشان داده شده است. بر اساس نتایج تابع تشخیص و ضرایب کوفنتیک خط برش در ناحیه ضریب ۵ قرار گرفت و ژنوتیپ‌ها در سه گروه طبقه‌بندی شدند. میانگین گروه‌ها و درصد انحراف از میانگین کل برای هر یک از صفات تحت مطالعه در شرایط تنش در جدول (۷) ارائه شده است. درصورتی‌که میانگین صفتی در یک گروه بیشتر از میانگین کل باشد، درصد انحراف از میانگین کل مثبت خواهد شد. مثبت شدن درصد انحراف از میانگین کل مبین ارزش بالای آن گروه نسبت به میانگین ژنوتیپ‌ها است. ژنوتیپ‌های Record، Zaria، Favorit، Gabur و Armaverski در گروه اول قرار گرفتند و از لحاظ اکثر صفات از قبیل طول برگ، عرض برگ، طول بذر، عرض بذر، قطر بذر و وزن صد دانه نسبت به میانگین، هر یک از میانگین بالاتری برخوردار بودند و درصد انحراف از میانگین مثبت داشتند. گروه دوم متشکل از ژنوتیپ‌های Sor، Progress، Zargol و Azargol بود. به‌جز صفات طول بذر، عرض بذر، قطر بذر و وزن صد دانه سایر صفات مورد بررسی میانگین بالاتری نسبت به میانگین کل داشتند و از درصد انحراف از میانگین کل مثبت برخوردار بودند. ژنوتیپ‌های Master، SHF81-90 و Lakomka در گروه سوم قرار گرفتند و چون از لحاظ همه صفات به جزء ارتفاع بوته از میانگین پایین‌تر و درصد انحراف از میانگین کل منفی برخوردار بودند

www.SID.ir

Archive of SID

به‌عنوان ژنوتیپ‌های ضعیف شناخته شدند. نمودار دندروگرام حاصل از روش Ward برای آزمایش تنش خشکی بر اساس صفات مورد بررسی در شکل (۳) قابل رؤیت است. طبق نمودار تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های تحت مطالعه همانند آزمایش نرمال در سه گروه قرار گرفتند. توزیع ژنوتیپ‌ها در گروه‌ها با توجه به شرایط (نرمال و تنش) متفاوت بود. میانگین گروه‌ها و درصد انحراف از میانگین کل در هر گروه برای هر یک از صفات در جدول (۸) ارائه گردید. گروه اول شامل ژنوتیپ‌های Zaria، Gabur، Armaverski، Azargol و Zargol بود. به جزء صفت طول بذر سایر صفات از درصد انحراف از میانگین کل مثبت برخوردار بودند. گروه دوم با ۵ عضو متشکل از ژنوتیپ‌های Favorit، Record، SHF81-90، Master و Lakomka بود. این گروه برای تمامی صفات به‌جز عرض بذر دارای میانگین گروه کمتر از میانگین کل بود و به همین دلیل درصد انحراف از میانگین کل منفی شد. در این گروه ژنوتیپ‌ها از لحاظ صفات مورد مطالعه تظاهر مطلوبی نداشتند. ژنوتیپ‌های Sor و Progress در خوشه سوم قرار گرفتند و غیر از عرض بذر و وزن صد دانه مابقی صفات از ارزش حداکثری برخوردار بودند و به دلیل می‌توان آن‌ها را به‌عنوان ارقام متحمل معرفی نمود.

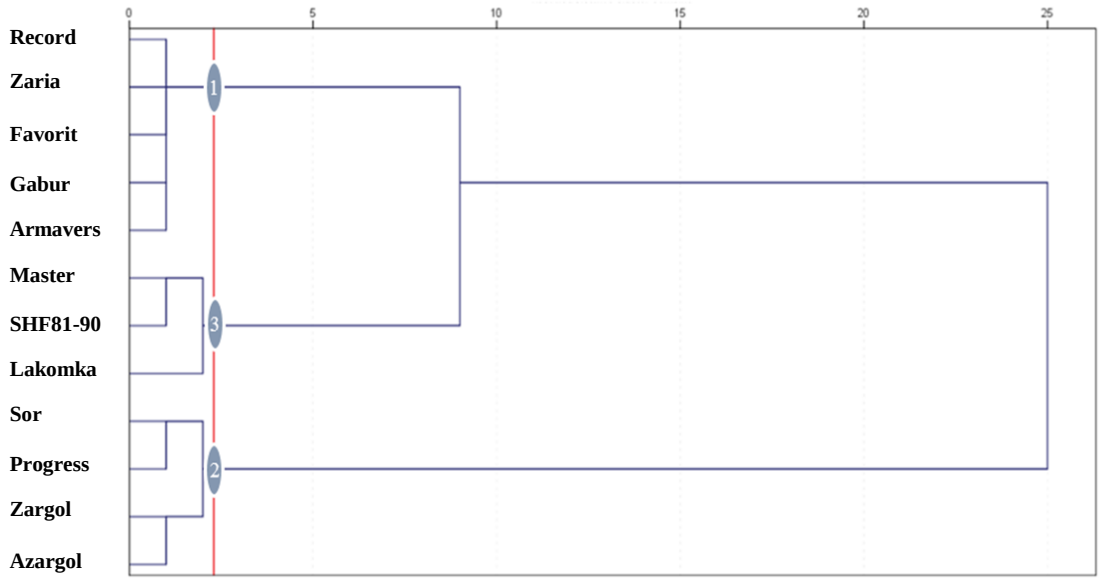

Figure 2. Dendrogram in cluster analysis of sunflower genotypes based on studied traits using Ward method under normal condition

Table 7. Clusters mean and percent deviation from total mean in studied traits for sunflower genotypes under normal condition

Group	Seed yield	Plant height	Stem diameter	Leaf length	Leaf width	Seed length	Seed width	Seed diameter	100 Seed weight
First group mean	4266.50	154.22	16.46	17.45	16.97	11.57	5.68	3.54	5.86
Percentage deviation from total mean	-0.82	-1.94	-0.64	1.41	1.34	0.30	0.56	1.39	3.20
Second group mean	5221.05	170.72	17.18	16.95	16.64	11.44	5.58	3.37	5.33
Percentage deviation from total mean	6.65	1.85	0.92	0.13	0.40	-0.14	-0.16	-0.61	-0.68
Third group mean	3336.71	162.38	16.53	15.84	15.29	11.41	5.52	3.32	4.89
Percentage deviation from total mean	-5.83	0.10	-0.27	-1.53	-1.75	-0.16	-0.40	-0.77	-2.52
Total mean	4352.24	161.76	16.72	16.88	16.44	11.49	5.61	3.43	5.44

www.SID.ir

Archive of SID

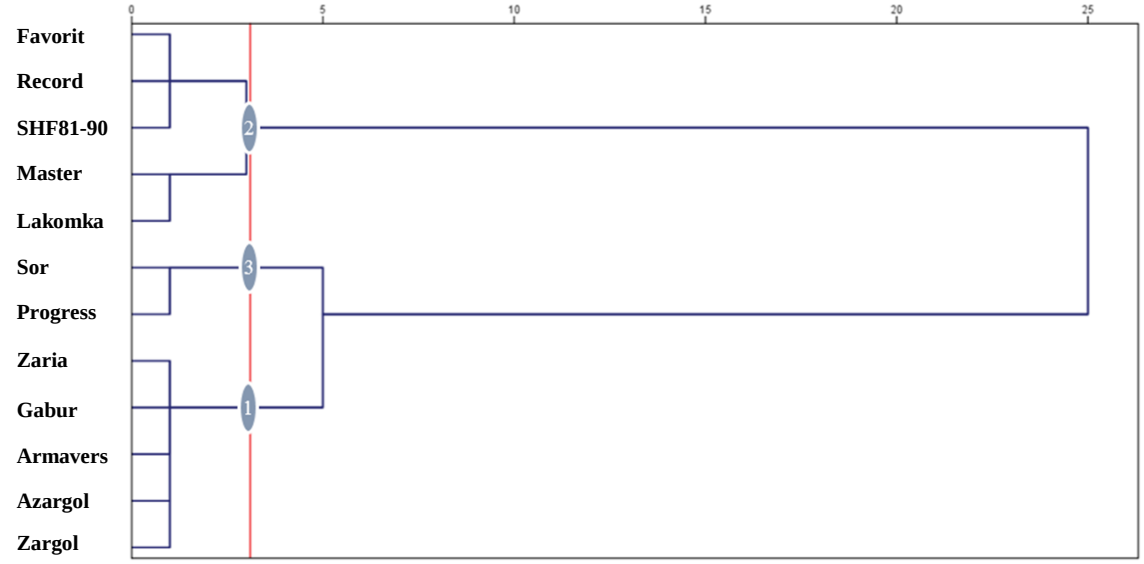

Figure 3. Dendrogram in cluster analysis of sunflower genotypes based on studied traits using Ward method under drought stress condition

Table 8. Clusters mean and percent deviation from total mean in studied traits for sunflower genotypes under drought stress condition

Group	Seed yield	Plant height	Stem diameter	Leaf length	Leaf width	Seed length	Seed width	Seed diameter	100 seed weight
First group mean	3996.25	120.08	12.88	14.00	12.70	11.03	5.67	3.37	5.50
Percentage deviation from total mean	3.82	0.74	1.41	2.45	1.56	-0.02	2.27	1.77	3.63
Second group mean	2839.19	107.40	11.79	11.94	11.34	10.96	5.47	3.05	4.67
Percentage deviation from total mean	-9.35	-3.74	-2.22	-4.07	-3.07	-0.30	0.72	-2.38	-3.21
Third group mean	4876.79	139.16	13.06	14.51	13.35	11.25	4.41	3.35	4.93
Percentage deviation from total mean	5.54	2.99	0.81	1.62	1.50	0.32	-2.99	0.61	-0.42
Total mean	3660.90	117.98	12.45	13.23	12.24	11.04	5.38	3.23	5.06

نتیجه‌گیری

تنوع قابل ملاحظه‌ای بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از لحاظ بیشتر صفات وجود داشت. اثر محیط برای تمامی صفات معنی‌دار بود که نشان می‌دهد ارقام مورد بررسی واکنش مختلفی در دو محیط داشته‌اند. اثر متقابل ژنوتیپ با محیط فقط برای ارتفاع بوته معنی‌دار بود این موضع نشان می‌دهد که ارقام مورد ارزیابی از نظر این صفت در دو محیط واکنش‌های مختلفی داشته اند. عملکرد دانه از نظر پارامترهای بازده ژنتیکی، ضرایب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی در شرایط تنش و عدم تنش نسبت به سایر صفات مقادیر بیشتری را نشان داد. این موضوع نشان می‌دهد که می‌توان به دستورزی عملکرد در این شرایط امیدار بود. بالاترین وراثت‌پذیری در آزمایش نرمال متعلق به عملکرد دانه (۷۷/۵۵ درصد) و در آزمایش تنش متعلق به ارتفاع بوته (۶۲/۷۰ درصد) بود. بنابراین با اجرای آزمایش‌هائی مبتنی بر گزینش می‌توان از این وراثت‌پذیری بهره برد. بیشترین تغییر میزان صفت در شرایط تنش نسبت به شرایط نرمال به‌ترتیب مربوط به ارتفاع بوته (۲۷ درصد)، عرض برگ (۲۵/۵ درصد)، قطر ساقه (۲۵ درصد) و طول برگ (۲۲ درصد) بود. به نظر

www.SID.ir

Archive of SID

می‌رسد تنش خشکی تأثیر زیادی روی صفات مورفولوژی داشته است. دندروگرام به‌دست‌آمده از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها را بر اساس صفات تحت بررسی در هر دو شرایط تنش و عدم تنش در سه گروه طبقه‌بندی نمود. با توجه به گروه‌بندی تجزیه خوشه‌ای در شرایط تنش خشکی ژنوتیپ‌های Sor و Progress به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل و در مقابل ژنوتیپ‌های Favorite، Record، SHF81-90، Master و Lakomka به‌عنوان ژنوتیپ‌های حساس شناخته شدند. بر اساس نتایج حاصل و با توجه به وجود تنوع کافی در بین ژنوتیپ‌ها به نظر می‌رسد امکان شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی وجود دارد.

سپاس‌گزاری

بدینوسیله از مسئولین بخش دانه‌های روغنی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج به دلیل در اختیار گذاشتن مواد گیاهی تشکر و قدردانی می‌شود. از مسئولین دانشکده کشاورزی و منابع و طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج به دلیل در اختیار گذاشتن امکانات مزرعه تحقیقاتی سپاس‌گزاری می‌شود.

References

Akbari, G. H. A., Jabbari, H., Daneshian, J., Alahdadi I. and Shahbazian, N. (2008). The effect of limited irrigation on seed physical characteristics in sunflower hybrids. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 12(45), 513-523. [In Farsi]

Allard, R. W. (1960). *Principles of plant breeding.* New York: John Wiley and sons Inc.

Beyazgul, M., Kayam, Y. and Engelsman, F. (2000). Estimation methods for crop water requirements in the Gediz Basin of western Turkey. *Journal of Hydrology*, 229(1-2), 19-26.

Burton, G. W. and DeVane, E. H. (1953). Estimating heritability in tall fescue (*Festuca arundinacea*) from replicated clonal material. *Agronomy Journal*, 45(10), 478-481.

Chimenti, C. A., Pearson, J. and Hall, A. J. (2002). Osmotic adjustment and yield maintenance under drought in sunflower. *Field Crops Research*, 75(2-3), 235-246.

Comstock, R. R. and Robinson, H. F. (1952). *Genetic parameters, their estimation and significance*. Proceedings 6th International Grassland Congress, Pennsylvania State College, U.S.A.

Earl, H. J. and Davis, R. F. (2003). Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize. *Agronomy Journal*, 95(3), 688-696.

Ehdaie, B. and Waines, J. G. (1989). Genetic variation, heritability and path-analysis in landraces of bread wheat from southwestern Iran. *Euphytica*, 41(3), 183-190.

Elias, E., Salih, A. and Alaily, F. (2001). Cracking patterns in the Vertisols of the Sudan Gezira at the end of dry season. *International Agrophysics*, 15(3), 151-156.

Falconer, D. S. (1989). *Introduction to quantitative genetics* (3rd edition). Burnt Mill, Harlow, Essex, England: Logman Scientific and Technical.

FAO. (2015). *Food outlook, global market analysis*. Retrieved from http/www.fao.org/.

Ghani, A., Hussain, M. and Qureshi, M. S. (2000). Effect of different irrigation regimens on the growth and yield of sunflower. *International Journal of Agriculture and Biology*, 2(4), 334-335.

Gholinezhad, E. and Darvishzadeh, R. (2018). Estimates of variance components and heritability of grain yield and yield components in confectionary sunflower landraces in different levels of irrigation. *Plant Productions*, 41(2), 29-41. [In Farsi]

www.SID.ir

Archive of SID

Hatami Maleki, H., Abdi, N., Darvishzadeh, R. and Jafari, M. (2016). Mapping QTLs controlling drought tolerance indices in Sunflower (*Helianthus annus* L.). *Journal of Crop Breeding*, 8(20), 228-235. [In Farsi]

Johnson, H. W., Robinson, H. F. and Comstock, R. E. (1955). Estimates of genetic and environmental variability in soybeans. *Agronomy Journal*, 47(7), 314-318.

Marinkovic, R. (1992). Path-coeficient analysis of some yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Euphytica*, 60(1), 201-205.

Mohammadi, A., Majidi, E., Bihamta, M. R. and Heidari Sharilabad, H. (2006). Evaluation of drought stress on agro-morphological characteristics in some wheat cultivars. *Pajouhesh & Sazandegi*, 73(4), 184-192. [In Farsi]

Nabipour, A. R., Yazdi-Samadi, B., Zali, A. A. and Poustini, K. (2000). Effects of morphologic, traits and their relation to stress susceptibility index in several wheat genotypes. *Biaban*, 7(1), 31-47. [In Farsi]

Nezami, A., Khazaei, H. R., Boroumand Rezazadehb, Z. and Hosseini, A. (2008). Effects of drought stress and defoliation on sunflower (*Helianthus annuus*) in controlled conditions. *Desert*, 12(2), 99-104. [In Farsi]

Pearce, S. R., Knox, M., Ellis, T. N. H., Flavell, A. J. and Kumar, A. (2000). Pea Ty1-copia group retrotransposons: Transitional activity and use as markers to study genetic diversity in Pisum. *Molecular Genetics*, 263(6), 898-907.

Rahimi, M., Rabiei, B., Dehghani, H. and Tarang, A. R. (2013). Mapping main and epistatic QTLs for drought tolerance indices in F5 population of rice. *Modern Genetics*, 8(4), 435-448. [In Farsi]

Rauf, S. and Sadaqat, H. A. (2007). Effects of varied water regimes on root length, dry matter partitioning and endogenous plant growth regulators in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Plant Interactions*, 2(1), 41-51.

Reddy, G. K. M., Dangi, K. S., Kumar, S. S. and Reddy, A. V. (2003). Effect of moisture stress on seed yield and quality in sunflower. *Journal of Oilseeds Research*, 20(2), 282-283.

Sanchez-Bianco, M. J., Rodriguez, P., Olmos, E., Morales, M. A. and Torrecillas, A. (2004). Differences in the effects of simulated sea aerosol on water relations, mineral content and ultrastructure in *Cistus albidus* and *Cistus monspeliensis* plants. *Journal of Environmental Quality*, 33(4), 1369-1375.

Shayesteh, T., Ghobadi, M., Ghobadi, M. E., Mohammadi, G., Honarmand, S. J. and Allahmoradi, P. (2013). Effects of irrigation regimes on grain yield and its components in sunflower (*Helianthus annuus* L.) as second crop. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, 2(7), 68-72.

Singh, R. K. and Chaudhary, B. D. (1985). *Biometrical methods in quantitative analysis*. New Delhi New Delhi, India: Kalyani Publishers.

Stansfield, W. D. (1991). *Theory and problems in genetics*. New York: McGraw-Hill.

United Nations (Department of Economic and Social Affairs, Population Division). (2019). *World population prospects 2019: Highlights*. Retrieved from https://www.un.org/development/desa/publications/world-population-prospects-2019-highlights.html.

Yousefi, F., Hassibi, P., Roshanfekr, H. and Meskarbashee, M. (2016). Study of drought and salinity stress effect on some physiological characters of two canola (*Brassica Napus* L.) varieties in Ahvaz. *Plant Productions*, 38(4), 25-34. [In Farsi]

© 2020 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