Archive of SID
DOI: 10.22059/ijswr.2019.279471.668169 تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۰، شماره ۹، بهمن ۱۳۹۸ (ص۲۲۱۱-۲۲۰۱)

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

NADER SALAMATI[1*], AMIRKHOSRO DANAIE [2], LEILA BEHBAHANI[1]
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: 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/m^3 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

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

Archive of SID

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

نادر سلامتی*[۱]، امیرخسرو 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 کارآیی 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 دشتستان۲ 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، ۵۴/۲ و ۶۵/۱ سانتی‌متر آب بود. مقایسه میانگین کارایی مصرف آب در تیمارهای مختلف نشان داد که رقم داراب۱ با ۱۰۰ درصد نیاز آبی با کارایی مصرف آبی معادل ۰/۲۴۰ کیلوگرم بر متر مکعب، تیمار برتر بود. همچنین نتایج ضریب همبستگی پیرسون 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 Stress Tolerance Index، Mean Productivity، Geometric Mean Productivity، HM، Yield index 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

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). هم اکنون 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 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

* نویسنده مسئول: nadersalamati@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مطرح می‌باشند. همچنین بررسی اثر تنش آب روی عملکرد و اجزای عملکرد ۲۷ رقم کنجد 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 کنجد اولتان و داراب ۱۴ در شرایط عادی و محدودیت رطوبتی ارزیابی و رقم اولتان به عنوان رقمی متحمل معرفی گردید (Molaee *et al*., 2012). Boureima *et al.* (2012) اظهار داشتند رقم کنجد 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 شاخصMP 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) به‌دلیل 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 کارآیی مصرف آب را داشت. همچنین، بیش‌ترین کارآیی مصرف آب در شرایط کمبود شدید آب به‌دست آمد که نشان می‌دهد گیاه کنجد با مصرف کم آب قادر به تولید عملکرد مناسب می‌باشد. Sakila *et al.* (2000) نیز در بررسی‌هایی که روی ۳۶ هیبرید کنجد 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 کنجد 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 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). 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 کنجد به‌عنوان یکی از محصولات مهم تأمین کننده 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 کنجد، به تنش آبی و شناسایی رقم مقاوم به تنش، در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهـــبهان 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. فاکتـور اصلی مقدار آب در آبیاری قطره‌ای نواری در چهار سطح ٪۴۰، ٪۶۰، ٪۸۰ و ۱۰۰ نیاز آبی بود که از شروع مرحله گلدهی 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 آبشویی مزارع مورد مطالعه نیز، بر اساس نشریه فائو ۲۹ در آبیاری قطره‌ای از رابطه زیر برآورد شد (Food and Agriculture Organization ,2000).

$$LR=ECw /(2Max ECe)$$ (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 آبشویی بر حسب درصد محاسبه گردید و سپس با در نظر گرفتن نیاز آبی محاسبه شده در طول دوره رشد کنجد نیاز آبشویی 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

www.SID.ir

Archive of SID

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 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. در پایان اجرای آزمایش، تجزیه واریانس بـر اساس آزمون طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی به‌صورت 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 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 به‌ترتیب 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) به‌مقدار 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.

جدول ۱– نتایج تجزیه نمونه آب

سال	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^{-}
۱۳۹۷-۱۳۹۶	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

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 آبشویی (میلی‌متر) (از ۲ مرداد تا ۱۹ آبان)

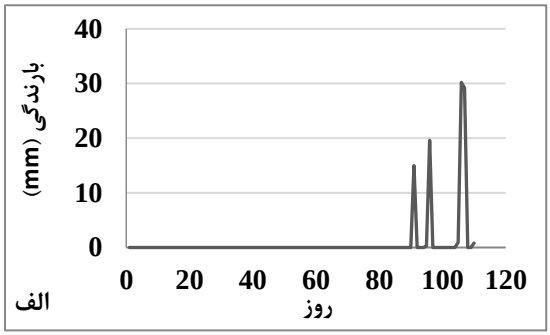
سال	مرداد	شهریور	مهر	آبان	نیاز آبشویی	مجموع
۱۳۹۷-۱۳۹۶	۹۶/۴	۱۹۱/۰	۱۵۱/۸	۳۶/۷	۶۵/۷	۵۴۱/۷

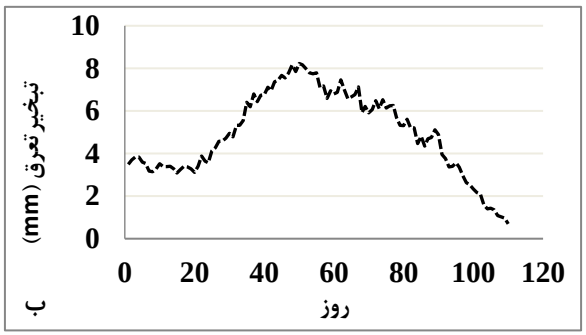
در ادامه، آمار روزانه بارندگی و پارامترهای هواشناسی از اداره هواشناسی سینوپتیک بهبهان استعلام گردید. برای مدیریت دقیق آبیاری، با استفاده از آمار روزانه‌ی ایستـگاه هواشناسـی سینوپتیک بهبهان (دمای حداقل و حداکثر روزانه، رطوبت حداقل و حداکثر روزانه، سرعت باد و حداکثر ساعات آفتابی)، تبخیر-تعرق گیاه به‌صورت روزانه بر اساس مدل پنمن – مانتیث محاسبه شد (Allen *et al.*, 1998). با پایش 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،

www.SID.ir

Archive of SID

۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی برای اعمال تیمارها محاسبه گردید. سپس با کنتورهای با دقت ۰/۰۰۰۱ 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 نرم‌افزار ETCalculator محاسبه شد. مقدار آب مورد نیاز کنجد، حاصل مجموع نیاز آبشویی (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 نرم‌افزار ETCalculator در شکل (۱- ب) نشان داده شده‌اند.





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

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:

$$SSI = [1-(Y_S/Y_P)] / [1- (Y_{S'}/Y_{P'})]$$ (رابطه ۱)

$$TOL = Y_P-Y_S$$ (رابطه ۲)

$$STI= (Y_P/Y_P) (Y_S/Y_{S'}) (Y_{S'}/Y_{P'}) = (Y_P) (Y_S) / (Y_{P'})^2$$ (رابطه ۳)

$$GMP = (Y_P \times YS)^{.5}$$ (رابطه ۴)

$$MP= (Y_P +Y_S)/2$$ (رابطه ۵)

$$HM = (2\times Y_P \times YS)/(Y_P +Y_S)$$ (رابطه ۶)

$$YI= Y_S /Y_{S'}$$ (رابطه ۷)

$$YSI= Y_S / Y_P$$ (رابطه ۸)

در این فرمول‌ها Y_S و Y_P به ترتیب میانگین عملکرد دانه (بر حسب کیلوگرم در هکتار) هر رقم تحت شرایط تنش، بدون تنش و $Y_{S'}$ و $Y_{P'}$ (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 کنجد می‌باشد.

نتایج و بحث

در پژوهش حاضر، مقایسه میانگین عملکرد دانه در اثرات متقابل 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 به‌ترتیب 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 Shahrabi *et al.* (2013)، Eskandari *et al.* (2010)، Hassanzadeh *et al.*, 2009 و Dilip *et al.* (1991) مطابقت دارد. تحمل رقم داراب۱ به تنش خشکی موجب شده تا تیمار ۸۰ درصد آن با تیمار ۱۰۰ نیاز آبی رقم دشتستان۲ اختلاف معنی‌دار آماری با هم نداشته باشند. به‌عبارت دیگر تحمل رقم داراب۱ 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 دشتستان۲ در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی بوجود آورد.

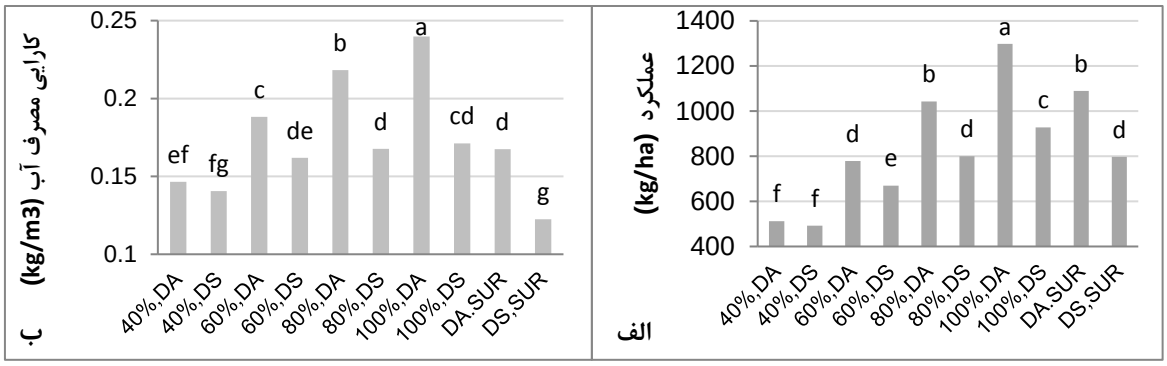
همچنین مقایسه میانگین کارایی مصرف آب در اثرات متقابل آبیاری و رقم نشان داد که تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و رقم داراب ۱ با عملکرد ۰/۲۴۰ کیلوگرم دانه کنجد به ازای مصرف یک متر مکعب آب، تیمار برتر و رتبه نخست است. تیمارهای ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی در رقم داراب ۱ به‌ترتیب با تولید ۰/۲۱۸ و ۰/۱۸۸ کیلوگرم دانه کنجد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

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

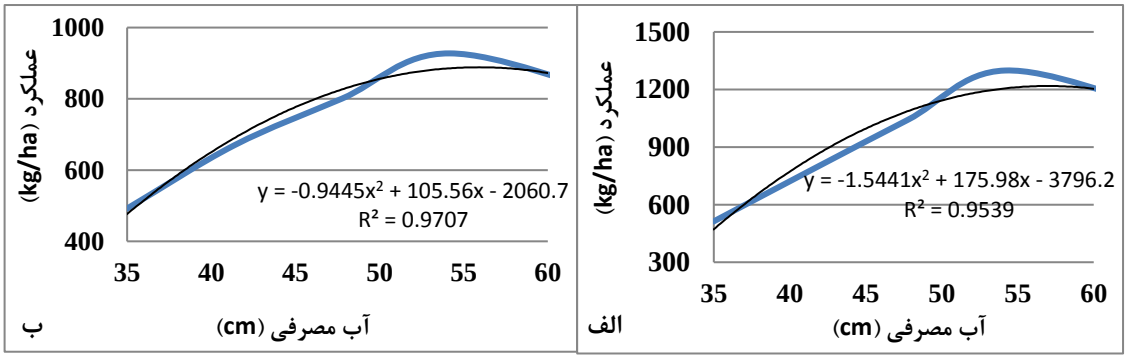
Archive of SID

مشاهده می‌شود، 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. 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 تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی علی‌رغم مصرف بیش‌تر آب 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 داراب۱ نسبت به رقم دشتستان۲، موجب برتری کارایی مصرف آب تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی رقم داراب۱ شده است. به‌طوری که حتی کاهش ۲۰ درصدی مصرف آب در تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی در رقم داراب۱ موجب نشده تا این رقم کاهش کارایی مصرف آب معنی داری نسبت به رقم دشتستان۲ در تیمار ۱۰۰ درصدی نیاز آبی داشته باشد.



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

در ادامه‌ی 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 به‌ترتیب برابر ۳۵/۰، ۴۱/۴، ۴۷/۸، ۵۴/۲ و ۶۵/۱ سانتی‌متر آب بود. عملکرد تیمارهای ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ درصد نیاز آبی رقم داراب ۱ به ترتیب معادل ۵۱۲/۳، ۷۷۹/۰، ۱۰۴۲/۲، ۱۲۹۸/۹ و ۱۰۸۹/۷ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۳– الف). هم‌چنین عملکرد رقم دشتستان ۲ در تیمارهای آبیاری فوق به‌ترتیب معادل ۴۹۱/۷، ۶۶۹/۸، ۸۰۰/۷، 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)

ضریب همبستگی پیرسون محاسبه شده برای صفات اندازه‌گیری 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 ۱ درصد را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر لازمه افزایش عملکرد دانه، افزایش اجزای عملکرد از جمله ارتفاع بوته، دانه در کپسول، کپسول در بوته و وزن هزاردانه می‌باشد. بعد از ضریب

www.SID.ir

Archive of SID

همبستگی که در عملکرد روغن دانه به میزان r=۰/۹۸۷۸ محاسبه شده، بیش‌ترین میزان همبستگی به صفت وزن هزار دانه با مقدار r=۰/۹۵۳۴ تعلق گرفت. به عبارت دیگر افزایش عملکرد دانه ناشی از افزایش اجزای عملکرد از جمله وزن هزار دانه می‌باشد (جدول ۴). روند تغییرات اجزای عملکرد از جمله ارتفاع بوته، دانه در کپسول، کپسول در بوته و وزن هزار دانه نسبت به همدیگر درسطح ۱ درصد معنی‌دار بوده و بیش‌ترین ضریب همبستگی معنی‌دار در اجزای عملکرد بین شاخص ارتفاع بوته به میزان r=۰/۹۵۹۷ با صفت کپسول در بوته محاسبه شد که حاکی از مؤثر بودن نقش ارتفاع بوته در افزایش معنی‌دار تعداد کپسول می‌باشد. به عبارت دیگر افزایش ارتفاع بوته با همبستگی بسیار معنی‌داری 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 معنی‌دار در سطح ۱ درصد را نشان می‌دهد. بیش‌ترین میزان همبستگی وزن هزار دانه به میزان r=۰/۹۵۳۴ با عملکرد دانه می‌باشد 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 معنی‌دار در سطح ۱ درصد را نشان می‌دهد. روند تغییرات حجم آب مصرفی با روند تغییرات عملکرد روغن دانه روندی هم راستا و معنی‌دار در سطح ۱ درصد را نشان می‌دهد.

بیش‌ترین میزان همبستگی صفت حجم آب مصرفی به میزان r=۰/۶۹۳۶ با صفت وزن هزار دانه محاسبه شد که در سطح ۱ درصد معنی‌دار و حاکی از مؤثر بودن اثر تنش خشکی بر کاهش وزن هزاردانه می‌باشد. همبستگی معنی‌دار حجم آب مصرفی با وزن هزار دانه، اهمیت ویژه میزان مصرف آب را در شرایط ترسالی و خشک‌سالی نشان می‌دهد. به‌عبارت دیگر در شرایط بحرانی تنش آب و خشک‌سالی با مدیریت بهینه‌ی مصرف آب می‌توان در زمان‌های حساس، به تنش آب از جمله در زمان گلدهی از وقوع تنش شدید به گیاه کنجد که موجب کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه و به‌تبع آن عملکرد می‌شود جلوگیری نمود. زیرا بیش‌ترین ضریب همبستگی وزن هزار دانه با عملکرد به میزان r=۰/ ۹۵۳۴ محاسبه شد. به بیان دیگر بیش‌ترین همبستگی معنی‌دار وزن هزار دانه با عملکرد دانه و وزن هزاز دانه با حجم آب مصرفی، نشان دهنده نقش بسیار مهم مدیریت بهینه‌ی کم آبیاری در کنجد است (جدول ۴). 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) هم-خوانی دارد.

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

n = ۳۰ ۰/۳۶۲۱=٪۵ ۰/۴۶۴۰=٪۱	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 (٪)	عملکردروغن دانه (kg/ha)	کارایی مصرف آب روغن (kg/m^3)
عملکرد دانه (kg/ha)	۱	۰/۸۷۱۸**	۰/۹۱۱۵**	۰/۸۹۸۵**	۰/۹۵۳۴**	۰/۷۶۷۲**	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**	۰/۹۷۱۲**
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

میزان شاخص‌های SSI و TOL با افزایش سطح تنش خشکی افزایش پیدا می‌کنند در حالی که مقادیر شاخص‌های STI، MP، GMP، HM، YI و YSI با افزایش سطح تنش کاهش می‌یابند. مقادیر شاخص‌های SSI و TOL در سطوح آبیاری ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی در رقم داراب۱ کم‌تر از رقم دشتستان۲ بوده در حالی که مقادیر شاخص‌های STI، MP، GMP، HM، YI و YSI در سطوح آبیاری فوق در رقم داراب۱ بیش‌تر از رقم دشتستان۲ بود (جدول ۵). کم بودن مقادیر شاخص‌های SSI و TOL در رقم داراب۱ نسبت به رقم دشتستان۲ از یک سو و بیش-تر بودن شاخص‌های STI، MP، GMP، HM، YI و YSI در رقم

www.SID.ir

Archive of SID

داراب ۱ نسبت به رقم دشتستان۲ از سوی دیگر نشان دهنده مقاوم بودن رقم داراب ۱ به تنش خشکی یا اعمال کم آبیاری می‌باشد. لذا رقم داراب۱ نسبت به رقم دشتستان۲ از نظر تنش خشکی، به‌عنوان تیمار برتر معرفی می‌گردد (جدول ۵). به عبارت دیگر عملکرد رقم داراب۱ نسبت به رقم دشتستان۲ در شرایط تنش، به عملکرد تیمار فاقد تنش نزدیک‌تر بوده و همین عامل در کاهش شاخص SSI در رقم داراب۱ نسبت به رقم دشتستان۲ موثر بوده است. بنابراین می‌توان ملاک شناسایی رقم مقاوم به خشکی را مقادیر بالای شاخص‌های STI، MP، GMP، HM، YI 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)، Poor-Esmaeil *et al.* (2014)، Molaee *et al.* (2000)، و Shahrabi *et al.* (2013) مطابقت و هم‌خوانی دارد.

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 داراب۱ = DA و رقم دشتستان۲ =DS ، 40%، 60% و 80% = تیمارهای تنش ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی

Y_S = میانگین عملکرد رقم در تیمار تنش متناظر، Y_P = میانگین عملکرد رقم در تیمار ۱۰۰ نیاز آبی،

ضریب همبستگی شاخص‌های تنش خشکی نشان داد روند تغییرات عملکرد ارقام داراب۱ و دشتستان۲ 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 کاهشی عملکرد کنجد که با اعمال تنش کم آبی اتفاق افتاده است، قطعاً موجب کاهش شاخص تنش TOL شده و برعکس کاهش عملکرد کنجد 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 معنی- دار 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 معنی دار در سطح ۱ 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 غیرهم راستا و معنی‌دار در سطح ۱ درصد می‌باشد (جدول ۶).

عملکرد تیمار تحت تنش، بیش‌ترین و قوی‌ترین ضریب همبستگی معنی‌دار به میزان r=۰/۹۵۶۸ 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 به‌مقدار r=۰/۹۸۸۹ 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 =-۰/۵۸۶۴ محاسبه شد (جدول ۶). شاخص SSI بیش‌ترین ضریب همبستگی معنی‌دار و هم‌سو را به‌میزان ۰/۵۰۱۰ با شاخص TOL نشان داد این در حالی بود که ضعیف‌ترین ضریب همبستگی معنی‌دار با شاخص TOL در شاخص YSI به میزان ۰/۹۵۰۴- 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 کم اثرترین شاخص‌ها برای معرفی تیمار مقاوم

www.SID.ir

Archive of SID

به تنش خشکی معرفی نمود. با افزایش شدت تنش، روند تغییرات عملکرد تیمار تنش با روند شاخص TOL روندی نزولی و معنی‌دار را نشان می‌دهد که سیر نزولی تنش در شاخص مزبور بارزتر از دیگر شاخص‌ها می‌باشد و روندی منظم از تنش کم‌تر به تنش شدیدتر را از خود نشان می‌دهد. این در حالی است که سیر تغییرات شاخص‌های MP، GMP و HM هر چند هم‌راستا با عملکرد تیمار تنش بوده ولی روند تغییرات این شاخص‌ها از تنش کم به تنش شدید روندی نزولی و هم راستا را نشان می‌دهد. به‌عبارت دیگر در تیمار تنش شدید روند تغییرات شاخص‌های MP، GMP و HM روندی هم‌راستا با عملکرد تنش را از خود نشان می‌دهد ولی این روند معنی دار نشده و در تیمارهای ۶۰ و ۸۰ درصد، این روند هم‌راستا در سطح ۱ درصد معنی دار شده است. قوی‌ترین همبستگی در شاخص‌های فوق، متعلق به شاخص GMP با r=۰/۹۹۹۸ بوده که در تیمار تنش ۸۰ درصد نیاز آبی محاسبه شده است. به دلیل منظم بودن روند تغییرات شاخص TOL از تنش کم به تنش شدید نسبت به شاخص‌های MP، GMP و HM، می‌توان شاخص TOL را شاخصی مناسب برای معرفی رقم مقاوم به تنش خشکی معرفی نمود. به عبارت دیگر با افزایش شدت تنش، سیر نزولی شاخص TOL شتاب گرفته در حالی که سیر صعودی شاخص‌های MP، GMP و HM با افزایش شدت تنش کاهش یافته است و در تیمار تنش ۴۰ درصد کاهش سیر صعودی به حدی چشمگیر بوده که موجب شده این روند صعودی دیگر روند معنی‌داری را نشان ندهد. در حالی که در تیمارهای ۶۰ و ۸۰ درصد روند افزایش شاخص‌های فوق نسبت به عملکرد تیمار تنش معنی‌دار شده است (جدول ۷، ۸ و ۹). همان‌طور که بررسی اعداد مربوط به شاخص TOL در جدول (۵) و مقایسه آن‌ها با اعداد مربوطه در جدول‌های (۶، ۷، ۸ و ۹) 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 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. انتخاب رقم مقاوم به تنش خشکی بر اساس شاخص‌های MP، GMP و HM زمانی مطلوب است که شدت تنش و اختلاف بین عملکرد در شرایط بدون تنش و دارای تنش رطوبتی، زیاد نباشد.

جدول ۶ – ضریب همبستگی محاسبه شده شاخص‌های تنش در تیمار های ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی

۱۸n = ۰/۴۶۸۳=۵٪ ۰/۵۸۹۷=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	۰/۳۳۲۲	۰/۱۰۴۴	۰/۸۶۰۰**	۰/۸۱۹۲**	-۰/۵۸۶۴*	۰/۹۰۷۵**	۰/۹۵۶۸**	۰/۳۹۰۰	۰/۷۷۷۶**
Y_P (kg/ha)		۱	۰/۶۸۹۴**	۰/۶۱۳۸**	۰/۶۱۳۱**	۰/۵۶۹۲*	۰/۶۹۵۳**	۰/۵۸۲۲*	۰/۵۹۲۹**	-۰/۳۱۹۶
SSI			۱	۰/۲۴۱۰	۰/۴۸۳۶*	۰/۵۰۱۰*	۰/۳۹۷۴	۰/۳۱۶۵	۰/۰۶۱۱	-۰/۳۷۹۷
STI				۱	۰/۹۰۴۰**	-۰/۲۲۲۶	۰/۹۲۴۲**	۰/۹۱۷۴**	۰/۷۳۹۲**	۰/۴۴۰۹
MP (kg/ha)					۱	-۰/۰۱۵۸	۰/۹۸۲۹**	۰/۹۴۴۶**	۰/۶۰۱۳**	۰/۲۸۴۳
TOL (kg/ha)						۱	-۰/۱۹۴۰	-۰/۳۳۴۱	-۰/۱۶۹۲	-۰/۹۵۰۴**
GMP kg/ha)^{10}							۱	۰/۹۸۸۹**	۰/۵۶۱۷*	۰/۴۴۴۴
HM (kg/ha)								۱	۰/۵۱۴۵*	۰/۵۶۴۱*
YI									۱	۰/۰۳۶۳
YSI										۱

جدول ۷ – ضریب همبستگی محاسبه شده شاخص‌های تنش در تیمار ۴۰ درصد نیاز آبی

۶n = 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	۰/۳۳۷۲	-۰/۱۷۴۸	۰/۴۴۱۶	۰/۴۹۹۱	۰/۱۳۹۱	۰/۶۳۱۱	۰/۷۹۸۶	۰/۶۶۲۰	۰/۱۷۴۷
Y_P (kg/ha)		۱	۰/۸۶۶۸*	۰/۷۷۶۸	۰/۹۸۴۱**	۰/۹۷۹۲**	۰/۹۴۳۰**	۰/۸۳۵۱*	۰/۲۵۲۷	-۰/۸۶۶۸*
SSI			۱	۰/۶۰۲۷	۰/۷۶۴۹	۰/۹۴۹۵**	۰/۶۵۳۰	۰/۴۵۲۸	-۰/۰۵۸۰	-۱**
STI				۱	۰/۷۹۸۳	۰/۷۲۱۸	۰/۸۰۳۸	۰/۷۶۹۹	۰/۷۵۶۶	-۰/۶۰۲۷
MP (kg/ha)					۱	۰/۹۲۷۶**	۰/۹۸۷۰**	۰/۹۱۹۴**	۰/۳۵۷۵	-۰/۷۶۴۹
TOL (kg/ha)						۱	۰/۸۵۵۸*	۰/۷۰۶۳	۰/۱۲۳۱	۰/۹۴۹۴**
GMP kg/ha)^{10}							۱	۰/۹۷۰۶**	۰/۴۵۱۱	-۰/۶۵۳۰
HM (kg/ha)								۱	۰/۵۶۶۳	-۰/۴۵۲۸
YI									۱	۰/۰۵۸۰
YSI										۱

www.SID.ir

Archive of SID

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

۶n = 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**	۰/۸۱۹۲*	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*	-۰/۸۱۹۲*
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

۶n = 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*	۰/۹۸۷۲**	۰/۸۱۶۸*	۰/۹۸۳۹**	۰/۹۸۰۱**	۰/۷۱۰۰	-۰/۵۹۱۳
SSI			۱	۰/۰۸۳۴	۰/۴۵۷۶	۰/۹۴۰۶**	۰/۴۴۰۶	۰/۴۲۳۲	-۰/۱۲۶۹	-۱**
STI				۱	۰/۹۰۳۳*	۰/۳۶۶۴	۰/۹۱۱۵**	۰/۹۱۹۴**	۰/۹۷۵۹**	-۰/۰۸۳۴
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	۰/۸۳۵۳*	-۰/۴۲۳۲
YI									۱	۰/۱۲۶۹
YSI										۱

درپایان 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 Abbasali *et al.* (2017)، Poor-Esmaeil *et al.* (2014)، Amani *et al.* (2012)، Askari *et al.* (2016)، Lotfi *et al.* (2013)، Shahrabi *et al.* (2015)، Boureima *et al.* (2012)، Sio-Semardeh *et al.* (2006)، هم‌خوانی دارد. در این نتایج بعضاً شاخص GMP به عنوان غیرحساس‌ترین 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 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 کنجد 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 کنجد 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

www.SID.ir

Archive of SID

خوزستان (پروژه تحقیقاتی به‌شماره ۳۴۹۷۱۲۱۴-۰۶۷-۱۴۰۳-۳۴) 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)

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 Biosience, 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)

Molaee, 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-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.

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)

www.SID.ir