Shahid Chamran University of Ahvaz

**Irrigation Sciences and Engineering (JISE)**
**Vol. 44, No. 1, Fall 2021, p. 15-28**

**Research Paper**

Journal homepage: https://jise.scu.ac.ir

**EXTENDED ABSTRACT**

# Determination of Drought Stress Indices of Two Varieties Sesame Local of Behbahan and Dashtestan2

N. Salamati[1*], A. Danaie[2] and L. Behbahani[3]

*1*- Corresponding Author- Research Assistant Professor of Agricultural Engineering Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran.. (n.salamati@areeo.ac.ir).*

*2- Member of Scientific Board, Seed and Plant lmprovement Department, Khuzestan. Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ahvaz, Iran.*

*3- Researcher of food industry, Agricultural Engineering Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran.*

**ARTICLE INFO**

*Artlcle history:*
Received: 21 May 2019
Revised: 1 November 2019
Accepted: 3 November 2019

*Keywords:*
1000-Grain Weight, Water Use Efficiency, Variety, Evapotranspiration.

**TO CITE THIS ARTICLE:**

Salamati, N., Danaie, A., Behbahani, L. (2021). 'Determination of Drought Stress Indices of Two Varieties Sesame Local of Behbahan and Dashtestan2', Irrigation Sciences and Engineering, 44(3), pp. 15-28. doi: 10.22055/jise.2019.29415.1842.

## Introduction

Water stress is currently considered the most important and common cause of reduced yield in arid and semi-arid regions. Still, this tension may even occur in areas with high rainfall. Due to its resistance to drought and heat, Sesame is of great importance in developing agriculture in arid and semi-arid regions during summer planting. Sesame, with the scientific name Sesamum indicum L. is crucial in developing agriculture in arid and semi-arid regions during summer planting (Aien, 2013) due to its tolerance to drought stress and heat. According to the results of this study, the KC50662 and Oltan sesame varieties in terms of yield and yield components in normal conditions and stress were in the superior group. The two cultivars with higher stress tolerance index (STI) had higher performance in both conditions. Regression results for the STI index indicated that cultivars with higher STI had more seed weight per capsule and more capsules per plant (Abbasali et al., 2017). The results of one research showed that Olt cultivar with the highest levels of STI and the lowest SSI and TOL as tolerant cultivars were identified in normal condition and moisture stress conditions. The researchers also identified the Sesame Oltan variety as having the highest amount of STI and the least amount of SSI and TOL indices as a drought-tolerant (Molaei et al., 2012). In one study, Darab 14 sesame variety was superior in the normal conditions and moisture stress in terms of tolerance and sensitivity and was introduced as an outstanding cultivar in evaluating MP, TOL, SSI, HARM, and STI indices (Amani et al. 2012). Considering the importance of Sesame as one of the leading products of feed oil supply in Iran, the implementation of low irrigation can be adapted to the occurrence of droughts with water shortages. This study aimed to investigate the effect of drought stress on different levels of drip irrigation and the identification of superior cultivars based on drought stress indices.

**Methodology**

To study and evaluate drought stress indices in drip irrigation method, yield, grain yield components, oil yield, seed oil percentage, and grain water use efficiency were tested in 2018-2019 in Behbahan Agricultural Research Station. The experiment was conducted as split plots in randomized complete block design with 3 replications. The main factor included water levels in drip irrigation at four levels of 40, 60, 80, and 100% of water requirement from the beginning of the flowering stage and the subfactor including Varieties in two levels, including local Behbahan and Dashtestan2 cultivars. Also, a treatment that was irrigated according to the farmer's custom and by surface irrigation (furrow irrigation) was included as a control in this research. The daily rainfall and meteorological parameters were reported from the synoptic meteorological office in Behbahan. For accurate irrigation management, daily statistics from Behbahan synoptic meteorological stations (minimum and maximum daily temperature, minimum and maximum humidity, wind speed, and maximum hours of sunshine) were used to calculate daily evapotranspiration based on the Penman-Monteith model (Allen et al., 1998). Data was monitored daily, irrigation time was calculated, and soil samples were collected before irrigation, moisture content, and then volume moisture content. Finally, soil moisture was detected and determined by evapotranspiration rate calculated from statistics Meteorology daily was verified. Pearson correlation coefficients were used for all measured or calculated parameters to compare the measured and calculated results. Before planting, soil sampling was carried out. Irrigation water was prepared during the sampling water season and sent to the lab to measure the properties.

**Results and Discussion**

Comparison of the average water use efficiency of irrigation and cultivar interactions showed that 100% water requirement and local of Behbahan cultivar with water use efficiency of 0.222 kg/m3 of sesame seeds were superior treatments. In one year of the experiment, average water consumption was 40, 60, 80, 100% water requirement and control treatment (Surface irrigation) respectively 35.0, 41.4, 47.8, 54.2, and 65.1 cm water. Pearson correlation coefficient indicated that increasing plant height, seed number per capsule, capsule per plant, 1000 seed weight, water use efficiency, water volume, seed oil yield, and seed oil-water use efficiency increased. The trend of changes in 1000-grain weight with changes in water use efficiency, the volume of water consumed, seed oil yield, and water use efficiency of seed oil showed a consistent and significant trend at the 1% level. Due to the higher values of SSI and TOL indices in Behbahan's local variety compared to Dashtestan2, and also the low rates of STI, MP, GMP, HM, YI, and YSI indices in Behbahan's local cultivar, compared with Dashtestan2, can be Behbahan's local cultivar for drought stress It was introduced as a superior treatment.

**Conclusions**

Reducing water use in stress treatments (40, 60, and 80% water requirement) decreased water yield in these treatments than 100% water requirement treatment. Reducing water use in drought stress did not lead to increased water use efficiency of these treatments than 100% water requirement. Significant correlation between the volume of water consumed and the plant height indicates the great importance of optimal management of irrigation of this product is strategic. Because the highest correlation coefficient of plant height with the number of seeds per capsule was calculated to be r=0.9562. In other words, the most significant correlation between the number of seeds per capsule as one of the essential components of yield with plant height and plant height with the volume of water consumed indicates the important role of optimal irrigation management in the production of Sesame. The non-invasive MP index and TOL index were the most resistant to water stress changes. Therefore, the TOL index can be considered the most prominent and significant component of drought-tolerant cultivar identification. So the TOL index divides the two variables into account based on their performance variations. The lower the variation, the more stable the variety will be in drought stresses.

**Acknowledgments**

Thus, the Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Training Center is gratefully acknowledged for its commitment to material support and spiritual support in conducting this research (971214 - 067 - 1403 - 46 - 34).

**References**

1- Abbasali, M., Gholipouri, A., Tobeh, A., Khoshkholgh Sima, N.A. and Ghalebi, S., 2017. Identification of drought tolerant genotypes in the sesame (*Sesamum indicum L*.) Collection of National Plant Gene Bank of Iran. *Iranian Journal of Field Crop Science, 48* (1). pp. 275-289. (In Persian).

2- Aien, A., 2013. Effect of eliminating of irrigation at different growth stages on seed yield and some agronomic traits of two sesame genotypes. *Journal of Planting and Seed. 2, 29* (1). pp. 67-79. (In Persian).

3- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage Paper 56*, Rome, Italy.

4- Amani, M., P. Golkar and Mohammadi-Nejad, G., 2012. Evaluation of drought tolerance in different genotypes of sesame (*Sesame indicum* L.). *International Journal of Recent Scientific Research*, *3*(4) pp. 226-230.

5- Molaei, P., Ebadi, A., Namvar, A. and 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), . pp. 1833-1838.



© 2021 Shahid Chamran Universiry of Ahvaz, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0 license) (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

علوم و مهندسی آبیاری جلد ٤٤، شماره‌ی۳، پاییز ۱٤۰۰، مقاله پژوهشی، ص. ۲۸-۱۵

# تعیین شاخص‌های تنش خشکی دو رقم کنجد محلی بهبهان و دشتستان۲

نادر سلامتی[۱*]، امیرخسرو دانایی[۲] و لیلا بهبهانی[۳]

۱* - نویسنده مسوول، استادیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، n.salamati@areeo.ac.ir

۲ - مربی پژوهش، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.

۳ - محقق صنایع غذایی، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی ، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.

دریافت: ۱۳۹۸/۲/۳۱ بازنگری: ۱۳۹۸/۸/۱۰ پذیرش: ۱۳۹۸/۸/۱۲

## چکیده

**به‌منظور بررسی شاخص‌های تنش‌خشکی در روش آبیاری قطره‌ای نواری بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه، عملکرد روغن، درصد روغن دانه و کارایی مصرف آب، آزمایشی در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان اجرا گردید. آزمایش به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اصلی شامل مقدار آب در آبیاری قطره‌ای نواری در پنج سطح شامل چهار سطح ٤۰، ٦۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیازآبی از شروع مرحله گلدهی در آبیاری قطره‌ای و یک سطح آبیاری سطحی (جویچه‌ای) به‌عنوان تیمار شاهد و فاکتور فرعی شامل رقم در دو سطح شامل ارقام محلی بهبهان و دشتستان۲ بود. مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری و رقم نشان داد که بالاترین کارایی مصرف آب مربوط به رقم محلی بهبهان در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبـی با مقادیر معادل ۰/۲۲۲ کیلوگرم دانه کنجد بر مترمکعب آب بود. به‌دلیل بیش‌تر بودن مقادیر شاخص‌های SSI و TOL در رقم محلی بهبهان نسبت به رقم دشتستان۲ می‌توان رقم محلی بهبهان را از نظر تنش‌خشکی به عنوان تیمار برتر معرفی نمود. نتایج ضریب همبستگی پیرسون نشان داد وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار تعداد دانه در کپسول، کپسول در بوته و وزن هزاردانه به‌عنوان اجزای عملکرد با عملکرد نشان داد که با افزایش اجزای عملکرد در نهایت عملکرد دانه افزایش یافت. میزان شاخص‌های SSI و TOL با افزایش سطح تنش‌خشکی (از ۱۰۰ درصد به ٤۰ درصد نیاز آبی) افزایش پیدا کرد در حالی‌که مقادیر شاخص‌های STI، MP، GMP، HM، YI و YSI با افزایش سطح تنش کاهش یافتند.**

**کلید واژه‌ها:** وزن هزار دانه، کارایی مصرف آب، تبخیر و تعرق.

## مقدمه

تنش‌های محیطی یک مانع بزرگ برای تأمین غذای جهانی هستند. زمین‌های زراعی فاقد تنش نسبتاً کمی موجودند که در آن گیاهان زراعی به عملکردهای پتانسیل خود می‌رسند. برای مثال حدود ۴۵ درصد از اراضی کشاورزی جهان که ۳۸ درصد از جمعیت دنیا در آن جای گرفته اند، با خشکی موقت یا دائم مواجه هستند (Bot et al., 2000). هم اکنون تنش آب به‌عنوان مهم‌ترین و متداول‌ترین عامل کاهش عملکرد در مناطق خشک و نیمه خشک مطرح است، اما این تنش ممکن است حتی در مناطقی با بارندگی بالا نیز اتفاق بیافتد (Vamerali et al., 2003). کنجد با نام علمی Sesamum indicum L. به‌دلیل تحمل به خشکی و گرما اهمیت بسیاری در توسعه کشاورزی مناطق خشک و نیمه خشک در کشت تابستانه دارد (Aien, 2013). این گیاه به دلیل محتوی بالای روغن (۵۲-۴۲ درصد) و کیفیت مناسب آن (میزان کم کلسترول و وجود برخی آنتی اکسیدان‌ها) نقش مهمی در سلامت انسان دارد ( Afshari et al., 2014). تجزیه واریانس شاخص های تنش نشان می‌دهد که ارقام کنجد از نظر شاخص‌های بهره‌وری متوسط (MP= Mean Productivity)، میانگین هندسی بهروری (GMP=Geometric Mean Productivity)، تحمل به تنش (Stress Tolerance Index =STI)و میانگین هارمونیک (HM= Harmonic Mean) اختلاف معنی‌داری دارند. با در نظر گرفتن همبستگی آن‌ها با عملکرد در شرایط تنش و غیر تنش، شاخص‌های فوق به‌عنوان بهترین شاخص‌ها در شناسایی ارقام متحمل انتخاب گردیده اند. شاخص‌های تحمل (TOL=Tolerance Index) و حساسیت به تنش (SSI) در تمایز ارقام نقش زیادی نداشتند (Dargahi et al., 2011). بر اساس نتایج یک پژوهش، ارقام کنجد KC50662 و اولتان از نظر عملکرد و اجزای آن در شرایط عادی و تنش در گروه برتر قرار گرفتند. دو رقم فوق با داشتن شاخص تحمل به تنش (STI) بیش‌تر، عملکرد بالاتری در هر دو شرایط داشتند. نتایج رگرسیون برای شاخص STI

نشان داد ارقام با STI بالاتر دارای وزن بیشتر دانه در کپسول و تعداد بیش‌تر کپسول در بوته بودند (Abbasali et al., 2017). هم‌چنین با بررسی تحمل به خشکی در هشت رقم کنجد، رقم محلی دزفول دارای بالاترین عملکرد در شرایط عادی و تنش بود و سه رقم دریافتی از بانک ژن گیاهی ملی ایران حساس تشخیص داده شدند. با بررسی شاخص‌های تحمل به خشکی در لاین‌های کنجد مشخص گردید که توده محلی دزفول بر اساس شاخص‌های MP، HARM، GMP و STI متحمل‌ترین ژنوتیپ به خشکی بود (Golestani and Pakniyat, 2007).

در بررسی دیگری رقم کنجد داراب ۱۴ بر اساس شاخص‌های تحمل و حساسیت، در شرایط عادی و تنش رطوبتی به‌تنهایی در گروه برتر بود و در ارزیابی شاخص‌های MP، TOL، SSI، HARM و STI به عنوان رقم برتر معرفی شد (Amani et al., 2012).

Abbasali et al.(2017) اعلام داشتند که شاخص‌های MP، GMP و STI در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی با عملکرد دانه کنجد همبستگی مثبت و معنی داری دارند و بر اساس این شاخص‌ها رقم داراب ۱۴ و توده محلی سیستان به‌عنوان واریته‌های برتر معرفی شدند. بررسی اثر تنش آب روی عملکرد و اجزای عملکرد ۲۷ ژنوتیپ کنجد نشان داد که اجزای عملکرد به شدت تحت تأثیر تنش آب قرار می‌گیرند. بر پایه‌ی شاخص تحمل فرناندز (STI) ژنوتیپ‌های با تحمل بالا و مناسب برای شرایط تنش خشکی، شناسایی شدند. به‌طوری‌که ژنوتیپ‌های اولتان، کرج یک، نازتک شاخه و ورامین ۲۳۷ عملکرد بیش‌تری را نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها تولید کردند (Hassanzadeh et al., 2009). با ارزیابی عملکرد ارقام کنجد اولتان و داراب ۱۴ در شرایط عادی و محدودیت رطوبتی، رقم اولتان با بیش‌ترین میزان STI و کم‌ترین میزان SSI و TOL به عنوان رقم متحمل شناسایی گردید. این پژوهش‌گران نیز رقم اولتان را به دلیل داشتن بیش‌ترین مقدار شاخص STI و کم‌ترین مقدار شاخص‌های SSI و TOL به عنوان رقم مقاوم به خشکی معرفی کردند (Molaei et al., 2012). Boureima et al. (2012) اظهار داشتند ژنوتیپ کنجد ۳۲، ۱۵ در هر دو سال اجرای آزمایش بر اساس شاخص‌های MP، GMP، YI و STI ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی بودند. Khani et al. (2007) نیز در بررسی انتخاب برای مقاومت به خشکی در ژنوتیپ‌های کنجد، شاخص‌های MP، GMP، HARM و STI را به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها برای غربال ژنوتیپ‌های متحمل معرفی کرده و بر اساس این شاخص‌ها، ژنوتیپ‌های JL-13 ، داراب ۱۴ و TS-3 را برای کشت در منطقه جیرفت و کهنوج توصیه نمودند. Shiranirad و Abbasian (2015) اعلام کردند که شاخص‌های MP، GMP و YI جهت شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط نامطلوب کمبود آب بسیار مؤثر هستند. نتایج یک تحقیق بر روی کنجد نشان داد که صفات ارتفاع بوته، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک در دو شرایط آبیاری عادی و تنش اختلاف معنی‌داری داشتند. رقم داراب ۱۴ در هردو شرایط با توجه به صفات مهم زراعی از وضعیت مناسبی برخوردار بود. نتایج همبستگی در شرایط نرمال نشان داد که تعداد برگ در بوته (۰/۶۱۶) ، وزن هزار دانه (۰/۶۶۸) و تعداد کپسول در بوته (۰/۵۷۹) همگی در سطح پنج درصد معنی دار بوده و بالاترین همبستگی را با عملکرد دانه داشتند (Askari et al., 2016). ارزیابی ارقام مختلف گلرنگ از نظر تحمل به خشکی توسط شاخص‌های کمی تحمل به خشکی شامل SSI، STI، GMP،MP و TOL صورت گرفت. در این پژوهش ژنوتیپ‌های اصفهان ۱۴ و ۱۱۱،۲۲ بر اساس شاخص STI به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها شناسایی شدند و ژنوتیپ‌های ۴۳۳،۷ و گل سفید با توجه به دارا بودن بیش‌ترین مقادیر شاخص‌های TOL و SSI جزو حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند (Lotfi et al., 2012). در تحقیقات انجام شده توسط Daneshian و Jonoubi (2008) سه شاخص GMP، MP و SSI به‌عنوان کاراترین شاخص‌ها در ارزیابی ارقام مقاوم به خشکی در آفتابگردان گزارش شدند.

Sio-Semardeh et al. (2006) گزارش نمودند که انتخاب بر اساس شاخص MP زمانی مطلوب است که شدت تنش و اختلاف بین عملکرد در شرایط بدون تنش و دارای تنش رطوبتی، زیاد نباشد. Acosta-Gallegos و Adams (1991) بیان کردند که ترتیب طبقه بندی بر اساس GMP با ترتیب طبقه بندی بر اساس شاخص SSI متفاوت است. نتایج نشان داد که تنش سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه و عملکرد دانه کلزا شد. در بین ارقام مورد بررسی، شاخص‌های میانگین هندسی قابلیت تولید (GMP) و تحمل به تنش (STI) به‌دلیل همبستگی بالا با عملکرد دانه در هر دو شرایط شاهد و تنش در گزینش رقم متحمل به خشکی و با پتانسیل عملکرد بالا انتخاب شدند (Shahrabi et al., 2013). ارزیابی ارقام کلزا از نظر تحمل به خشکی با استفاده از شاخص های میانگین حسابی (MP)، تحمل (TOL)، حساسیت به تنش (SSI)، میانگین هندسی (GMP) و تحمل به تنش (STI) انجام شد.. با توجه به میزان همبستگی آن‌ها با عملکرد در شرایط تنش و غیر تنش، شاخص STI به‌عنوان بهترین شاخص در تفکیک ارقام متحمل به خشکی شناخته شد (Zaferaniyeh. 2015). نتایج به‌دست آمده از یک تحقیق نشان داد که در بین شاخص‌های مورد بررسی، شاخص‌های میانگین عملکرد (MP)، میانگین هندسی عملکرد (GMP) و حساسیت به تنش (STI). به واسطه دارا بودن همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد در هر دو محیط تنش و بدون تنش، بهترین شاخص‌ها برای گزینش و شناسایی ارقام متحمل کلزا به تنش آخر فصل می‌باشند (Monajem et al., 2011). نتایج تحقیق Eskandari et al. (2010) نشان داد که با افزایش شدت کمبود آب، ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در واحد سطح کاهش یافتند. تمامی این صفات همبستگی مثبتی با همدیگر داشتند که نشان می‌دهد کاهش هر یک از این صفات می‌تواند اثر

*DOI:* 10.22055/JISE.2019.29415.1842

منفی بر عملکرد کنجد داشته باشد. رقم TS3 از نظر ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در مقایسه با سایر ارقام برتر بود. رقم TS3 در هر دو سال اجرای آزمایش بالاترین کارآیی مصرف آب را داشت. بیش‌ترین کارایی مصرف آب در شرایط کمبود شدید آب به‌دست آمد که نشان می‌دهد گیاه زراعی کنجد با مصرف کم آب قادر به تولید عملکرد مناسب می‌باشد. Sakila et al. (2000) در بررسی‌هایی که روی ۳۶ هیبرید کنجد و ۱۲ والد آن‌ها انجام دادند، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین ارتفاع بوته، تعداد کپسول در ساقه اصلی و تعداد کل کپسول در گیاه با عملکرد تک بوته گزارش نمودند. از آن جا که بین تعداد کپسول در بوته و ارتفاع بوته همبستگی مثبت و معنی داری وجود داشت، به اعتقاد این محققین برای بهبود عملکرد کنجد می‌توان گزینش را بر اساس تعداد کپسول در بوته و ارتفاع گیاه انجام داد. نتایج حاصل از تجزیه ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه در بوته با صفات موجود نشان داد که در هر دو رژیم رطوبتی، تعداد کپسول در بوته بیش‌ترین اثر مستقیم مثبت را بر عملکرد دانه در بوته داشت. در بین ضرایب همبستگی، صفت عملکرد دانه در بوته با صفات تعداد کپسول در بوته و وزن دانه در کپسول در هر دو شرایط رطوبتی، همبستگی مثبت و معنی داری داشت ( Yari and Saidi, 2016). به طور کلی عملکرد دانه در کنجد به تعداد بوته در واحد سطح، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن هزاردانه بستگی دارد و افزایش دفعات آبیاری به طور معنی‌داری تعداد دانه در کپسول را افزایش می‌دهد (Dilip et al, 1991). بر اساس نتایج ضرایب همبستگی یک پژوهش، بین صفات وزن هزار دانه، تعداد شاخه‌های فرعی بارور، وزن خشک، ارتفاع بوته، تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی داری در سطح یک درصد وجود داشت (Shabani et al., 2015).

با توجه به اهمیت کنجد به‌عنوان یکی از محصولات مهم تأمین‌کننده روغن خوراکی در ایران، با اجرای روش کم آبیاری می‌توان در هنگام بروز خشک‌سالی با کمبود آب سازگار شد. هدف از اجرای این تحقیق بررسی تأثیر تنش خشکی از طریق اعمال سطوح مختلف آبیاری قطره‌ای نواری و شناسایی رقم برتر بر اساس شاخص‌های تنش بود.

## مواد وروش ها

به منظور بررسی و تعیین عکس العمل دو رقم کنجد به تنش آبی و شناسایی رقم مقاوم به تنش، آزمایشی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان با طول جغرافیایی ۱۴َ: ۵۰ْ شرقی و َ ۳۶: ۳۰ْ عرض شمالی به‌صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ اجرا شد. محل آزمایش دارای اقلیم نیمه خشک، ارتفاع آن از سطح دریا ۳۴۵ متر و متوسط بارندگی سالانه ۳۴۹ میلی‌متر است. فاکتور اصلی در پنج سطح که چهار سطح شامل مقدار آب در آبیاری قطره‌ای نواری بر اساس ۴۰٪، ۶۰٪، ۸۰٪ و ۱۰۰٪ نیاز آبی و از شروع مرحله گلدهی اعمال گردید و یک تیمار که آبیاری آن بر اساس عرف زارع و به روش آبیاری سطحی (جویچه‌ای) انجام شد، به عنوان شاهد در این تحقیق گنجانده شد. فاکتور فرعی در دو سطح شامل ارقام محلی بهبهان و دشتستان۲ بود. در شکل (۱) نقشه‌ی منطقه‌ای که این پژوهش در آن انجام گردید نشان داه شده است.

آب مورد نیاز برای آبشویی مزارع مورد مطالعه بر اساس نشریه فائو ۲۹ (FAO29-Chap2) در آبیاری قطره‌ای از رابطه (۱) برآورد شد.

$$LR=ECw /(2Max\ ECe) \qquad (۱)$$

که در آن ECw هدایت الکتریکی آب آبیاری (ds/m)، ECe آستانه تحمل محصول (ds/m) و MaxECe شوری با عملکرد صفر (ds/m) است. با استفاده از فرمول (۱) نیاز آبشویی بر حسب درصد محاسبه گردید و سپس با در نظر گرفتن نیاز آبی محاسبه شده در طول دوره رشد و نمو کنجد نیاز آبشویی بر حسب میلی‌متر محاسبه شد. آستانه تحمل با ۱۰ درصد کاهش عملکرد برای محصولات مورد مطالعه از نشریه فائو ۲۹ استخراج گردید. راندمان آبیاری فصلی پیش‌بینی شده ۹۵ درصد در نظر گرفته شد. برای مقایسه آماری نتایج اندازه‌گیری و محاسبه شده از ضرایب همبستگی پیرسون برای تمام پارامترهای اندازه‌گیری یا محاسبه شده استفاده گردید. بدین منظور ضرایب همبستگی برای صفات مورد ارزیابی بر اساس معنی‌دار بودن روند تغییرات در سطوح یک و پنج درصد و هم سو یا ناهم سو بودن این روند تغییرات، بررسی و تجزیه و تحلیل انجام شد.

در طول فصل زراعی صفاتی مانند ارتفاع بوته، تعداد دانه در کپسول، تعداد کپسول در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، درصد روغن، عملکرد روغن دانه، کارآیی مصرف آب دانه و کارایی مصرف آب روغن دانه اندازه‌گیری یا محاسبه شدند. هر کرت فرعی شامل چهار خط کاشت (دو پشته و عرض هر پشته۹۰ سانتی‌متر) به طول ۲۰ متر و مساحت ۳۶ متر مربع بود که برای اندازه گیری عملکرد دانه، دو ردیف کناری به‌عنوان حاشیه حذف گردیده و دو ردیف وسط پس از حذف مجموعاً یک متر از بالا و پایین هر ردیف به مساحت ۱۲ مترمربع برداشت شدند. به‌منظور تعیین ارتفاع بوته، تعداد دانه در کپسول و تعداد کپسول در بوته از هر کرت فرعی۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و این صفات در آن‌ها اندازه‌گیری گردیدند. برای اندازه‌گیری وزن هزاردانه، بعد از برداشت محصول ۱۰ نمونه ۱۰۰ تایی از بذور هر کرت فرعی به‌طور تصادفی انتخاب و با ضرب کردن میانگین وزن آن‌ها در عدد ۱۰، وزن هزاردانه محاسبه شد. پس از برداشت با ارسال ۲۰۰ گرم بذور کنجد از هر کرت فرعی به آزمایشگاه، درصد روغن اندازه گیری گردید. عملکرد روغن دانه با ضرب عملکرد دانه در درصد روغن به‌دست آمد. کارایی مصرف آب از تقسیم عملکرد بر مجموع آب مصرف شده توسط آبیاری و بارندگی

موثر محاسبه شد (رابطه ۲). بارندگی موثر از معادله SCS (رابطه ۳) تعیین شد (Sephevand, 2009).

$$WUE = Y/(Pe+Ir) \quad (۲)$$

$$Pe = P\times(125-(0.2\times P)/125) \quad (۳)$$

که در آن، WUE کارایی مصرف آب ($kg/m^3$)، Y عملکرد دانه (kg)، Pe بارندگی موثر (mm)، Ir عمق آبیاری (mm) و P بارندگی ماهیانه (mm) می‌باشد. در رابطه (۲) مقدار Pe محاسبه شده بر حسب میلی‌متر، در عدد ۱۰ ضرب شده تا واحد آن به مترمکعب بر هکتار تبدیل شود.

فاصله بین کرت‌های اصلی ۴ متر در نظر گرفته شد. فاصله بین کرت‌های فرعی یک پشته نکاشت و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر بود. پس از شخم، دیسک و ماله بر اساس نتایج آزمون خاک اقدام به کودپاشی و پخش یکنواخت علف‌کش ترفلان به - میزان ۲/۵ لیتر در هکتار در سطح مزرعه گردیده و به‌وسیله دیسک سبک، کود و علف‌کش با خاک مخلوط شدند. کودهای فسفر و پتاسیم کلاً قبل از کاشت بر اساس آزمون خاک به‌ترتیب به‌مقدار ۱۱۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و کود نیتروژنه در ۳ نوبت (یک-سوم همزمان با آبیاری دوم، یک‌سوم بلافاصله بعد از تنک و یک‌سوم در شروع مرحله گلدهی) به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره مصرف گردید. تاریخ کاشت ۲ مرداد ماه بود. اعمال تیمارهای آبیاری پس از ظهور گل انجام شد. قبل از کاشت برای آزمون، نمونه‌برداری از خاک انجام شد. از آب آبیاری در طول فصل نمونه‌ی آب تهیه و برای اندازه‌گیری خصوصیات مورد نظر به آزمایشگاه ارسال گردید. نتایج آزمایشات آب و خاک در جداول (۱) و (۲) نشان داده شده است. نیاز آبی حاصل از تبخیر تعرق محاسبه شده برای تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی در ماه‌های انجام آزمایش در جدول (۳) نشانان داده شده است.




**Fig.1- Map of the studied area**
**شکل ۱ – نقشه منطقه مورد مطالعه**

**جدول ۱– نتایج تجزیه نمونه آب**

**Table 1– Water sample analysis results**

| Year | EC (µS/m) | pH | T.D.S mg/lit | Anions (*meq/l*) | | | Cations (*meq/l*) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $Cl^-$ | $So_4^{-2}$ | $HCO_3$ | $Na^+$ | $Mg^{+2}$ | $Ca^{+2}$ |
| 2018-19 | 1740 | 7.4 | 1140 | 8.8 | 8.0 | 3.2 | 8.0 | 3.2 | 8.8 |

**جدول ۲- نتایج تجزیه نمونه خاک آزمایش قبل از کاشت**

**Table 2- Analysis of soil samples before planting**

| Year | Soil depth (cm) | FC (Weigh moisture %) | $pb$ ($gr/cm^3$) | $K^+$ (mg/kg) | P (mg/kg) | Organic carbon (%) | pH | EC (ds/m) | Soil texture |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2018-19 | 0-30 | 24 | 1.57 | 246 | 9.5 | 0.64 | 7.5 | 2.8 | Silty clay loam |

**جدول ۳- نیاز آبی حاصل از تبخیر تعرق محاسبه شده برای تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی در ماه‌های انجام آزمایش و نیاز آبشویی (میلی‌متر) (از ۲ مرداد تا ۱۹ آبان)**

**Table 3-Water requirement for evapotranspiration calculated for 100% water requirement in the months of the test and the need for leaching (mm) (from 24 july to 10 Nov)**

| Year | August - July | July - September | September - October | October - November | Leaching requirement | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2018-19 | 96.4 | 191.0 | 151.8 | 36.7 | 75.7 | 541.7 |

*DOI:* 10.22055/JISE.2019.29415.1842

برای محاسبه نیاز آبی از آمار روزانه بارندگی و پارامترهای هواشناسی اداره هواشناسی سینوپتیک بهبهان استفاده شد. برای مدیریت دقیق آبیاری، با استفاده از آمار روزانه‌ی ایستگاه هواشناسی سینوپتیک بهبهان (دمای حداقل و حداکثر روزانه، رطوبت حداقل و حداکثر روزانه، سرعت باد و حداکثر ساعات آفتابی)، تبخیر تعرق گیاه به‌صورت روزانه بر اساس مدل پنمن – مانتیث محاسبه شد (Allen et al., 1998). با پایش اطلاعات به‌صورت روزانه، مدت زمان آبیاری محاسبه و از طریق نمونه برداری خاک قبل از تعدادی از آبیاری‌ها، رطوبت وزنی و سپس رطوبت حجمی و در نهایت کمبود رطوبت خاک مشخص گردید و با میزان تبخیر تعرق محاسبه شده از آمار روزانه هواشناسی صحت سنجی شد. به این ترتیب نیاز آبی ۱۰۰ درصد روزانه گیاه محاسبه گردید. آن‌گاه مقادیر ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی برای اعمال تیمارها محاسبه گردید. سپس با کنتورهای حجمی با دقت ۰/۰۰۰۱ مترمکعب میزان آبی که به گیاه داده شد اندازه‌گیری گردید. دور آبیاری دو روز تعریف شد و برای تعیین ضرایب گیاهی ترجیحاً بر اساس مطالعات انجام شده و مدل فائو ۵۶ اقدام گردید. اندازه‌گیری آب مصرفی در تیمار شاهد با فلوم WSC انجام گردید. تبخیر تعرق روزانه با استفاده از نرم‌افزار ETCalculator محاسبه شد. مقدار آب مورد نیاز کنجد حاصل مجموع نیاز آبشویی (از رابطه (۱) با تبخیر تعرق روزانه در طول فصل کاشت (از تاریخ ۲ مرداد ماه تا ۱۹ آبان ماه) محاسبه گردید (جدول۳). بارندگی روزانه در سال انجام آزمایش در شکل(۲–الف) و تبخیر تعرق روزانه محاسبه شده با نرم‌افزار ETCalculator در شکل (۲–ب) نشان داده شده‌اند.

ارزیابی ارقام از نظر تحمل به خشکی توسط شاخص‌های حساسیت به تنش (SSI= Stress Susceptibility Index)، تحمل (TOL=Tolerance Index)، تحمل به تنش (Stress Tolerance Index =STI)، بهره‌وری متوسط (MP= Mean Productivity)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP=Geometric Mean)، میانگین هارمونیک (HM= Harmonic mean)، شاخص عملکرد (YI =Yield index) و شاخص پایداری عملکرد (YSI =Yield stability index) انجام شد (Fernandez, 1992؛ Fischer and Maurer, 1978). شاخص‌های فوق به‌شرح زیر محاسبه گردیدند:

$$SSI = [1-(Y_S/Y_P)] / [1- (Y_{S'}/Y_{P'})] \quad (۴)$$

$$TOL = Y_P-Y_S \quad (۵)$$

$$STI= (Y_P/Y_{P'}) (Y_S/Y_{S'}) (Y_{S'}/Y_{P'}) =(Y_P) (Y_S) / (Y_{P'})^2 \quad (۶)$$

$$GMP = (Y_P \times YS)^{.5} \quad (۷)$$

$$MP= (Y_P +Y_S)/2 \quad (۸)$$

$$HM = (2\times Y_P \times YS)/(Y_P +Y_S) \quad (۹)$$

$$YI= Y_S /Y_{S'} \quad (۱۰)$$

$$YSI= Y_S / Y_P \quad (۱۱)$$

در این فرمول $Y_S$ و $Y_P$ به ترتیب میانگین عملکرد دانه هر رقم تحت شرایط تنش، بدون تنش و $Y_{S'}$ و $Y_{P'}$ نیز میانگین کل عملکرد دانه ارقام تحت شرایط تنش و بدون تنش می‌باشد. تنش خشکی شامل سه سطح آبیاری ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی کنجد می‌باشد. در پایان اجرای آزمایش، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و تجزیه آماری توسط نرم‌افزار MSTATC انجام شد.

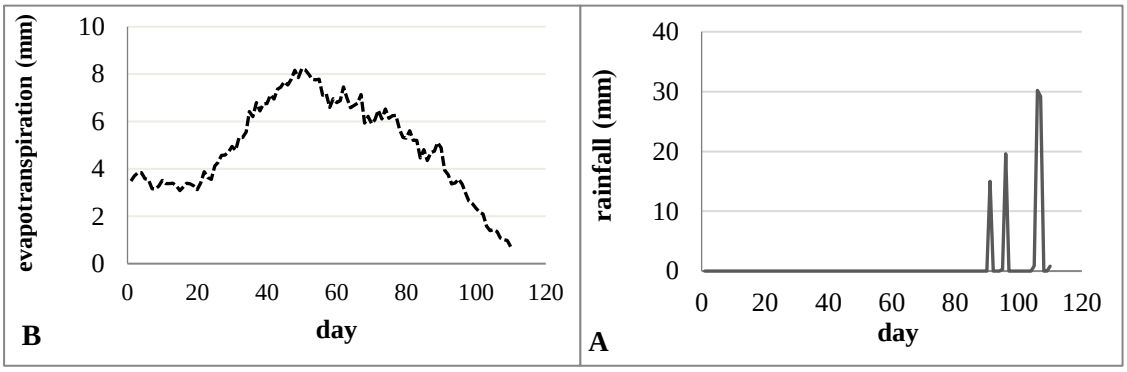



**Fig. 2- Rainfall (A) and evapotranspiration calculated daily (B) in the period of 2018-19 (from 24 July to 10 Nov).**

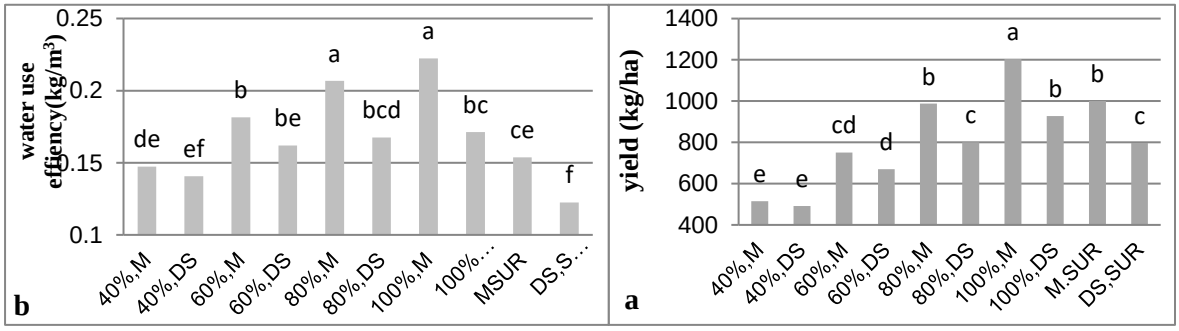
**شکل ۲ – بارندگی سال زراعی (الف) و (تبخیرتعرق + نیاز آبشویی) روزانه محاسبه شده (ب) در سال زراعی ۹۷-۹۶ (از ۲ مرداد تا ۱۹ آبان)**

## نتایج و بحث

مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری و رقم از نظر عملکرد دانه نشان داد که تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی در رقم محلی بهبهان با عملکرد ۱۲۰۴ کیلوگرم در هکتار تیمار برتر بود. رقم محلی بهبهان در تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی و رقم دشتستان ۲ در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی به‌ترتیب با عملکردهای ۹۸۸ و ۹۲۸ کیلوگرم در هکتار در رده دوم قرار گرفتند (شکل ۳ – الف). نتایج این آزمایش با نتایج حاصل از تحقیقات Shahrabi et al. (2013)، Eskandari et al. (2010)، Hassanzadeh et al., 2009 و Dilip et al. (1991)، مطابقت داشت.

مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری و رقم از نظر کارایی مصرف آب نشان داد تیمارهای ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی در رقم محلی بهبهان به‌ترتیب با تولید ۰/۲۲۲ و ۰/۲۲۷ کیلوگرم دانه کنجد به ازای مصرف یک مترمکعب آب، به صورت مشترک در رتبه اول جای گرفتند ولی تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی در رقم محلی بهبهان به دلیل مصرف کم‌تر آب تیمار برتر بود (شکل ۳ – ب). کاهش مصرف آب در تیمارهای تنش (۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی) موجب کاهش عملکرد آب در این تیمارها نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی شده است (شکل ۳ – الف). در تیمارهای تنش کاهش مصرف آب موجب نشده تا کارایی مصرف آب این تیمارها نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی افزایش پیدا کند. به‌عبارت دیگر اثر کاهش مصرف آب حتی در تیمارهای تنش شدید به حدی بوده که نتوانسته کاهش عملکرد به وقوع پیوسته در ازای کاهش مصرف آب را پوشش دهد و کماکان تیمارهای ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی علی‌رغم مصرف بیش‌تر آب نسبت به تیمارهای تنش۴۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی به دلیل افزایش عملکرد بوجود آمده بیش‌ترین کارایی مصرف آب را در بین تیمارها به خود اختصاص داده اند (شکل ۳ – ب).

میانگین آب مصرفی در یک سال انجام آزمایش در تیمارهای ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی و تیمار شاهد به‌ترتیب برابر ۳۵/۰، ۴۱/۴، ۴۷/۸، ۵۴/۲ و ۶۵/۱ سانتی‌متر آب بودند. عملکرد تیمارهای ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی در رقم محلی بهبهان معادل ۵۱۵، ۷۵۱، ۹۸۸، ۱۲۰۴ و ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار بودند (شکل ۴ – الف). هم‌چنین عملکرد رقم دشتستان ۲ در تیمارهای آبیاری فوق به‌ترتیب معادل ۴۹۲، ۶۷۰، ۸۰۱، ۹۲۸ و ۷۹۷ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۴- ب).




M= Behbahan local cultivar ,DS =Dashtestan cultivar 2 ،SUR =Control treatment (surface irrigation,(

40% ،60% ،80% و 100% =Irrigation treatments 40, 60, 80 and 100% water requirement

**Fig. 3- Comparison of mean interaction effects of irrigation levels and cultivars (A) in grain yield and (B) water use efficiency**

**شکل ۳ – مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری و رقم از نظر عملکرد دانه (الف) و کارایی مصرف آب ( ب)**

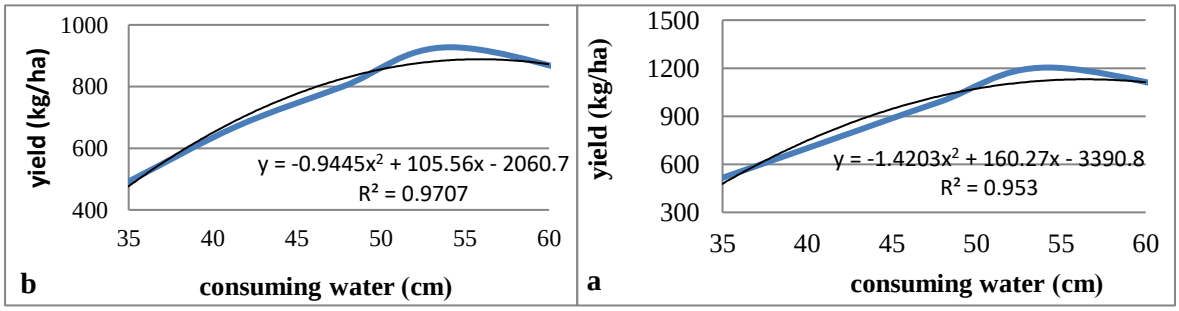



**Fig. 4- yield – consuming water curve in (A) Behbahan's local and (B) Dashtestan2 varieties**

**شکل ٤- منحنی عملکرد - آب مصرفی (الف) در رقم محلی بهبهان و (ب) رقم دشتستان ۲**

*DOI:* 10.22055/JISE.2019.29415.1842

ضریب همبستگی پیرسون محاسبه شده برای صفات اندازه-گیری شده نشان داد که:

روند تغییرات عملکرد دانه با روند تغییرات ارتفاع بوته، دانه در کپسول، کپسول در بوته، وزن هزاردانه، کارایی مصرف آب، حجم آب مصرفی، عملکرد روغن دانه و کارایی مصرف آب روغن دانه روندی هم راستا و معنی‌دار در سطح یک درصد را نشان داد. به عبارت دیگر لازمه افزایش عملکرد دانه، افزایش اجزای عملکرد از جمله تعداد دانه در کپسول، تعداد کپسول در بوته و وزن هزار دانه می‌باشد.

روند تغییرات ارتفاع بوته با روند تغییرات تعداد دانه در کپسول، تعداد کپسول در بوته، وزن هزاردانه، کارایی مصرف آب، حجم آب مصرفی، عملکرد روغن دانه و کارایی مصرف آب روغن دانه روندی هم راستا و معنی‌دار در سطح یک درصد را نشان داد. به عبارت دیگر افزایش ارتفاع بوته کنجد حاکی از افزایش اجزای عملکرد و عملکرد است. وجود همبستگی مثبت و معنی دار بین ارتفاع بوته و تعداد دانه در کپسول (R=۰/۹۵۶۲) نشان داد که با افزایش ارتفاع بوته، تعداد دانه در کپسول و در نهایت عملکرد دانه افزایش یافت (جدول ۴).

روند تغییرات تعداد دانه در کپسول با روند تغییرات تعداد کپسول در بوته، وزن هزاردانه، کارایی مصرف آب، حجم آب مصرفی، عملکرد روغن دانه و کارایی مصرف آب روغن دانه روندی هم راستا و معنی‌دار در سطح یک درصد را نشان می‌دهد. بیش‌ترین میزان همبستگی تعداد دانه در کپسول به میزان R=۰/۹۵۷۷ با شاخص تعداد کپسول در بوته محاسبه شد که بیانگر نقش مؤثر افزایش تعداد کپسول در بالا رفتن تعداد دانه در کپسول و به‌تبع آن افزایش عملکرد کنجد است (جدول ۴).

همبستگی مثبت و معنی داری در سطح یک درصد بین تعداد کپسول در بوته با صفات وزن هزاردانه، کارایی مصرف آب، حجم آب مصرفی، عملکرد روغن دانه و کارایی مصرف آب روغن دانه محاسبه شد. وجود همبستگی مثبت و معنی دار بین تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول (R=۰/۸۸۴۹) نشان داد که با افزایش تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و در نهایت عملکرد دانه افزایش یافت (جدول ۴). همبستگی مثبت و معنی داری در سطح یک درصد بین وزن هزار دانه با کارایی مصرف آب، حجم آب مصرفی، عملکرد روغن دانه و کارایی مصرف آب روغن دانه محاسبه شد. وجود همبستگی مثبت و معنی دار بین تعداد کپسول در بوته و عملکرد روغن دانه (R=۰/۹۳۲۵) نشان داد که با افزایش تعداد کپسول در بوته، عملکرد روغن دانه افزایش یافت (جدول ۴).

همبستگی مثبت و معنی داری در سطح یک درصد بین کارایی مصرف آب با عملکرد روغن دانه و کارایی مصرف آب روغن دانه محاسبه شد. همچنین همبستگی مثبت و معنی داری در سطح یک درصد بین حجم آب مصرفی با عملکرد روغن دانه محاسبه شد. وجود همبستگی مثبت و معنی دار بین حجم آب مصرفی و ارتفاع بوته (R=۰/۷۲۷۶) حاکی از مؤثر بودن اثر تنش خشکی بر کاهش ارتفاع بوته می‌باشد (جدول ۴). به عبارت دیگر همبستگی بسیار معنی‌دار حجم آب مصرفی با ارتفاع بوته بیانگر اهمیت فوق‌العاده مدیریت کم آبیاری این محصول استرتژیک دارد. وجود همبستگی مثبت و معنی دار بین ارتفاع بوته و تعداد دانه در کپسول (R=۰/۹۵۶۲) نشان داد که با افزایش ارتفاع بوته، تعداد دانه در کپسول و در نهایت عملکرد دانه افزایش یافت (جدول ۴). به بیان دیگر بیش‌ترین همبستگی معنی‌دار تعداد دانه در کپسول به عنوان یکی از اجزای مهم عملکرد با ارتفاع بوته و ارتفاع بوته با حجم آب مصرفی، نشان دهنده نقش بسیار مهم مدیریت بهینه‌ی کم آبیاری در محصول کنجد است (جدول ۴). نتایج این پژوهش با نتایج مطالعات Askari et al. (2016)، Dilip et al. (1991)، Sakila et al. (2000)، Yari و Saidi (2016) و Shabani et al. (2015) هم‌خوانی دارد. میزان شاخص‌های SSI و TOL با افزایش سطح تنش خشکی افزایش پیدا کرد در حالی که مقادیر شاخص‌های STI، MP، GMP، HM، YI و YSI با افزایش سطح تنش کاهش یافتند. مقادیر شاخص‌های SSI و TOL در سطوح آبیاری ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی در رقم محلی بهبهان بیش‌تر از رقم دشتستان۲ بوده درحالی‌که مقادیر شاخص‌های STI، MP، GMP، HM، YI و YSI در سطوح آبیاری فوق در رقم محلی بهبهان کم‌تر از رقم دشتستان۲ بود (جدول ۵). افزایش مقادیر شاخص‌های SSI و TOL در رقم محلی بهبهان نسبت به رقم دشتستان۲ از یک سو و کم‌تر شدن شاخص‌های STI، MP، GMP، HM، YI و YSI در رقم محلی بهبهان نسبت به رقم دشتستان۲ از سوی دیگر نشان دهنده متحمل بودن رقم به تنش خشکی یا اعمال کم آبیاری می‌باشد. لذا رقم محلی بهبهان نسبت به رقم دشتستان۲ از نظر تنش خشکی، تیمار برتر معرفی می‌گردد (جدول ۵). به عبارت دیگر عملکرد تحت تنش رقم محلی بهبهان نسبت به رقم دشتستان۲، به عملکرد تیمار فاقد تنش نزدیک‌تر بوده و همین عامل در افزایش شاخص SSI در رقم محلی بهبهان نسبت به رقم دشتستان۲ موثر بوده است. بنابراین می‌توان ملاک شناسایی رقم متحمل به خشکی را مقادیر پایین شاخص‌های STI، MP، GMP، HM، YI و YSI و مقادیر بالای شاخص‌های SSI و TOL قرار داد. به عبارت دیگر رقمی متحمل به تنش خشکی معرفی شده که عملکرد آن در حالت تنش نسبت به دیگر رقم مورد بررسی، برتری داشته و همین برتری عملکرد در حالت فاقد تنش نیز نسبت به رقم دیگر حفظ شده است. وضعیت توصیفی فوق از یک سو مقادیر پایین شاخص‌های STI، MP، GMP، HM، YI و YSI و از سوی دیگر مقادیر بالای شاخص‌های SSI و TOL را موجب شده است.

**جدول ٤ – ضریب همبستگی محاسبه شده برای صفات کمی و کیفی**

**Table 4 - Correlation coefficient for quantitative and qualitative traits**

| N=30<br>5%=0.3621<br>1%=0.4640 | grain yield (kg/ha) | Bush height (cm) | grain in a capsule | Capsule in the bush | 1000-grain weight (gr) | water use efficiency (kg/m$^3$) | consuming water of volume (m$^3$/ha) | oil percentages (٪) | grain oil yield (kg/ha) | oil water use efficiency (kg/m$^3$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| grain yield (kg/ha) | 1 | 0.8839** | 0.9020** | 0.8915** | 0.9363** | 0.7049** | 0.6774** | 0.1193 | 0.9859** | 0.6903** |
| Bush height (cm) | | 1 | 0.9562** | 0.9559** | 0.8945** | 0.4981** | 0.7276** | 0.0825** | 0.8674** | 0.4867** |
| grain in a capsule | | | 1 | 0.9577** | 0.9106** | 0.5665** | 0.6733** | 0.1112 | 0.8874** | 0.5562** |
| Capsule in the bush | | | | 1 | 0.8802** | 0.5752** | 0.6597** | 0.1460 | 0.8849** | 0.5722** |
| 1000-grain weight (gr) | | | | | 1 | 0.5652** | 0.7194** | 0.1655 | 0.9325** | 0.5702** |
| water use efficiency (kg/m$^3$) | | | | | | 1 | -0.0301 | 0.1290 | 0.7067** | 0.9742** |
| consuming water of volume (m$^3$/ha) | | | | | | | 1 | 0.0596 | 0.6584** | -0.0201 |
| oil percentages (٪) | | | | | | | | 1 | 0.2776 | 0.3454 |
| grain oil yield (kg/ha) | | | | | | | | | 1 | 0.7288** |
| oil water use efficiency (kg/m$^3$) | | | | | | | | | | 1 |

**جدول ٥ – میانگین شاخص‌های تنش محاسبه شده در دو رقم مورد بررسی**

**Table 5 - The mean of stress indices calculated in the two cultivars under study**

| Treatment | $Y_S$ (kg/ha) | $Y_P$ (kg/ha) | SSI | STI | MP | TOL | GMP | HM | YI | YSI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| M و 40% | 515.4 | 1204.1 | 1.096 | 0.513 | 859.7 | 688.8 | 784.1 | 716.1 | 1.024 | 0.426 |
| DS و 40% | 491.7 | 927.5 | 0.898 | 0.375 | 709.6 | 435.8 | 674.6 | 641.5 | 0.976 | 0.529 |
| M و 60% | 751.3 | 1204.1 | 1.092 | 0.743 | 977.7 | 452.8 | 950.4 | 923.9 | 1.057 | 0.625 |
| DS و 60% | 669.8 | 927.5 | 0.808 | 0.510 | 798.7 | 257.7 | 788.2 | 777.9 | 0.943 | 0.722 |
| M و 80% | 987.7 | 1204.1 | 1.068 | 0.975 | 1095.9 | 216.4 | 1089.8 | 1083.7 | 1.105 | 0.822 |
| DS و 80% | 800.7 | 927.5 | 0.820 | 0.610 | 864.1 | 126.8 | 861.3 | 858.5 | 0.895 | 0.864 |

M =Behbahan local cultivar, DS= Dashtestan2 cultivar, 40% ،60% و 80% = Stress treatments of 40, 60 and 80% of water requirement

$Y_S$ =average cultivar yield in corresponding stress treatments ،$Y_P$ = average cultivar yield per 100 water requirements

ضریب همبستگی شاخص‌های تنش خشکی نشان داد همبستگی منفی و معنی داری در سطح یک درصد بین عملکرد رقم محلی بهبهان و رقم دشتستان۲ در تیمارهای تنش ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی با شاخص TOL محاسبه شد و همبستگی بین عملکرد ارقام فوق با شاخص SSI منفی ولی معنی دار نبود. این در حالی بود که همبستگی مثبت و معنی داری در سطح یک درصد بین عملکرد رقم محلی بهبهان و رقم دشتستان۲ در تیمارهای تنش ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی با شاخص‌های STI، MP، GMP، HM و YSI محاسبه گردید (جدول ۶). به عبارت دیگر با اعمال تنش کم آبی، عملکرد کنجد سیر نزولی یافته است و همین سیر کاهشی عملکرد، موجب کاهش شاخص تنش TOL شده و برعکس تغییرات نزولی عملکرد کنجد موجب تغییرات صعودی در شاخص‌های STI، MP، GMP، HM و YSI گردید (جدول ۶). در تیمارهای تنش ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی، همبستگی مثبت و معنی داری در سطح ۱ درصد بین شاخص STI با شاخص‌های MP، GMP، HM و YI محاسبه و به همین ترتیب همبستگی مثبت و معنی داری در سطح یک درصد بین شاخص MP با شاخص‌های GMP، HM و YI محاسبه گردید. همچنین همبستگی مثبت و معنی داری در سطح یک درصد بین شاخص GMP با شاخص‌های HM، YI و YSI محاسبه شد. این در حالی بود که همبستگی مثبت و معنی داری در سطوح پنج و یک درصد بین شاخص HM به‌ترتیب با شاخص‌های YI و YSI محاسبه شد. ولی همبستگی منفی و معنی داری در سطوح یک و پنج درصد بین شاخص TOL به‌ترتیب با شاخص‌های YSI و HM محاسبه گردید (جدول ۶).

عملکرد تیمار تحت تنش، بیش‌ترین و قوی‌ترین ضریب همبستگی معنی‌دار به میزان r=۰/۹۶۴۴ را با شاخص HM داشت (جدول ۶). هم‌چنین شاخص GMP بیش‌ترین ضریب همبستگی معنی‌دار را با شاخص HM به‌میزان R=۰/۹۹۰۸ داشت. در حالی که بیش‌ترین ضریب همبستگی معنی‌دار و غیرهم‌سو در تیمار تحت تنش (تیمارهای ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی) با شاخص TOL به میزان R =-۰/۷۲۰۲ محاسبه شد (جدول ۶). شاخص SSI بیش‌ترین ضریب همبستگی معنی‌دار و مثبت را به میزان ۰/۵۲۳۲ با شاخص TOL نشان داد. این در حالی بود که شاخص TOL بیش‌ترین ضریب همبستگی معنی دار ولی منفی را با شاخص YSI به میزان ۰/۹۶۵۹- نشان داد (جدول ۶).

 *DOI:* 10.22055/JISE.2019.29415.1842

**جدول ٦ – ضریب همبستگی محاسبه شده شاخص‌های تنش در تیمار های ٤٠، ٦٠ و ٨٠ درصد نیاز آبی**

**Table 6 - Correlation coefficient of stress indices in 40, 60 and 80% water requirements**

| n = 18<br>5%=0.4683<br>1%=0.5897 | $Y_S$ (kg/ha) | $Y_P$ (kg/ha) | SSI | STI | MP | TOL | GMP | HM | YI | YSI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $Y_S$ (kg/ha) | 1 | 0.2776 | -0.1570 | 0.9201** | 0.8503** | -0.7202** | 0.9267** | 0.9644** | 0.4543 | 0.8553** |
| $Y_P$ (kg/ha) | | 1 | 0.5245 | 0.6218** | 0.7416** | 0.4666 | 0.6140** | 0.5047* | 0.5202* | -0.2471 |
| SSI | | | 1 | 0.1004 | 0.1777 | 0.5233* | 0.0834 | 0.0107 | -0.2087 | -0.4523 |
| STI | | | | 1 | 0.9831** | -0.3981 | 0.9967** | 0.9854** | 0.5925** | 0.5844* |
| MP | | | | | 1 | -0.2473 | 0.9834** | 0.9499** | 0.6022** | 0.4619 |
| TOL | | | | | | 1 | -0.4097 | -0.5234* | -0.0426 | -0.9659** |
| GMP | | | | | | | 1 | 0.9908** | 0.5951** | 0.6026** |
| HM | | | | | | | | 1 | 0.5737* | 0.6960** |
| YI | | | | | | | | | 1 | 0.1576 |
| YSI | | | | | | | | | | 1 |

رقمی که ضریب همبستگی شاخص TOL آن منفی‌تر شده، به تنش خشکی مقاوم‌تر است. زیرا از طرفی شاخص MP بیش‌ترین ضریب همبستگی معنی‌دار را با تیمار فاقد تنش به میزان ۰/۷۴۱۶ = R دارد و از طرف دیگر این شاخص ضریب همبستگی معنی‌داری به میزان R=۰/۸۵۰۳ با تیمارهای تحت تنش دارد. در حالی که میزان ضریب همبستگی شاخص TOL در تیمارهای تحت تنش و تیمار فاقد تنش به‌ترتیب معادل ۰/۷۲۰۲– و ۰/۴۶۶۶ محاسبه شد. اختلاف ضریب همبستگی شاخص MP تیمارهای تنش و تیمار فاقد تنش به میزان ۰/۱۰۸۷ محاسبه و قدرمطلق اختلاف عددی این دو ضریب در شاخص TOL معادل ۱/۱۸۶۸ محاسبه شد. بنابراین شاخص MP غیر حساس‌ترین شاخص تنش برای معرفی تیمارهای تحت تنش و شاخص TOL مقاوم‌ترین شاخص به تغییرات تنش می‌باشد. لذا می‌توان شاخص TOL را به عنوان بارزترین و شاخص‌ترین مؤلفه تشخیص رقم مقاوم به تنش خشکی معرفی نمود. بنابراین شاخص TOL دو رقم مورد بررسی را بر اساس تغییرات عملکردشان گروه بندی می‌کند. هرچه میزان تغییرات کم‌تر باشد، رقم ثبات بیش‌تری در شرایط تنش نشان داده و متحمل خواهد بود.

نتایج بدست‌آمده در مورد کارایی مصرف آب و عملکرد دانه در دو رقم مورد بررسی و تیمارهای تحت تنش با نتایج پژوهش Eskandari et al. (2010) هم‌خوانی داشت. پایین بودن مقادیر شاخص‌های STI، MP، GMP، HM، YI و YSI از یک سو و و بالا بودن مقادیر شاخص‌های SSI و TOL در تیمار برتر از نظر تنش خشکی با نتایج پژوهش‌های Abbasali et al. (2017)، Poor-Esmaeil et al. (2014)، Molaei et al. (2000) و Shahrabi et al. (2013) مطابقت و هم‌خوانی داشت. همچنین نحوه تغییرات در مقادیر شاخص‌های تنش خشکی و حساس بودن یا نبودن این شاخص‌ها به نحوه تغییرات عملکرد در زمان تنش خشکی با نتایج پژوهش‌های Abbasali et al. (2017)، Poor-Khani (2014) Esmaeil et al.، (2012) Amani et al.، (2007) et al. Shiranirad و Abbasian (2015)، Askari (2016) et al.، Lotfi et al. (2012)، Acosta-Gallegos و Adams (1991)، Shahrabi et al. (2015)، Zaferaniyeh Boureima et al. (2012)، Daneshian and Jonoubi (2008) و Monajem et al. (2011) هم خوانی داشت.

## نتیجه‌گیری

مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری و رقم از نظر کارایی مصرف آب نشان داد تیمارهای تنش ۴۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی علی رغم مصرف کم‌تر آب، دارای کارایی مصرف آبی کم‌تر از تیمارهای ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی بودند. به عبارت دیگر کاهش مصرف آب کاهش عملکرد دانه را به دنبال داشت. ولی اثر کاهش مصرف زیاد آب در تیمارهای تنش شدید به حدی بوده که نتوانسته کاهش عملکرد به وقوع پیوسته در ازای کاهش مصرف آب را پوشش دهد. وجود همبستگی مثبت و معنی دار بین ارتفاع بوته و تعداد دانه در کپسول (r=۰/۹۵۶۲) نشان داد که با افزایش ارتفاع بوته، تعداد دانه در کپسول و در نهایت عملکرد دانه افزایش یافت. وجود همبستگی مثبت و معنی دار بین حجم آب مصرفی و ارتفاع بوته (R=۰/۷۲۷۶) حاکی از مؤثر بودن اثر تنش خشکی بر کاهش ارتفاع بوته می‌باشد.

رقم کنجدی که عملکرد دانه‌ی آن چه در حالت تنش و چه در حالت غیر تنش نسبت به دیگر رقم مورد بررسی، برتری داشته به عنوان رقم متحمل به تنش معرفی شد. لذا در رقمی که از نظر تحمل به تنش خشکی برتر بود، از یک سو مقادیر شاخص‌های STI، MP، GMP، HM، YI و YSI پایین‌تر و از سوی دیگر مقادیر شاخص‌های SSI و TOL نسبت به رقم دیگر بالاتر بود.

## تشکر و قدردانی

بدین وسیله از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به‌دلیل تقبل هزینه‌های مادی و حمایت های معنوی در انجام این تحقیق به شماره مصوب (۹۷۱۲۱۴ – ۰۶۷ – ۱۴۰۳ – ۴۶ – ۳۴ ) سپاسگزاری می‌شود.

## References

1-Abbasali, M., Gholipouri, A., Tobeh, A., Khoshkholgh Sima, N. A. and Ghalebi, S., 2017. Identification of drought tolerant genotypes in the sesame (Sesamum indicum L.) collection of National plant gene bank of Iran. *Iranian Journal of Field Crop Science, 48* (1), pp. 275-289. (In Persian)

2-Acosta-Gallegos J. A. and Adams, M. W., 1991. Plant traits and yield stability of dry bean cultivars under drought stress. *Journal of Agricultural Science,* 117, pp.213-219

3-Afshari, F., P. Golkar, and Mohammadinejad, Gh., 2014. Evaluation of drought tolerance in sesame (*Sesamum indicum* L.) genotype at different growth stages. *Arid Biom Scientific and Research Journal*. 4(2), pp. 90-94.

4-Aien, A., 2013. Effect of eliminating of irrigation at different growth stages on seed yield and some agronomic traits of two sesame genotypes. *Journal of Planting and Seed*. *29* (1). pp. 67-79 (In Persian)

5-Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage Paper 56*, Rome, Italy.

6-Amani, M., Golkar, P. and Mohammadi-Nejad, G., 2012. Evaluation of drought tolerance in different genotypes of sesame (*Sesame indicum* L.). *International Journal of Recent Scientific Research*, *3*(4) pp. 226-230.

7-Askari, A., Zabet M, Ghaderi, M GH., amadzadeh, A.R. and Shorvazdi, S., 2016. Choose the most important traits affecting on yield of some sesame genotypes (*Sesamum indicum L.*) in normal and stress conditions. *Journal of Crop Breeding*, *8*(18), pp. 78-87. (In Persian)

8-Bot, A.J., Nachtergaele, F.O. and Young, A., 2000. Land resource potential and constraints at regional and country levels. *World Soil Resources Reports 90. Land and Water Development Division*, Food, Agric. Organ, Rome

9-Boureima, S., Diouf, M., Amoukou, A.I. and Van Damme, P., 2012. Screening for ources of tolerance to drought in sesame induced mutants: Assessment of indirect selection criteria for seed yield. International *Journal of Pure and Applied Biosience*, *43* (1). pp. 39-49.

10-Daneshian, J. and Jonoubi, P., 2008. Evaluation of sunflower new hybrids tolerance to water deficit stress. *Proceedings of the 5th International Crop Science Congress.* Jejo, Korea. Page 189.

11- Dargahi, Y., Asghari, A., Shokrpour, M., Rasulzadeh, A., Garib Eshgi, A. and Shiri, M.R. 2011 Evaluation of Water stress Tolerance in Sesame Varieties Based on Tolerance Indices. *Journal of Agricultural Science and Sustainable production*, 21 (3): 119-133. (In Persian)

12-Dilip, K., Ajumdar, M. and Roy, S., 1991. Response of summer sesame (*Sesamum indicum*) to irrigation, row spacing and plant population. *Journal Indian Agronomy*, 37, pp. 758-762.

13-Eskandari, H., ZehtabSalmasi, S. and Ghasemi-Golozani, K., 2010. Evaluation of water use efficiency and grain yield of sesame cultivars as a second crop under different irrigation regimes. *Journal of Sustainable Agriculture Science*, *2*(20), pp. 39-51 (In Persian).

14-Fernandez, G. C. J., 1992. effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. *Proceeding of the international symposium on adaptation of vegetables and other food crops in temperature and water stress*..Taipe.Taiwan.

15-Fischer, R. A. and Maurer, R., 1978. Drought resistance in spring wheat and grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research* . 29. Pp. 892-912.

16-Golestani, M. and Pakniyat, H., 2007. Evaluation of drought tolerance indices in sesame lines. *JWSS Isfahan University of Technology*, *11*(41). pp. 141-150. (in Persian)

17-Hassanzadeh, M., Ebadi, M., Panahyan-e-eKivi, SH., Jamaati-e-Somarin, Saeidi, M. and Gholipouri, A., 2009. Investigation of water stress on yield and yield components of sesame (Sesamum indicum L.). Research Journal of Environmental Science. *3*(2). pp. 239-244.

18-Khani, M.R., Heidari Sharifabad, H., Madani, H., Noor Mohamadi, G.H. and Darvish, F., 2007. Selection for tolerance to drought in sesame genotype. *The New Findings Agriculture*, Technical Rep (In Persian)

19-Lotfi, P., Mohammadi-Nejad, Gh. and Golkar, P,. 2012. Evaluation of drought tolerance in different genotypes of the safflower (*Carthamus tinctorius L.*). *Journal of Crop Science*, *5* (7). pp. 1-14 (In Persian)

20-Molaei, P., Ebadi, A., Namvar, A. and 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), pp. 1833-1838.

21-Monajem, S., Mohammadi, V. and Ahmadi, A., 2011. Evaluation of drought tolerance in some rapeseed Cultivars based on stress evaluation indices, *Electronic Journal of Crop Production*. *4* (1), pp. 151-169 (In Persian)

22-Poor-Esmaeil, H. A., Fanaei, H. and Saberi, M.H., 2014. Evaluation of drought tolerant cultivars and lines of sesame using stress tolerance indices. *Scientific Journal of Crop Science*, *3*(6), pp. 66-70.

23-Sakila, M.S., Ibrahim, M., Kalamani, A. and Backiyarani, M., 2000. Correlation studies in sesame (*sesamum indicum* L.). *Sesame and Sofflower Newsletter*, 15. pp. 26-28.

24-Shabani, Z Nurizadan, H. R., Jamali, F. and Bayat, F., 2015. Evaluation of the relationship between morphological traits and yield in different sesame cultivars. Second International Conference on Agriculture, Natural Resources, Environment and Medicinal Plants. 29 February 2015. *Iranian Agricultural and Natural Resources Engineering Association in association with the Third Millennium Institute*. Tehran, Iran (In Persian).

25-Shahrabi, B. Farahmandfar, E., Hassanlo, T., Shirani Rad, A.H. and Tabatabaee S.A., 2013. Evaluation of drought tolerance in rapeseed varieties based on physiological and agronomical characteristics at Yazd region. Journal of Crop production. *6* (4). pp. 97-77. (In Persian)

26-Shiranirad, A.H. and Abbasian, A., 2015. Evaluation of drought tolerance in rapeseed genotypes under non Stress and drought stress conditions. *Notulae Botanici Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 39. pp.164-171.

27-Sephevand, M., 2009. Comparison of water requirement, water productivity and its economic productivity in wheat and canola in the west of Iran during rainy years. *Iranian Journal of Water Research 3*(4). Pp. 63-68. (In Persian)

28-Sio-Semardeh, A., Ahmadi, A., Poostini, K. and Mohammadi, V., 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. *Field Crops Research*., 98. pp. 222-229.

29-Vamerali, T., Saccomani, M., Bons, S., Mosca, G., Guarise, M. and Ganis, M., 2003. A comparison of root. characteristics in relation to nutrient and water stress in two maize hybrids. *Plant Soil*. 255. pp. 157-167.

30-Yari, M. and Saidi, Q. 2016. *Agronomic Evaluation of Some Sesame Genotypes under Two Irrigation Regimes Master's Thesis.* Isfahan University of Technology – pp 112. (In Persian).

31-Zaferaniyeh, M., 2015. Evaluation of tolerance indices and drought stress susceptibility in canola cultivars. *In International Conference on Applied Research in Agriculture*. University of Tehran, Karaj, Iran. (In Persian)