Archive of SID
DOI: 10.22059/ijswr.2020.289522.668324

تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۱، شماره ۴، تیرماه ۱۳۹۹ (ص ۹۵۹-۹۴۹)

Investigation of Drought Satress Indices in Sesame Surface Water Deficit

NADER SALAMATI[1*], AMIRKHOSRO DANAIE[2]

1. Agricultural Engineering Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran.
2. Seed and Plant lmprovement Department, Khuzestan. Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ahvaz, Iran.

(Received: Sep. 29, 2019- Revised: Oct. 13, 2019- Accepted: Jan. 18, 2020)

ABSTRACT

In order to study and evaluate drought stress indices in surface irrigation on grain yield and yield components, oil yield, seed oil content and grain water use efficiency, an experiment was conducted at Behbahan Agricultural Research Station in 2013-2014. The experiment was conducted as split plot in a randomized complete block design with 3 replications. Irrigation at two levels (irrigation after 100 and 200 mm evaporation from Class A pan, respectively) was evaluated as main factor and sesame cultivar at 9 levels as sub-factor. Comparison of mean water use efficiency in irrigation and cultivar interactions showed that 100 mm evaporation from Class A pan and V9 cultivar (SG55-92138) with water use efficiency of 0.272 kg/m3 sesame seed was superior. The mean consumed water in one year of experiment was 547.5 and 438.6 mm, respectively in 100 and 200 mm evaporation from Class A pan. Pearson correlation coefficient results showed that with increasing number of capsules per plant, number of seeds per capsule, 1000-grain weight, water use efficiency, grain oil yield and oil water use efficiency increased. Due to higher STI, MP, GMP, HM and YI indices in V9 cultivar compared to other sesame cultivars, V9 sesame was introduced as superior treatment for drought stress. Decreasing trend of sesame yield which was caused by water deficit stress, decreased SSI, MP and TOL indices. Inversely, reduction of sesame yield led to incremental changes in STI, GMP, HM, YI and YSI indices.

Keywords: drought stress, sesame, 1000-grain weight, water use efficiency.

*Corresponding Author's Email: nadersalamati@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی شاخص‌های تنش خشکی در کم‌آبیاری سطحی کنجد

نادر سلامتی[1*] و امیرخسرو دانایی[2]

۱. بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.

۲ 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.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۷/۷- تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۷/۲۱- تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۱۰/۲۸)

چکیده

به منظور مطالعه و ارزیابی شاخص‌های تنش خشکی در روش آبیاری سطحی بر عملکرد دانه و اجزای آن، عملکرد روغن دانه، درصد روغن دانه و کارآیی مصرف آب دانه کنجد، آزمایشی در سال ۱۳۹۳ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان اجرا گردید. آزمایش به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. آبیاری در ۲ سطح (آبیاری به‌ترتیب پس از ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A) به عنوان فاکتور اصلی و رقم در ۹ سطح به عنوان فاکتور فرعی مورد ارزیابی قرار گرفتند. مقایسه میانگین کارایی مصرف آب در اثرات متقابل آبیاری و رقم نشان داد تیمار ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A و رقم V9 (SG55-92138) با کارایی مصرف آبی معادل ۰/۲۷۲ کیلوگرم بر مترمکعب دانه کنجد، تیمار برتر بود. میانگین آب مصرفی در یک سال انجام آزمایش در تیمارهای ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A به‌ترتیب معادل ۵۴۷/۵ و ۴۳۸/۶ میلی‌متر بود. نتایج ضریب همبستگی پیرسون نشان داد با افزایش تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن هزاردانه، کارایی مصرف آب، عملکرد روغن دانه و کارایی مصرف آب روغن افزایش می‌یابد. به‌دلیل بیش‌تر بودن شاخص‌های STI، MP، GMP، HM و YI در رقم V9 (SG55-92138) نسبت به دیگر ارقام می‌توان رقم V9 (SG55-92138) را از نظر تنش خشکی به عنوان تیمار برتر معرفی نمود. روند کاهشی عملکرد کنجد که با اعمال تنش کم‌آبی اتفاق افتاد قطعاً موجب کاهش شاخص‌های SSI، MP و TOL شده است و برعکس کاهش عملکرد کنجد موجب تغییرات صعودی در شاخص‌های STI، GMP، HM، YI و YSI گردیده است.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، کنجد، وزن هزار دانه، کارایی مصرف آب.

مقدمه

تنش‌های محیطی یک مانع بزرگ برای تأمین غذای جهانی هستند. زمین‌های زراعی فاقد تنش نسبتاً کمی وجود دارند که در آن‌ها گیاهان زراعی به عملکردهای پتانسیل خود می‌رسند. برای مثال حدود ۴۵ درصد از اراضی کشاورزی جهان که ۳۸ درصد از جمعیت جهان در آن جای گرفته‌اند، با خشکی موقت یا دائم مواجه هستند (Bot *et al.*, 2000). هم‌اکنون تنش آب به‌عنوان مهم‌ترین و متداول‌ترین عامل کاهش عملکرد در مناطق خشک و نیمه‌خشک مطرح است. اما این تنش ممکن است حتی در مناطقی با میزان 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 نیمه‌خشک به‌عنوان 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 آنتی‌اکسیدان‌ها) نقش مهمی در سلامت انسان دارد و از طرف دیگر گیاهی متحمل به تنش کم‌آبی و خشکی است (Afshari *et al.*, 2014). تجزیه واریانس شاخص‌ها نشان داد که ارقام کنجد مورد بررسی از نظر شاخص‌های میانگین حسابی (MP)، میانگین هندسی (GMP)، تحمل به تنش (STI) و میانگین هارمونیک (HM) اختلاف معنی‌داری با همدیگر دارند. با در نظر گرفتن همبستگی آن‌ها با عملکرد در شرایط تنش و غیرتنش، این شاخص‌ها به‌عنوان بهترین شاخص‌ها در جداسازی ارقام متحمل انتخاب گردیدند. شاخص‌های تحمل (TOL) و حساسیت به تنش (SSI) در تمایز ارقام نقش زیادی نداشتند (Dargahi *et al.*, 2011). بر اساس نتایج، ارقام KC50662 و کنجد اولتان از نظر عملکرد دانه 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

* نویسنده مسئول: nadersalamati@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

هر دو شرایط داشتند. نتایج رگرسیون برای شاخص STI نشان داد که ارقام با STI بالاتر دارای وزن بیش‌تر دانه در کپسول و تعداد کپسول بیشتر در بوته بودند (Abbasali *et al*., 2017). هم‌چنین با بررسی تحمل به خشکی در هشت رقم کنجد، رقم محلی دزفول با دارا بودن عملکرد بالا در هر دو شرایط عادی و تنش به‌عنوان رقم برتر شناخته شد و سه رقم دریافتی از بانک ژن گیاهی ملی ایران حساس تشخیص داده شدند. نتایج بررسی شاخص‌های تحمل به خشکی در ارقام کنجد نشان داد که توده محلی دزفول بر اساس شاخص‌های MP، HARM، GMP و STI ارقام متحمل به خشکی بود (Golestani and Pakniyat, 2007). در بررسی دیگری رقم کنجد داراب ۱۴ بر اساس شاخص‌های MP، TOL، SSI، HARM و STI به‌عنوان رقم برتر در شرایط عادی و تنش رطوبتی 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 معنی‌داری داشته و بر اساس این شاخص‌ها ارقام داراب ۱۴ و توده محلی سیستان به عنوان رقم‌های برتر معرفی شدند. بررسی اثر تنش آب بر عملکرد و اجزای عملکرد ۲۷ رقم کنجد نشان داد که اجزای عملکرد به شدت تحت تأثیر تنش آب قرار گرفته و بر اساس شاخص تحمل فرناندز (STI) ارقام با تحمل بالا و مناسب برای حالت تنش خشکی تشخیص داده شدند به‌طوری‌که ارقام اولتان، کرج یک، نازتک شاخه و ورامین ۲۳۷ عملکرد بیشتری را نسبت به سایر رقم‌ها تولید کردند (2009 ,Hassanzadeh *et al*.). با ارزیابی عملکرد دانه ارقام کنجد اولتان و داراب ۱۴ در شرایط عادی و محدودیت رطوبتی، رقم اولتان با- بیشترین میزان شاخص STI و کم‌ترین میزان شاخص‌های SSI و TOL نسبت به دو رقم دیگر به عنوان رقم متحمل شناسایی گردید. سایر پژوهش‌گران نیز رقم کنجد اولتان را به دلیل داشتن بیش‌ترین مقدار شاخص STI و کم‌ترین مقدار شاخص‌های SSI و TOL به‌عنوان رقم متحمل به خشکی معرفی کردند (Molaei *et al*., 2012). Boureima *et al*. (2012) اظهار داشتند رقم کنجد ۳۲-۱۵ در هر دو سال اجرای آزمایش بر اساس شاخص‌های MP ، GMP، YI و STI به‌عنوان رقم متحمل به خشکی شناخته شد. Khani *et al*. (2007) نیز در بررسی انتخاب برای مقاومت به خشکی در ارقام کنجد شاخص‌های MP، GMP، HARM و STI را به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها برای غربال ارقام متحمل معرفی کرده و بر اساس شاخص‌های فوق رقم‌های JL-13 ، داراب ۱۴ و TS-3 را برای کشت در منطقه جیرفت و کهنوج توصیه نمودند. Shiranirad and Abbasian (2015) اعلام کردند که شاخص‌های MP، GMP و YI جهت شناسایی ارقام با عملکرد بالا در شرایط نامطلوب کمبود آب بسیار مؤثر هستند. نتایج یک تحقیق بر روی کنجد نشان داد صفات ارتفاع بوته، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک در هر دو شرایط آبیاری تنش و معمول اختلاف معنی- داری را نشان دادند. رقم داراب ۱۴ در هر دو شرایط با توجه به صفات مهم زراعی دارای وضعیت مناسبی بود. نتایج همبستگی در شرایط عادی نشان داد که وزن هزار دانه (*۰/۶۶۸) بالاترین همبستگی را با عملکرد دانه داشت (Askari *et al*., 2016). ارزیابی ارقام مختلف گلرنگ برای تحمل به خشکی توسط شاخص‌های کمی شامل SSI، STI، GMP،MP و TOL صورت گرفت. در این پژوهش ارقام اصفهان ۱۴ و ۱۱۱-۲۲ بر اساس شاخص STI متحمل‌ترین رقم‌ها بودند و ارقام ۴۳۳-۷ و گل سفید بر اساس شاخص‌های TOL و SSI دارای بیش‌ترین مقدار بوده که به‌عنوان حساس‌ترین رقم‌ها شناسایی گردیدند (Lotfi *et al*., 2012). در تحقیقات انجام شده توسط Daneshian and 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 کردند 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 and Adams (1991) بیان کردند که ترتیب طبقه‌بندی بر اساس GMP با ترتیب طبقه‌بندی 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 شاخص‌های 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 غیرتنش، شاخص STI بهترین شاخص برای شناسایی ارقام متحمل به خشکی بود (Zaferaniyeh, 2015). نتایج به‌دست آمده از یک تحقیق نشان داد که در بین شاخص‌های مورد بررسی شاخص‌های متوسط عملکرد (MP)، متوسط هندسی عملکرد (GMP) و حساسیت به تنش (STI) به واسطه دارا بودن همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد در هر دو حالت تنش و بدون تنش، بهترین شاخص‌ها برای گزینش و شناسایی ارقام متحمل کلزا به تنش

www.SID.ir

Archive of SID

آخر فصل می‌باشند (Monajem *et al.*, 2011). نتایج تحقیق Eskandari *et al.* (2010) نشان داد با افزایش شدت کمبود آب ارتفاع 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 منفی بر عملکرد کنجد داشته باشد. رقم TS3 از نظر ارتفاع 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. Sakila *et al.* (2000) در بررسی‌هایی که روی ۳۶ رقم کنجد انجام دادند همبستگی مثبت و معنی‌داری بین ارتفاع بوته، تعداد کپسول در ساقه اصلی و تعداد کل کپسول در بوته با عملکرد تک بوته گزارش نمودند، از آن جا که بین تعداد کپسول در بوته و ارتفاع بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت، به اعتقاد محققین مذکور برای بهبود عملکرد کنجد می‌توان گزینش را بر اساس تعداد کپسول در بوته و ارتفاع گیاه سازماندهی نمود. نتایج حاصل از تجزیه ضرائب 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 ضرائب 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 معنی‌دار داشت (Yari and Saidi, 2016). به‌طور 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 به‌طور معنی‌داری تعداد دانه در کپسول را در کنجد افزایش می‌دهد (Dilip *et al*, 1991). بر اساس نتایج ضرایب همبستگی یک پژوهش، در کنجد بین صفات وزن هزار دانه، ارتفاع بوته، تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۱ 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 کم‌آبیاری می‌توان در هنگام بروز خشکسالی با کمبود آب سازگار شد. هدف از اجرای این تحقیق بررسی تأثیر تنش خشکی از طریق اعمال دوره‌های مختلف آبیاری سطحی و شناسایی رقم برتر بر اساس شاخص‌های تنش بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی و تعیین عکس‌العمل لاین‌های جدید کنجد در مرحله مقدماتی نسبت به تنش آبی، آزمایشی به‌صورت طرح کرت‌های یک بار خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در سال ۱۳۹۳ به مدت یک سال در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان با مشخصات جغرافیایی '۱۴ °۵۰ شرقی و '۳۶ °۳۰ عرض شمالی اجرا گردید. محل آزمایش دارای اقلیم گرم و خشک (Movahedi *et al*, 2012)، ارتفاع آن از سطح دریا ۳۴۵ متر و متوسط بارندگی سالانه ۳۴۹ میلی‌متر است. آبیاری در ۲ سطح (آبیاری پس از ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A) به عنوان فاکتور اصلی و رقم در ۹ سطح (۸ رقم همراه با توده محلی بهبهان) به‌عنوان فاکتور فرعی مورد ارزیابی قرار گرفتند. اسامی ارقام عبارت بودند از SG1-92138 ، SG26-92138 ، SG31-92138 ، SG37-92138 ، SG42-92138 ، SG51-92138 ، SG53-92138 و SG55-92138. هر کرت فرعی شامل ۴ خط کاشت (۲ پشته ۷۵ سانتی‌متری) به طول ۵ متر و مساحت ۷/۵ متر مربع بود که ۲ ردیف کناری به‌عنوان حاشیه حذف گردید و ۲ ردیف وسط پس از حذف مجموعاً یک متر از بالا و پایین هر ردیف به مساحت ۳ مترمربع برداشت شدند. فاصله کرت‌های اصلی ۴ پشته نکاشت یعنی ۳ متر، ابعاد آزمایش با احتساب فاصله ۴ متری بین تکرارها ۲۳ متر×۳۰ متر، مساحت پروژه ۶۹۰ متر-مربع و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر بود. پس از مراحل تهیه زمین بر اساس نتایج آزمون خاک (جدول ۳) اقدام به کود پاشی (کل کود فسفر و پتاس به‌ترتیب ۱۱۰ و۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و پخش یکنواخت علف کش ترفلان به میزان ۲/۵ لیتر در هکتار در سطح مزرعه نموده و به‌وسیله دیسک سبک کود و علف کش با خاک مخلوط گردید. کود ازته در ۳ نوبت (یک‌سوم همزمان با آبیاری دوم، یک‌سوم بلافاصله بعد از تنک و یک‌سوم در شروع مرحله گل‌دهی) بر اساس ۷۵ کیلوگرم در هکتار ازت خالص مصرف گردید. اعمال تیمارهای آبیاری پس از آبیاری دوم و حصول اطمینان از سبز شدن یکنواخت مزرعه انجام شد. بعد از سبز شدن کامل مزرعه در میزان‌های مشخص تبخیر از تشت کلاس A (۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌متر) با توجه به مساحت هر کرت فرعی حجم آب آبیاری محاسبه و به وسیله کنتور در هر کرت فرعی اعمال گردید. 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 و بر اساس معنی‌دار بودن روند تغییرات در سطوح ۱ و ۵ درصد و هم‌سو یا ناهم‌سو بودن این روند تغییرات، بررسی و تجزیه و تحلیل انجام شد.

در طول فصل زراعی صفاتی مانند طول دوره گل‌دهی، تعداد دانه در کپسول، تعداد کپسول در بوته، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، درصد روغن، عملکرد روغن دانه، کارآیی مصرف آب دانه و کارآیی مصرف آب روغن دانه اندازه‌گیری یا محاسبه شدند.

www.SID.ir

Archive of SID

در پایان اجرای آزمایش، تجزیه واریانس بر اساس آزمون طرح کرت‌های یک‌بار خرد شده برای صفات مزبور انجام گردید. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و تجزیه آماری توسط نرم‌افزار MSTATC انجام شد.

بعد از سبز شدن کامل مزرعه، میزان تبخیر از طریق استعلام از اداره هواشناسی سینوپتیک بهبهان یادداشت شده و در میزان‌های مشخص تبخیر از تشت کلاس A با نمونه‌برداری از خاک و تعیین رطوبت موجود، جهت رساندن رطوبت خاک به ظرفیت مزرعه مقدار آب مورد نیاز در تیمارهای مربوطه بر اساس رابطه (۱) محاسبه گردید:

$$In = \frac{(Fc-ai)\times D\times b}{100}$$ (رابطه ۱)

که در آن In: عمق آب آبیاری بر حسب میلی‌متر، Fc: رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه (درصد وزنی)، ai: رطوبت خاک قبل از آبیاری (درصد وزنی)، D: عمق ریشه بر حسب میلی‌متر، b: جرم مخصوص ظاهری (g/cm^3) (Choukan, 2015) هستند. در هر آبیاری درصد رطوبت خاک در دو عمق ۳۰-۰ و ۶۰ –۳۰ سانتی‌متر تعیین و میزان آب مورد نیاز برای هر کرت محاسبه و به‌وسیله کنتور در هر کرت اعمال شد. بعد از سبز شدن کامل مزرعه در روزهایی که مجموع تبخیر از تشت کلاس A به ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌متر می‌رسید، با نمونه‌برداری از خاک و تعیین رطوبت موجود، جهت رساندن رطوبت خاک به ظرفیت مزرعه با توجه به مساحت هر کرت فرعی حجم آب آبیاری محاسبه و به وسیله کنتور به هر کرت فرعی داده شد.

در مدت اجرای آزمایش، حجم آب آبیاری با در نظر گرفتن کنتور حجمی در ابتدای هر تیمار آبیاری ثبت و تعیین گردید. از آب آبیاری در طول فصل نمونه‌ی آب تهیه و جهت اندازه‌گیری-های کیفی به آزمایشگاه ارسال گردید. قبل از کشت جهت انجام آزمون از خاک نمونه برداری به عمل آمد. نتایج آزمایشات آب و خاک در جداول (۱) و (۲) نشان داده شده است.

آمار روزانه بارندگی و تبخیر از تشت کلاس A از اداره هواشناسی سینوپتیک بهبهان استعلام گردید (شکل ۱). تبخیر تجمعی ماهانه، عمق آب آبیاری داده شده، بارندگی و بارندگی موثر محاسبه شده از تاریخ سوم مرداد تا بیستم آبان در سال انجام آزمایش در جدول (۳) نشان داده شده است. در شکل (۲) عمق آب آبیاری که از رطوبت وزنی خاک محاسبه گردیده و توسط کنتور به هر کرت فرعی داده شد، نشان داده شده است. در تیمارهای ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A به‌ترتیب ۱۲ و ۶ نوبت آبیاری انجام گردید (شکل ۲). مجموع عمق‌های آب آبیاری مربوط به تیمارهای ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A در سال ۱۳۹۳ به‌ترتیب ۵۲۸/۵ و ۴۱۹/۶ میلی‌متر که با احتساب مجموع بارندگی مؤثر محاسبه شده، مجموع آب دریافت شده دو دور آبیاری فوق به ترتیب معادل ۵۴۷/۵ و ۴۳۸/۶ میلی‌متر بود (جدول ۳). بارندگی موثر از رابطه SCS (رابطه ۲) تعیین شد (Sepahvand, 2009).

$$Pe = P \times \frac{(125-(0.2\times P))}{125}$$ (رابطه ۲)

Pe بارندگی موثر (میلی‌متر)، و P بارندگی روزانه (میلی‌متر) می‌باشد.

جدول ۱– نتایج تجزیه نمونه آب

EC (µS/m)	pH	T.D.S Mg/lit	کاتیون‌ها (*meq/l*)			آنیون‌ها (*meq/l*)		
			Ca^{+2}	Mg^{+2}	Na^{+}	HCO_3	$So4^{-2}$	cl^{-}
۱۷۴۰	۷/۴	۱۱۴۰	۸/۸	۳/۲	۸/۰	۳/۲	۸/۰	۸/۸

جدول ۲- نتایج تجزیه نمونه خاک آزمایش قبل از کاشت

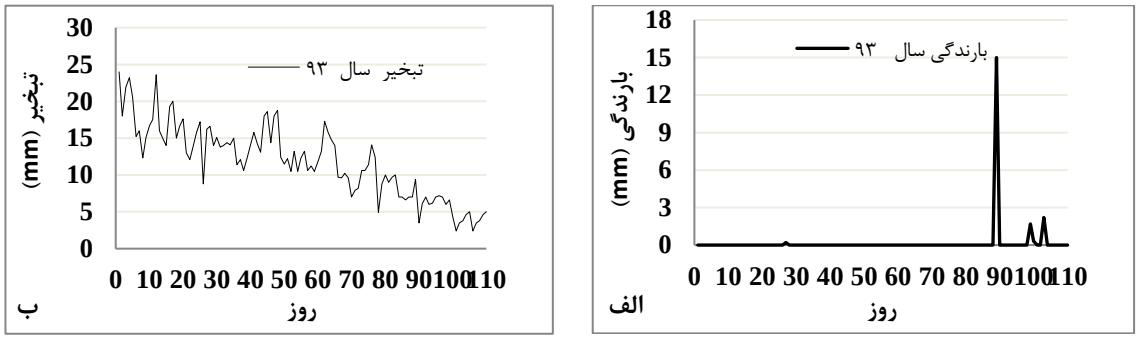
عمق خاک (cm)	قابلیت هدایت الکتریکی (ds/m)	واکنش گل اشباع	درصد کربن آلی	فسفر قابل جذب (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب (mg/kg)	وزن خصوص ظاهری (gr/cm^3)	رطوبت ظرفیت زراعی (درصد وزنی)	بافت خاک
۰-۳۰	۳/۰	۷/۶	۰/۶۴	۹/۲	۲۴۶	۱/۵۷	۲۴	سیلتی کلی لوم

جدول ۳- تبخیر تجمعی از تشت کلاس A، عمق آب آبیاری، بارندگی و بارندگی موثر در ماه‌های انجام آزمایش (میلی‌متر) (از ۳ مرداد تا ۲۰ آبان)

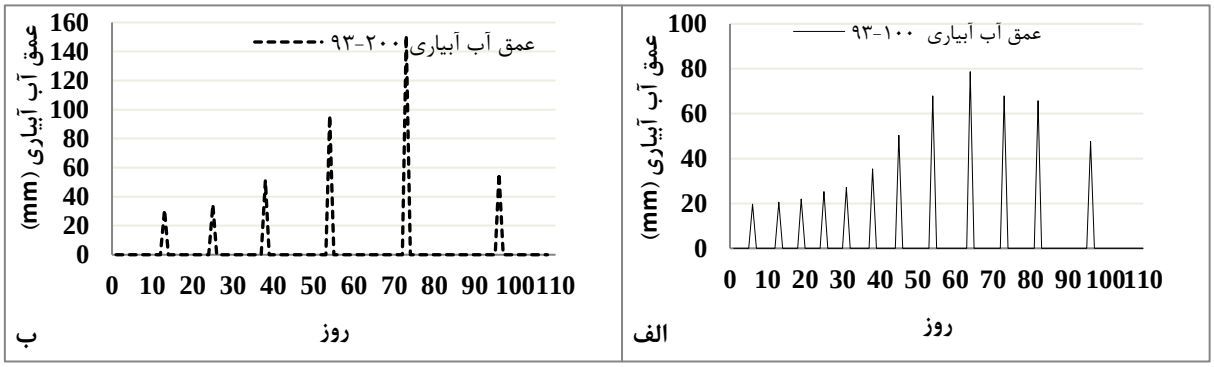
پارامترهای هواشناسی و محاسبه شده	مرداد	شهریور	مهر	آبان	مجموع
تبخیر	۴۸۴/۷	۴۱۷/۶	۲۹۶/۳	۱۰۵/۸	۱۳۰۴/۴
عمق آب آبیاری (۱۰۰ میلی‌متر تبخیر)	۸۷/۶	۱۸۰/۹	۲۱۲/۳	۴۷/۷	۵۲۸/۵
عمق آب آبیاری (۲۰۰ میلی‌متر تبخیر)	۶۵/۵	۱۴۷/۱	۱۵۱/۰	۵۶/۰	۴۱۹/۶
بارندگی	۰/۲	۰	۱۵/۰	۴/۲	۱۹/۴
بارندگی موثر	۰/۲	۰	۱۴/۶	۴/۲	۱۹/۰

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- بارندگی (الف) و تبخیر روزانه از تشت کلاس A (ب) در ماه‌های انجام آزمایش (از ۳ مرداد تا ۲۰ آبان)



شکل ۲- عمق آب آبیاری (۱۰۰ میلی‌متر (الف) ۲۰۰ میلی‌متر (ب)) در تیمارها و نوبت‌های آبیاری (از ۳ مرداد تا ۲۰ آبان)

ارزیابی ارقام از نظر تحمل به خشکی توسط شاخص‌های حساسیت به تنش (SSI[1])، تحمل (TOL[2])، تحمل به تنش (STI[3])، بهره‌وری متوسط (MP[4])، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP[5])، میانگین هارمونیک (HM[6])، شاخص عملکرد (YI[7]) و شاخص پایداری عملکرد (YSI[8]) انجام شد. شاخص‌های فوق به‌شرح زیر محاسبه گردیدند:

(رابطه ۳)

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

(رابطه ۴)

$$TOL = Y_P-Y_S$$

(رابطه ۵)

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

(رابطه ۶)

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

(رابطه ۷)

$$MP= (Y_P +Y_S)/2$$

(رابطه ۸)

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

(رابطه ۹)

$$YI= Y_S /Y_{S'}$$

(رابطه ۱۰)

$$YSI= Y_S / Y_P$$

در این فرمول Y_S و Y_P به‌ترتیب 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. دور آبیاری در ۲ سطح (آبیاری پس از ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A) می‌باشد.

نتایج و بحث

مقایسه میانگین عملکرد دانه در اثرات متقابل آبیاری و رقم نشان داد که تیمار ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A و رقم V9 (SG55-92138) با عملکرد ۱۱۹۳/۰۶ کیلوگرم در هکتار تیمار برتر بود. تیمار ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A و رقم V4 (SG31-92138) با عملکرد ۱۰۶۲/۵۶ کیلوگرم در هکتار در رده‌ی بعدی جای داشت (شکل ۳ – الف). نتایج این آزمایش با نتایج حاصل از تحقیقات Eskandari *et al.* (2013)، Shahrabi *et al.* (2010)، Hassanzadeh *et al.*, 2009، Dilip *et al.* (1991)،

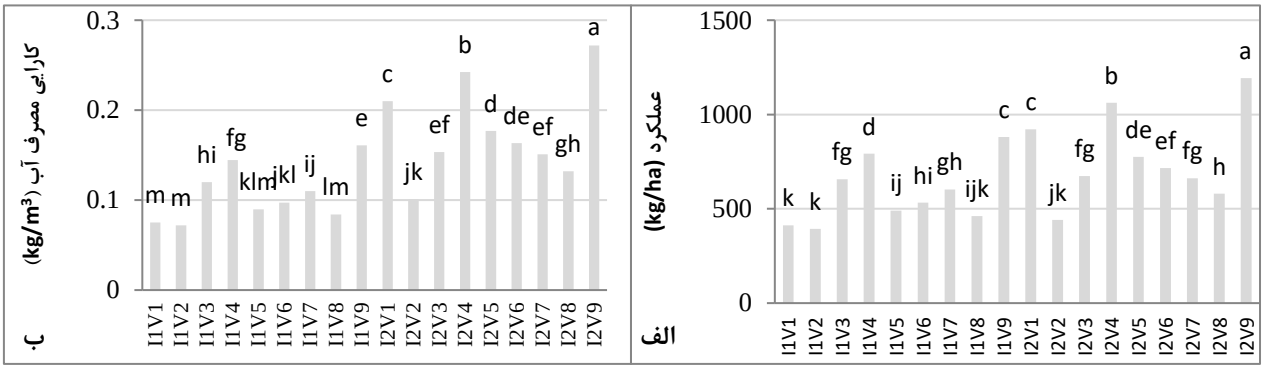
1 Stress Susceptibility Index
2 Tolerance Index
3 Stress Tolerance Index
4 Mean Productivity
5 Geometric Mean Productivity
6 Harmonic mean
7 Yield index
8 Yield stability index

www.SID.ir

Archive of SID

مطابقت دارد.

مقایسه میانگین کارایی مصرف آب در اثرات متقابل آبیاری و رقم نشان داد تیمار ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A و رقم V9 (SG55-92138) با عملکرد ۰/۲۷۲ کیلوگرم دانه کنجد به‌ازای مصرف یک متر مکعب آب، تیمار برتر بوده و رتبه نخست را داشت. تیمار ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A و رقم V4 (SG31-92138) با تولید ۰/۲۴۲ کیلوگرم دانه کنجد به‌ازای مصرف یک متر مکعب آب در جایگاه دوم قرار گرفت (شکل ۳–ب). در شکل (۳-الف) کاهش مصرف آب در تیمار تنش (تیمار ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A) موجب کاهش عملکرد آب در این تیمار نسبت به تیمار ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A شده است. در شکل (۳–ب) کاهش مصرف آب در تیمار تنش موجب نشده تا کارایی مصرف آب این تیمار نسبت به تیمار ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A افزایش پیدا کند. به‌عبارت دیگر اثر کاهش مصرف آب حتی در تیمار تنش به حدی بوده که نتوانسته کاهش عملکرد به وقوع پیوسته در ازای کاهش مصرف آب را پوشش دهد و کماکان تیمار ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A علی‌رغم مصرف بیش‌تر آب نسبت به تیمار ۲۰۰ میلی-متر تبخیر از تشت کلاس A به دلیل افزایش عملکرد بوجود آمده بیش‌ترین کارایی مصرف آب را در بین تیمارها به خود اختصاص داد. نتایج این تحقیق با نتایج پژوهش Eskandari *et al.* (2010) هم‌خوانی دارد.



شکل ۳- میانگین عملکرد (الف) و میانگین کارایی مصرف آب (الف) در اثرات متقابل سطوح آبیاری و رقم

ضریب همبستگی پیرسون محاسبه شده برای صفات اندازه‌گیری شده نشان داد که دوره گل‌دهی همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۱ درصد با صفات طول کپسول، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، درصد روغن دانه، عملکرد روغن دانه، کارایی مصرف آب و کارایی مصرف آب روغن دانه نشان داد (جدول۴).

طول کپسول همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۱ درصد با صفات تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، درصد روغن، عملکرد روغن دانه، کارایی مصرف آب و کارایی مصرف آب روغن دانه نشان داد. بیش‌ترین میزان همبستگی طول کپسول با تعداد دانه در کپسول به میزان r=۰/۹۶۲۹ با شاخص تعداد دانه در کپسول می‌باشد که بیانگر نقش مؤثر افزایش طول کپسول در بالارفتن تعداد دانه در کپسول و به‌تبع آن افزایش عملکرد کنجد است.

تعداد کپسول در بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۱ درصد با صفات تعداد دانه در کپسول، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، درصد روغن، عملکرد روغن دانه، کارایی مصرف آب و کارایی مصرف آب روغن دانه نشان داد. بیش‌ترین میزان همبستگی تعداد کپسول در بوته بعد از تعداد دانه در کپسول به میزان r=۰/۹۱۶۵ با شاخص وزن هزاردانه می‌باشد که بیانگر نقش مؤثر افزایش وزن هزار دانه در بالارفتن تعداد کپسول در بوته و به‌تبع آن افزایش عملکرد کنجد است. روند تغییرات عملکرد دانه با روند تغییرات تعداد دانه در کپسول، تعداد کپسول در بوته، وزن هزاردانه، کارایی مصرف آب، درصد روغن دانه، دوره گل‌دهی، عملکرد روغن دانه و کارایی مصرف آب روغن دانه روندی معنی‌دار و هم راستا در سطح ۱ درصد را نشان می‌دهد. به‌عبارت دیگر لازمه افزایش عملکرد دانه، افزایش اجزای عملکرد از جمله تعداد دانه در کپسول، تعداد کپسول در بوته و وزن هزاردانه می‌باشد. ضرایب همبستگی بسیار معنی دار عملکرد دانه با طول کپسول، کپسول در بوته، دانه در کپسول و به‌خصوص وزن هزار دانه که این میزان معادل r=۰/۹۴۳۶ محاسبه شد، گواهی بر موثر بودن روند صعودی اجزای عملکرد بر افزایش عملکرد دانه است (جدول۴). روند تغییرات تعداد دانه در کپسول با روند تغییرات تعداد کپسول در بوته، وزن هزاردانه، کارایی مصرف آب، درصد روغن، عملکرد روغن دانه و کارایی مصرف آب روغن دانه روندی معنی‌دار و هم راستا در سطح ۱ درصد را نشان می‌دهد. بیش‌ترین میزان همبستگی تعداد دانه در کپسول به میزان r=۰/۹۶۸۳ با عملکرد دانه محاسبه شد که بیانگر نقش مؤثر افزایش تعداد دانه

www.SID.ir

Archive of SID

در کپسول در افزایش عملکرد دانه است (جدول ۴).

روند تغییرات وزن هزار دانه با روند تغییرات عملکرد دانه، عملکرد روغن دانه، کارایی مصرف آب و کارایی مصرف آب روغن دانه روندی معنی‌دار و هم‌راستا در سطح ۱ درصد را نشان می‌دهد. بیش‌ترین میزان همبستگی وزن هزار دانه بعد از تعداد دانه در کپسول با عملکرد دانه به میزان r=۰/۹۵۳۴ می‌باشد که بیانگر نقش مؤثر افزایش وزن هزار دانه در بالا رفتن عملکرد دانه می‌باشد.

روند تغییرات کارایی مصرف آب با روند تغییرات عملکرد روغن دانه و کارایی مصرف آب روغن دانه روندی معنی‌دار و هم راستا در سطح ۱ درصد را نشان می‌دهد. نتایج این پژوهش با نتایج مطالعات Askari *et al.* (2016)، Dilip *et al.* (1991)، Sakila *et al.* (2000)، Yari and Saidi (2016) و Shabani *et al.* (2015) هم‌خوانی دارد.

جدول ۴ – ضریب همبستگی محاسبه شده برای صفات کمی و کیفی

	کارایی مصرف آب روغن (kg/m^3)	کارایی مصرف آب (kg/m^3)	عملکردروغن دانه (kg/ha)	درصد روغن (٪)	عملکرد دانه (kg/ha)	وزن هزار دانه (gr)	دانه در کپسول	کپسول در بوته	طول کپسول (cm)	دوره گلدهی (day)	n =۵۴ ۰/۲۶۸۶=٪۵ ۰/۳۴۸۲=٪۱
دوره گلدهی (day)	۰/۴۲۰۵**	۰/۴۱۳۶**	۰/۴۱۹۹**	۰/۴۵۴۴**	۰/۴۱۲۷**	۰/۳۶۸۰**	۰/۴۰۷۲**	۰/۳۹۲۲**	۰/۳۸۳۱**	۱	
طول کپسول (cm)	۰/۹۳۷۴**	۰/۹۳۸۴**	۰/۹۶۳۵**	۰/۸۴۰۷**	۰/۹۶۶۷**	۰/۹۳۹۶**	۰/۹۷۲۵**	۰/۹۶۲۹**	۱		
کپسول در بوته	۰/۸۹۴۱**	۰/۸۹۶۷**	۰/۹۲۳۵**	۰/۸۰۶۳**	۰/۹۲۸۳**	۰/۹۱۶۵**	۰/۹۴۹۵**	۱			
دانه در کپسول	۰/۹۳۶۶**	۰/۹۳۴۳**	۰/۹۶۸۴**	۰/۸۷۹۲**	۰/۹۶۸۳**	۰/۹۵۶۵**	۱				
وزن هزار دانه (gr)	۰/۹۱۷۲**	۰/۹۱۷۲**	۰/۹۴۱۸**	۰/۸۳۴۰**	۰/۹۴۳۶**	۱					
عملکرد دانه (kg/ha)	۰/۹۷۰۵**	۰/۹۶۸۸**	۰/۹۹۹۴**	۰/۸۹۱۲**	۱						
درصد روغن (٪)	۰/۸۷۷۹**	۰/۸۶۴۴**	۰/۹۰۴۲**	۱							
عملکرد روغن دانه (kg/ha)	۰/۹۷۲۰**	۰/۹۶۹۲**	۱								
کارایی مصرف آب (kg/m^3)	۰/۹۹۹۴**	۱									
کارایی مصرف آب روغن (kg/m^3)	۱										

مقایسه شکل (۳) و استفاده از تیمارهای برتر این شکل نشان می‌دهد تیمار V9 که بیش‌ترین عملکرد و کارایی مصرف آب را به خود اختصاص داده است باید در جدول (۵) ملاک عمل قرار گیرد. به‌عبارت دیگر ستون‌هایی از جدول (۵) که در آن اعداد مربوط به رقم فوق، بیش‌ترین و یا کم‌ترین میزان را به خود نسبت داده‌اند می‌تواند شاخصی باشد که توصیف تنش خشکی ارقام مورد بررسی را به بهترین شکل توجیه نماید. بیش‌ترین اعداد شاخص‌های STI، MP، GMP، HM و YI مربوط به رقم V9 و کم‌ترین اعداد شاخص‌های فوق مربوط به رقم V2 بود. به‌عبارت دیگر دقت در عملکرد تیمارهای تنش و بدون تنش دو رقم V9 و V2 نشان می‌دهد که اعداد شاخص‌های فوق ارقام مورد بررسی را بر اساس عملکرد تنش و بدون تنش آن‌ها به‌ترتیب از نزولی به صعودی طبقه‌بندی می‌نمایند (جدول ۵). لذا بیش‌تر بودن شاخص‌های STI، MP، GMP، HM و YI در هر رقم نسبت به رقم دیگر نشان‌دهنده مقاوم بودن رقم به تنش خشکی یا اعمال کم آبیاری می‌باشد. بنابراین می‌توان ملاک شناسایی رقم مقاوم به خشکی را مقادیر بالای شاخص‌های STI، MP، GMP، HM و YI قرار داد. مقایسه اعداد شاخص‌های تنش در جدول (۵) به خوبی نشان می‌دهد که شاخص MP بیش‌ترین انطباق و سیر صعودی افزایش عملکرد ارقام را نشان می‌دهد.

به این ترتیب مقادیر شاخص‌های فوق و استفاده از آن‌ها در انتخاب ارقام متحمل به خشکی بیانگر افزایش عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش می‌باشد و می‌توان آن‌ها را به‌طور توأم برای شناسایی رقم‌های مناسب برای هر شرایط توصیه نمود. این نتیجه تحقیق با نتایج پژوهش‌های Abbasali *et al.* (2017)، Poor-Esmaeil *et al.* (2014)، Molaei e*t al.* (2012)، و Shahrabi *et al.* (2013) مطابقت و هم‌خوانی دارد.

ضریب همبستگی شاخص‌های تنش خشکی نشان داد همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۱ درصد بین عملکرد رقم تحت تنش خشکی (Y_S) و عملکرد رقم فاقد تنش (Y_P)، وجود داشت. به‌عبارت دیگر رقمی که در حالت بدون تنش عملکرد بالاتری نسبت به دیگر ارقام دارد در حالت تنش نیز این برتری عملکرد قابل انتظار است. هم‌چنین همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۱ درصد عملکرد رقم تحت تنش با شاخص‌های STI، MP، GMP، HM و YI داشت. رقم فاقد تنش بیش‌ترین ضریب همبستگی مثبت و معنی دار را به میزان r=۰/۹۵۶۱ با شاخص

www.SID.ir

Archive of SID

MP داشت. مقایسه‌ی شاخص‌های تنش در عملکرد تیمار تنش و فاقد تنش نشان داد که با اعمال تنش خشکی، شاخص‌های STI، GMP، HM، YI و YSI افزایش و شاخص‌های SSI، MP و TOL کاهش یافتند. به‌عبارت دیگر روند کاهشی عملکرد کنجد که با اعمال تنش کم‌آبی اتفاق افتاده است قطعاً موجب کاهش شاخص‌های SSI، MP و TOL شده و برعکس کاهش عملکرد کنجد موجب تغییرات صعودی در شاخص‌های STI، GMP، HM، YI و YSI گردیده است (جدول ۶). قدر مطلق بیش‌ترین اختلاف بین اعداد شاخص‌های تنش در عملکرد رقم تحت تنش و فاقد تنش در شاخص TOL به میزان ۰/۷۶۰۵ محاسبه شد. هم‌چنین قدر مطلق کم‌ترین اختلاف بین اعداد شاخص‌های تنش در عملکرد رقم تحت تنش و فاقد تنش در شاخص GMP به میزان ۰/۰۱۲۹ محاسبه شد (جدول ۶).

جدول ۵- میانگین شاخص‌های تنش محاسبه شده در ارقام مورد بررسی

رقم	YSI	YI	HM	GMP	TOL	MP	STI	SSI	Y_P (kg/ha)	Y_S (kg/ha)
V1: محلی بهبهان	۰/۴۴۸	۰/۷۱۴	۵۶۸/۹	۶۱۵/۹	۵۰۹/۹	۶۶۶/۹	۰/۶۱۷	۲/۰۹۲	۹۲۱/۸	۴۱۱/۹
V2: SG1-92138	۰/۸۹۵	۰/۶۸۲	۴۱۵/۷	۴۱۶/۷	۴۸/۲	۴۱۷/۸	۰/۲۸۳	۰/۳۹۸	۴۴۱/۹	۳۹۳/۷
V3: SG26-92138	۰/۸۹۶	۱/۰۹۰	۶۶۳/۴	۶۶۴/۴	۷۳/۱	۶۶۵/۴	۰/۷۱۹	۰/۳۹۳	۷۰۲/۰	۶۲۸/۹
V4: SG31-92138	۰/۷۴۶	۱/۳۷۳	۹۰۷/۲	۹۱۷/۲	۲۷۰/۵	۹۲۷/۳	۱/۳۷۱	۰/۹۶۱	۱۰۶۲/۶	۷۹۲/۱
V5: SG37-92138	۰/۶۳۳	۰/۸۵۰	۶۰۰/۵	۶۱۶/۵	۲۸۵/۱	۶۳۲/۹	۰/۶۲۰	۱/۳۹۲	۷۷۵/۵	۴۹۰/۴
V6: SG42-92138	۰/۷۴۵	۰/۹۲۲	۵۳۲/۲	۶۱۶/۸	۱۸۴/۰	۶۲۴/۲	۰/۶۱۹	۰/۹۶۵	۷۱۶/۲	۵۳۲/۲
V7: SG51-92138	۰/۹۰۹	۱/۰۴۳	۶۳۰/۷	۶۳۱/۵	۶۰/۳	۶۳۲/۳	۰/۶۵۰	۰/۳۴۵	۶۶۲/۴	۶۰۲/۱
V8: SG53-92138	۰/۷۹۴	۰/۷۹۹	۵۱۳/۰	۵۱۶/۷	۱۱۹/۰	۵۲۰/۴	۰/۴۳۶	۰/۷۷۹	۵۷۹/۹	۴۶۰/۹
V9: SG55-92138	۰/۷۴۰	۱/۵۲۷	۱۰۱۲/۵	۱۰۲۴/۷	۳۱۱/۹	۱۰۳۷/۱	۱/۷۱۰	۰/۹۸۵	۱۱۹۳/۱	۸۸۱/۱
میانگین	۰/۷۵۶	۱/۰۰۰	۶۴۹/۳	۶۶۸/۹	۲۰۶/۹	۶۸۰/۵	۰/۷۸۱	۰/۹۲۳	۷۸۳/۹	۵۷۷/۰

Y_S میانگین عملکرد رقم در تیمار ۲۰۰ میلی‌متر Y_P میانگین عملکرد رقم در تیمار ۱۰۰ میلی‌متر

شاخص SSI همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۱ درصد با شاخص TOL و همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح ۱ درصد با شاخص YSI داشت. همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۱ درصد بین شاخص STI و شاخص‌های MP، GMP، HM و YI محاسبه شد. بیش‌ترین ضریب همبستگی بسیار معنی‌دار شاخص STI به میزان r=۰/۹۹۱۹ با شاخص GMP محاسبه گردید. هم‌چنین بیش‌ترین ضریب همبستگی بسیار معنی‌دار شاخص MP به میزان r=۰/۹۹۱۹ با شاخص GMP محاسبه شد (جدول ۶). شاخص MP همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۱ درصد با شاخص‌های GMP، HM و YI داشت ولی شاخص TOL همبستگی منفی و معنی‌داری در سطوح ۱ و ۵ درصد به‌ترتیب با شاخص‌های YSI و GMP داشت (جدول ۶). همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۱ درصد بین شاخص GMP با شاخص‌های STI، MP، HM و YI محاسبه گردید. شاخص HM همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۱ درصد با شاخص‌های STI، MP، GMP و YI داشت (جدول ۶). همان‌طور که بررسی اعداد مربوط به شاخص TOL در جدول (۶) نشان می‌دهند، مقاوم بودن رقم به تنش خشکی موجب می‌گردد تا سیر نزولی این شاخص مهم شتاب بیش‌تری گرفته و منفی‌تر عمل نماید. لذا رقمی مقاوم به تنش خشکی است که رقم ضریب همبستگی شاخص TOL آن منفی‌تر شده یا روند نزولی شاخص آن شدیدتر باشد. لذا می‌توان شاخص TOL را به‌عنوان بارزترین و شاخص‌ترین مؤلفه تشخیص رقم مقاوم به تنش خشکی معرفی نمود. بنابراین می‌توان گفت غیر حساس‌ترین شاخص تنش برای معرفی تیمارهای تحت تنش، شاخص GMP و مقاوم‌ترین شاخص به تغییرات، شاخص TOL می‌باشد. نتایج این تحقیق با نتایج پژوهش‌های Abbasali *et al.* (2017)، Dargahi *et al.* (2017)، Hassanzade *et al.* (2014)، Poor-Esmaeil *et al.* (2000)، Golestani. and Pakniyat (2012)، Molaie *et al.* (2007)، Khani *et al.* (2012)، Amani *et al.* (2016)، Askari *et al.* (2015)، Shiranirad and Abbasian (1991)، Acosta-Gallegos and Adams (2012)، Lotfi *et al.* (2013)، Shahrabi *et al.* (2015)، Zaferaniyeh Boureima (2012)، *et al.* (2006)، Sio-Semardeh *et al.* Daneshian and Jonoubi (2008) و Monajem *et al.* (2011) هم خوانی دارد. در این نتایج بعضاً شاخص GMP به عنوان غیرحساس‌ترین معرفی شده که احتمالاً شاخص HM توسط پژوهش‌گران فوق محاسبه نشده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶- ضریب همبستگی محاسبه شده شاخص‌های تنش

n = ۲۷ ۰/۳۸۰۹=٪۵ ۰/۴۸۶۹=٪۱	Y_S (kg/ha)	Y_P (kg/ha)	SSI	STI	MP	TOL	GMP	HM	YI	YSI
Y_S (kg/ha)	۱	۰/۷۵۰۸**	-۰/۲۰۹۴	۰/۹۴۰۴**	۰/۹۱۱۵**	-۰/۰۵۷۷	۰/۹۴۱۷**	۰/۹۵۷۲**	۱/۰۰۰۰**	۰/۲۰۹۴
Y_P (kg/ha)		۱	۰/۴۷۸۲*	۰/۹۱۳۰**	۰/۹۵۶۱**	۰/۷۰۲۸**	۰/۹۲۸۸**	۰/۸۸۹۵**	۰/۷۵۰۸**	-۰/۴۷۸۲*
SSI			۱	۰/۰۹۸۸	۰/۲۰۴۹	۰/۹۴۸۳**	۰/۱۲۸۰	۰/۰۴۴۸	-۰/۲۰۹۴	-۱/۰۰۰۰**
STI				۱	۰/۹۸۶۱**	۰/۳۶۷۱	۰/۹۹۱۹**	۰/۹۸۶۱**	۰/۹۴۰۴**	-۰/۰۹۸۸
MP					۱	۰/۴۶۳۳*	۰/۹۹۶۴**	۰/۹۷۸۹**	۰/۹۱۱۵**	-۰/۲۰۴۹
TOL						۱	-۰/۳۸۹۵*	۰/۳۱۳۵	۰/۰۵۷۷	-۰/۹۴۸۳**
GMP							۱	۰/۹۸۸۲**	۰/۹۴۱۷**	-۰/۱۲۸۰
HM								۱	۰/۹۵۷۲**	-۰/۰۴۴۸
YI									۱	۰/۲۰۹۴
YSI										۱

نتیجه‌گیری

مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری و رقم از نظر کارایی مصرف آب نشان داد کاهش مصرف آب در تیمار تنش موجب کاهش عملکرد آب در این تیمارها نسبت به تیمار فاقد تنش شده است. اثر کاهش مصرف آب حتی در تیمارهای تنش به حدی بوده که نتوانسته کاهش عملکرد به وقوع پیوسته در ازای کاهش مصرف آب را پوشش دهد و کماکان تیمار ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A علی‌رغم مصرف بیش‌تر آب نسبت به تیمار ۲۰۰ میلی-متر تبخیر از تشت کلاس A به دلیل افزایش عملکرد به‌وجود آمده بیش‌ترین کارایی مصرف آب را در بین تیمارها به خود اختصاص داد. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول (r=۰/۶۴۵۴) نشان داد که با افزایش تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول در نهایت عملکرد دانه افزایش یافت. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار وزن هزار دانه با عملکرد دانه (r=۰/۹۵۳۴) نشان داد که با افزایش وزن هزار دانه، عملکرد دانه افزایش یافت. رقم کنجدی که عملکرد دانه‌ی آن در هر دو حالت تنش و غیرتنش نسبت به دیگر ارقام مورد بررسی برتری داشت، به‌عنوان رقم متحمل به تنش معرفی گردید. لذا در رقمی که از نظر تحمل به تنش خشکی برتر بود، مقادیر شاخص-های STI، MP، GMP، HM و YI نیز نسبت به ارقام دیگر بالاتر بود.

سپاس‌گزاری

بدین وسیله از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به‌دلیل تقبل هزینه‌های مادی و حمایت‌های معنوی در انجام این تحقیق سپاسگزاری می‌شود.

REFERENCES

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): 275-289. (In Farsi)

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

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

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): 67-79. (In Farsi)

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): 226-230.

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): 78-87. (In Farsi)

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

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): 39-49.

Choukan, R.(2015). Final report of Yield trial of promising late and medium maturing maize

www.SID.ir

Archive of SID

hybrids (final stage). Ministry OF Jahad – e-Agriculture. Agricultural Research, Education and Extension Organization. Seed and Plant Improvement Institute: 16. (In Farsi).

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.

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 Farsi)

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: 758-762.

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): 39-51 (In Farsi).

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

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): 239-244.

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, (In Farsi)

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): 1-14. (In Farsi)

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): 151-169. (In Farsi)

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), 1833-1838.

Movahedi, S., Heidari nasser abad, B., Hashemi ana, S. K., and Ranjbar, F. (2012) .The Identification of Climatic Regions in Khouzestan Province. Journal of Geographical Space. 12 (40): 64-73. (In Farsi)

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), 66-70.

Sepahvand, M. 2009. Comparison of water requirement, water productivity and economic productivity in wheat and canola in the west of Iran during Rrainy years. Iranian Journal of Water Research, 3 (4), 68-63. (In Farsi)

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

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. (In Farsi)

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

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, 39:164-171.

Sio-Semardeh, A., Ahmadi, A., Poostini, K. and Mohammadi, V. (2006) Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. Field Crops Res., 98: 222-229.

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: 157-167.

Yari, M. And Saidi, Q. (2016) Master's Thesis. Government - Ministry of Science, Research, Technology - Isfahan University of Technology - Faculty of Agriculture and Natural Resources. (In Farsi)

Zaferaniyeh, M. (2015) Evaluation of tolerance indices and drought stress susceptibility in canola cultivars. International Conference on Applied Research in Agriculture. 11 pages. (In Farsi)

www.SID.ir