

Study of Drought Stress Indices in Two Varieties of Sesame (Darab1 and Dashtestan2)

NADER SALAMATI^{1*}, AMIRKHOSRO DANAIE², LEILA BEHBAHANI¹

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 Improvement Department, Khuzestan. Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ahvaz, Iran.

(Received: Apr. 23, 2019- Revised: June. 28, 2019- Accepted: July. 1, 2019)

ABSTRACT

In order to study and evaluate drought stress indices on yield, grain yield components, oil yield, seed oil percentage and sesame grain water use efficiency, a field study was carried out as split plots in randomized completely block design with three replications in 2018-2019 in Behbahan Agricultural Research Station. The main factor was the amount of irrigation water at four levels (40, 60, 80 and 100% of crop water requirement) that was applied by drip irrigation system since the beginning of flowering stage and the sub factor was sesame varieties including Darab1 and Dashtestan2 cultivars. The average applied water in 40, 60, 80 and 100% of crop water requirement treatments and also in control treatment (surface irrigation) were measured to be 350, 414, 478, 542 and 651 mm, respectively. The comparison of average water use efficiencies in different treatments showed a high value (0.240 kg/m³ of sesame seeds) for Darab1 cultivar with 100% crop water requirement, identifying as superior treatment. Also, the results of Pearson correlation coefficient showed by increasing plant height, number of seed in capsule, number of capsule per plant, 1000-seed weight, volume of applied water, the seed oil yield and water use efficiency increase. Finally, due to lower values of SSI and TOL indices and higher values of STI, MP and GMP indices in Darab1 variety compared to Dashtestan2 variety, Darab1 variety could be introduced as superior treatment in term of drought stress.

Keywords: Deficit irrigation, Drought stress indices, water use efficiency, Sesame varieties

بررسی شاخص‌های تنش خشکی در دو رقم کنجد (داراب ۱ و دشتستان ۲)

نادر سلامتی^{*}، امیر خسرو دانایی^۲، لیلا بهبهانی^۱

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: ۱۳۹۸/۲/۳ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۴/۷ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۴/۱۰)

چکیده

به منظور مطالعه و ارزیابی شاخص‌های تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه، روغن، درصد روغن دانه و کارایی مصرف آب دانه کنجد، آزمایشی به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان اجرا گردید. فاکتور اصلی، مقدار آب در آبیاری قطره‌ای نواری در چهار سطح ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی از شروع مرحله گلدهی و فاکتور فرعی رقم در دو سطح شامل ارقام داراب ۱ و دشتستان ۲ در نظر گرفته شد. میانگین آب مصرفی در قالب تیمارهای ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ درصد نیاز آبی و تیمار شاهد (آبیاری سطحی) به ترتیب برابر ۳۵/۰، ۴۱/۴، ۴۷/۸ و ۵۴/۲ و ۶۵/۱ سانتی‌متر آب بود. مقایسه میانگین کارایی مصرف آب در تیمارهای مختلف نشان داد که رقم داراب ۱ با ۱۰۰ درصد نیاز آبی با کارایی مصرف آبی معادل ۰/۲۴۰ کیلوگرم بر متر مکعب، تیمار برتر بود. همچنین نتایج ضریب همبستگی پیوسون نشان داد، با افزایش ارتفاع بوته، تعداد دانه در کپسول، تعداد کپسول در بوته، وزن هزاردانه، حجم آب مصرفی، عملکرد روغن دانه و کارایی مصرف آب افزایش می‌یابد. در نهایت، با توجه به کمتر بودن مقادیر شاخص‌های معرف Stress Susceptibility Index و Tolerance Index در رقم داراب ۱ نسبت به رقم دشتستان ۲ و نیز بیش‌تر بودن شاخص‌های معرف Geometric Mean Productivity، Stress Tolerance Index و Yield index، HM، Mean Productivity و Yield stability index در رقم داراب ۱ نسبت به رقم دشتستان ۲ می‌توان رقم داراب ۱ را از نظر تنش خشکی به عنوان تیمار برتر معرفی نمود.

واژه‌های کلیدی: کم‌آبیاری، شاخص‌های تنش خشکی، کارایی مصرف آب، ارقام کنجد

مقدمه

درصد و کیفیت مناسب آن (کلسترول کم و وجود برخی آنتی اکسیدان‌ها) نقش مهمی در سلامت انسان دارد (Afshari et al., 2014). بر اساس نتایج آزمایشات به‌عمل آمده بر روی ارقام مختلف کنجد، ارقام KC50662 و اولتان بالاترین عملکرد را در شرایط عادی و تنش داشتند (Abbasali et al., 2017). با بررسی تحمل به خشکی هشت رقم کنجد، رقم محلی دزفول دارای بیشترین عملکرد در شرایط عادی و تنش بود. نتایج بررسی تحمل به خشکی ارقام کنجد نشان داد که توده محلی دزفول متحمل‌ترین رقم به تنش خشکی بود (Golestani and Pakniyat, 2007). در پژوهشی دیگر، رقم کنجد داراب ۱۴ بر اساس شاخص‌های تحمل و حساسیت، در شرایط عادی و تنش رطوبتی به عنوان رقم برتر معرفی شد (Amani et al., 2012). Abbasali et al. (2017) نیز اعلام داشتند که رقم داراب ۱۴ و توده محلی سیستان در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی به عنوان ارقام برتر

تنش‌های محیطی یک مانع بزرگ در مسیر تأمین غذا در سطح بین‌المللی به شمار می‌روند. زمین‌های زراعی کمی وجود دارند که در آن گیاهان بتوانند بدون تنش خشکی به پتانسیل عملکرد خود برسند. برای مثال حدود ۴۵ درصد از اراضی کشاورزی جهان که ۳۸ درصد از جمعیت دنیا در آن جای گرفته‌اند، با خشکی موقت یا دائم مواجه هستند (Bot et al., 2000). هم‌اکنون تنش آبی، 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، علی‌الخصوص در کشت تابستانه دارد (Aien, 2013). این گیاه به دلیل محتوی بالای روغن (۵۲-۴۲

(Dilip *et al.*, 1991). در پژوهش دیگر، عملکرد دانه با صفات وزن هزار دانه، تعداد شاخه‌های فرعی، ارتفاع بوته، تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۱ درصد داشت (Shabani *et al.*, 2015).

در نهایت با توجه به کمبود منابع آب قابل استحصال و نیز اهمیت کنگد به‌عنوان یکی از محصولات مهم تأمین‌کننده روغن خوراکی در ایران، می‌توان با اجرای روش کم آبیاری و علی-الخصوص در هنگام بروز خشکسالی، با کمبود شدید آب سازگار شد. در نتیجه هدف از اجرای این تحقیق بررسی تأثیر تنش خشکی از طریق اعمال سطوح مختلف آبیاری قطره‌ای نواری و همچنین شناسایی رقم برتر بر اساس شاخص‌های تنش می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر، بررسی و تعیین عکس‌العمل دو رقم کنگد، به تنش آبی و شناسایی رقم مقاوم به تنش، در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان با مختصات جغرافیایی ۱۴°-۵۰° طول شرقی و ۳۶°-۳۰° عرض شمالی، آزمایشی در قالب طرح آماری بلوک-های کامل تصادفی به‌صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده و با سه تکرار طی سال (۱۳۹۶-۱۳۹۷) طراحی و اجرا گردید. محل آزمایش دارای اقلیم نیمه خشک، ارتفاع آن از سطح دریا ۳۴۵ متر و متوسط بارندگی سالانه ۳۴۹ میلی‌متر است. فاکتور اصلی مقدار آب در آبیاری قطره‌ای نواری در چهار سطح ۴۰٪، ۶۰٪، ۸۰٪ و ۱۰۰٪ نیاز آبی بود که از شروع مرحله گلدی اعمال گردید و فاکتور فرعی در دو سطح شامل ارقام داراب ۱ و دشتستان ۲ بود. تیمار شاهد نیز که آبیاری آن بر اساس عرف زارع و به روش آبیاری سطحی (جویچه‌ای) انجام شد، در این تحقیق در نظر گرفته شد.

آب مورد نیاز برای آیشویی مزارع مورد مطالعه نیز، بر اساس نشریه فائو ۲۹ در آبیاری قطره‌ای از رابطه زیر برآورد شد (Food and Agriculture Organization, 2000).

$$LR = ECw / (2Max ECe) \quad (\text{رابطه ۱})$$

که در آن ECw هدایت الکتریکی آب آبیاری (بر حسب dS/m)، ECe آستانه تحمل شوری محصول (بر حسب dS/m) و MaxEce شوری (بر حسب dS/m) با عملکرد صفر است. با استفاده از فرمول (۱) نیاز آیشویی بر حسب درصد محاسبه گردید و سپس با در نظر گرفتن نیاز آبی محاسبه شده در طول دوره رشد کنگد نیاز آیشویی بر حسب میلی‌متر محاسبه شد. آستانه تحمل شوری با ۱۰ درصد کاهش عملکرد برای محصولات مورد مطالعه از نشریه فائو ۲۹ استخراج گردید. راندمان آبیاری فصلی پیش‌بینی شده ۹۵٪ در نظر گرفته شد. برای مقایسه آماری نتایج

مطرح می‌باشند. همچنین بررسی اثر تنش آب روی عملکرد و اجزای عملکرد ۲۷ رقم کنگد نشان داد که اجزای عملکرد آن‌ها به شدت تحت تأثیر تنش آب قرار می‌گیرد. همچنین، ارقام اولتان، کرج یک، نازتک شاخه و ورامین ۲۳۷ نسبت به سایر ارقام عملکرد بیشتری در حالت تنش خشکی داشتند (Hassanzadeh 2009 *et al.*). در تحقیقی دیگر، عملکرد ارقام کنگد اولتان و داراب ۱۴ در شرایط عادی و محدودیت رطوبتی ارزیابی و رقم اولتان به عنوان رقمی متحمل معرفی گردید (Molaei *et al.*, 2012). Boureima *et al.* (2012) اظهار داشتند رقم کنگد ۳۲-۱۵ در هر دو سال اجرای آزمایش متحمل به خشکی بود. Khani *et al.* (2007) با بررسی ارقام مقاوم به خشکی، ارقام JL-13، داراب ۱۴ و TS-3 را برای کشت در منطقه جیرفت و کهنوج توصیه نمودند. در تحقیقی دیگر رقم داراب ۱۴ در هر دو شرایط عادی و تنش، دارای بالاترین عملکرد بود (Askari *et al.*, 2016). همچنین، ارزیابی ارقام مختلف گلرنگ از نظر تحمل به خشکی نشان داد که ارقام اصفهان ۱۴ و ۱۱۱-۲۲ متحمل‌ترین ارقام بودند (Lotfi *et al.*, 2012). Sio-Semardeh *et al.* (2006) گزارش نمودند که انتخاب رقم متحمل بر اساس شاخص MP زمانی مطلوب است که شدت تنش و اختلاف بین عملکرد در شرایط بدون تنش و دارای تنش رطوبتی، زیاد نباشد. نتایج آزمایش به عمل آمده از پژوهش دیگری نیز نشان داد، که برای گزینش رقم متحمل به خشکی، شاخص‌های میانگین هندسی قابلیت تولید (GMP) و تحمل به تنش (STI) به دلیل همبستگی بالا با عملکرد دانه در هر دو شرایط شاهد و تنش، ملاک خوبی برای ارزیابی می‌باشند (2013 Shahrabi *et al.*). نتایج تحقیق (Eskandari *et al.* 2010) نشان داد که رقم TS3 در هر دو سال اجرای آزمایش بالاترین کارایی مصرف آب را داشت. همچنین، بیش‌ترین کارایی مصرف آب در شرایط کمبود شدید آب به‌دست آمد که نشان می‌دهد گیاه کنگد با مصرف کم آب قادر به تولید عملکرد مناسب می‌باشد. Sakila *et al.* (2000) نیز در بررسی‌هایی که روی ۳۶ هیبرید کنگد و ۱۲ والد آن‌ها انجام دادند، نتیجه گرفتند که عملکرد دانه با صفات تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول در هر دو شرایط رطوبتی عادی و تنش همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. نتایج حاصل از محاسبه ضرایب همبستگی کنگد در یک پروژه تحقیقاتی دیگر نیز نشان داد که در هر دو رژیم رطوبتی، عملکرد دانه با صفات تعداد کپسول در بوته و وزن هزار دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (Yari and Saidi, 2016). عملکرد دانه در کنگد 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

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، نسبت به کودپاشی و پخش یکنواخت علف‌کش ترفلان به میزان ۲/۵ لیتر در هکتار در سطح مزرعه اقدام گردیده و به وسیله دیسک سبک، کود و علف‌کش با خاک مخلوط شدند. کودهای فسفر و پتاسیم کلاً قبل از کاشت بر اساس آزمون خاک به ترتیب به مقدار ۱۱۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و کود نیتروژنه در سه نوبت (یک‌سوم همزمان با آبیاری دوم، یک‌سوم بلافاصله بعد از تنک و یک‌سوم در شروع مرحله گلدهی) به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بصورت 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. همچنین، 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 جدول (۱) و (۲) نشان داده شده است. همچنین، نیاز آبی محاسبه شده برای تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی در ماه‌های انجام آزمایش در جدول (۳) نشان داده شده است.

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 ۱ و ۵ درصد و هم‌سو یا ناهم‌سو بودن این روند تغییرات، بررسی و تجزیه و تحلیل شد. در ادامه، در طول فصل زراعی، صفاتی مانند ارتفاع بوته، تعداد دانه در کیسول، تعداد کیسول در بوته، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، درصد روغن، عملکرد روغن دانه، کارایی مصرف آب دانه و کارایی مصرف آب روغن دانه، اندازه‌گیری یا محاسبه شدند. در پایان اجرای آزمایش، تجزیه واریانس بر اساس آزمون طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی به صورت 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. هر کرت فرعی شامل چهار خط کاشت (دو پشته و عرض هر پشته ۹۰ سانتی‌متر) به طول ۲۰ متر و مساحت ۳۶ متر مربع بود که 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. فاصله بین کرت‌های اصلی چهار متر در نظر گرفته شد. فاصله بین

جدول ۱- نتایج تجزیه نمونه آب

آنیون‌ها (meq/l)			کاتیون‌ها (meq/l)			T.D.S	pH	EC	سال
Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Mg/lit		(μS/m)	
۸/۸	۸/۰	۳/۲	۸/۰	۳/۲	۸/۸	۱۱۴۰	۷/۴	۱۷۴۰	۱۳۹۷-۱۳۹۶

جدول ۲- نتایج تجزیه نمونه خاک آزمایش قبل از کاشت

سال	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 (g/cm ³)	رطوبت ظرفیت زراعی (درصد وزنی)	بافت خاک
۱۳۹۷-۱۳۹۶	۳۰-۰	۲/۸	۷/۵	۰/۶۴	۹/۵	۲۴۶	۱/۵۷	۲۴	سیلتی کلی لوم

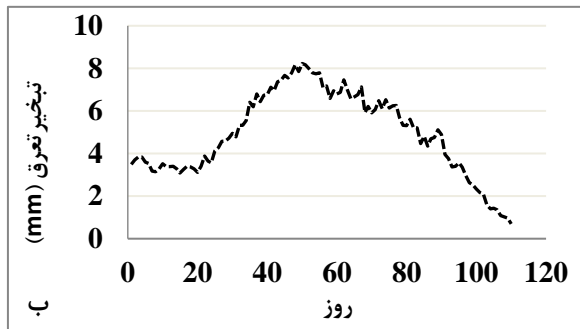
جدول ۳- نیاز آبی محاسبه شده برای تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی در ماه‌های انجام آزمایش و نیاز آبتی (میلی‌متر) (از ۲ مرداد تا ۱۹ آبان)

سال	مرداد	شهریور	مهر	آبان	نیاز آبتی	مجموع
۱۳۹۷-۱۳۹۶	۹۶/۴	۱۹۱/۰	۱۵۱/۸	۳۶/۷	۶۵/۷	۵۴۱/۷

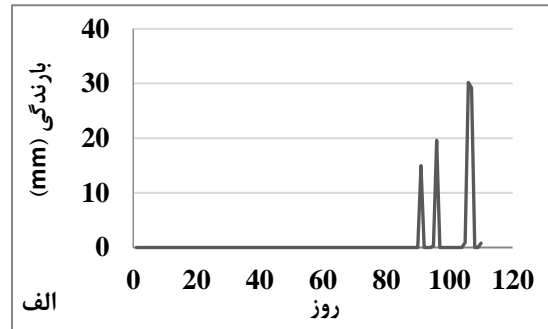
شد (Allen et al., 1998). با پایش تبخیر-تعرق روزانه، مدت زمان آبیاری محاسبه و از طریق نمونه‌برداری خاک قبل از تعدادی از آبیاری‌ها، رطوبت وزنی و سپس رطوبت حجمی و در نهایت کمبود رطوبت خاک مشخص گردید و با میزان تبخیر تعرق محاسبه شده از آمار روزانه هواشناسی صحت‌سنجی شد. به این ترتیب نیاز آبی ۱۰۰ درصد روزانه گیاه محاسبه گردید. آن‌گاه مقادیر ۴۰، ۶۰،

در ادامه، آمار روزانه بارندگی و پارامترهای هواشناسی از اداره هواشناسی سینوپتیک بهبهان استعلام گردید. 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

نرم افزار ETCalculator محاسبه شد. مقدار آب مورد نیاز کنگد، حاصل مجموع نیاز آبتی (از فرمول ۱) با تبخیر تعرق روزانه در طول فصل کاشت (از تاریخ ۲ مرداد ماه تا ۱۹ آبان ماه) محاسبه گردید (جدول ۳). بارندگی روزانه در سال انجام آزمایش در شکل (۱- الف) و تبخیر تعرق روزانه محاسبه شده با نرم افزار ETCalculator در شکل (۱- ب) نشان داده شده‌اند.



۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی برای اعمال تیمارها محاسبه گردید. سپس با کنتورهای با دقت ۰/۰۰۱ مترمکعب میزان آبی که به گیاه داده می‌شد رصد 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



شکل ۱ - بارندگی سال زراعی (الف) و (ب) (تبخیر تعرق + نیاز آبتی) روزانه محاسبه شده در سال زراعی ۹۶-۹۷ (از ۲ مرداد تا ۱۹ آبان)

آبیاری و رقم نشان داد که رقم داراب ۱ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی با عملکرد ۱۲۹۸/۹ کیلوگرم در هکتار تیمار برتر بود. رقم داراب ۱ و ۸۰ درصد نیاز آبی و رقم دشتستان ۲ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی به ترتیب با عملکردهای ۱۰۴۲/۲ و ۹۲۷/۵ کیلوگرم در هکتار در رده‌های بعدی جای داشتند (شکل ۲- الف). نتایج این تحقیق با نتایج حاصل از تحقیقات *Eskandari, (2013) Shahrabi et al.* و *Dilip et al. (2010) et al., Hassanzadeh et al., 2009* (1991) مطابقت دارد. تحمل رقم داراب ۱ به تنش خشکی موجب شده تا تیمار ۸۰ درصد آن با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی رقم دشتستان ۲ اختلاف معنی‌دار آماری با هم نداشته باشند. به عبارت دیگر تحمل رقم داراب ۱ به تنش خشکی موجب شد تا حتی کاهش ۲۰ درصدی مصرف آب نتواند اختلاف معنی‌داری بین عملکرد تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی این رقم با عملکرد رقم دشتستان ۲ در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی بوجود آورد.

همچنین مقایسه میانگین کارایی مصرف آب در اثرات متقابل آبیاری و رقم نشان داد که تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و رقم داراب ۱ با عملکرد ۰/۲۴۰ کیلوگرم دانه کنگد به ازای مصرف یک متر مکعب آب، تیمار برتر و رتبه نخست است. تیمارهای ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی در رقم داراب ۱ به ترتیب با تولید ۰/۲۱۸ و ۰/۱۸۸ کیلوگرم دانه کنگد به ازای مصرف یک مترمکعب آب در رتبه‌های دوم و سوم بودند (شکل ۲- ب). همانطور که در شکل (۲- الف)

در نهایت نیز، ارزیابی ارقام، از نظر تحمل به خشکی توسط شاخص‌های حساسیت به تنش (SSI^۱)، تحمل (TOL^۲)، تحمل به تنش (STI^۳)، بهره‌وری متوسط (MP^۴)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP^۵)، میانگین هارمونیک (HM^۶)، شاخص عملکرد (YI^۷) و شاخص پایداری عملکرد (YSI^۸) انجام شد. شاخص‌های فوق به شرح زیر محاسبه گردیدند:

$$SSI = [1 - (Y_S / Y_P)] / [1 - (Y_S' / Y_P')] \quad \text{(رابطه ۱)}$$

$$TOL = Y_P - Y_S \quad \text{(رابطه ۲)}$$

$$STI = (Y_P / Y_P') (Y_S / Y_S') (Y_S / Y_P) = (Y_P) (Y_S) / (Y_P')^2 \quad \text{(رابطه ۳)}$$

$$GMP = (Y_P \times Y_S)^{.5} \quad \text{(رابطه ۴)}$$

$$MP = (Y_P + Y_S) / 2 \quad \text{(رابطه ۵)}$$

$$HM = (2 \times Y_P \times Y_S) / (Y_P + Y_S) \quad \text{(رابطه ۶)}$$

$$YI = Y_S / Y_S' \quad \text{(رابطه ۷)}$$

$$YSI = Y_S / Y_P \quad \text{(رابطه ۸)}$$

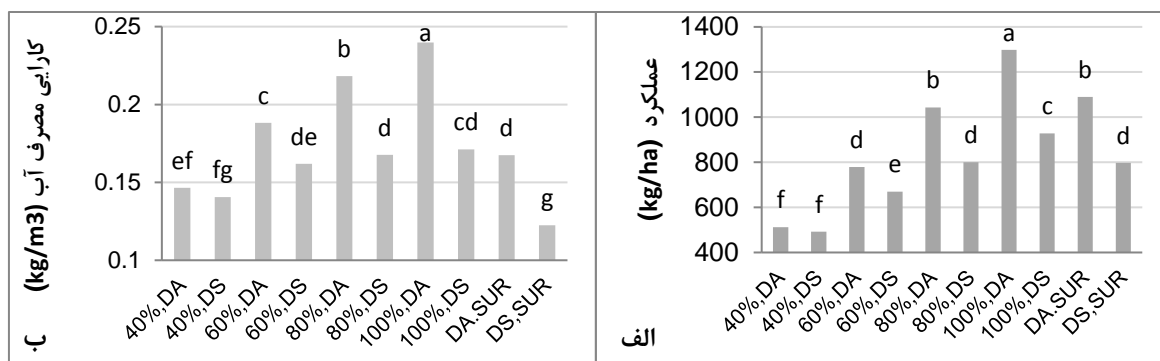
در این فرمول‌ها Y_P و Y_S به ترتیب میانگین عملکرد دانه (بر حسب کیلوگرم در هکتار) هر رقم تحت شرایط تنش، بدون تنش و Y_P' و Y_S' (بر حسب کیلوگرم در هکتار) نیز میانگین کل عملکرد دانه ارقام تحت شرایط تنش و بدون تنش می‌باشد. تنش خشکی شامل سه سطح آبیاری ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی کنگد می‌باشد.

نتایج و بحث

در پژوهش حاضر، مقایسه میانگین عملکرد دانه در اثرات متقابل

نسبت به تیمارهای تنش، بیشترین کارایی مصرف آب را در بین تیمارها به خود اختصاص داده است. نتایج این تحقیق با نتایج پژوهش *Eskandari et al.* (2010) همخوانی دارد. مقاوم و متحمل بودن به تنش خشکی رقم داراب ۱ نسبت به رقم دشتستان ۲، موجب برتری کارایی مصرف آب تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی رقم داراب ۱ شده است. به طوری که حتی کاهش ۲۰ درصدی مصرف آب در تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی در رقم داراب ۱ موجب نشده تا این رقم کاهش کارایی مصرف آب معنی داری نسبت به رقم دشتستان ۲ در تیمار ۱۰۰ درصدی نیاز آبی داشته باشد.

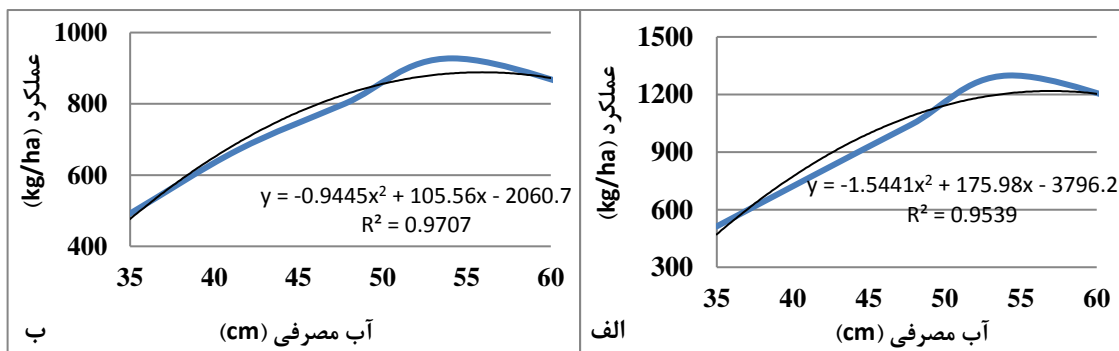
مشاهده می شود، کاهش مصرف آب در تیمارهای تنش (۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی) موجب کاهش عملکرد دانه در این تیمارها نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی شده است. در شکل (۲-ب) کاهش مصرف آب در تیمارهای تنش موجب نشده تا کارایی مصرف آب تیمارهای فوق نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی افزایش پیدا کند. به عبارت دیگر اثر کاهش 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 تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی علی رغم مصرف بیش تر آب



شکل ۲ - میانگین عملکرد (الف) و میانگین کارایی مصرف آب (الف) در اثرات متقابل سطوح آبیاری و رقم

در ادامه ی بررسی نتایج مشخص گردید که میانگین آب مصرفی در یک سال انجام آزمایش در تیمارهای ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ درصد نیاز آبی و تیمار شاهد به ترتیب برابر ۳۵/۰، ۴۱/۴، ۴۷/۸، ۵۴/۲ و ۶۵/۱ سانتی متر آب بود. عملکرد تیمارهای ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ درصد نیاز آبی رقم داراب ۱ به ترتیب معادل ۹۲۷/۵ و ۷۹۶/۸ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۳-ب).

در ادامه ی بررسی نتایج مشخص گردید که میانگین آب مصرفی در یک سال انجام آزمایش در تیمارهای ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ درصد نیاز آبی و تیمار شاهد به ترتیب برابر ۳۵/۰، ۴۱/۴، ۴۷/۸، ۵۴/۲ و ۶۵/۱ سانتی متر آب بود. عملکرد تیمارهای ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ درصد نیاز آبی رقم داراب ۱ به ترتیب معادل ۹۲۷/۵ و ۷۹۶/۸ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۳-ب).



شکل ۳ - منحنی عملکرد و آب مصرفی در رقم داراب ۱ (الف) و رقم دشتستان ۲ (ب)

و کارایی مصرف آب روغن دانه روندی هم راستا و معنی دار در سطح ۱ درصد را نشان می دهد. به عبارت دیگر لازمه افزایش عملکرد دانه، افزایش اجزای عملکرد از جمله ارتفاع بوته، دانه در کپسول، کپسول در بوته و وزن هزاردانه می باشد. بعد از ضریب

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

عملکرد روغن دانه روندی هم راستا و معنی دار در سطح ۱ درصد را نشان می دهد.

بیشترین میزان همبستگی صفت حجم آب مصرفی به میزان $r=0/6936$ با صفت وزن هزار دانه محاسبه شد که در سطح ۱ درصد معنی دار و حاکی از مؤثر بودن اثر تنش خشکی بر کاهش وزن هزاردانه می باشد. همبستگی معنی دار حجم آب مصرفی با وزن هزار دانه، اهمیت ویژه میزان مصرف آب را در شرایط ترسالی و خشک سالی نشان می دهد. به عبارت دیگر در شرایط بحرانی تنش آب و خشک سالی با مدیریت بهینه مصرف آب می توان در زمان های حساس، به تنش آب از جمله در زمان گلدهی از وقوع تنش شدید به گیاه کنگد که موجب کاهش معنی دار وزن هزار دانه و به تبع آن عملکرد می شود جلوگیری نمود. زیرا بیشترین ضریب همبستگی وزن هزار دانه با عملکرد به میزان $r=0/9534$ محاسبه شد. به بیان دیگر بیشترین همبستگی معنی دار وزن هزار دانه با عملکرد دانه و وزن هزار دانه با حجم آب مصرفی، نشان دهنده نقش بسیار مهم مدیریت بهینه کم آبیاری در کنگد است (جدول ۴). نتایج این پژوهش با نتایج مطالعات Askari et al. (2016)، Dilip et al. (1991)، Sakila et al. (2000) و Yari and Saidi (2016) و Shabani et al. (2015) هم خوانی دارد.

همبستگی که در عملکرد روغن دانه به میزان $r=0/9878$ محاسبه شده، بیشترین میزان همبستگی به صفت وزن هزار دانه با مقدار $r=0/9534$ تعلق گرفت. به عبارت دیگر افزایش عملکرد دانه ناشی از افزایش اجزای عملکرد از جمله وزن هزار دانه می باشد (جدول ۴). روند تغییرات اجزای عملکرد از جمله ارتفاع بوته، دانه در کپسول، کپسول در بوته و وزن هزار دانه نسبت به همدیگر در سطح ۱ درصد معنی دار بوده و بیشترین ضریب همبستگی معنی دار در اجزای عملکرد بین شاخص ارتفاع بوته به میزان $r=0/9597$ با صفت کپسول در بوته محاسبه شد که حاکی از مؤثر بودن نقش ارتفاع بوته در افزایش معنی دار تعداد کپسول می باشد. به عبارت دیگر افزایش ارتفاع بوته با همبستگی بسیار معنی داری موجب روند افزایشی تعداد کپسول در بوته شد (جدول ۴).

روند تغییرات وزن هزار دانه با روند تغییرات کارایی مصرف آب، حجم آب مصرفی، عملکرد روغن دانه و کارایی مصرف آب روغن دانه روندی هم راستا و معنی دار در سطح ۱ درصد را نشان می دهد. بیشترین میزان همبستگی وزن هزار دانه به میزان $r=0/9534$ با عملکرد دانه می باشد که بیانگر نقش مؤثر افزایش وزن هزار دانه در بالارفتن عملکرد دانه است. روند تغییرات کارایی مصرف آب با روند تغییرات عملکرد روغن دانه و کارایی مصرف آب روغن دانه روندی هم راستا و معنی دار در سطح ۱ درصد را نشان می دهد. روند تغییرات حجم آب مصرفی با روند تغییرات

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

	n = ۳۰	عملکرد دانه (kg/ha)	ارتفاع بوته (cm)	دانه در کپسول	کپسول در بوته	وزن هزار دانه (گرم)	کارایی مصرف آب (kg/m ³)	حجم آب مصرفی (m ³ /ha)	درصد روغن (%)	عملکرد روغن (kg/ha)	کارایی مصرف آب روغن (kg/m ³)
	۰/۳۶۲۱=۰/۵										
	۰/۴۶۴۰=۰/۱										
عملکرد دانه (kg/ha)		۱	۰/۸۷۱۸**	۰/۹۱۱۵**	۰/۸۹۸۵**	۰/۹۵۳۴**	۰/۷۶۷۳**	۰/۶۶۹۹**	۰/۱۴۱۹	۰/۹۸۷۸**	۰/۷۷۳۱**
ارتفاع بوته (cm)			۱	۰/۹۴۷۶**	۰/۹۵۹۷**	۰/۹۰۶۸**	۰/۵۹۰۵**	۰/۶۹۰۵**	۰/۱۴۳۵	۰/۸۶۲۵**	۰/۶۰۰۳**
دانه در کپسول				۱	۰/۹۶۶۳**	۰/۹۲۵۹**	۰/۶۶۸۵**	۰/۶۵۴۷**	۰/۱۳۹۳	۰/۹۰۰۶**	۰/۶۷۴۷**
کپسول در بوته					۱	۰/۹۱۸۹**	۰/۶۶۸۰**	۰/۶۴۱۵**	۰/۲۰۸۱	۰/۸۹۹۴**	۰/۶۹۲۳**
وزن هزار دانه (گرم)						۱	۰/۶۹۴۵**	۰/۶۹۳۶**	۰/۱۹۰۱	۰/۹۵۰۹**	۰/۷۱۴۴**
کارایی مصرف آب (kg/m ³)							۱	-۰/۰۴۸۵	۰/۰۲۳۳	۰/۷۴۹۳**	۰/۹۷۱۳**
حجم آب مصرفی (m ³ /ha)								۱	۰/۱۹۰۰	۰/۶۷۱۳**	-۰/۰۸۹۰
درصد روغن (%)									۱	۰/۲۸۷۳	۰/۲۵۷۵
عملکرد روغن دانه (kg/ha)										۱	۰/۷۹۱۳**
کارایی مصرف آب روغن (kg/m ³)											۱

بوده در حالی که مقادیر شاخص های STI، MP، GMP، HM، YI و YSI در سطوح آبیاری فوق در رقم داراب ۱ بیش تر از رقم دشتستان ۲ بود (جدول ۵). کم بودن مقادیر شاخص های SSI و TOL در رقم داراب ۱ نسبت به رقم دشتستان ۲ از یک سو و بیش تر بودن شاخص های STI، MP، GMP، HM، YI و YSI در رقم

میزان شاخص های SSI و TOL با افزایش سطح تنش خشکی افزایش پیدا می کنند در حالی که مقادیر شاخص های STI، MP، GMP، HM، YI و YSI با افزایش سطح تنش کاهش می یابند. مقادیر شاخص های SSI و TOL در سطوح آبیاری ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی در رقم داراب ۱ کم تر از رقم دشتستان ۲

و YSI و مقادیر پایین شاخص‌های SSI و TOL قرار داد. 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 به طور توأم برای شناسایی رقم یا ارقام مناسب برای هر شرایط توصیه نمود. نتیجه این تحقیق با نتایج پژوهش‌های (Abbasali et al., 2017)، (Shahrabi et al., 2014)، (Molaei et al., 2000)، و (Shahrabi et al., 2013) مطابقت و هم‌خوانی دارد.

داراب ۱ نسبت به رقم دشتستان ۲ از سوی دیگر نشان دهنده مقاوم بودن رقم داراب ۱ به تنش خشکی یا اعمال کم آبیاری می‌باشد. لذا رقم داراب ۱ نسبت به رقم دشتستان ۲ از نظر تنش خشکی، به‌عنوان تیمار برتر معرفی می‌گردد (جدول ۵). به عبارت دیگر عملکرد رقم داراب ۱ نسبت به رقم دشتستان ۲ در شرایط تنش، به عملکرد تیمار فاقد تنش نزدیک‌تر بوده و همین عامل در کاهش شاخص SSI در رقم داراب ۱ نسبت به رقم دشتستان ۲ موثر بوده است. بنابراین می‌توان ملاک شناسایی رقم مقاوم به خشکی را مقادیر بالای شاخص‌های STI، MP، GMP، HM، YI

جدول ۵ - میانگین شاخص‌های تنش محاسبه شده در دو رقم مورد بررسی

تیمار	YSI	YI	HM (kg/ha)	GMP (kg/ha) ¹⁰	TOL (kg/ha)	MP (kg/ha)	STI	SSI	Y _p (kg/ha)	Y _s (kg/ha)
DA و 40%	۰/۳۹۵	۱/۱۳۶	۷۳۴/۶	۸۱۵/۶	۷۸۶/۵	۹۰۵/۶	۰/۶۶۷	۱/۱۰۲	۱۲۹۸/۹	۵۱۲/۳
DS و 40%	۰/۵۳۰	۱/۰۸۴	۶۴۱/۵	۶۷۴/۶	۴۳۵/۹	۷۰۹/۶	۰/۴۵۳	۰/۸۵۷	۹۲۷/۵	۴۹۱/۷
DA و 60%	۰/۵۹۹	۱/۱۸۹	۹۷۳/۴	۱۰۰۵/۶	۵۱۹/۸	۱۰۳۸/۹	۱/۰۰۴	۱/۱۴۷	۱۲۹۸/۹	۷۷۹/۰
DS و 60%	۰/۷۲۲	۰/۰۲۶	۷۷۷/۹	۷۸۸/۲	۲۵۷/۷	۷۹۸/۷	۰/۶۲۰	۰/۷۹۵	۹۲۷/۵	۶۶۹/۸
DA و 80%	۰/۸۰۳	۱/۲۵۶	۱۱۵۵/۷	۱۱۶۳/۱	۲۵۶/۷	۱۱۷۰/۵	۱/۳۵۹	۱/۱۴۲	۱۲۹۸/۹	۱۰۴۲/۷
DS و 80%	۰/۸۶۴	۰/۹۶۹	۸۵۸/۵	۸۶۱/۳	۱۲۶/۸	۸۶۴/۱	۰/۷۴۸	۰/۷۹۱	۹۲۷/۵	۸۰۰/۷

رقم داراب ۱ = DA و رقم دشتستان ۲ = DS، 40%، 60% و 80% = تیمارهای تنش ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی، Y_p = میانگین عملکرد رقم در تیمار ۱۰۰ نیاز آبی،

درصد است. روند تغییرات شاخص HM با روند تغییرات شاخص‌های YI و YSI هم‌راستا و معنی‌دار در سطح ۵ درصد است ولی روند تغییرات شاخص TOL با روند تغییرات شاخص YSI غیرهم‌راستا و معنی‌دار در سطح ۱ درصد می‌باشد (جدول ۶).

عملکرد تیمار تحت تنش، بیش‌ترین و قوی‌ترین ضریب همبستگی معنی‌دار به میزان $r=0/9568$ را با شاخص HM در تیمارهای ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی دارد (جدول ۶). هم‌چنین شاخص GMP بیش‌ترین ضریب همبستگی معنی‌دار را با شاخص HM به مقدار $r=0/9889$ داشت. در حالی که کم‌ترین ضریب همبستگی معنی‌دار در تیمار تحت تنش (تیمارهای ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی) در شاخص TOL به میزان $r=-0/5864$ محاسبه شد (جدول ۶). شاخص SSI بیش‌ترین ضریب همبستگی معنی‌دار و هم‌سو را به میزان $r=0/5010$ با شاخص TOL نشان داد این در حالی بود که ضعیف‌ترین ضریب همبستگی معنی‌دار با شاخص TOL در شاخص YSI به میزان $r=-0/9504$ محاسبه شد (جدول ۶).

بررسی اجمالی جدول‌های (۷، ۸ و ۹) و مقایسه نتایج آن‌ها با جدول (۶) نشان می‌دهد که روند تغییرات شاخص‌های SSI و YSI کم‌ترین حساسیت را به تغییرات اعمال تنش خشکی نسبت به دیگر شاخص‌ها از خود نشان می‌دهند لذا می‌توان شاخص‌های فوق را به عنوان کم‌اثرترین شاخص‌ها برای معرفی تیمار مقاوم

ضریب همبستگی شاخص‌های تنش خشکی نشان داد روند تغییرات عملکرد ارقام داراب ۱ و دشتستان ۲ در تیمارهای تنش ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی با روند تغییرات شاخص TOL غیرهم‌راستا و معنی‌دار در سطح ۱ درصد بوده در حالی که روند تغییرات شاخص SSI در تیمارهای تنش فوق معنی‌دار نشد. هم‌چنین روند تغییرات عملکرد ارقام فوق در سطوح آبیاری ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی با شاخص‌های STI، MP، GMP، HM و YSI هم‌راستا و معنی‌دار در سطح ۱ درصد می‌باشد (جدول ۶ و ۷). به عبارت دیگر روند کاهش عملکرد کنگد که با اعمال تنش کم آبی اتفاق افتاده است، قطعاً موجب کاهش شاخص تنش TOL شده و برعکس کاهش عملکرد کنگد موجب تغییرات صعودی در شاخص‌های STI، MP، GMP، HM و YSI گردیده است (جدول ۶). در تیمارهای تنش ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی، روند تغییرات شاخص SSI با روند تغییرات شاخص MP و TOL هم‌راستا و معنی‌دار در سطح ۵ درصد است. روند تغییرات شاخص STI با روند تغییرات شاخص‌های MP، GMP، HM و YI هم‌راستا و معنی‌دار در سطح ۱ درصد است. روند تغییرات شاخص MP با روند تغییرات شاخص‌های GMP، HM و YI هم‌راستا و معنی‌دار در سطح ۱ درصد است. روند تغییرات شاخص GMP با روند تغییرات شاخص‌های HM و YI هم‌راستا و معنی‌دار در سطح ۱

جدول ۸ - ضریب همبستگی محاسبه شده شاخص‌های تنش در تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی

$r_n =$ ۰/۸۱۱۴=۵٪ ۰/۹۱۷۲=۱٪	Y_s (kg/ha)	Y_p (kg/ha)	SSI	STI	MP (kg/ha)	TOL (kg/ha)	GMP (kg/ha) ¹⁰	HM (kg/ha)	YI	YSI
Y_s (kg/ha)	۱	-۰/۸۷۸۲*	-۰/۵۹۸۵	-۰/۶۶۰۵	-۰/۹۳۲۶**	-۰/۷۳۶۵	-۰/۹۴۹۵**	-۰/۹۶۵۶**	-۰/۶۷۴۱	-۰/۵۹۸۵
Y_p (kg/ha)		۱	-۰/۹۰۷۸*	-۰/۹۱۲۳*	-۰/۹۹۱۶**	-۰/۹۷۰۳*	-۰/۹۸۳۹**	-۰/۹۷۲۳**	-۰/۸۵۶۹*	-۰/۹۰۷۸**
SSI			۱	-۰/۹۴۲۶**	-۰/۸۴۶۶*	-۰/۹۸۱۴**	-۰/۸۱۹۳*	-۰/۷۸۵۹	-۰/۸۳۷۲*	-۱**
STI				۱	-۰/۸۶۶۷*	-۰/۹۵۶۳**	-۰/۸۴۵۰*	-۰/۸۱۸۰*	-۰/۹۶۶۷**	-۰/۹۴۲۶**
MP (kg/ha)					۱	-۰/۹۳۱۰**	-۰/۹۹۸۷**	-۰/۹۹۴۳**	-۰/۸۲۸۶*	-۰/۸۴۶۹*
TOL (kg/ha)						۱	-۰/۹۱۱۵*	-۰/۸۸۶۹*	-۰/۸۷۱۲*	-۰/۹۸۱۴**
GMP (kg/ha) ¹⁰							۱	-۰/۹۹۸۴**	-۰/۸۱۳۸*	-۰/۸۱۹۳*
HM (kg/ha)								۱	-۰/۷۹۵۰	-۰/۷۸۵۷
YI									۱	-۰/۸۳۷۲*
YSI										۱

جدول ۹ - ضریب همبستگی محاسبه شده شاخص‌های تنش در تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی

$r_n =$ ۰/۸۱۱۴=۵٪ ۰/۹۱۷۲=۱٪	Y_s (kg/ha)	Y_p (kg/ha)	SSI	STI	MP (kg/ha)	TOL (kg/ha)	GMP (kg/ha) ¹⁰	HM (kg/ha)	YI	YSI
Y_s (kg/ha)	۱	-۰/۹۲۲۸**	-۰/۲۴۰۱	-۰/۹۷۱۵**	-۰/۹۷۲۳**	-۰/۵۳۱۶	-۰/۹۷۶۸**	-۰/۹۸۰۹**	-۰/۹۲۵۱**	-۰/۲۴۰۲
Y_p (kg/ha)		۱	-۰/۵۹۱۳	-۰/۸۲۸۳*	-۰/۹۸۷۷**	-۰/۸۱۶۸*	-۰/۹۸۳۹**	-۰/۹۸۰۱**	-۰/۷۱۰۰	-۰/۵۹۱۳
SSI			۱	-۰/۸۳۳۴	-۰/۴۵۷۶	-۰/۹۴۰۶**	-۰/۴۴۰۶	-۰/۴۲۳۲	-۰/۱۲۶۹	-۱**
STI				۱	-۰/۹۰۳۳*	-۰/۳۶۶۴	-۰/۹۱۱۵**	-۰/۹۱۹۴**	-۰/۹۷۵۹**	-۰/۸۳۳۴
MP (kg/ha)					۱	-۰/۷۱۴۷	-۰/۹۹۹۸**	-۰/۹۹۹۲**	-۰/۸۱۲۴*	-۰/۴۵۷۶
TOL (kg/ha)						۱	-۰/۷۰۰۷	-۰/۶۸۶۲	-۰/۱۷۵۸	-۰/۹۴۰۶**
GMP (kg/ha) ¹⁰							۱	-۰/۹۹۹۸**	-۰/۸۲۳۹*	-۰/۴۴۰۶
HM (kg/ha)								۱	-۰/۸۲۵۳*	-۰/۴۲۳۲
YI									۱	-۰/۱۲۶۹
YSI										۱

تیمارهای با آبیاری کامل بیش‌ترین میزان عملکرد را در مقایسه با تیمارهای تنش به نسبت آب مصرفی خود تولید نمودند. با افزایش مصرف آب در تیمارهای آبیاری از تنش بیشتر به تنش کم‌تر، عملکرد کبجد افزایش یافت. البته این افزایش عملکرد، در تیمارهای آبیاری قطره‌ای صادق بود و تیمار شاهد علی‌رغم مصرف آب بیش‌تر نسبت به تیمار بدون تنش آبیاری قطره‌ای (تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی) عملکرد کم‌تری داشت. ضریب همبستگی محاسبه شده برای صفات اندازه‌گیری شده نشان داد اجزای عملکرد از جمله ارتفاع بوته، دانه در کپسول، کپسول در بوته و وزن هزار دانه همبستگی بسیار معنی‌داری با عملکرد دارند. همبستگی معنی‌دار حجم آب مصرفی با اجزای عملکرد کبجد ضرورت مدیریت بهینه مصرف آب را به‌منظور جلوگیری از وقوع تنش کم‌آبی در خشکسالی‌ها و در زمان گلدهی به خوبی نشان می‌دهد. بررسی شاخص‌های تنش خشکی نشان داد که میزان قدرمطلق اختلاف عددی ضریب همبستگی شاخص TOL در تیمارهای تحت تنش و تیمار فاقد تنش هر چه بیش‌تر باشد آن رقم به تنش خشکی مقاوم‌تر است.

سپاس‌گزاری

بدین وسیله از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی

در پایان نیز، می‌توان اظهار داشت غیر حساس‌ترین شاخص تنش برای معرفی تیمارهای تحت تنش، شاخص HM (و سپس شاخص GMP) و مقاوم‌ترین شاخص به تغییرات، شاخص TOL می‌باشد. به عبارت دیگر هر چه تیمار نسبت به تنش مقاوم‌تر باشد انتظار ضریب همبستگی کم‌تر معنی‌دار شاخص TOL با تیمار تحت تنش می‌رود. 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 این تحقیق با نتایج پژوهش‌های (Amani, (2017) Abbasali et al., (2017) Poor-Esmaeil et al., (2014) Lotfi et al., (2016) Askari et al., (2012) et al., (2013) Sio-Shahrabi et al., (2015) Boureima et al., (2012) Semardeg et al., (2006) هم‌خوانی دارد. در این نتایج بعضاً شاخص GMP به عنوان غیر حساس‌ترین شاخص معرفی شده که احتمالاً شاخص HM توسط پژوهشگران فوق محاسبه نشده است.

نتیجه‌گیری

نتایج مقایسه میانگین کارایی مصرف آب در اثرات متقابل آبیاری و رقم نشان داد که کاهش مصرف آب در تیمارهای تنش موجب نشد تا کارایی مصرف آب این تیمارها افزایش یابد و کماکان

این تحقیق سپاس‌گزاری می‌شود.

خوزستان (پروژه تحقیقاتی به شماره ۳۴۹۷۱۲۱۴-۰۶۷-۱۴۰۳-۳۴) به دلیل تقبل هزینه‌های مادی و حمایت‌های معنوی در انجام

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)
- 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.
- 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 Bioscience*, 43 (1): 39-49.
- 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).
- Food and Agriculture Organization. (2000). From <http://www.fao.org/3/T0234E/T0234E03.htm>
- 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)
- Molae, 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.
- Poor-Esmail, 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.
- 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.
- 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)