Arch

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و هفتم، شماره دوم، ۱۳۹۹
۶۹-۸۷
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2020.17252.3270

ارزیابی شاخص‌های تنش خشکی در کم‌آبیاری سطحی ارقام جدید کنجد

*نادر سلامتی[۱] و امیرخسرو دانایی[۲]

[۱]استادیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران،

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

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۲۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۰۹

چکیده

سابقه و هدف: 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 ٤٥ درصد از اراضی کشاورزی جهان که ۳۸ درصد از جمعیت جهان در آن جای گرفته‌اند، با خشکی موقت یا دائم مواجه هستند. 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). در یک پژوهش، رقم کنجد داراب ١٤ براساس شاخص‌های MP، TOL، SSI، HARM و STI به‌عنوان رقم برتر در شرایط عادی و تنش رطوبتی معرفی شد. به‌دلیل محتوای بالای روغن (٥٥-٤٢ 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). بنابراین هدف از اجرای این پژوهش بررسی تأثیر تنش خشکی از طریق اعمال دورهای مختلف آبیاری سطحی و شناسایی رقم برتر براساس شاخص‌های تنش بود.

مواد و روش‌ها: مطالعه و ارزیابی شاخص‌های تنش خشکی در روش آبیاری سطحی بر عملکرد دانه و اجزای آن، عملکرد روغن دانه، درصد روغن دانه و کارایی مصرف آب دانه آزمایشی در سال ۱۳۹۳ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان اجرا گردید. آزمایش به‌صورت کرت‌های یک‌بار خردشده 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) به‌عنوان فاکتور اصلی و رقم (محلی بهبهان، SG37-92138، SG51-92138، SG53-92138 و SG55-92138) در ۵ سطح به‌عنوان فاکتور فرعی مورد ارزیابی قرار گرفتند.

* مسئول مکاتبه: nadersalamati@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

یافته‌ها: مقایسه میانگین کارایی مصرف آب در اثرات متقابل آبیاری و رقم نشان داد که تیمار ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A و رقم V5 (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 ٥٤٧/٥ و ٤٣٨/٦ میلی‌متر بود. نتایج ضریب همبستگی پیرسون نشان داد بیش‌ترین میزان همبستگی وزن هزاردانه بعد از تعداد دانه در کپسول با عملکرد دانه به‌میزان r=۰/۹٦۱٦ است که بیانگر نقش مؤثر افزایش وزن هزاردانه در بالا رفتن عملکرد دانه است. بیش‌ترین میزان شاخص‌های STI، MP، GMP، HM و YI به‌ترتیب با مقادیر ۱/٥۳۸، ۱۰۳۷/۱، ۱۰۲٤/۷، ۱۰۱۲/٥ و ۱/٥٤۸ در رقم V5 (SG55-92138) محاسبه شد. بیش‌تر شدن شاخص‌های فوق در رقم V5 (SG55-92138) نسبت به دیگر ارقام موجب گردید تا این رقم ازنظر تنش خشکی به‌عنوان تیمار برتر معرفی شود. 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.

نتیجه‌گیری: مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری و رقم ازنظر 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 میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A به‌دلیل افزایش عملکرد به وجود 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=۰/۹٤٥۸) نشان داد که با افزایش تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول درنهایت عملکرد دانه افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: تبخیروتعرق، رقم، کارایی مصرف آب، وزن هزاردانه

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 ٤٥ درصد از اراضی کشاورزی جهان که ۳۸ درصد از جمعیت جهان در آن جای گرفته‌اند، با خشکی موقت یا دائم مواجه هستند (۹). 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 (۲۹).

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 (٥). این گیاه به‌دلیل محتوای بالای روغن (٥٥-٤۲ 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 (٤) تجزیه واریانس شاخص‌ها نشان داد که ارقام کنجد موردبررسی از نظر شاخص‌های میانگین حسابی (MP)، میانگین هندسی (GMP)، تحمل به تنش (STI) و میانگین هارمونیک

www.SID.ir

Archive of SID

(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 (۱۳). براساس 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 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 (۱). 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 براساس شاخص‌های MP، HARM، GMP و STI ارقام متحمل به خشکی بود. (۱۶). در بررسی دیگری رقم کنجد داراب ۱۴ براساس شاخص‌های MP، TOL، SSI، HARM و STI به‌عنوان رقم برتر در شرایط عادی و تنش رطوبتی معرفی شد (۶). عباسعلی و همکاران (۲۰۱۷) 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 به‌عنوان رقم‌های برتر معرفی شدند (۱). بررسی اثر تنش آب بر عملکرد و اجزای عملکرد ۲۷ رقم کنجد نشان داد که اجزای عملکرد به‌شدت تحت‌تأثیر تنش آب قرار گرفته و براساس 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 (۱۷). 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 به‌عنوان رقم متحمل شناسایی گردید. سایر پژوهش‌گران نیز رقم کنجد اولتان را به‌دلیل داشتن بیش‌ترین مقدار شاخص STI و کم‌ترین مقدار شاخص‌های SSI و TOL به‌عنوان رقم متحمل به خشکی معرفی کردند (۲۱). بوریما و همکاران (۲۰۱۲) بیان نمودند رقم کنجد ۳۲-۱۵ در هر دو سال اجرای آزمایش براساس شاخص‌های MP، GMP، YI و STI به‌عنوان رقم متحمل به خشکی شناخته شد (۱۰). خانی و همکاران (۲۰۰۷) 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 براساس شاخص‌های فوق رقم‌های JL-13، داراب ۱۴ و TS-3 را برای کشت در منطقه جیرفت و کهنوج توصیه نمودند (۱۸). شیرانی‌راد و عباسیان (۲۰۱۵) اعلام کردند که شاخص‌های MP، GMP و YI جهت شناسایی ارقام با عملکرد بالا در شرایط نامطلوب کمبود آب بسیار مؤثر هستند (۲۷). نتایج یک پژوهش بر روی کنجد نشان داد صفات ارتفاع بوته، وزن هزاردانه و عملکرد بیولوژیک در هر دو شرایط آبیاری تنش و معمول اختلاف معنی‌داری 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 هزاردانه (۰/۶۶۸*) بالاترین همبستگی را با عملکرد دانه داشت (۸).

www.SID.ir

Archive of SID

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 ١٤ و ١١١-٢٢ بر اساس شاخص STI متحمل‌ترین رقم‌ها بودند و ارقام ٤٣٣-٧ و گل‌سفید براساس شاخص‌های TOL و SSI دارای بیش‌ترین مقدار بوده که به‌عنوان حساس‌ترین رقم‌ها شناسایی گردیدند (۱۹). در پژوهش‌های انجام‌شده توسط دانشیان و جنوبی (۲۰۰۸) سه شاخص GMP، MP و SSI به‌عنوان کاراترین شاخص‌ها در ارزیابی ارقام مقاوم به خشکی در آفتابگردان گزارش شدند (۱۲). سی و سه مرده و همکاران (٢٠٠٦) گزارش کردند که انتخاب براساس شاخص MP زمانی مطلوب است که شدت تنش و اختلاف بین عملکرد در شرایط بدون تنش و دارای تنش رطوبتی زیاد نباشد (۲۸). آکوستا گالکوز و آدامز (۱۹۹۱) بیان کردند که ترتیب طبقه‌بندی براساس GMP با ترتیب طبقه‌بندی براساس شاخص SSI متفاوت است (۳). نتایج نشان داد که تنش سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزاردانه و عملکرد دانه کلزا شد. در بین ارقام موردبررسی 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 (٢٤). 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 به‌میزان همبستگی آن‌ها با عملکرد در شرایط تنش و غیرتنش، شاخص STI بهترین شاخص برای شناسایی ارقام متحمل به خشکی بود (۳۱). نتایج به‌دست آمده از یک پژوهش نشان داد که در بین شاخص‌های موردبررسی شاخص‌های متوسط عملکرد (MP)، متوسط هندسی عملکرد (GMP) و حساسیت به تنش (STI) به‌واسطه 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 آخر فصل می‌باشند (۲۰). نتایج پژوهش اسکندری و همکاران (۲۰۱۰) 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 کارایی مصرف آب را داشت (۱۵). سکیلا و همکاران (۲۰۰۰) در بررسی‌هایی که روی ٣٦ رقم کنجد انجام دادند همبستگی مثبت و معنی‌داری بین ارتفاع بوته، تعداد کپسول در ساقه اصلی و تعداد کل کپسول در بوته با عملکرد تک‌بوته گزارش نمودند، ازآن‌جاکه بین تعداد کپسول در بوته و ارتفاع بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت، به اعتقاد پژوهش‌گران مذکور برای بهبود عملکرد کنجد می‌توان گزینش را براساس تعداد کپسول در بوته و ارتفاع گیاه سازماندهی نمود (۲۳). نتایج حاصل از تجزیه ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه در بوته با صفات موجود نشان داد که در هر دو رژیم رطوبتی، تعداد کپسول در بوته بیش‌ترین اثر مستقیم مثبت را بر عملکرد دانه در بوته داشت. در بین ضرایب همبستگی، صفت عملکرد دانه در بوته با صفات تعداد کپسول در بوته و وزن دانه در کپسول در هر دو شرایط رطوبتی همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت (۳۰). به‌طورکلی عملکرد دانه در کنجد به تعداد بوته در واحد سطح، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه

www.SID.ir

Archive of SID

در کپسول و وزن هزاردانه بستگی دارد و افزایش دفعات آبیاری به‌طور معنی‌داری تعداد دانه در کپسول را در کنجد افزایش می‌دهد (١٤). براساس نتایج ضرایب همبستگی یک پژوهش، در کنجد بین صفات وزن هزاردانه، ارتفاع بوته، تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ١ درصد وجود داشت (٢٥).

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 پژوهش بررسی تأثیر تنش خشکی از طریق اعمال دورهای مختلف آبیاری سطحی و شناسایی رقم برتر براساس شاخص‌های تنش بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی و تعیین عکس‌العمل لاین‌های جدید کنجد در مرحله مقدماتی نسبت به تنش آبی، آزمایشی به‌صورت کرت‌های یک‌بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ٣ تکرار در سال ١٣٩٣ به‌مدت یک سال در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان با مشخصات جغرافیایی ´١٤ °٥٠ شرقی و ´٣٦ °٣٠ عرض شمالی اجرا گردید. محل آزمایش دارای اقلیم نیمه‌خشک، ارتفاع آن از سطح دریا ٣٤٥ متر و متوسط بارندگی سالانه ٣٤٩ میلی‌متر است. آبیاری در ٢ سطح (آبیاری پس از ١٠٠ و ٢٠٠ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A) به‌عنوان فاکتور اصلی و رقم در ٥ سطح (٤ رقم همراه با توده محلی بهبهان) به‌عنوان فاکتور فرعی مورد ارزیابی قرار گرفتند. اسامی ارقام عبارت بودند از: SG1-92138، SG37-92138، SG51-92138، SG53-92138 و SG55-92138. هر کرت فرعی شامل ٤ خط کاشت (٢ پشته ٧٥ سانتی‌متری) به طول ٥ متر و مساحت ٧/٥ مترمربع بود که ٢ ردیف کناری به‌عنوان حاشیه حذف گردیده و ٢ ردیف وسط پس از حذف مجموعاً یک متر از بالا و پایین هر ردیف به مساحت ٣ مترمربع برداشت شدند. فاصله کرت‌های اصلی ٤ پشته نکاشت یعنی ٣ متر، ابعاد آزمایش با احتساب فاصله ٤ متری بین تکرارها ٢٣ متر × ٣٠ متر، مساحت پروژه ٦٩٠ مترمربع و فاصله بوته‌ها روی ردیف ١٥ سانتی‌متر بود. پس از مراحل تهیه زمین براساس نتایج آزمون خاک (جدول ٣) اقدام به کودپاشی (کل کود فسفر و پتاس به‌ترتیب ١١٠ و ١٠٠ کیلوگرم در هکتار) و پخش یکنواخت علف‌کش ترفلان به‌میزان ٢/٥ لیتر در هکتار در سطح مزرعه نموده و به‌وسیله دیسک سبک کود و علف‌کش با خاک مخلوط گردیدند. تاریخ کاشت ٣ مردادماه بود. کود ازته در ٣ نوبت (یک‌سوم هم‌زمان با آبیاری دوم، یک‌سوم بلافاصله بعد از تنک و یک‌سوم در شروع مرحله گلدهی) براساس ٧٥ 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 (١٠٠ و ٢٠٠ میلی‌متر) با توجه به مساحت هر کرت فرعی حجم آب آبیاری محاسبه و به‌وسیله کنتور در هر کرت فرعی اعمال گردید. برای مقایسه آماری نتایج اندازه‌گیری و محاسبه‌شده از ضرایب همبستگی پیرسون برای تمام پارامترهای اندازه‌گیری یا محاسبه‌شده استفاده گردید. بدین‌منظور ضرایب همبستگی برای صفات مورد ارزیابی و براساس معنی‌دار بودن روند تغییرات در سطوح ١ و ٥ درصد و هم‌سو یا ناهم‌سو بودن این روند تغییرات، بررسی و تجزیه‌وتحلیل انجام شد.

www.SID.ir

Archive of SID

تکرار اول (R1)	تیمار ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A 200 mm evaporation treatment of Class A pan					تیمار ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A 100 mm evaporation treatment of Class A pan				
	V5	V4	V1	V3	V2	V5	V4	V1	V3	V2
تکرار دوم (R2)	تیمار ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A 100 mm evaporation treatment of Class A pan					تیمار ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A 200 mm evaporation treatment of Class A pan				
	V3	V1	V5	V2	V4	V3	V1	V5	V2	V4
تکرار سوم (R3)	تیمار ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A 200 mm evaporation treatment of Class A pan					تیمار ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A 100 mm evaporation treatment of Class A pan				
	V1	V2	V3	V4	V5	V1	V2	V3	V4	V5

شکل ۱- نمایی از پروژه.

Figure 1. Project overview.

شکل ۲- نمایی از مزرعه.

Figure 2. View of the farm.

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، کارایی مصرف آب دانه و کارایی مصرف آب روغن دانه اندازه‌گیری یا محاسبه شدند. در پایان اجرای آزمایش، تجزیه واریانس براساس آزمون طرح کرت‌های یک‌بار خردشده برای صفات مزبور انجام گردید. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای 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 (۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر) با نمونه‌برداری از خاک ابتدا عمق ریشه تعیین و هم‌زمان رطوبت وزنی و سپس رطوبت حجمی خاک مشخص شد. بدیهی است کمبود آب محاسبه‌شده فاصله رطوبت حجمی خاک اطراف ریشه از ظرفیت زراعی مزرعه است. بنابراین به‌منظور رساندن رطوبت خاک به ظرفیت مزرعه مقدار عمق آب موردنیاز در تیمارهای مربوطه براساس رابطه ۱ محاسبه گردید:

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

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

www.SID.ir

Archive of SID

عمق ریشه برحسب میلی‌متر، b جرم مخصوص ظاهری (g/cm^3) (۱۱). در هر بار درصد رطوبت خاک در دو عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متر تعیین و میزان آب موردنیاز 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 به‌وسیله 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 نمونه آب تهیه و جهت اندازه‌گیری‌های کیفی به آزمایشگاه ارسال گردید. در هر سال قبل از کشت جهت انجام آزمون از خاک نمونه‌برداری به عمل آمد. نتایج آزمایش‌های آب‌وخاک در جدول‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است.

آمار روزانه بارندگی و تبخیر از تشت کلاس A از اداره هواشناسی سینوپتیک بهبهان استعلام شد (شکل ۳). تبخیر تجمعی ماهانه، عمق آب آبیاری داده شده، بارندگی و بارندگی مؤثر محاسبه‌شده از تاریخ سوم مرداد تا بیستم آبان در سال انجام آزمایش در جدول ۳ نشان داده شده است. در شکل ٤ 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 ٦ نوبت آبیاری انجام گردید (شکل ٤). مجموع عمق‌های آب آبیاری مربوط به تیمارهای ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A در سال ۱۳۹۳ به‌ترتیب ٥۲۸/٥ و ٤۱۹/٦ میلی‌متر که با احتساب مجموع بارندگی مؤثر محاسبه‌شده، مجموع آب دریافت شده دو دور آبیاری فوق به‌ترتیب معادل ٥٤۷/٥ و ٤۳۸/٦ میلی‌متر بود (جدول ۳). بارندگی مؤثر از رابطه SCS (رابطه ۲) تعیین شد (۲٤).

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

که در آن، Pe بارندگی مؤثر (میلی‌متر) و P بارندگی روزانه (میلی‌متر) است.

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی آب مورد استفاده.

Table 1. Water Sample Analysis Results.

(*meq/l*)			(*meq/l*)			T.D.S Mg/lit	pH	EC (µS/m)
cl^-	So_4^{-2}	HCO_3	Na^+	Mg^{+2}	Ca^{+2}			
8.8	8.0	3.2	8.0	3.2	8.8	1140	7.4	1740

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

Table 2. Sample analysis of soil samples before planting.

سال Year	FC (Weigh moisture %)	*pb* (gr/cm^3)	K^+ (mg/kg)	P (mg/kg)	کربن آلی Organic carbon (%)	pH	EC (ds/m)	عمق خاک Soil depth (cm)	Soil texture
2018-19	24	1.57	246	9.5	0.64	7.5	2.8	0-30	لوم رسی سیلتی Silty clay loam

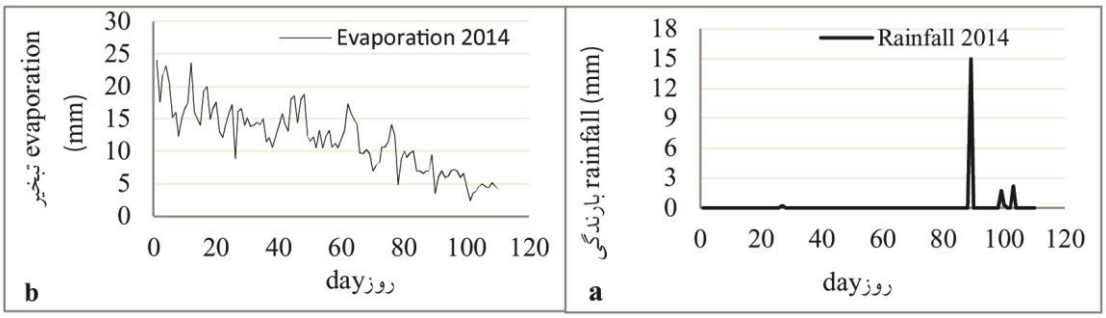
www.SID.ir

Archive of SID

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

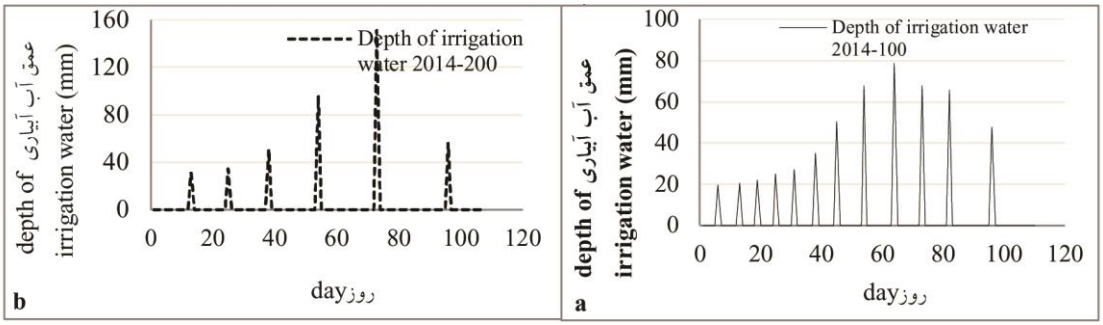
Table 3. Cumulative evaporation from Class A pan, irrigation water depth, rainfall and effective rainfall in the test months (mm) (from 25 july to 11 Nov).

مجموع Total	آبان October - November	مهر September - October	شهریور July - September	مرداد August- july	پارامترهای اندازه‌گیری و محاسبه‌شده Meteorological and calculated parameters
1304.4	105.8	296.3	417.6	484.7	تبخیر Evaporation
528.5	47.7	212.3	180.9	87.6	عمق آب آبیاری (۱۰۰ میلی‌متر تبخیر) Depth of irrigation water (100 mm evaporation)
419.6	56.0	151.0	147.1	65.5	عمق آب آبیاری (۲۰۰ میلی‌متر تبخیر) Depth of irrigation water (200 mm evaporation)
19.4	4.2	15.0	0	0.2	بارندگی Rainfall
19.0	4.2	14.6	0	0.2	بارندگی مؤثر Effective rainfall



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

Figure 3. Precipitation (a) and daily evaporation from Class A pan (b) during the test months (from 25 july to 11 Nov).



شکل ٤- عمق آب آبیاری (۱۰۰ میلی‌متر (الف) ۲۰۰ میلی‌متر (ب)) در تیمارها و نوبت‌های آبیاری (از ۳ مرداد تا ۲۰ آبان).

Figure 4. Depth of irrigation water (100 mm (a) 200 mm (b)) in irrigation treatments and turns (from 25 july to 11 Nov).

www.SID.ir

Archive of SID

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:

$$SSI = [1-(Y_S/Y_P)] / [1- (Y_{S'}/Y_{P'})] \quad (۳)$$

$$TOL = Y_P-Y_S \quad (٤)$$

$$STI= (Y_P/Y_{P'}) (Y_S/Y_{S'}) (Y_{S'}/Y_{P'}) \quad (٥)$$
$$=(Y_P) (Y_S) / (Y_{P'})^2$$

$$GMP = (Y_P \times YS)^5 \quad (٦)$$

$$MP= (Y_P +Y_S)/2 \quad (٧)$$

$$HM = (2\times Y_P \times YS)/(Y_P +Y_S) \quad (٨)$$

$$YI= Y_S /Y_{S'} \quad (٩)$$

$$YSI= Y_S / Y_P \quad (١٠)$$

که در آن‌ها، 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 است. 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 V5 (SG55-92138) با عملکرد ۱۱۹۳/۰٦ کیلوگرم در هکتار تیمار برتر بود. تیمار ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A و رقم V1 (SG1-92138) و تیمار ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A و رقم V5 (SG55-92138) به‌ترتیب با عملکردهای ۹۲۱/۸۱ و ۸۸۱/۱۲ کیلوگرم در هکتار به‌صورت مشترک در رده بعدی جای داشتند (شکل ۵- الف). نتایج این آزمایش با نتایج حاصل از پژوهش‌های شهرابی و همکاران (۲۰۱۳)، اسکندری و همکاران (۲۰۱۰) حسن‌زاده و همکاران (۲۰۰۹) و دیلیپ و همکاران (۱۹۹۱) مطابقت دارد (۱٤، ۱۵، ۱۷ و ۲۵).

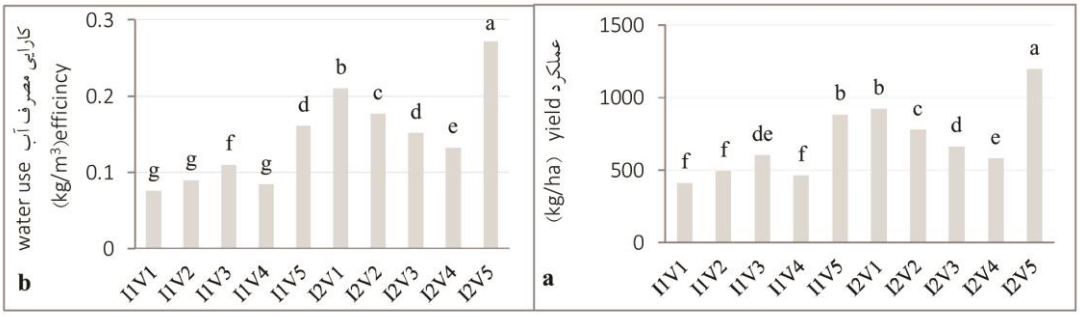
مقایسه میانگین کارایی مصرف آب در اثرات متقابل آبیاری و رقم نشان داد تیمار ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A و رقم V5 (SG55-92138) با عملکرد ۰/۲۷۲ کیلوگرم دانه کنجد به‌ازای مصرف یک مترمکعب آب، تیمار برتر بوده و رتبه نخست را داشت. تیمار ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A و رقم V5 (SG55-92138) با تولید ۰/۲۱۰ کیلوگرم دانه کنجد به‌ازای مصرف یک مترمکعب آب در جایگاه دوم قرار گرفت (شکل ۵- ب). در شکل (۵- 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 (۵- 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. به‌عبارت‌دیگر اثر کاهش مصرف آب حتی در تیمار تنش به حدی بوده که نتوانسته کاهش عملکرد

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

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 میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A به‌دلیل افزایش عملکرد به وجود آمده بیش‌ترین کارایی مصرف آب را در بین تیمارها به خود اختصاص داد. نتایج این تحقیق با نتایج پژوهش اسکندری و همکاران (۲۰۱۰) هم‌خوانی دارد (۱۵).



I1= تیمار ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A و I2= تیمار ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A

I1 = 200 mm evaporation from Class A pan and I2 = 100 mm evaporation from Class A pan

شکل ۵- میانگین عملکرد (الف) و میانگین کارایی مصرف آب (الف) در اثرات متقابل سطوح آبیاری و رقم.

Figure 5. Average yield (a) and average water use efficiency (a) in interactions between irrigation.

ضریب همبستگی پیرسون محاسبه‌شده برای صفات اندازه‌گیری‌شده 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 (جدول ٤).

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 به‌میزان r=۰/۹۸۰۸ با شاخص تعداد دانه در کپسول می‌باشد که بیانگر نقش مؤثر افزایش طول کپسول در بالا رفتن تعداد دانه در کپسول و به‌تبع آن افزایش عملکرد کنجد است (جدول ٤).

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 به‌میزان r=۰/۹۳۱۱ با شاخص وزن هزاردانه محاسبه شد که بیانگر نقش مؤثر افزایش تعداد کپسول در بالا رفتن وزن هزاردانه در بوته و به‌تبع آن افزایش عملکرد کنجد است. 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 هم‌راستا در سطح ۱ درصد را نشان می‌دهد. 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

www.SID.ir

Archive of SID

روغن دانه روندی معنی‌دار و هم‌راستا در سطح ۱ درصد را نشان می‌دهد. بعد از ضریب همبستگی که در عملکرد روغن دانه به‌میزان r=۰/۹۹۹۵ محاسبه گردید، بیش‌ترین میزان همبستگی عملکرد دانه با شاخص‌های کارایی مصرف آب، کارایی مصرف آب روغن دانه و وزن هزاردانه به‌میزان r=۰/۹٦۱٦ تعلق گرفت. به‌عبارت‌دیگر لازمه افزایش عملکرد دانه، افزایش اجزای عملکرد ازجمله تعداد دانه در کپسول، تعداد کپسول در بوته و وزن هزاردانه است. نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش عسکری و همکاران (۲۰۱٦) مطابقت و هم‌خوانی داشت (جدول ٤) (۸).

روند تغییرات وزن هزاردانه 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 هزاردانه بعد از تعداد دانه در کپسول با عملکرد دانه به‌میزان r=۰/۹٦۱٦ می‌باشد که بیانگر نقش مؤثر افزایش وزن هزاردانه در بالا رفتن عملکرد دانه است.

روند تغییرات کارایی مصرف آب با روند تغییرات عملکرد روغن دانه و کارایی مصرف آب روغن دانه روندی معنی‌دار و هم‌راستا در سطح ۱ درصد را نشان می‌دهد. نتایج این پژوهش با نتایج مطالعات عسکری و همکاران (۲۰۱۵)، دیلیپ و همکاران (۱۹۹۱)، سکیلا و همکاران (۲۰۰۰)، یاری و سعیدی (۲۰۱٦) و شبانی و همکاران (۲۰۱۵) هم‌خوانی دارد (۸، ۱٤، ۲۳، ۲٦ و ۳۰).

جدول ٤- ضریب همبستگی پیرسون محاسبه شده برای صفات کمی و کیفی.

Table 4. Pearson correlation coefficient calculated for qualitative and quantitative traits.

N=30 5%=0.3620 1%=0.4640	دوره گلدهی Flowering period	طول کپسول Capsule length(cm)	کپسول در بوته Capsule in the bush	دانه در کپسول Seeds in capsules	وزن هزار دانه Weight of thousand grains (gr)	عملکرد دانه Grain yield (kg/ha)	درصد روغن oil percentages (٪)	عملکرد روغن دانه Grain oil yield (kg/ha)	کارایی مصرف آب Water use efficiency (kg/m^3)	کارایی مصرف آب روغن Oil Water use efficiency (kg/m^3)
دوره گلدهی Flowering period	1.0000	0.9167**	0.8665**	0.9110**	0.8944**	0.9140**	0.8292**	0.9151**	0.8990**	0.9024**
طول کپسول Capsule length(cm)		1.0000	0.9603**	0.9808**	0.9676**	0.9752**	0.8729**	0.9731**	0.9511**	0.9518**
کپسول در بوته Capsule in the bush			1.0000	0.9458**	0.9311**	0.9314**	0.8404**	0.9283**	0.9092**	0.9085**
دانه در کپسول Seeds in capsules				1.0000	0.9650**	0.9717**	0.8846**	0.9722**	0.9468**	0.9500**
وزن هزار دانه Weight of thousand grains (gr)					1.0000	0.9616**	0.8370**	0.9584**	0.9355**	0.9356**
عملکرد دانه Grain yield (kg/ha)						1.0000	0.8985**	0.9995**	0.9743**	0.9769**
درصد روغن oil percentages (٪)							1.0000	0.9100**	0.8541**	0.8683**
عملکرد روغن دانه Grain oil yield (kg/ha)								1.0000	0.9730**	0.9767**
کارایی مصرف آب Water use efficiency (kg/m^3)									1.0000	0.9994**
کارایی مصرف آب روغن Oil Water use efficiency (kg/m^3)										1.0000

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- هزینه تولید هر هکتار کنجد در سال زراعی ۹۸-۹۷ (بی‌نام، واحد طرح و برنامه مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان بهبهان).

Table 5. Cost of production of sesame per hectare in 2018-2019 (anonymous, Behbahan Jihad Agricultural Statistics and Management Information Unit).

شرح Description		نوع عملیات The type of operation	مقدار/تعداد Quantity/ number	واحد The unit	قیمت واحد Unit price	هزینه کل Total cost
هزینه‌ها Costs	آماده‌سازی زمین Preparing the ground	شخم (چیزل) Plow	1	بار Item	1200000	1200000
		دیسک Disk	2	بار Item	800000	1600000
		سایر عملیات آماده‌سازی زمین Other ground Preparing operations	1	بار Item	1000000	1000000
	کاشت و داشت Planting and keeping	بذر و ضدعفونی Seeds and disinfection	10	کیلوگرم Kg	70000	70000
		بذرکاری Seeding	1	بار Item	500000	500000
		کود شیمیایی اوره Urea fertilizer	1	کیسه Bag	385000	385000
		کود شیمیایی فسفات Phosphate fertilizer	2	کیسه Bag	-	900000
		حمل کود و بذر Carrying fertilizer and seed	5	کیسه Bag	-	90000
		کودپاشی Fungicide	5	کیسه Bag	-	1000000
		سم حشره‌کش (نوع و مقدار) Insecticide Poison (Type and Quantity)	2	لیتر Liters	500000	1000000
		سم علف‌کش (نوع و مقدار) Herbicide Poison (Type and amount)	1	لیتر Liters	600000	600000
		سمپاشی و اجاره سمپاش Spraying and renting sprayer	2	بار Item	400000	800000
		آب‌بها Price of water	7000	مترمکعب m^3	-	1600000
		آبیاری Irrigation	5	بار Item	400000	2000000
	برداشت Harvest	هزینه برداشت و جمع‌آوری Cost of harvesting and collection	10	نفر People	500000	500000
		حمل تا خرمنزار Carry up to rosewood	1	نفر People	500000	500000
	سایر هزینه‌ها Other costs	متوسط اجاره زمین Average land rent	1	هکتار Ha	12000000	12000000
		جمع کل هزینه‌ها Total costs				30875000
درآمدها Income	فروش کنجد Sesame sale	میانگین عملکرد در هکتار Average yield per hectare	1100	کیلوگرم Kg	70000	77000000
		درآمد خالص Net income				46125000

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵ میزان هزینه و درآمد یک هکتار کنجد در شهرستان بهبهان را نشان می‌دهد (بی‌نام، ۲۰۱۹)، جدول ۵ نشان می‌دهد تا زمانی که سیر کاهشی عملکرد کنجد به‌دلیل تنش خشکی ادامه یابد و این عملکرد به ٤٤١ کیلوگرم در هکتار کاهش یابد میزان درآمد بهره‌بردار به صفر خواهد رسید. میانگین عملکرد ارقام کنجد موردبررسی نشان داد فقط رقم V1 (محلی بهبهان) در حالت تنش خشکی عملکردی معادل ٤١١/٩ کیلوگرم در هکتار داشت که مقرون‌به‌صرفه نیست (جدول ٦).

مقایسه شکل ۵ و استفاده از تیمارهای برتر این شکل نشان می‌دهد تیمار V5 که بیش‌ترین عملکرد و کارایی مصرف آب را به خود اختصاص داده است باید در جدول ٦ ملاک عمل قرار گیرد. به‌عبارت‌دیگر 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 موردبررسی را به بهترین شکل توجیه نماید. بیش‌ترین اعداد شاخص‌های STI، MP، GMP، HM و YI مربوط به رقم V5 و کم‌ترین اعداد شاخص‌های فوق مربوط به رقم V2 بود. به‌عبارت‌دیگر دقت در عملکرد تیمارهای تنش و بدون تنش دو رقم V5 و V2 نشان می‌دهد که اعداد شاخص‌های فوق ارقام موردبررسی را براساس عملکرد تنش و بدون تنش آن‌ها به‌ترتیب از نزولی به صعودی طبقه‌بندی می‌نمایند (جدول ٦). بنابراین 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 کم‌آبیاری است. 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 ٦ به‌خوبی نشان می‌دهد که شاخص MP بیش‌ترین انطباق و سیر صعودی افزایش عملکرد ارقام را نشان می‌دهد.

به‌این‌ترتیب مقادیر شاخص‌های فوق و استفاده از آن‌ها در انتخاب ارقام متحمل به خشکی بیانگر افزایش عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش است و می‌توان آن‌ها را به‌طور توأم برای شناسایی رقم‌های مناسب برای هر شرایط توصیه نمود. این نتیجه پژوهش با نتایج پژوهش‌های عباسعلی و همکاران (۲۰۱۷)، پوراسماعیل و همکاران (۲۰۱٤)، ملایی و همکاران (۲۰۰۰) و شهرابی و همکاران (۲۰۱۳) مطابقت و هم‌خوانی دارد (۱، ۲۱، ۲۲ و ۲۵).

جدول ٦- میانگین شاخص‌های تنش محاسبه شده در ارقام مورد بررسی.

Table 6. Mean stress indices Calculated in the studied cultivars.

رقم variety	Y_S (kg/ha)	Y_P (kg/ha)	SSI	STI	MP	TOL	GMP	HM	YI	YSI
محلی بهبهان V1:local of Behbahan	411.9	921.8	1.774	0.555	666.9	509.9	615.9	568.9	0.724	0.448
V2: SG37-92138	490.4	775.5	1.181	0.558	632.9	285.1	616.5	600.5	0.861	0.633
V3: SG51-92138	602.1	662.4	0.292	0.584	632.3	60.3	631.5	630.7	1.058	0.909
V4: SG53-92138	460.9	579.9	0.661	0.392	520.4	119.0	516.7	513.0	0.810	0.794
V5: SG55-92138	881.1	1193.1	0.835	1.538	1037.1	311.9	1024.7	1012.5	1.548	0.740
میانگین mean	569.3	826.5	0.949	0.726	697.9	257.2	681.1	665.1	1.000	0.705

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

Ys = Average cultivar yield per 200 mm treatment, Yp = Average cultivar yield per 100 mm treatment,

www.SID.ir

Archive of SID

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. به‌عبارت‌دیگر رقمی که در حالت بدون تنش عملکرد بالاتری نسبت به دیگر ارقام دارد در حالت تنش نیز این برتری عملکرد قابل‌انتظار 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 معنی‌دار را به‌میزان r=۰/۹۳٤۹ با شاخص MP داشت. مقایسه 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. به‌عبارت‌دیگر 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 ۷). قدرمطلق بیش‌ترین اختلاف بین اعداد شاخص‌های تنش در عملکرد رقم تحت تنش و فاقد تنش در شاخص TOL به‌میزان ۰/۷۸۱۲ محاسبه شد. هم‌چنین قدرمطلق کم‌ترین اختلاف بین اعداد شاخص‌های تنش در عملکرد رقم تحت تنش و فاقد تنش در شاخص GMP به‌میزان ۰/۰۳۷٦ محاسبه گردید (جدول ۷).

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 به‌میزان r=۰/۹۹۷۰ با شاخص GMP محاسبه گردید. هم‌چنین بیش‌ترین ضریب همبستگی بسیار معنی‌دار شاخص MP به‌میزان r=۰/۹۹٤٦ با شاخص GMP محاسبه شد (جدول ۷). 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 سطح ۱ درصد با شاخص YSI داشت (جدول ۷). 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 ۷). همان‌طور که بررسی اعداد مربوط به شاخص TOL در جدول ٦ نشان می‌دهند، مقاوم بودن رقم به تنش خشکی موجب می‌گردد تا سیر نزولی این شاخص مهم شتاب بیش‌تری گرفته و منفی‌تر عمل نماید. بنابراین رقمی مقاوم به تنش خشکی است که ضریب همبستگی شاخص TOL آن منفی‌تر شده یا روند نزولی شاخص آن شدیدتر باشد. بنابراین می‌توان شاخص TOL را به‌عنوان بارزترین و شاخص‌ترین مؤلفه تشخیص رقم مقاوم به تنش خشکی معرفی نمود؛ بنابراین می‌توان گفت غیرحساس‌ترین شاخص تنش برای معرفی تیمارهای تحت تنش شاخص GMP و مقاوم‌ترین شاخص به تغییرات، شاخص TOL است. نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش‌های درگاهی و همکاران (۲۰۱۱)، عباسعلی و همکاران (۲۰۱۷)، پوراسماعیل و همکاران (۲۰۱٤)، حسن‌زاده و همکاران (۲۰۰۰) و ملایی و همکاران (۲۰۰۰) هم‌خوانی دارد (۱، ۱۳، ۱۷، ۲۱ و ۲۲).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷- ضریب همبستگی پیرسون محاسبه شده شاخص‌های تنش.

Table 7. Calculated Pearson correlation coefficient of stress indices.

N=15 5%=0.5139 1%=0.6411	Y_S (kg/ha)	Y_P (kg/ha)	SSI	STI	MP	TOL	GMP	HM	YI	YSI
Y_S (kg/ha)	1.0000	0.6710**	-0.4294	0.9340**	0.8905**	-0.1459	0.9316**	0.9603**	1.0000	0.4294
Y_P (kg/ha)		1.0000	0.3745	0.8833**	0.9349**	0.6356*	0.8940**	0.8482**	0.6710**	-0.3745
SSI			1.0000	-0.0867	0.0242	0.9467**	-0.0735	-0.1623	-0.4294	-1.0000
STI				1.0000	0.9892**	0.2061	0.9970**	0.9947**	0.9340**	0.0867
MP					1.0000	0.3201	0.9946**	0.9802**	0.8905**	-0.0242
TOL						1.0000	0.2228	0.1319	-0.1459	-0.9467**
GMP							1.0000	0.9955**	0.9316**	0.0735
HM								1.0000	0.9603**	0.1623
YI									1.0000	0.4294
YSI										1.0000

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

Ys = Average cultivar yield per 200 mm treatment, Yp = Average cultivar yield per 100 mm treatment

نتیجه‌گیری کلی

مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری و رقم ازنظر 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 میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A به‌دلیل افزایش عملکرد به وجود 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=۰/۹٤٥٨) نشان داد که با افزایش تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول درنهایت عملکرد دانه افزایش یافت. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار وزن هزاردانه با عملکرد دانه (r=۰/۹٦١٦) نشان داد که با افزایش وزن هزاردانه عملکرد دانه افزایش یافت. رقم کنجدی که عملکرد دانه آن در هر دو حالت تنش و غیرتنش نسبت به دیگر ارقام موردبررسی برتری داشت، به‌عنوان رقم متحمل به تنش معرفی گردید؛ بنابراین در رقمی که ازنظر تحمل به تنش خشکی برتر بود، مقادیر شاخص‌های STI، MP، GMP، HM و YI نیز نسبت به ارقام دیگر بالاتر بود.

سپاسگزاری

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

منابع

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

2.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. Pp: 104-115.

www.SID.ir

Archive of SID

3.Acosta-Gallegos, J.A., and Adams, M.W. 1991. Plant traits and yield stability of dry bean cultivars under drought stress. J. Agric. Sci. 117: 213-219.
4.Afshari, F., Golkar, P., and Mohammadinejad, Gh. 2014. Evaluation of drought tolerance in sesame (*Sesamum indicum* L.) genotype at different growth stages. Arid Biom. Sci. Res. J. 4: 2. 90-94.
5.Aien, A. 2013. Effect of Eliminating of Irrigation at Different Growth Stages on Seed Yield and Some Agronomic Traits of Two Sesame Genotypes. J. Plan. Seed. 2, 29: 1. 67-79. (In Persian)
6.Amani, M., Golkar, P., and Mohammadi-Nejad, G. 2012. Evaluation of drought tolerance in different genotypes of sesame (*Sesame indicum* L.). Inter. J. Rec. Sci. Res. 3: 4. 226-230.
7.Anonymous. 2019. Behbahan Agricultural Jihad Management. Plan and program unit. The cost of planting, holding and harvesting sesame in the crop year 2018-19. (In Persian)
8.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. J. Crop Breed. 8: 18. 78-87. (In Persian)
9.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. 113p.
10.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. Inter. J. Pure Appl. Biosci. 43: 1. 39-49.
11.Choukan, R. 2015. Final report of Yield trial of promising late and medium maturing maize hybrids (final stage). Ministry OF Jahad - e- Agriculture. Agricultural Research, Education and Extension Organization. Seed and Plant Improvement Institute: 16: 78. (In Persian)
12.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. 189p.
13.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. J. Agric. Sci. Sust. Prod. 21: 3. 119-133. (In Persian)
14.Dilip, K., Ajumdar, M., and Roy, S. 1991. Response of summer sesame (Sesamum indicum) to irrigation, row spacing and plant population. J. Ind. Agron. 37: 758-762.
15.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. J. Sust. Agric. Sci. 2: 20. 39-51. (In Persian)
16.Golestani, M., and Pakniyat, H. 2007. Evaluation of drought tolerance indices in sesame lines. JWSS Isfahan University of Technology, 11: 41. 141-150. (In Persian)
17.Hassanzadeh, M., Ebadi, M., Panahyan-e-eKivi, Sh., Jamaati-e-Somarin, Saeidi, M., and Gholipouri, A. 2009. Investigation of water stress on yield and yield components of sesame (*Sesamum indicum* L.). Res. J. Environ. Sci. 3: 2. 239-244.
18.Khani, M.R., Heidari Sharifabad, H., Madani, H., Noor Mohamadi, G.H., and Darvish, F. 2007. Selection for tolerance to drought in sesame genotype. The new findings Agriculture. (In Persian)
19.Lotfi, P., Mohammadi-Nejad, Gh., and Golkar, P. 2012. Evaluation of drought tolerance in different genotypes of the Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). J. Crop Sci. 5: 7. 1-14. (In Persian)
20.Monajem, S., Mohammadi, V., and Ahmadi, A. 2011. Evaluation of drought tolerance in some rapeseed Cultivars based on stress evaluation indices, Elec. J. Crop Prod. 4: 1. 151-169. (In Persian)

www.SID.ir

Archive of SID

21.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.
22.Poor-Esmaeil, H.A., Fanaei, H., and Saberi, M.H. 2014. Evaluation of drought tolerant cultivars and lines of sesame using stress tolerance indices. Sci. J. Crop Sci. 3: 6. 66-70.
23.Sakila, M.S., Ibrahim, M., Kalamani, A., and Backiyarani, M. 2000. Correlation studies in sesame (*sesamum indicum* L.). Sesame and Sofflower Newsletter, 15: 26-28.
24.Sepahvand, M. 2009. Comparison of water requirement, water productivity and economic productivity in wheat and canola in the west of Iran during Rrainy years. Iran. J. Water Res. 3: 4. 68-63. (In Persian)
25.Shahrabi, B., Farahmandfar, E., Hassanlo, T., Shirani Rad, A.H., and Tabatabaee, S.A.. 2013. Evaluation of drought tolerance in rapeseed varieties based on physiological and agronomical characteristics at Yazd region. J. Crop Prod. 6: 4. 97-77. (In Persian)
26.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. 282p. (In Persian)
27.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.
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.
29.Vamerali, T., Saccomani, M., Bons, S., Mosca, G., Guarise, M., and Ganis, M. 2003. A comparison of root. characteristics in relation to nutrient and water stress in two maize hybrids. Plant Soil. 255: 157-167.
30.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. 94p. (In Persian)
31.Zaferaniyeh, M. 2015. Evaluation of tolerance indices and drought stress susceptibility in canola cultivars. International Conference on Applied Research in Agriculture. 11p. (In Persian)

www.SID.ir

Arc

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 27(2), 2020
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2020.17252.3270

Evaluation of drought stress indices in surface deficit irrigation of new sesame cultivars

***N. Salamati[1] and A.Kh. Danaie[2]**

[1]Research Assistant Professor of Agricultural Engineering Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran,

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

Received: 10.13.2019; Accepted: 04.28.2020

Abstract

Background and Objectives: Environmental stresses are a major obstacle to world food supply. There is relatively little stress-free arable land where crops reach their potential yields. For example, about 45 percent of the world's agricultural lands, with 38 percent of the world's population, are experiencing temporary or permanent drought (Bot et al., 2000). Sesamum indicum L., due to its tolerance to drought and heat, is very important in the development of arid and semi-arid regions as summer crop (Aien, 2013). In one study, sesame cultivar Darab 14 based on MP, TOL, SSI, HARM and STI indices was introduced as superior cultivar under normal conditions and moisture stress. Due to its high content of sesame oil (42-52%) and good quality (low cholesterol and some antioxidants), it plays an important role in human health and on the other hand, it is tolerant and drought tolerant (Afshari et al., 2014). The purpose of this study was to investigate the effect of drought stress by applying different levels of surface irrigation and identifying superior cultivar based on stress indices.

Materials and Methods: Study and evaluation of drought stress indices in surface irrigation on sesame seed yield and its components, seed oil yield, seed oil percentage and water use efficiency of experimental seed were conducted at Behbahan Agricultural Research Station in 2014. The experiment was conducted as split plot in a randomized complete block design with three replications. Irrigation at two levels (irrigation after 100 and 200 mm evaporation from Class A pan, respectively) was evaluated as main factor and cultivar at 5 levels (local Behbahan, SG37-92138, SG51-92138, SG53-92138 and SG55-92138) as sub-factor.

Results: Comparison of mean water use efficiency in irrigation and cultivar interactions showed that 100 mm evaporation from Class A pan and V5 (SG55-92138) evaporation with water use efficiency of 0.272 kg/m^3 sesame seed was superior. The mean water consumption in one year of experiment in 100 and 200 mm evaporation from Class A pan was 547.5 and 438.6 mm, respectively. The results of Pearson correlation coefficient showed the highest correlation of 1000 kernel weight after number of kernels per capsule with grain yield was r = 0.9616, which indicates the effective role of 1000 kernel weight gain in enhancing grain yield. The highest values of STI, MP, GMP, HM and YI were calculated with V5 (SG55-92138) with values of 1.538, 1037.1, 1024.7, 1011.5 and 1.548, respectively. The increase in the above indices in cultivar V5 (SG55-92138) compared to other cultivars caused it to be introduced as superior treatment for drought stress. The decreasing trend of sesame yield caused by dehydration stress decreased SSI, MP and TOL indices and, on the contrary, decreased sesame yield, and led to bullish changes in STI, GMP, HM, YI and YSI indices.

* Corresponding Author; Email: nadersalamati@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

Conclusion: Comparison of mean interaction effects between irrigation and cultivar in terms of water use efficiency showed that water use reduction in stress treatment decreased water yield in these treatments compared to non-stress treatment. The effect of reducing water use was even to the extent that it failed to cover the continuous decrease in yield in return for water consumption and continued to treat 100 mm evaporation of Class A pan despite more water consumption than the 200 mm evaporation treatment of Class A pan. The highest water use efficiency among treatments was due to increased yield. The positive and significant correlation between number of capsules per plant and number of seeds per capsule (r = 0.9688) showed that with increasing number of capsules per plant and number of seeds per capsule, grain yield increased.

***Keywords*:** 1000-grain weight, Evapotranspiration, Variety, Water use efficiency

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir