

شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی در کلکسیون کنجد (*Sesamum indicum* L.) بانک ژن گیاهی ملی ایران

- محمد عباسعلی^{۱*}، عبدالقیوم قلی‌پوری^۲، احمد توبه^۲، نیراعظم خوش‌خلق‌سیما^۳ و سعید غالبی^۴
۱. دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی دانشگاه محقق اردبیلی (UMA) و مربی پژوهشی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر (SPII)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)
 ۲. دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی (UMA)
 ۳. دانشیار پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران (ABRII)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)
 ۴. مربی پژوهش مؤسسه تحقیقات خاک و آب ایران
- (تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۶/۲۸ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۹)

چکیده

در این مطالعه واکنش به تنش خشکی هشت ژنوتیپ منتخب از کلکسیون کنجد بانک ژن گیاهی ملی ایران همراه با ارقام اولتان و داراب^۱، در شرایط معمول و تنش خشکی به صورت قطع آبیاری در آستانه گلدهی، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج، ژنوتیپ KC50662 و رقم اولتان از نظر عملکرد و اجزای آن در شرایط عادی و تنش در گروه برتر قرار گرفتند. طیف وسیعی از واکنش‌های حساس تا متحمل بر اساس شاخص‌های تحمل و حساسیت و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، نشان از تنوع کافی در کلکسیون کنجد جهت انتخاب در دو شرایط رطوبتی بود. ژنوتیپ‌های KC50658 و KC50321 به ترتیب متحمل‌ترین و حساس‌ترین و ژنوتیپ KC50662 و رقم اولتان، دارای پتانسیل عملکرد بالاتر در شرایط عادی و عملکرد بیش‌تر در شرایط تنش بودند. دو نمونه اخیر، با توجه به گروه‌بندی فرناندز در توصیف رفتار نمونه‌ها، با داشتن شاخص تحمل به تنش (STI) بیش‌تر، عملکرد بالاتر در هر دو شرایط داشتند. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، ضمن شناسایی صفات توجیه‌کننده تغییرات، نمونه ژنتیکی KC50662 و رقم اولتان را مناسب برای اصلاح در شرایط متغیر رطوبتی نشان داد. نتایج رگرسیون برای شاخص STI نشان داد، ژنوتیپ‌های با STI بالاتر، دارای وزن بیش‌تر دانه در کپسول، تعداد کپسول بیش‌تر در بوته، و برگ پائینی با دمبرگ بلندتر در شرایط معمول بودند.

واژه‌های کلیدی: حساسیت، شاخص تحمل، ظرفیت تولید، کنجد.

Identification of drought tolerant genotypes in the Sesame (*Sesamum indicum* L.) Collection of National Plant Gene Bank of Iran

Mohammad Abbasali^{1*}, Abdoulghayom Gholipouri², Ahmad Tobeh², Nayer Azam Khoshkholgh Sima³ and Saeed Ghalebi⁴

1. Ph.D. Student of Agro-ecology of Moghgh Ardebili University (UMA) and Research Instructor of Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Iran
2. Associate Professor, Department of Agronomy & Plant Breeding, Faculty of Agricultural and Natural Resources, Moghgh Ardebili University (UMA), Iran
3. Associate Professor, Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran (ABRII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Iran
4. Research Instructor, Soil and Water Research Institute of Iran (SWRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Iran

(Received: Sep. 18, 2016- Accepted: Feb. 27, 2017)

ABSTRACT

Increased drought is one of the consequences of global climate change in regions, arid and semi-arid areas particular in. Sesame is adaptable to drought condition which could produce a proper amount of good quality oil. This research, investigated reaction to drought of eight genotypes of sesame collection of National Plant Gene Bank of Iran, along with cultivars Oltan and Darab¹ in two experiments in a randomized complete block design with three replications, under normal irrigation and restriction of irrigation since beginning of flowering as stress condition. Based on results, accession KC50662 and cultivar Oltan were placed in the top group in terms of yield and yield components, under both conditions. Based on tolerance and susceptibility indices and components analysis, genotypes indicated susceptible to tolerant reactions that showing enough diversity in the collections in order to select genotypes under normal and drought stress conditions. Accessions KC50658 and KC50321, were the most tolerant and susceptible respectively, and genotype KC50662 and cultivar Oltan with high potential in normal and more yield in stress conditions. These two accessions having high STI index, according to Fernandez classification, having the most yield in two conditions. The principal component analysis identified the variation explaining traits and indicated that accession KC50662 and cultivar Oltan were suitable for breeding objectives in varying humidity conditions. The regression results for STI, showed that accessions with higher index (STI) had more grain weight per capsule, higher capsules number per plant, and longer petiole in lower leaf that measured in normal condition.

Keywords: Production potential, Sesame, susceptibility, tolerance index.

مقدمه

کنجد *Sesamum indicum* L. با پیشینه کشت ۵۰۰۰ ساله در ایران، تنها گیاه زراعی خانواده *Pedaliaceae* است که برای دانه و روغن کشت و کار می‌شود (Bedigian & Harlan, 1986). خاستگاه کنجد را افریقا و هند می‌دانند (Nayar, 1976; Nayar & Mehra, 1970). روغن آن به علت وجود درصد بالای اسیدهای چرب غیراشباع کیفیت مناسب داشته، و به دلیل حضور پاداکسنده (آنتی‌اکسیدان)‌های از گروه لیگنان‌ها در روغن، از پایدارترین روغن‌های خوراکی با برتری‌های فیزیولوژیکی و ضد سرطانی است و به‌عنوان عامل پایدارکننده سالم طبیعی، به شکل مخلوط در دیگر روغن‌ها به نسبت ۱ درصد به‌کاربرده می‌شود (Shahidi, 2005). تولید کنجد با وجود درصد روغن دانه بالا (حدود ۵۰ درصد)، نسبت به دیگر دانه‌های روغنی کم است و جایگاه هشتم در جهان را دارد ولی به علت تحمل به خشکی و کیفیت بالای روغن، گیاه روغنی بسیار مهمی در کشورهای آب‌وهوای خشک است و عمده تولید آن در آسیا و افریقا است (Shahidi, 2005). در ایران، استان‌های با آب‌وهوای گرم و خشک مانند خوزستان، فارس، کرمان، سمنان، یزد و خراسان از مناطق عمده تولید آن هستند (Khajehpour, 2004). میانگین جهانی عملکرد دانه کنجد در سال ۲۰۱۴، حدود ۴۹۰ کیلوگرم در هکتار و میانگین عملکرد ایران در این سال ۵۸۳ کیلوگرم در هکتار بوده است، میزان تولید کنجد در ایران در سال ۲۰۱۴ برابر با ۲۸۰۰۰ تن گزارش شده است. عملکرد درازمدت در ایران برابر با ۷۰۰ کیلوگرم در هکتار است. میزان واردات دانه کنجد به ایران در سال ۲۰۱۱ برابر با ۳۵۴۹۵ تن بوده است (FAO, 2016).

کنجد به‌طور معمول در مناطق گرم و خشک کشت و کار می‌شود. در اصلاح گیاهان (از جمله کنجد) برای مناطق خشک با نوسان‌های زیاد بارندگی، گیاهان مورد کشت، باید کارایی بالایی مصرف آب داشته و سازگار به نوسان‌های رطوبتی فصلی و سالانه باشند (Richards, 2006).

Blum (2011) ضمن اینکه عملکرد را صفت

مناسب برای انتخاب نمونه متحمل به تنش می‌داند، تأکید می‌کند هنگامی که انتخاب بر پایه عملکرد صورت می‌گیرد لازم است در شرایط تنش شدید خشکی انجام شود زیرا این روش باعث می‌شود در مراحل متفاوت فرآیند انتخاب، تغییر ژنتیکی به سمت صفاتی سوق یابد که باعث بهبود بازده مصرف آب می‌شوند. به‌طور معمول ژنوتیپ‌ها چهار گونه رفتار در دو شرایط عادی و تنش نشان می‌دهند، ممکن است ژنوتیپی در هر دو شرایط عادی و تنش عملکرد مناسبی داشته باشد، یا تنها در یکی از شرایط عادی یا تنش عملکرد مناسبی داشته باشد، و یا ممکن است، در هر دو شرایط، عملکرد پائین و نامناسب داشته باشد. لذا به‌منظور آگاهی از اینکه نمونه‌های مورد بررسی کدامیک از رفتار چهارگانه بالا را نشان می‌دهند شاخص‌های حساسیت و تحمل مبنای تمایز آن‌ها قرار می‌گیرند (Rosielle & Hamblin, 1981; Fernandez, 1992). به‌تازگی Thiry et al. (2016) با روش رتبه‌بندی شاخص‌های تحمل و حساسیت، سعی کرده‌اند شاخص‌های جدیدی که باهم مبتنی بر هر دو جنبه ظرفیت بالای عملکرد و تحمل به تنش غیر زیستی باشد، تعیین کنند.

آزمایش‌های چندی روی کنجد بر پایه شاخص‌های تحمل و حساسیت صورت گرفته است؛ از جمله ارزیابی ۱۶ جهش‌یافته (موتانت) و سه والد اولیه کنجد در شرایط عادی و تنش با استفاده از شاخص‌های حساسیت و تحمل، نشان داد که صفات ارتفاع بوته، شمار کپسول در بوته و طول کپسول، باید در انتخاب رقم‌ها به‌منظور دستیابی به عملکرد بالا مدنظر قرار گیرند (Boureima et al., 2012; Boureima et al., 2016). همچنین بررسی تحمل به خشکی در هشت ژنوتیپ کنجد، ژنوتیپ محلی دزفول برای عملکرد بالا در هر دو شرایط عادی و تنش برتر شناخته شد و سه ژنوتیپ دریافتی از بانک ژن گیاهی ملی ایران حساس تشخیص داده شدند (Golestani & Pakniyat, 2007). در بررسی دیگری رقم "داراب ۱۴" بر پایه شاخص تحمل و حساسیت، جایگاه برتری را در شرایط عادی و تنش رطوبتی از خود نشان داد (Amani et al., 2012). همچنین رقم‌های "داراب ۱۴" و "سیستان

در شرایط تنش خشکی و ارزیابی بر پایه شاخص‌های تحمل به تنش برای غربال نمونه‌های ژنتیکی متحمل و حساس، انجام شد. که ضمن تعیین وضعیت ژنوتیپ‌ها صفات مرتبط با حساسیت و تحمل شناسایی شدند.

مواد و روش‌ها

شمار هشت ژنوتیپ از کلکسیون بانک ژن گیاهی ملی ایران به همراه رقم‌های تجاری اولتان و داراب ۱، در سال ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی بانک ژن گیاهی ملی ایران در کرج بررسی شدند. مشخصات نمونه‌ها در جدول ۱ منعکس است. برای انتخاب نمونه‌ها، در آغاز داده‌های به دست آمده از ارزیابی‌های اولیه ذخیره توارثی (ژرم‌پلاسم) کنگد شامل ۴۵۰ نمونه ژنتیکی که پیشتر برابر با دفترچه راهنمای مؤسسه بین‌المللی ذخیره توارثی (IPGRI & NBPGR, 2004)، بررسی شده بودند (Abbasali *et al.*, 1999)، با تأکید بر صفات مرتبط با تنش خشکی، تجزیه خوشه‌ای شدند و نمونه‌های ژنتیکی مورد بررسی در پنج خوشه قرار گرفتند، هشت ژنوتیپ از خوشه‌های متفاوت استخراج شدند، طوری که بر پایه گروه‌های ناشی از تجزیه خوشه‌ای از هر گروه دست‌کم یک نمونه انتخاب شد، در بعضی از گروه‌ها با توجه به تظاهر نمونه‌ها در آزمایش‌های پیشین از لحاظ تحمل به تنش خشکی (Abbasali, 1999; Abbasali *et al.*, 2014)، بیش از یک نمونه انتخاب شد.

محلی" با داشتن پایداری و عملکرد بالاتر در شرایط تنش و بدون تنش رطوبتی، بالاترین میزان شاخص‌های STI، GMP و MP را داشتند و به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل تعیین شدند (Poor-Esmaeil *et al.*, 2014). در ارزیابی ۲۷ ژنوتیپ کنگد در شرایط عادی و تنش رطوبتی، بر پایه شاخص حساسیت فیشر و مائورر، رقم‌های ناز تک شاخه، ناز چند شاخه، اولتان و ژنوتیپ ورامین ۲۳۷، با حساسیت متوسط و ژنوتیپ زودرس IS (Zoodras IS)، حساس تشخیص داده شده، بر پایه شاخص تحمل فرناندز (STI)، ژنوتیپ ورامین ۲۸۲۲ با تحمل متوسط و رقم‌های کرج ۱، ناز تک شاخه و ژنوتیپ ورامین ۲۳۷ با تحمل بالا و مناسب برای شرایط تنش خشکی، تشخیص داده شدند (Hassanzade *et al.*, 2009). ارزیابی عملکرد رقم‌های اولتان، هندی و هندی ۱۴ در دو شرایط عادی و محدودیت رطوبتی، رقم اولتان با بیشترین میزان STI، و کمترین میزان SSI و TOL، نسبت به دو رقم دیگر متحمل شناسایی شد (Molaie *et al.*, 2012). همچنین با آزمایش تنش خشکی روی ۱۲ نمونه از ژنوتیپ‌های کلکسیون کنگد بانک ژن گیاهی ملی ایران در چهار منطقه، سه ژنوتیپ در اغلب نقاط، تحمل بیشتر یا حساسیت کمتر بر پایه شاخص‌ها، داشتند (Abbasali *et al.*, 2014).

با توجه به اهمیت شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی، این تحقیق برای بررسی پاسخ هشت ژنوتیپ انتخابی از کلکسیون کنگد بانک ژن گیاهی ملی ایران،

جدول ۱. نام و منشأ ژنوتیپ‌های کنگد مورد ارزیابی*

Table 1. Accession number and origin of evaluated sesame genotypes

KC No. or name	Darab 1	Oltan	50999	50983	50687	50321	50662	50658	50638	50436
Origin	Fars (Cultivar)	Moghan (Cultivar)	West Azerbaijan- Poldasht	Zanjan-Tarom	Fars	Palestine	Fars	Fars	Fars	Bushehr

* شماره نمونه ژنتیکی در بانک ژن گیاهی ملی ایران یا نام رقم.

* Accession Number in National plant Gene Bank of Iran (KC number or Karaj center number) or Cultivar name.

اعمال آبیاری کامل تا آستانه مرحله گلدهی و سپس قطع آب تا پایان دوره رشد، بودند هر تیمار آبیاری در یک قطعه آزمایشی جداگانه‌ای بود. برای ایجاد شرایط بدون تنش در آبیاری کامل، دور آبیاری بر پایه میزان ۷۰ تا ۸۰ میلی‌متر تبخیر جمعی از تشت تبخیر

هشت ژنوتیپ انتخابی به همراه رقم‌های تجاری اولتان و داراب ۱ در دو شرایط متفاوت رژیم رطوبتی خاک در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار کشت شدند. رژیم‌های رطوبتی شامل: ۱- اعمال آبیاری کامل بنا بر عرف محل در طول دوره رشد و ۲-

حساسیت، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی روی شاخص‌های حساسیت و تحمل صورت پذیرفت. در ضمن به منظور تعیین صفات یا گروه صفاتی که در هر یک از شرایط عادی یا تنش خشکی مبین تحمل و یا حساسیت نمونه‌ها به شرایط تنش باشند تجزیه به مؤلفه‌های اصلی روی داده‌های به‌دست‌آمده از ارزیابی صفات در هر یک از شرایط به‌طور جداگانه صورت گرفت. گروه‌بندی نمونه‌های ژنتیکی با استفاده از تجزیه خوشه‌ای به روش WARD انجام پذیرفت. برای محاسبات آماری، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و ترسیم نمودار دووجهی (بای‌پلات) از نرم‌افزارهای SPSS (نسخه ۱۶) و STATGRAPHICS (نسخه ۲،۱) استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس ساده و مرکب برای داده‌های به‌دست‌آمده از ارزیابی صفات عملکرد، اجزای عملکرد و شماری دیگر از صفات انجام شد (جدول ۲). بنا بر نتایج تجزیه واریانس در شرایط عادی، بین ژنوتیپ‌ها از نظر، زیست‌توده (بیوماس)، شمار کپسول در بوته، ارتفاع بوته، وزن دانه در کپسول و عملکرد دانه اختلاف معنی‌دار وجود داشت و از نظر شمار دانه در کپسول اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در شرایط تنش بین ژنوتیپ‌ها از نظر همه صفات بالا اختلاف معنی‌دار وجود داشت. نتایج تجزیه مرکب گویای اختلاف معنی‌دار عملکرد بین شرایط عادی و تنش در سطح ۱ درصد بود که این اختلاف در کل مربوط به شمار بیشتر کپسول بوته و وزن بیشتر دانه کپسول‌ها بوده است زیرا در جزء عملکردی شمار دانه در کپسول بین دو محیط اختلاف مشاهده نشد. یافته اخیر با نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش Zabet & Samadzade (2015) که در همه اجزاء عملکرد کنگدهای مورد بررسی بین دو محیط عادی و تنش اختلاف معنی‌دار مشاهده کردند، مغایرت داشت، درحالی‌که با نتایج آزمایش Farahbakhsh & Farahbakhsh (2014) و Hassanzade *et al.* (2009) همخوانی دارد. کاهش شمار کپسول در اثر تنش خشکی، وجه اشتراک بیشتر یافته‌های تحقیقاتی متفاوت در بررسی اعمال تنش

کلاس A تنظیم شد. در هر دور آبیاری میزان آب بر پایه رسانیدن رطوبت خاک در محدوده توسعه رشد فعال ریشه، تا حد ظرفیت زراعی خاک محاسبه و با روش آبیاری قطره‌ای اعمال شد. با توجه به مشخص بودن شمار و دبی قطره‌چکان‌ها در کرت‌های آزمایشی، این میزان نیاز آبی با تنظیم ساعت آبیاری، تأمین شد. توضیح اینکه رطوبت خاک در هر نوبت آبیاری، در دو مرحله یکی پیش از آبیاری برای تعیین میزان آب مورد نیاز و دیگری ۴۸ ساعت پس آبیاری برای کنترل و اطمینان از تأمین رطوبت کافی در محدوده ریشه، اندازه‌گیری شد. در این شرایط تیمارهای آبیاری کامل و قطع آبیاری در طول دوره رشد به ترتیب ۱۳ و ۷ نوبت آبیاری شدند و میانگین عمق آب مصرفی در هر نوبت آبیاری ۳۶ میلی‌متر بود. هر نمونه در یک کرت آزمایشی شامل ۵ خط ۲/۵ متری کشت شد که سه خط میانی با حذف ۰/۲۵ متر از هر دو سر خطوط کشت، مبنای محاسبات قرار گرفت. صفات زراعی، فیزیولوژیک و پدیدشناختی (فنولوژیک)، بر پایه دفترچه راهنمای کنگد (IPGRI & NBPGR, 2004) ارزیابی شدند و عملکرد دانه کرت مبنای محاسبات در شاخص‌ها قرار گرفت. شاخص‌های تحمل و حساسیت تنش مورد استفاده عبارت بودند: از شاخص تحمل (TOL)^۱ (Rosielle & Hamblin, 1981)، شاخص تولید متوسط (MP)^۲ (Rosielle & Hamblin, 1981)، میانگین هندسی عملکرد (GMP)^۳ (Schneider *et al.*, 1997)، شاخص حساسیت به تنش (SSI)^۴ (Fischer & Maurer, 1978)، شاخص تحمل تنش (STI)^۵ (Fernandez, 1992) و شاخص میانگین هارمونیک (HM)^۶ (Fernandez, 1992). روابط بین عملکرد دانه در شرایط عادی و تنش رطوبتی و شاخص‌های تحمل و حساسیت با استفاده از تجزیه همبستگی بررسی شدند. همچنین به‌منظور تعیین روابط ژنوتیپ‌ها بر پایه کل شاخص‌های تحمل و

1. Tolerance Index
2. Mean Productivity
3. Geometric Mean Productivity
4. Stress Susceptibility Index
5. Stress Tolerance Index
6. Harmonic Mean

بررسی را نشان می‌دهد و از سوی دیگر میزان تحمل کلی نمونه‌ها را نشان می‌دهد، یعنی میزان تنش اعمال شده کلی بر نمونه‌های مورد بررسی ۵۳ درصد و میزان تحمل کلی آن‌ها نیز حدود ۴۷ درصد (دستیابی به ۴۷ درصد از ظرفیت عملکرد کل نمونه‌ها) بوده است.

شاخص‌های تحمل و حساسیت که همبستگی بالایی با عملکرد دانه در شرایط عادی و تنش داشته باشند، معیار مناسبی برای تعیین میزان تحمل نمونه‌ها هستند (Fernandez, 1992)، لذا با توجه به ضرایب همبستگی (جدول ۵) ملاحظه می‌شود که شاخص‌های تحمل به تنش MP، GMP و STI همبستگی بالایی با عملکرد دانه در شرایط عادی و تنش داشته‌اند. که با نتیجه آزمایش Khammari *et al.* (2013) همخوانی داشت. همچنین در ارزیابی تحمل به تنش خشکی در ذخایر توارثی کنگد بانک ژن گیاهی ملی ایران، شاخص تحمل به تنش فرناندز (STI) و شاخص تولید متوسط (MP) به‌عنوان بهترین شاخص‌ها در جداسازی ژنوتیپ‌ها عمل کردند (Abbasali & Jaffar Aghaei, 1999). با هدف شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل و حساس بر پایه تعریف فرناندز (Fernandez, 1992) نمودار سه‌بعدی شامل عملکرد دانه در دو شرایط عادی و تنش خشکی و شاخص تحمل STI، ترسیم شد، ژنوتیپ‌ها در چهار منطقه قرار گرفتند (شکل ۱).

با توجه به شکل ۱، ژنوتیپ KC50662 و رقم اولتان عملکرد بالا در هر دو شرایط عادی و تنش خشکی نسبت به دیگر نمونه‌ها داشتند، در واقع این دو ژنوتیپ مصداق توصیف فرناندز از ژنوتیپ‌هایی هستند که در هر دو شرایط، نمود مناسبی دارند (گروه A) و همان‌طور که ملاحظه می‌شود میزان شاخص STI بالایی دارند. در شکل ۱، ژنوتیپ KC50321 عملکرد مناسب در شرایط عادی داشته و در شرایط تنش عملکرد کمی داشته است این ژنوتیپ مصداق برتری تنها در محیط عادی (گروه B فرناندز) است.

خشکی در کنگد است و به‌ندرت منبعی همانند Amani *et al.* (2012) خلاف این را گزارش کرده است در صورتی که در مورد دیگر اجزا عملکرد، همانند نتایج تحقیقات Zabet & Samadzade (2015)، Farahbakhsh & Farahbakhsh (2014) و Aien (2013)، گزارش‌های متنوع هستند. اثر متقابل بین ژنوتیپ و محیط برای صفات عملکرد دانه، شمار کپسول بوته، شاخص برداشت و ارتفاع، معنی‌دار هستند که این نتیجه با آزمایش Zabet & Samadzade (2015) موافق و در تقابل با آزمایش Farahbakhsh & Farahbakhsh (2014) بود. وجود اثر متقابل از نظر رفتار نمونه‌ها برای صفات متفاوت به‌ویژه عملکرد در شرایط عادی و تنش بر پایه ظرفیت نمونه‌ها قابل توجه است.

جدول ۳، مقایسه ژنوتیپ‌ها برای صفات را در هر یک از شرایط عادی و تنش به روش دانکن در سطح ۵ درصد نشان می‌دهد، با توجه به مقایسه میانگین صفات یادشده، نمونه ژنتیکی KC50662 و رقم اولتان از نظر عملکرد، اجزای عملکرد شمار کپسول بوته و شمار دانه کپسول در هر دو شرایط عادی و تنش خشکی در گروه‌های برتر واقع شده‌اند و رقم اولتان از نظر وزن دانه کپسول در هر دو شرایط عادی و تنش در گروه برتر قرار گرفته است. از نظر شاخص برداشت نمونه‌های ژنتیکی KC50321 در هر دو شرایط و رقم اولتان در شرایط عادی جایگاه برتری داشتند.

بررسی وضعیت تحمل و حساسیت تنش خشکی نمونه‌های ژنتیکی بر پایه شاخص‌ها

به‌منظور تعیین روابط و جایگاه ژنوتیپ‌ها بر پایه همه شاخص‌های تحمل و حساسیت و نسبت به یکدیگر، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی روی شاخص‌ها انجام گرفت. مقادیر شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش و شدت تنش ژنوتیپ‌های کنگد مورد بررسی در گروه‌های ناشی از تجزیه خوشه‌ای، در جدول ۴، ارائه شده است. شدت تنش (SI)^۱ که در این آزمایش برابر با ۰/۵۳ است، نشان‌دهنده دو جنبه است، از سویی میزان تنش کلی اعمال شده بر جامعه نمونه‌های مورد

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی ژنوتیپ‌های کنجد کلکسیون بانک ژن گیاهی ملی ایران در شرایط عادی و تنش خشکی

Table 2. Results of variance analysis in study of sesame collection genotypes traits of National Plant Gene Bank of Iran in normal and drought conditions

sov	df	Means of squares							
		Yield (g/plot)	Biomass (g/plot)	Capsule number per plant	Capsule grain weight	Capsule grain number	Harvest index	Height (cm)	
Normal condition	Block	2	11561.678	431878.970	868.446**	0.0004	337.363	5.298	208.494
	Genotype	9	44273.369**	752765.446**	1912.665**	0.004*	258.212 ^{ns}	67.780**	437.931**
	Error	18	4930.239	131895.648	106.612	0.001	155.844	6.313	63.626
Stress condition	Block	2	144.171	20422.737	10.176	0.001	122.734	5.408	177.740
	Genotype	9	9938.075**	160710.881**	377.637**	0.003**	180.467**	74.022**	13.809 ^{ns}
	Error	18	846.164	36423.056	28.798	0.00031	41.099	4.553	33.318
Combined	Condition	1	690470.164**	2884000**	26708.468**	0.009*	440.524 ^{ns}	113.501**	34975.418*
	Error 1	4	5852.925	226150.853	439.311	0.001	230.048	5.353	141.335
	Genotype	9	41582.245**	763898.099**	1854.524**	0.005**	325.108**	124.682**	256.956**
	Genotype × Condition	9	12629.199**	149578.228	435.778**	0.965	140.570	17.119**	194.784**
	Error 2	36	2888.201	84159.352	67.705	0.001	98.471	5.433	48.472
CV	-	17.44	17.09	17.37	14.57	14.75	12.19	7.5	

***، ** و * به ترتیب نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد و غیر معنی‌دار.

*, **, ns: Probability levels of 5% and 1% and non-significant, respectively.

جدول ۳. مقایسه میانگین صفات متفاوت در بررسی تحمل تنش خشکی ژنوتیپ‌های کنجد کلکسیون بانک ژن گیاهی ملی ایران به روش دانکن*

Table 3. Comparison of means of different traits by Duncan method in study of drought tolerance sesame genotypes in collection of National Plant Gene Bank of Iran*

Genotypes	Yield		Biomass		Capsule number per plant		Capsule grain weight		Capsule grain number		Harvest index		Height	
	N†	S‡	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S
50983	272e	132d	2610b	1068abc	62cd	19d	0.153c	0.135e	59.7b	56.2c	10.6c	12.3e	118bc	69a
Darab1	279e	139d	1926bc	782cd	47de	13d	0.186c	0.178bcd	60.4ab	55.9c	14.8bc	17.9d	108bcd	65a
50436	353de	181cd	2013bc	794cd	42e	22cd	0.218bc	0.190bc	68.0ab	70.9ab	17.6b	22.9bc	112bcd	68a
50638	364de	218bc	2274bc	1128abc	76c	37b	0.190c	0.178bcd	59.6b	70.1ab	16.4b	19.9cd	100d	68a
50658	366de	260ab	2276bc	1084abc	63cd	20cd	0.202bc	0.205ab	72.4ab	67.6abc	16.0b	24.1b	115bcd	67a
50999	375cde	133d	2405bc	1008bc	62cd	21cd	0.167c	0.148de	75.8ab	57.4c	16.4b	13.3e	143a	70a
50687	428cd	235ab	2367bc	1000bc	54ed	20cd	0.219bc	0.182bc	78.7ab	70.8ab	18.1b	23.5bc	123b	67a
50321	500bc	168cd	1868c	597d	57cde	32b	0.223bc	0.145e	84.4a	61.2bc	27.0a	28.3a	122b	66a
50662	585ab	278a	3627a	1418a	126a	51a	0.170c	0.166cde	64.9ab	64.7bc	16.0b	19.8cd	104cd	66a
Oltan	632a	266ab	2543bc	1166ab	96b	30bc	0.275a	0.232a	84.3a	79.4a	25.0a	23.1bc	117bc	73a
Standard error	40.54	16.79	209.68	110.19	5.96	3.10	0.018	0.0102	7.21	3.70	1.45	1.23	4.61	3.33

* میانگین‌های با حرف‌های همسان تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد در آزمون دانکن ندارند.

†: شرایط عادی، ‡: شرایط تنش

* Averages with the same letters are not significantly different at the 5% level in Duncan test.

†: Normal, ‡: Stress.

جدول ۴. مقادیر شاخص‌های تحمل و حساسیت تنش خشکی در ژنوتیپ‌های کنجد مورد بررسی در گروه‌های به‌دست‌آمده از تجزیه خوشه‌ای

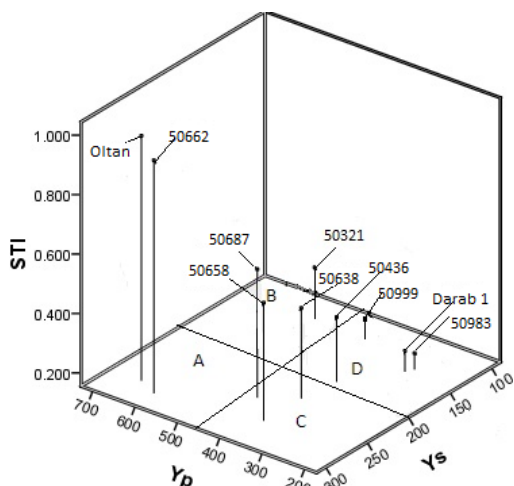
Table 4. Drought stress tolerance and susceptibility indices in sesame genotypes in groups based on Cluster analysis

Group No.	Accession	Yp	Ys	TOL	MP	GMP	SI	SSI	STI	HM
1	50983	272	132	140	202	189	0.52	1.000	0.208	178
	50999	375	133	242	254	223	0.64	1.250	0.289	196
	Darab1	279	139	140	209	197	0.50	0.974	0.225	186
	Group mean	309	135	174	222	203	0.55	1.074	0.241	187
2	50436	353	181	172	267	253	0.49	0.945	0.370	239
	50638	364	218	146	291	281	0.40	0.777	0.459	272
	50658	366	260	106	313	308	0.29	0.562	0.551	304
	50687	428	235	194	332	317	0.45	0.876	0.582	303
	Group mean	378	224	154	301	290	0.41	0.790	0.491	280
3	50321	500	168	332	334	290	0.66	1.288	0.486	251
	Group mean	500	168	332	334	290	0.66	1.288	0.486	251
4	50662	585	278	308	432	403	0.53	1.018	0.942	377
	Oltan	632	266	366	449	410	0.58	1.121	0.975	375
	Group mean	609	272	337	440	407	0.55	1.070	0.959	376
Groups mean	449	199	249	324	297	0.54	1.056	0.544	273	

جدول ۵. ضریب‌های همبستگی بین عملکرد دانه و شاخص‌های تحمل و حساسیت به روش پیرسون در بررسی تحمل به تنش خشکی ژنوتیپ‌های کنگد کلکسیون بانک ژن گیاهی ملی ایران

Table 5. Correlation coefficients between yield and tolerance and susceptibility indices using Pearson method in study of drought tolerance sesame genotypes in collection of National Plant Gene Bank of Iran

	Ys	MP	GMP	HM	STI	SSI	TOL
Yp	0.690*	0.968**	0.921**	0.855**	0.928**	0.349	0.891**
Ys	1	0.849**	0.917**	0.964**	0.894**	-0.432	0.289



شکل ۱. ترسیم هندسی جداسازی ژنوتیپ‌های بر پایه

شاخص STI و عملکرد در دو شرایط عادی و تنش خشکی
Figure 1. Discrimination of sesame genotypes based on STI index and yield in normal and drought stress conditions

در شکل ۲، نمودار دوجبهی ناشی از دو مؤلفه اصلی و جایگاه نمونه‌های ژنتیکی نسبت به یکدیگر نشان داده شده است. به طوری که در این شکل دیده می‌شود مؤلفه اول دارای مقادیر زیاد برای STI و همچنین مقادیر بالا برای عملکرد در دو شرایط عادی و تنش خشکی است لذا این مؤلفه مبین ظرفیت تولید در شرایط عادی و تولید در شرایط تنش خشکی است. بنابراین هرچه جایگاه نمونه‌ای به سمت راست نمودار دوجبهی متمایل باشد ظرفیت تولید بیشتر و تحمل بالاتر دارد. از سوی دیگر مؤلفه دوم میزان زیاد برای SSI دارد لذا این مؤلفه مبین حساسیت به تنش است، بنابراین هرچه جایگاه نمونه‌ای به سمت بالای نمودار دوجبهی متمایل باشد حساسیت بیشتر به تنش خشکی دارد.

با توجه به نمودار دوجبهی، رقم اولتان و نمونه ژنتیکی KC50662 که بیشترین تمایل را به سمت راست در آن دارند از لحاظ مؤلفه اول نسبت به دیگر نمونه‌ها بیشترین میزان را دارند لذا ظرفیت تولید

ژنوتیپ‌های KC50638، KC50658 و KC50687

ظرفیت عملکردی به نسبت کم در شرایط عادی داشته ولی در شرایط تنش با افت کم عملکرد، رفتاری متحمل را نسبت به تنش خشکی داشته‌اند و مصداق نمونه‌هایی هستند که برتری را تنها در محیط دشوار به نمایش می‌گذارند (گروه C فرناندز). سرانجام نمونه‌های KC50999، KC50983، KC50436 و داراب ۱، مصداق نمونه‌های با عملکرد پایین‌تر در هر دو محیط (گروه D فرناندز) با میزان شاخص STI بسیار پایین هستند.

همان‌طور که اشاره شد شاخص‌های تحمل، همبستگی بالایی با عملکرد دانه در شرایط عادی و تنش داشتند، لذا جداسازی ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل به تنش خشکی با استفاده از شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش، با انجام تجزیه به مؤلفه‌های اصلی صورت پذیرفت (جدول ۶). دو مؤلفه اول با مقادیر ویژه بیش از یک، سهم واریانس به ترتیب ۷۲/۰۹ و ۲۶/۸۳، در کل ۹۹/۷۳ درصد تغییرات کل را توجیه کردند.

مؤلفه اول با داشتن رابطه مثبت با عملکرد دانه در دو شرایط عادی و تنش و ضریب‌های همبستگی بالا و معنی‌دار برای شاخص‌های MP، GMP، STI و HM، مبین وجود نمونه‌های ژنتیکی با عملکرد بالاتر در دو شرایط (و به تعبیری تحمل بیشتر) بود. میزان ضریب مؤلفه دوم برای شاخص حساسیت به تنش SSI بالا و برای شاخص‌های MP، GMP، STI و HM پایین است، در حقیقت این مؤلفه مبین حساسیت بیشتر است. توجه به این نکته نیز مهم است که ضریب مؤلفه دوم برای عملکرد در شرایط تنش منفی است. با توجه به مطالب بالا می‌توان گفت که مؤلفه اول تأکید بر عملکرد نمونه‌های ژنتیکی و مؤلفه دوم تأکید بر حساسیت به تنش نمونه‌های ژنتیکی دارد.

میزان متوسطی نسبت به بیشتر نمونه‌ها دارند. در حقیقت میزان ظرفیت تولید در شرایط عادی و تولید در شرایط تنش این دو نمونه، بارزتر از تحمل متوسط آن‌ها نسبت به تنش خشکی است.

نمونه‌های ژنتیکی KC50321 و KC50999 با داشتن میزان بیشتر از مؤلفه دوم بیشترین میزان حساسیت را نسبت به دیگر ژنوتیپ‌های مورد بررسی به علت افت زیاد عملکرد داشتند.

بیشتر در شرایط عادی و تولید بالا در شرایط تنش داشته و به تعبیری متحمل به خشکی شناسایی شدند. رقم اولتان، ظرفیت عملکرد دانه بیشتر و البته حساسیت بیشتر (میزان مؤلفه دوم بالاتر) نسبت به نمونه ژنتیکی KC50662 دارد. با توجه به نمودار یادشده، این دو نمونه از نظر دیگر شاخص‌ها مانند MP و GMP که بیان‌کننده ظرفیت عملکرد هستند وضعیت برتری داشته و از نظر شاخص حساسیت SSI

جدول ۶. مقادیر ویژه و بردارهای ویژه به‌دست‌آمده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی شاخص‌های تحمل - حساسیت در بررسی تحمل به

تنش خشکی ژنوتیپ‌های کنگد کلکسیون بانک ژن گیاهی ملی ایران

Table 6. Eigen values and Eigen vectors of components analysis of tolerance - susceptibility indices in study of drought tolerance sesame genotypes in collection of National Plant Gene Bank of Iran

Component	Eigen value	Proportion (%)	Yp	Ys	MP	GMP	STI	HM	SSI	TOL
1	5.839	72.900	0.857	0.964	0.959	0.990	0.979	0.999	-0.179	0.530
2	2.147	26.833	0.514	-0.265	0.283	0.141	0.179	-0.002	0.982	0.846

شاخص‌های تولید متوسط MP، بهره‌وری هندسی GMP، شاخص تحمل تنش STI و میانگین هارمونیک HM دارند. این گروه میانگین شدت تنش SI برابر با ۰/۵۵ داشته که بالاتر از شدت تنش کلی نمونه‌های ژنتیکی مورد بررسی (۰/۵۳) است. میزان شدت تنش SI نمونه‌های این گروه ۰/۵۰ یا بیشتر هستند. میزان حساسیت تنش (SSI) ژنوتیپ‌های این گروه بیش از ۰/۹۷۴ است. شاخص تحمل تنش (STI) نمونه‌های ژنتیکی گروه یادشده کمتر از ۰/۲۸۹ است و در مقایسه با دیگر گروه‌ها کمترین میزان را داشته و حساسیت به تنش (SSI) آن به نسبت بالا است. نمونه ژنتیکی KC50983 با میزان STI برابر با ۰/۲۰۸، کمترین میزان را در این گروه و نسبت به کل نمونه‌های مورد آزمایش، دارد. گروه اول شامل نمونه‌هایی است که در هر دو شرایط عادی و تنش عملکرد پایین‌تر دارند و بر پایه توصیف Fernandez (1992)، در نمودار سه‌بعدی شامل عملکرد دانه در دو شرایط عادی و تنش و شاخص تحمل STI در گروه D فرناندز قرار گرفتند (شکل ۱)، بنابراین می‌توان گروه اول در تجزیه خوشه‌ای را "گروه کم ظرفیت" توصیف کرد.

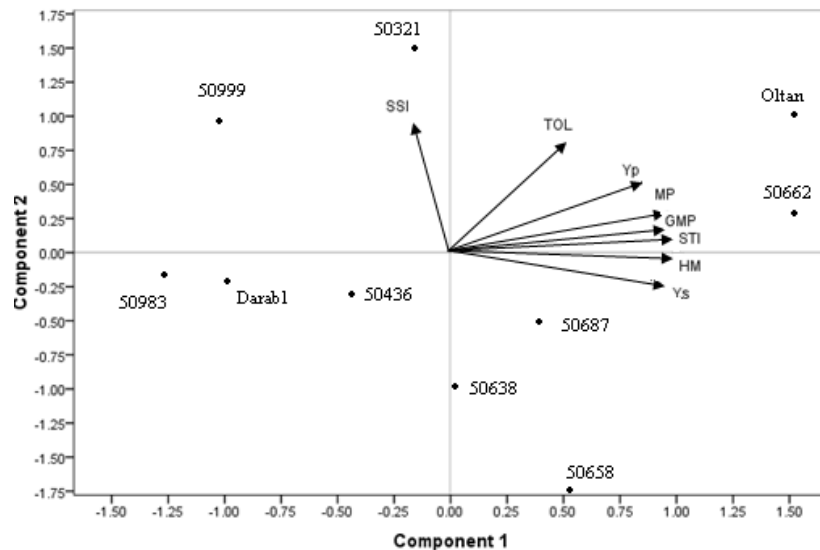
نمونه‌های ژنتیکی KC50983، KC50436 و رقم داراب ۱، در نیمه چپ نمودار دووجهی واقع شده‌اند، جایی که میزان عددی مؤلفه اول کم ولی از نظر مؤلفه دوم جایگاه نزدیک به میانه‌ای نسبت به دیگران اشغال کرده‌اند، بنابراین نمونه‌های یادشده ظرفیت تولید پائین و حساسیت در حد متوسط را دارند.

نمونه ژنتیکی KC50658 بر پایه مؤلفه اول از نظر عملکرد وضعیتی به نسبت متوسط را داشته و از نظر مؤلفه دوم کمترین حساسیت به تنش خشکی را دارد.

نمونه‌های ژنتیکی KC50638 و KC50687، که در اطراف مرکز نمودار دووجهی قرار گرفته‌اند با توجه به مؤلفه اول ظرفیت عملکرد به نسبت پایین یا متوسط و از لحاظ مؤلفه دوم حساسیت به نسبت کم به تنش خشکی دارند.

نمودار شجره‌ای ناشی از تجزیه خوشه‌ای بر پایه شاخص‌های تحمل و حساسیت، نمونه‌های ژنتیکی را در چهار گروه متمایز قرار داد (شکل ۳).

گروه اول در نمودار شامل دو نمونه ژنتیکی KC50983، KC50999 و رقم داراب ۱ است که با توجه به مقادیر جدول ۴، کمترین میزان را از نظر



شکل ۲. جداسازی ژنوتیپ‌های کنگد بر پایه دو مؤلفه اصلی و بردارهای مربوط به شاخص‌های تحمل و حساسیت ژنوتیپ‌های کنگد در بررسی تحمل به تنش خشکی ژنوتیپ‌های کنگد کلکسیون بانک ژن گیاهی ملی ایران

Figure 2. Discrimination of sesame genotypes based on two principal components and vectors of stress tolerance-susceptibility indices in study of drought tolerance sesame genotypes in collection of National Plant Gene Bank of Iran

بینابینی دارد، منطقه C را به خود اختصاص داده‌اند منطقه‌ای که خاص ژنوتیپ‌هایی است که در محیط با شرایط دشوار عملکرد به نسبت بالایی دارند.

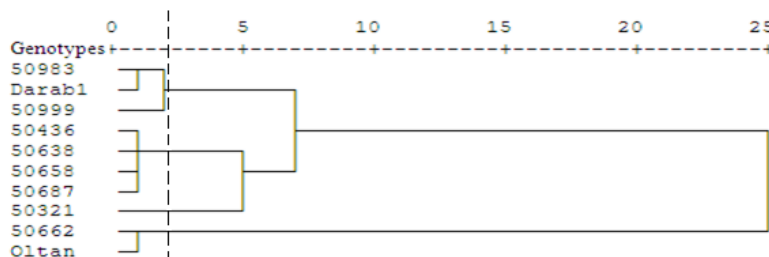
گروه سوم به‌دست‌آمده از تجزیه خوشه‌ای که تنها نمونه ژنتیکی KC50321 را شامل می‌شود از نظر شاخص‌های مبین عملکرد در جایگاه به نسبت میانه‌ای قرار گرفته است. ویژگی منحصر به فرد این گروه، داشتن بیشترین شاخص حساسیت به تنش SSI، با میزان برابر با ۱/۲۸۸ در مقایسه با دیگر گروه‌ها است. بنابراین، گروه سوم، را می‌توان "گروه حساس" توصیف کرد. تک عضو این گروه با عملکرد برابر با ۵۰۰ و ۱۶۸ گرم در کرت به ترتیب در شرایط عادی و تنش، بر پایه توصیف فرناندز (گروه B)، تنها در شرایط مناسب برتری داشت (شکل ۱).

گروه چهارم به‌دست‌آمده از تجزیه خوشه‌ای مشتمل بر نمونه ژنتیکی KC50662 و رقم اولتان است، این گروه با وجود داشتن حساسیت به تنش در حد متوسط در مقایسه با دیگر گروه‌ها (SSI برابر با ۱/۰۷۰)، بیشترین میانگین ظرفیت عملکرد دانه در هر دو شرایط عادی و تنش را دارد و از نظر شاخص‌های MP، GMP، HM و STI، بیشترین میزان عددی را نسبت به دیگر گروه‌ها داشت. هر دو نمونه ژنتیکی این

گروه دوم به‌دست‌آمده از تجزیه خوشه‌ای شامل نمونه‌های ژنتیکی KC50658، KC50638، KC50436 و 50687 است که از نظر شاخص‌های تحمل MP، GMP، HM و STI نسبت به گروه اول از میزان ظرفیت عملکرد بالاتر و نسبت به دو گروه سوم و چهارم از میزان ظرفیت عملکرد کمتری دارند. ویژگی اختصاصی این گروه، با میانگین SSI برابر با ۰/۷۹۰، حساسیت کمتر نسبت به تنش خشکی در مقایسه با دیگر گروه‌ها است و کمترین میزان حساسیت به تنش (SSI) این گروه برابر ۰/۵۶۲ است که مربوط به نمونه KC50658 است که کمترین حساسیت به تنش خشکی در کل نمونه‌های مورد بررسی را دارد. میانگین شدت تنش (SI) این گروه برابر ۰/۴۱ که کمتر از شدت تنش عمومی SI (۰/۵۳) است که کمترین میزان شدت تنش (۰/۲۹) مربوط به نمونه KC50658 و بیشترین میزان شدت تنش (۰/۴۹) مربوط به نمونه ژنتیکی KC50436 در این گروه بود. میانگین میزان شاخص تحمل به تنش فرناندز (STI) این گروه برابر ۰/۴۹۱ است که در مقایسه با دیگر گروه‌ها، قابل توجه نیست، بنابراین، گروه دوم، را می‌توان "گروه غیر حساس" توصیف کرد. اعضای این گروه در شکل ۱ (گروه‌بندی فرناندز)، به استثنای ژنوتیپ KC50436 که تا حدودی وضعیتی

شرایط عادی ظرفیت عملکرد دانه کمتری نسبت به رقم اولتان دارد. گروه چهارم را می‌توان "گروه پزرفیت" توصیف کرد. این دو نمونه بر پایه شاخص تحمل تنش فرناندز (گروه A)، ژنوتیپ‌هایی هستند که در هر دو محیط برتری خود را نشان داده‌اند (شکل ۱).

گروه، در هر دو شرایط عادی و تنش رطوبتی، نسبت به دیگر نمونه‌های مورد بررسی ظرفیت عملکرد دانه بالاتری داشتند. در این گروه، نمونه KC50662 نسبت به هم‌گروهی خود، رقم اولتان، حساسیت کمتری نسبت به تنش خشکی نشان داده است، ولی در



شکل ۳. نمودار شجره‌ای به‌دست‌آمده از تجزیه خوشه‌ای شاخص‌های تحمل و حساسیت ژنوتیپ‌های کنگد (روش ward) در بررسی تحمل به تنش خشکی ژنوتیپ‌های کنگد کلکسیون بانک ژن گیاهی ملی ایران

Figure 3. Dendrogram of cluster analysis (ward method) of sesame genotypes based on tolerance and susceptibility indices of drought stress in study of drought tolerance sesame genotypes in collection of National Plant Gene Bank of Iran

خشکی نشان داد رابطه رگرسیونی بین STI به‌عنوان متغیر وابسته و صفات باقی‌مانده در مدل به‌عنوان متغیرهای مستقل در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار بوده و ضریب تبیین $R^2=0.88$ بوده است. صفات شمار دانه در کپسول، طول دم‌برگ برگ پایینی و شمار کپسول در بوته مهم‌ترین عامل‌های تبیین STI در شرایط تنش خشکی بودند. بر پایه نتیجه رابطه رگرسیونی بین شاخص STI به‌عنوان متغیر وابسته و صفات باقی‌مانده در مدل، برای انتخاب نمونه‌های ژنتیکی با میزان STI برتر و بدون انجام آزمایش تنش خشکی، صفات شمار کپسول بوته، وزن دانه در کپسول، طول برگ میانی، طول کپسول و ارتفاع نخستین انشعاب می‌توانند مبنای مناسبی برای انتخاب نمونه‌های ژنتیکی مناسب باشند.

به‌منظور بررسی تغییرپذیری شاخص فرناندز STI به‌عنوان متغیر وابسته و همه صفات به‌عنوان متغیر مستقل بررسی رگرسیونی به روش گام‌به‌گام، در هر یک از شرایط عادی و تنش انجام شد (جدول ۷). نتایج به‌دست‌آمده از انجام رگرسیون در شرایط عادی نشان داد رابطه رگرسیونی بین شاخص STI به‌عنوان متغیر وابسته و صفات باقی‌مانده در مدل به‌عنوان متغیرهای مستقل در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار بوده و ضریب تبیین نهایی $R^2=0.99$ بوده است. صفات شمار کپسول در بوته، وزن دانه در کپسول، طول برگ میانی، طول کپسول و ارتفاع نخستین انشعاب مهم‌ترین عامل‌های تبیین STI در شرایط عادی بودند. نتایج به‌دست‌آمده از انجام رگرسیون در شرایط تنش

جدول ۷. نتایج تجزیه رگرسیونی گام‌به‌گام بین شاخص (STI) و دیگر صفات به‌عنوان متغیرهای مستقل در بررسی تحمل به تنش خشکی ژنوتیپ‌های کنگد کلکسیون بانک ژن گیاهی ملی ایران

Table 7. Step wise regression analysis, the STI as dependent variable and other traits as independent variables in Study of drought tolerance sesame genotypes in collection of National Plant Gene Bank of Iran

Condition	Regression Equation	R Square (Adjusted)
Normal	Step 1 STI= -0.080+ (0.805) CNP	0.60
	Step 2 STI= -0.894+ (0.804) CNP+ (0.536) CGW	0.92
	Step 3 STI= -1.479+ (0.791) CNP+ (0.583) CGW+ (0.231) MLL	0.98
	Step 4 STI= -2.080+ (0.768) CNP+ (0.546) CGW+ (0.231) MLL+ (0.116) CL	0.99
	Step 5 STI= -2.031+ (0.720) CNP+ (0.563) CGW+ (0.259) MLL+ (0.114) CL-(0.074) HFLB	0.99
Stress	Step 1 STI= -1.070 + (0.694) CGN	0.42
	Step 2 STI= -3.074 + (0.978) CGN+ (0.650) LLP	0.77
	Step 3 STI= -2.627 + (0.816) CGN+ (0.509) LLP+(0.345) CNP	0.88

CNP: Capsule number per plant, CGW: Capsule grain weight (g), MLL: Middle leaf length (mm), CL: Capsule length (mm), HFLB: Height of first lateral branch (cm), CGN: Capsule grain number, LLP: Lower leaf petiole length (mm).

میزان کمتر از این مؤلفه به علت رابطه منفی آن با عامل‌های وزن دانه کپسول، شاخص برداشت و شمار دانه در کپسول نمونه‌های ژنتیکی برتر متمایز می‌شوند. نمونه‌های ژنتیکی با مقادیر کمتر از مؤلفه اصلی اول عبارت از KC50321، KC50687، KC50436، رقم اولتان و KC50658 بودند.

مؤلفه اصلی دوم ۱۴/۴۱۰ درصد از واریانس داده‌ها را در برداشت. صفات طول برگ میانی (۰/۹۶۰)، طول برگ بالایی (۰/۸۸۰)، دوره پر شدن دانه (۰/۷۱۸)، روز تا رسیدن ۷۵ درصد کپسول‌ها (۰/۶۸۶)، روز تا رسیدن نخستین کپسول (۰/۵۴۱) و عرض برگ میانی (۰/۵۳۲) بزرگ‌ترین ضریب‌ها را در مؤلفه اصلی دوم داشتند. لذا این مؤلفه اصلی بر صفات رویشی و صفات پدیدشناختی در مراحل پایانی تأکید دارد. نمونه‌های ژنتیکی واجد مقادیر بیشتر از مؤلفه اصلی دوم در شرایط عادی، با داشتن ویژگی‌های ابعادی برتر برگ میانی (طول و عرض) و برگ بالایی (عرض) دارای توان تولیدی (نورساختی یا فتوسنتزی) بالا بوده‌اند و از سویی با طول دوره بیشتر پر شدن دانه و عملکرد بالاتر شامل مخازن ذخیره‌ای (Sinks) بالا بوده‌اند. از این‌رو نمونه‌های ژنتیکی KC50687، KC50662، KC50983 و KC50436 با بیشترین میزان برای مؤلفه اصلی دوم، از لحاظ صفات یادشده نسبت به دیگر نمونه‌ها برتری داشتند.

مؤلفه اصلی سوم ۱۳/۲۸۵ درصد از واریانس داده‌ها را بیان کرد. در این مؤلفه، بزرگ‌ترین ضریب‌های مطلق به صفات شمار کپسول در بوته (۰/۹۲۸)، عملکرد (۰/۹۱۷)، زیست‌توده (۰/۷۶۱)، عرض برگ پائینی (۰/۵۹۵) و ارتفاع نخستین انشعاب جانبی (۰/۵۱۴) اختصاص داشت. لذا مؤلفه سوم به‌طور مستقیم تأکید بر عملکرد و جزء اصلی آن شمار کپسول در بوته دارد. بر پایه مؤلفه سوم، در شرایط عادی که همه عامل‌های رشدی از جمله آب فراهم بوده است، ژنوتیپ‌هایی که واجد مقادیر بیشتر از این مؤلفه بوده‌اند، یعنی با برگ‌های عریض‌تر اولیه تولیدشده که منبع تولیدی گیاه بوده و دارای عملکرد بیشتر و برتراند و با میزان کمتر ارتفاع نخستین انشعاب که پس‌از آن منطقه کپسول‌دهی آغاز می‌شود، مقاصد نورساختی بیشتر در راستای عملکرد بالاتر دارند.

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی داده‌های به‌دست‌آمده از ارزیابی صفات

به‌منظور تعیین صفات یا گروه صفاتی که در هر یک از شرایط عادی یا تنش خشکی مبین تحمل و یا حساسیت نمونه‌ها به شرایط تنش باشند تجزیه به مؤلفه‌های اصلی روی داده‌های به‌دست‌آمده از ارزیابی صفات در هر یک از شرایط به‌طور جداگانه صورت گرفت.

نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی داده‌های به‌دست‌آمده از ارزیابی صفات در شرایط عادی و تنش خشکی برای سه مؤلفه اول، به‌طور جداگانه در جدول ۸ ارائه شده است.

در شرایط عادی شمار هفت مؤلفه تشکیل شد که در کل ۹۵/۸۷۴ درصد تغییر را در بر داشتند، سه مؤلفه اول، ۵۷/۷۶۶ درصد از تغییرات در جمعیت مورد بررسی را توجیه کردند. مؤلفه اصلی اول ۳۰/۰۷۱ درصد از واریانس داده‌ها را توجیه کرد که در آن بزرگ‌ترین ضریب‌های مطلق به صفات روز تا تشکیل ۵۰ درصد غنچه‌ها (۰/۹۵۷)، روز تا تشکیل ۵۰ درصد گل‌ها (۰/۹۵۷)، روز تا تشکیل ۵۰ درصد کپسول‌ها (۰/۹۴۴)، روز تا تشکیل نخستین گل (۰/۹۴۲)، روز تا تشکیل نخستین کپسول (۰/۹۳۷)، فاصله بین نخستین شاخه تا نخستین کپسول (۰/۹۳۷)، روز تا تشکیل نخستین غنچه (۰/۹۳۲)، عرض برگ بالایی (۰/۷۷۸)، وزن دانه کپسول (۰/۷۴۴)، شاخص برداشت (۰/۷۰۹) و شمار دانه در کپسول (۰/۵۹۷)، اختصاص داشت. بنابراین مؤلفه اصلی اول به‌طور مستقیم بر صفات پدیدشناختی در مراحل اولیه یا زمان‌های تشکیل ساختارهای اولیه تولیدی در گیاه تأکید داشته و به‌طور غیرمستقیم (روابط منفی) بر بعضی از صفات اجزای عملکرد (وزن و شمار دانه در کپسول) تأکید دارد. از این جهت در شرایط عادی، ژنوتیپ‌های با کمترین میزان برای مؤلفه اصلی اول از نظر صفات یادشده نسبت به دیگر نمونه‌ها برتر هستند، زیرا نمونه‌های با میزان کم از این مؤلفه در شمار روز کمتری به مراحل اولیه پدیدشناختی زایشی خواهند رسید (برای مثال شمار روز کمتر تا تشکیل ۵۰ درصد گل یا کپسول)، همچنین با میزان کمتر از این مؤلفه، فاصله بین نخستین شاخه تا نخستین کپسول کاهش یافته و در نتیجه منطقه کپسول‌دهی افزوده خواهد شد. از سویی با

نمونه‌های ژنتیکی واجد مقادیر بیشتر از مؤلفه‌های اصلی سوم عبارت از KC50662، رقم اولتان و KC50321 بودند.

به‌منظور گزینش نمونه‌ها در شرایط مطلوب که برخوردار از منابع تولیدی (Sources) و مخازن (Sinks) مناسب عملکردی نیز باشند، چون مؤلفه سوم به‌طور مستقیم بر عملکرد و جزء مهم آن یعنی شمار کپسول در بوته تأکید دارد لذا شایسته است در آغاز نمونه‌های دارای مقادیر بیشتر از مؤلفه سوم را در نظر گرفته و در بین آن‌ها نمونه‌های با مقادیر کمتر از مؤلفه اول را که گلدهی و کپسول‌دهی سریع‌تر و مخازن زایشی بالاتر (منطقه کپسول‌دهی بیشتر، وزن و شمار دانه بیشتر در کپسول، شاخص برداشت بالاتر) و سپس مقادیر بیشتر از مؤلفه دوم که دارای دوره پر شدن و عامل‌های نورساخت‌کننده بیشتر را دارند، گزینش کرد. با چنین راهبردی نمونه ژنتیکی KC50662، رقم اولتان و KC50321 برای هدف‌های اصلاحی در شرایط عادی، قابل توصیه هستند.

بر پایه تجزیه به مؤلفه‌های اصلی داده‌های به‌دست‌آمده از ارزیابی صفات در شرایط تنش خشکی نیز شمار شش مؤلفه تشکیل شد (جدول ۸)، که در کل ۹۴/۷۷۹ درصد تغییرات را در بر داشتند، سه مؤلفه اول، ۶۸/۹۷۲ درصد از تغییرات در جمعیت مورد ارزیابی را توجیه کردند.

مؤلفه اصلی اول ۳۶/۲۹۷ درصد از واریانس داده‌ها را توجیه کرد که در آن بزرگ‌ترین ضریب‌ها به صفات روز تا تشکیل ۵۰ درصد گل‌ها (۰/۹۶۶) روز تا تشکیل نخستین گل (۰/۹۵۹)، روز تا تشکیل نخستین غنچه (۰/۹۵۱)، طول برگ بالایی (۰/۹۰۴-)، روز تا رسیدن نخستین کپسول (۰/۹۰۲)، روز تا تشکیل ۵۰ درصد غنچه‌ها (۰/۹۰۰)، شاخص برداشت (۰/۸۷۴-)، روز تا تشکیل ۵۰ درصد کپسول‌ها (۰/۸۶۷)، روز تا رسیدن ۷۵ درصد کپسول‌ها (۰/۸۴۱)، روز تا تشکیل نخستین کپسول (۰/۸۱۸)، فاصله بین نخستین شاخه تا نخستین کپسول (۰/۸۱۳)، طول برگ پائینی (۰/۷۴۴-)، دوره پر شدن دانه (۰/۷۴۱) و زیست‌توده (۰/۵۶۸) اختصاص داشت. بنابراین مؤلفه اصلی اول بر صفات پدیدشناختی در مراحل آغازین تأکید دارد. از این جهت در شرایط

تنش، ژنوتیپ‌های با کمترین میزان برای مؤلفه اصلی اول از نظر صفات یادشده نسبت به دیگر نمونه‌ها برتر هستند، زیرا نمونه‌های با میزان کم از این مؤلفه در شمار روز کمتری به مراحل پدیدشناختی خواهند رسید و در دوره کوتاه‌تری مراحل رشد و نمو خود را می‌گذرانند، به‌طوری‌که این مراحل را هنگامی می‌گذرانند که فراهمی آب و در پی آن عنصرهای غذایی، در نیمه اول و اواسط دوره رشدی بیشتر است و نمونه‌های با سرعت نورساخت و تولید بالاتر در این شرایط برتری خود را بروز می‌دهند. دوره پر شدن دانه که در این مؤلفه قرار گرفته بی‌ارتباط با صفات پدیدشناختی نیست زیرا صفت یادشده غیرمستقل و از تفاضل صفات روز تا تشکیل ۵۰ درصد گل‌ها و روز تا رسیدن ۷۵ درصد کپسول‌ها به‌دست‌آمده است. همچنین با میزان کمتر از این مؤلفه، در شرایط تنش به علت رابطه منفی آن با شاخص برداشت، نمونه‌های ژنتیکی برتر متمایز می‌گردند. نمونه‌های ژنتیکی که واجد مقادیر کمتر از مؤلفه اصلی اول هستند، عبارت از KC50321، KC50687، KC50436، KC50658 و رقم اولتان بودند.

مؤلفه اصلی دوم ۲۱/۰۹۸ درصد از واریانس داده‌ها را در برداشت. صفات طول دم‌برگ برگ میانی (۰/۸۸۲-)، طول کپسول (۰/۸۷۳)، طول برگ میانی (۰/۸۷۳-)، عملکرد کرت (۰/۷۷۰)، شمار دانه در کپسول (۰/۷۳۵)، وزن کپسول خالی (۰/۷۲۵)، وزن دانه کپسول (۰/۷۲۴) و شمار کپسول در بوته (۰/۵۴۰)، بزرگ‌ترین ضریب‌ها در مؤلفه اصلی دوم داشتند. لذا این مؤلفه اصلی بر صفات مربوط به عملکرد تأکید دارد. نمونه‌های ژنتیکی واجد مقادیر بیشتر از مؤلفه اصلی دوم در شرایط تنش، از نظر عملکرد و اجزاء مربوطه وضعیت برتری نسبت به دیگران در شرایط تنش دارند. از این‌رو رقم اولتان و نمونه‌های ژنتیکی KC50658، KC50638 و KC50662 با بیشترین میزان برای مؤلفه اصلی دوم، از لحاظ صفات یادشده نسبت به دیگر نمونه‌ها برتری داشتند.

مؤلفه اصلی سوم ۱۱/۵۷۷ درصد از واریانس داده‌ها را بیان کرد. در این مؤلفه، بزرگ‌ترین ضریب‌ها به طول دم‌برگ برگ بالایی (۰/۸۸۲)، عرض برگ بالایی (۰/۶۸۴)، زیست‌توده (۰/۶۰۶-)، دوره پر شدن دانه (۰/۵۴۱-) و عملکرد کرت (۰/۵۳۱-) اختصاص

KC50662 بنابر نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در هر دو شرایط مورد توصیه واقع شدند، این دو نمونه برای هدف‌های اصلاحی در شرایط متغیر رطوبتی قابل توصیه هستند. از اهم نتایج این بررسی این بود که رقم اولتان و به‌موازات آن نمونه ژنتیکی KC50662 از جنبه‌های متفاوت، قابلیت و برتری خود را با تظاهر مناسب از نظر تولید در شرایط عادی و تنش خشکی نشان دادند. برخلاف اینکه در معرفی و تهیه رقم اولتان، هدف تهیه رقم مناسب برای شرایط خشک نبوده است (Farrokhi *et al.*, 2000)، این رقم در این بررسی و دیگر بررسی‌های تحمل تنش خشکی در کنگد در گروه برتر قرار داشته است (Hassanzade *et al.*, 2009; Molaei *et al.*, 2012).

داشت. لذا مؤلفه سوم بر صفات رویشی انتهایی بوته تأکید دارد و با صفت عملکرد ارتباط غیرمستقیم. بر پایه مؤلفه سوم، ژنوتیپ‌هایی که واجد مقادیر کمتر از این مؤلفه بوده‌اند، عبارت از KC50687، KC50662 و KC50983 بودند.

به‌منظور گزینش نمونه‌ها در شرایط تنش با توجه به تبیین عملکرد و اجزای آن در مؤلفه دوم و تبیین پدیدشناختی مؤلفه اول، می‌بایست در آغاز نمونه‌های ژنتیکی بر پایه مقادیر بیشتر از مؤلفه دوم و سپس مقادیر کمتر از مؤلفه اول را انتخاب کنیم. رقم اولتان و نمونه‌های ژنتیکی KC50658، KC50638 و KC50662 ویژگی یادشده داشتند و برای هدف‌های اصلاحی در شرایط تنش خشکی قابل توجه هستند. با توجه به اینکه رقم اولتان و نمونه ژنتیکی

جدول ۸. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی داده‌های به‌دست‌آمده از ارزیابی صفات متفاوت در بررسی تحمل به تنش خشکی ژنوتیپ‌های کنگد کلکسیون بانک ژن گیاهی ملی ایران

Table 8. Principal component analysis in study of drought tolerance sesame genotypes in collection of National Plant Gene Bank of Iran

Traits		Principal Component					
		Normal			Stress		
		1	2	3	1	2	3
Days to bud 50%	DB50	0.957	0.047	0.168	0.900	-0.047	0.238
Days to flower 50%	DF50	0.957	-0.056	0.039	0.966	-0.204	-0.068
Days to capsule 50%	DC50	0.944	0.177	-0.047	0.867	-0.398	-0.010
Days to first flower	DF50	0.942	-0.164	0.189	0.959	-0.189	-0.074
Days to first capsule	DFC	0.937	0.104	0.031	0.818	-0.500	-0.032
Distance between the first branch and the first capsule (cm)	DBC	0.937	0.136	0.134	0.813	-0.328	0.088
Days to first bud	DFB	0.932	-0.031	0.322	0.951	-0.054	-0.174
Upper leaf width (mm)	ULW	0.778	0.183	-0.276	-0.277	0.395	0.684
Capsule Grain weigh (g)	CGW	-0.744	-0.291	0.320	-0.199	0.724	-0.177
Harvest Index	HI	-0.709	-0.473	0.396	-0.874	0.461	0.034
Middle leaf length (mm)	MLL	-0.080	0.960	0.083	-0.173	-0.873	-0.036
Upper leaf length (mm)	ULL	0.276	0.880	-0.150	-0.904	-0.076	0.143
Grain filling period (day)	GFP	-0.298	0.718	-0.108	0.741	-0.118	-0.541
Days to ripening of capsules 75%	DRC75	0.381	0.686	-0.081	0.841	-0.150	-0.420
Days to ripening of the first capsule	DRFC	0.353	0.541	0.036	0.902	0.030	-0.350
Number of capsules per plant	CNP	0.299	0.009	0.928	0.044	0.540	-0.243
Yield (g/plot)	Y	-0.304	-0.123	0.917	-0.198	0.770	-0.531
Biomass (g/plot)	Bio	0.471	0.410	0.761	0.568	0.435	-0.606
Lower leaf width (mm)	LLW	0.396	-0.183	0.595	0.242	-0.256	0.242
Height of first lateral branch (cm)	HFLB	-0.109	0.338	-0.514	-0.482	-0.217	-0.021
Height (cm)	H	0.079	-0.087	-0.188	0.353	0.339	-0.029
100 grain weight (g)	HGW	-0.302	-0.212	-0.044	0.036	0.195	0.250
Capsule grain number	CGN	-0.597	-0.209	0.318	-0.319	0.735	-0.404
Upper leaf petiole length (mm)	ULP	-0.168	-0.289	-0.065	-0.163	0.002	0.882
Lower leaf length (mm)	LLL	0.075	0.239	0.247	-0.744	-0.379	-0.286
Capsule length (mm)	CL	-0.067	-0.200	0.195	-0.291	0.873	0.201
Lower leaf petiole length (mm)	LLP	0.007	-0.201	0.474	0.133	-0.103	0.063
Weight of empty capsule (g)	WEC	-0.127	-0.027	0.382	-0.212	0.725	0.239
Middle leaf petiole length (mm)	MLP	0.329	0.321	0.259	0.200	-0.882	-0.037
Middle leaf width (mm)	MLW	0.236	0.532	0.254	0.206	-0.455	0.488
Capsule width (mm)	CW	0.125	0.110	-0.150	-0.477	-0.059	0.478
Capsule thickness (mm)	CT	-0.078	-0.392	0.102	-0.496	0.384	0.249
Eigen values	-	10.561	6.474	3.792	13.230	6.388	3.547
Cumulative Variance	-	30.071	44.481	57.766	36.297	57.395	68.972

نتیجه‌گیری کلی

با اشاره به اینکه در این بررسی نتایج مدل‌های آماری متفاوت یکدیگر را تأیید کردند، شاهد رفتار متفاوت ژنوتیپ‌ها و تنوع در طیف گسترده‌ای از واکنش‌ها در هر دو شرایط عادی و تنش خشکی بودیم، که گویای تنوع کلی و شایان پذیرش در کلکسیون کنگد بانک ژن گیاهی ملی ایران بوده و به‌ویژه تنوع رفتاری نمونه‌ها نسبت به تنش خشکی را نشان داد. با توجه به پدیده تغییر اقلیم این ظرفیت بالقوه در منابع ژنتیکی کنگد می‌تواند در برنامه‌های پیش‌اصلاحی و اصلاحی بهره‌برداری شود. لذا با توجه به دو دیدگاه موجود به‌منظور انتخاب مواد ژنتیکی در فرآیندهای اصلاحی، یکی انتخاب ژنوتیپ برای عملکرد بالا در هر دو شرایط عادی و تنش خشکی و دیگری انتخاب ژنوتیپ تنها بر پایه تحمل به تنش خشکی، نمونه

ژنتیکی KC50662 و رقم اولتان در گروه چهارم به‌دست‌آمده از تجزیه خوشه‌ای به‌عنوان مصداق دیدگاه اول، به علت داشتن عملکرد دانه بالا، قابلیت کشت در مناطق خشک را دارند به‌طوری‌که نمونه‌های یادشده با داشتن حساسیت نه‌چندان کم به تنش خشکی، ولی به علت عملکرد بالا در هر دو شرایط عادی رطوبتی و تنش خشکی، می‌توانند در دوره‌های خشک، دست‌کم عملکرد شایان پذیرش را داشته باشند و در دوره‌هایی که آب قابل‌دسترس بیشتر است، توان استفاده بهینه از شرایط مناسب برای تولید بیشترین عملکرد دانه را داشته باشند و تا حدی جبران کمبود عملکرد در سال‌های خشک را بکنند. ولی بر پایه دیدگاه دوم، اگر هدف تنها شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل و منابع تحمل به خشکی باشد، ژنوتیپ KC50658 که کمترین حساسیت و کاهش عملکرد را دارد، قابل توصیه است.

REFERENCES

1. Abbasali, M. (1999). *Effects of drought on sesame*, M.Sc. thesis. Faculty of Agriculture. Azad University, Karaj, Iran. (in Farsi)
2. Abbasali, M. & Jaffar Aghaei, M. (1999). Professional evaluation of sesame genetic resources, Proceeding of The 5th Iranian Congress of Crop Production and Plant Breeding 30 Aug. -6 Sep. 1999, Karaj, Iran. (in Farsi)
3. Abbasali, M., Gharib Eshghi, A., Ghaybi, M., Kiyani Feriz, M. R., Manochehri, H., Fanaie, H. R., ... & Abdollahpour, H. (2014). Evaluation of Sesame Germplasm of National Plant Gene Bank of Iran for Drought Stress Tolerance. Retrieved June, 15, 2016, *AREEO*.
4. From <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=IR2015002577>
5. Aien, A. (2013). Effect of Eliminating of Irrigation at Different Growth Stages on Seed Yield and Some Agronomic Traits of Two Sesame Genotypes. *Seed and Plant Production Journal*, 29(1), 67-79.
6. Amani, M., Golkar, P. & Mohammadi-Nejad, G. (2012). Evaluation of drought tolerance in different genotypes of sesame (*Sesamum indicum* L.). *International Journal of Recent Scientific Research*, 3(4), 226-230.
7. Bedigian, D. & Harlan, J. R. (1986). Evidence for cultivation of sesame in the ancient world. *Economic botany*, 40(2), 137-154.
8. Blum, A. (2011). *Plant Breeding for Water-Limited Environments*. 207 p. Springer New York.
9. Boureima, S., Oukarroum, A., Diouf, M., Cisse, N. & Van Damme, P. (2012). Screening for drought tolerance in mutant germplasm of sesame (*Sesamum indicum*) probing by chlorophyll a fluorescence. *Environmental and Experimental Botany*, 81, 37-43.
10. Boureima, S., Diouf, M., Amoukou A. I. & Damme, V. P. (2016). Screening for sources of tolerance to drought in sesame induced mutants: Assessment of indirect selection criteria for seed yield. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, 4(1), 45-60.
11. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2016). *Statistics Division in FAO*. Retrieved June 1, 2016. From <http://faostat3.fao.org/compare/E>
12. Farahbakhsh, S. & Farahbakhsh, H., (2014). Effect of Drought stress on yield and yield components of sesame cultivars under Kerman conditions (*Sesamum indicum* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 12(4), 776-783. (in Farsi)
13. Farrokhi, E., Ahmadi, M. R., Khiavi, M., Mohammadi, E., Arab, G. H. & Andarkhoor, A. (2000). Registration of sesame (*Sesamum indicum*) Cultivar, Oltan. *Seed and Plant Improvement Journal*, 16(4), 512-514. (in Farsi)
14. Fernandez, G. C. (1992). Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: *Proceedings of the international symposium on adaptation of vegetables and other food crops in temperature and water stress* (pp. 257-270).

15. Fischer, R. A. & Maurer, R. (1978). Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Crop and Pasture Science*, 29(5), 897-912.
16. Golestani, M. & Pakniyat, H. (2007). Evaluation of drought tolerance indices in sesame lines. *JWSS-Isfahan University of Technology*, 11(41), 141-150. (in Farsi)
17. Hassanzadeh, M., Ebadi, A., Panahyan-e-Kivi, M., Jamaati-e-Somarin, S., Saeidi, M. & Gholipouri, A. (2009). Investigation of water stress on yield and yield components of sesame (*Sesamum indicum* L.) in Moghan region. *Research Journal of Environmental Sciences*, 3(2), 239-244.
18. IPGRI & NBPGR. (2004). Descriptors for sesame (*Sesamum spp.*). *International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, National Bureau of Plant Genetic Resources, New Delhi, India.*
19. Khajehpour, M. R. (2004). Industrial plants. Isfahan University of Technology. 571pp. (in Farsi)
20. Khammari, M., Ghanbari, A. & Rostami, H. (2013). Evaluation indicator of drought stress in different cultivars of sesame. *International Journal of Management Sciences and Business Research*, 2(9), 28.
21. Molaie, P., Ebadi, A., Namvar, A. & Bejandi, T. K. (2012). Water relation, solute accumulation and cell membrane injury in sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars subjected to water stress. *Annals of Biological Research*, 3(4), 1833-1838.
22. Nayar, N. M. (1976). Sesame: *Sesamum indicum* (Pedaliaceae). Evolution of crop plants. NW Simmonds, ed.
23. Nayar, N. M. & Mehra, K. L. (1970). Sesame: Its uses, botany, cytogenetics, and origin. *Economic Botany*, 24(1), 20-31.
24. Poor-Esmaeil, H. A., Fanaei, H. & Saberi, M. H. (2014). Evaluation of drought tolerant cultivars and lines of sesame using stress tolerance indices. *Scientific Journal of Crop Science*, 3(6), 66-70.
25. Richards, R. A. (2006). Physiological traits used in the breeding of new cultivars for water-scarce environments. *Agricultural Water Management*, 80(1), 197-211.
26. Rosielle, A. A. & Hamblin, J. (1981). Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. *Crop science*, 21(6), 943-946.
27. Shahidi, F. (2005). *Bailey's Industrial Oil and Fat Products, 6 Volume Set* (Vol. 4). Chapter.
28. Schneider, K. A., Rosales-Serna, R., Ibarra-Perez, F., Cazares-Enriquez, B., Acosta-Gallegos, J. A., Ramirez-Vallejo, P., ... & Kelly, J. D. (1997). Improving common bean performance under drought stress. *Crop Science*, 37(1), 43-50.
29. Thiry, A. A., Chavez Dulanto, P. N., Reynolds, M. P., & Davies, W. J. (2016). How can we improve crop genotypes to increase stress resilience and productivity in a future climate? A new crop screening method based on productivity and resistance to abiotic stress. *Journal of Experimental Botany*, 67(19), 5593-5603.
30. Zabet, M. & Samadzade, A. R. (2015). Evaluation of drought stress tolerant in some genotypes of sesame. *Journal of Applied Crop Breeding*, 2(2), 158-197.