

Evaluation of Drought Stress Indices in Canola under Deficit Drip Irrigation

NADER SALAMATI^{1*}, AMIRKHOSRO DANAIE², VAHID YAAGHOUBI³

1. 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. Instructor, Seed and Plant Improvement Department, Khuzestan. Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ahvaz, Iran

3. Researcher, Department Research Extension and Social, Khuzestan. Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ahvaz, Iran

(Received: Dec. 30, 2018- Revised: Jan. 17, 2019- Accepted: Feb. 19, 2019)

ABSTRACT

An experiment was conducted to evaluate drought stress indices in a deficit drip irrigation system on yield and grain yield components, oil yield, seed oil percentage and water use efficiency of canola in two years of cultivation (2010-2011 and 2011-2012) at Behbahan Agricultural Research Station. The experiment was carried out as split plots in randomized complete block design with 4 replications. The main factor included water content in drip irrigation in four levels of 50, 75, 100 and 125% of crop water requirement and a sub factor including Hyola 401 hybrid and RGS003 cultivar. The comparison of the mean grain yield for irrigation and cultivar interactions showed that Hyola 401 at 100% water requirement with 3161.2 kg ha⁻¹ yield was superior related to 125% water requirement due to less water consumption. The averages water consumption of the 2-years experiment were 1958.8, 2938.1, 3902.6 and 4896.9 m³/ha in 50, 75, 100 and 125% treatments, respectively. The results of Pearson correlation coefficient indicated by increasing the weight of 1000 seeds, the grain yield and seed oil yields are increased and the water use efficiency is reduced. The low values of SSI and TOL indices and also the higher values of STI, MP and GMP indices in Hyola hybrids compared to RGS003 cultivars introduced Hyola 401 hybrid as a superior treatment in terms of drought stress. The identical trend of changes in STI, MP and GMP indices in 50 and 75% water stress treatments caused these indices to be suitable for introducing drought resistant treatments.

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

ارزیابی شاخص‌های تنش خشکی در کم‌آبیاری قطره‌ای کلزا

نادر سلامتی^۱، امیر خسرو دانایی^۲، وحید یعقوبی^۳

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

۳. محقق، بخش تحقیقات اقتصادی، اجتماعی و ترویج کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی

خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۹ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۷/۱۰/۲۷ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۱۱/۳۰)

چکیده

به منظور بررسی و ارزیابی شاخص‌های تنش خشکی در روش آبیاری قطره‌ای نواری بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه، عملکرد روغن، درصد روغن دانه و کارایی مصرف آب دانه، آزمایشی در دو سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ و ۹۱-۱۳۹۰ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان اجرا گردید. آزمایش به صورت کرت‌های یکبار خسرده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار اجرا شد. فاکتور اصلی شامل مقدار آب در آبیاری قطره‌ای نواری در چهار سطح ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی و فاکتور فرعی شامل رقم در دو سطح هیبرید Hyola 401 و رقم RGS003 بود. مقایسه میانگین عملکرد دانه در اثرات متقابل آبیاری و رقم نشان داد تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و رقم Hyola 401 با عملکرد ۳۱۶۱/۲ کیلوگرم در هکتار به دلیل مصرف کم‌تر آب نسبت به تیمار ۱۲۵ درصد نیاز آبی، برترین تیمار بود. میانگین آب مصرفی در دو سال اجرای آزمایش در تیمارهای ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی به ترتیب معادل ۱۹۵۸/۸، ۲۹۳۸/۱، ۳۹۰۲/۶ و ۴۸۹۶/۹ مترمکعب در هکتار بود. نتایج ضریب همبستگی پیرسون نشان داد با افزایش وزن هزار دانه، عملکرد دانه و روغن دانه افزایش و کارایی مصرف آب دانه کاهش می‌یابد. به دلیل کم بودن مقادیر شاخص‌های SSI و TOL در هیبرید Hyola 401 نسبت به رقم RGS003 و نیز بیش‌تر بودن مقادیر شاخص‌های STI، MP و GMP در هیبرید فوق نسبت به رقم مزبور می‌توان هیبرید Hyola 401 را از نظر تنش خشکی به عنوان تیمار برتر معرفی نمود. یکسان بودن روند تغییرات شاخص‌های STI، MP و GMP در تیمارهای تنش ۵۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی موجب شد تا این شاخص‌ها قابلیت انتخاب معرفی تیمار مقاوم به تنش خشکی را به خود اختصاص دهند.

واژه‌های کلیدی: وزن هزار دانه، کارایی مصرف آب، رقم، تبخیر و تعرق

مقدمه

بهینه‌سازی منابع آب از طریق اصلاح روش‌های آبیاری به همراه استفاده از ارقام متحمل به خشکی که کارایی مصرف آب بالایی داشته باشند دو امر ضروری برای افزایش بهره‌وری از منابع موجود است (Kimber and McGregor, 1995). کلزا یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی است که نقش عمده‌ای در تأمین روغن خوراکی انسان داشته و از نظر تأمین روغن مصرفی در دنیا، مقام سوم را بعد از سویا و نخل روغنی دارد (Blum, 2012).

تاکنون مطالعات زیادی در زمینه ارتباط و همبستگی صفات مهم زراعی در گیاه کلزا انجام گرفته است که صفات وزن هزاردانه، تعداد دانه در خورجین و تعداد خورجین در بوته را مهم‌ترین صفات با همبستگی بالا در عملکرد معرفی کرده‌اند (Rosta baghi et al., 2012, Sabaghnia et al., 2010;

خشکی و تنش آب به همراه تغییر الگوهای بارندگی و حرارتی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولیدات کشاورزی می‌باشد که گیاه را از رسیدن به حداکثر توان محصول باز می‌دارد (Marjanovic Jeromela et al., 2007). تنش خشکی مهم‌ترین عامل محیطی محدودکننده رشد و نمو گیاهان در کل دنیا است. به طوری که کاهش رشد در اثر تنش خشکی بیش‌تر از سایر تنش‌های محیطی گزارش شده است (Chen et al., 2008). کشور ما نیز از تأثیرات سوء این پدیده اقلیمی در امان نبوده و در نیمی از زمین‌های قابل کشت، محصولات کم‌آبی رنج می‌برند (Seydan and Ghadami Firouzabadi, 2002). بنابراین استفاده

گونه‌های *B. juncea L.* و *B. napus L.* در شرایط گرم و خشک نشان داد که رابطه بین عملکرد دانه با تعداد شاخه فرعی، تعداد خورجین در بوته و وزن هزاردانه مثبت و معنی‌دار بود (Gunasekera *et al.*, 2006). Noori *et al.* (2007) گزارش نمودند بین تعداد آبیاری و ارتفاع بوته همبستگی معنی‌داری وجود دارد، به طوری که هر دوره آبیاری ۱۰/۵ سانتی‌متر ارتفاع بوته کلزا را افزایش داد. نتایج به دست آمده از ارزیابی ژنوتیپ‌های پاییزه کلزا نشان داد که تنش خشکی آخر فصل با کاهش تعداد خورجین در بوته سبب کاهش عملکرد دانه شد (Pasban 2008). Ghosh and Mukhopadhyay (1994) در یک تحقیق بر روی اجزای عملکرد دانه در کلزا گزارش نمودند که وزن هزاردانه اثر مثبت روی عملکرد دارد. (Naeemi *et al.* 2008) نیز در ارزیابی تحمل به خشکی در ارقام مختلف کلزا بر اساس شاخص‌های ارزیابی تنش در انتهای فصل رشد گزارش کردند که با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار شاخص‌های تحمل به تنش (STI) میانگین هندسی قابلیت تولید (GMP) و متوسط عملکرد یا میانگین بهره‌وری تولید (MP) با عملکرد دانه در شرایط مطلوب و تنش، شاخص‌های فوق به‌عنوان معیارهای مناسبی جهت شناسایی ارقام متحمل به تنش شناخته شدند. در پژوهش‌های Abdi *et al.* (2012) و Golabadi *et al.* (2006) همبستگی مثبت و معنی‌داری بین شاخص‌های STI، MP و GMP با عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش و همبستگی منفی و معنی‌داری بین شاخص‌های SSI و TOL با عملکرد در شرایط تنش مشاهده شد. Azizi-Chakherchaman *et al.* (2008) آزمایشی را بر روی ۱۲ ژنوتیپ عدس در شرایط بدون تنش خشکی و تنش خشکی در منطقه اردبیل اجرا نمودند. آن‌ها همبستگی معنی‌داری بین عملکرد دانه و شاخص‌های تحمل به خشکی از جمله GMP و TOL، SSI، STI و MP یافتند و بر اساس این شاخص‌ها، سه ژنوتیپ نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها متحمل شناخته شد. Sio-se Mardeh *et al.* (2006) با ارزیابی یازده ژنوتیپ گندم نان گزارش کردند که در شرایط تنش ملایم شاخص‌های STI، MP و GMP برای شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا مناسب هستند. واکنش هیبریدهای ذرت و لاین‌های والدی آن‌ها به خشکی با استفاده از شاخص‌های مختلف تحمل به تنش بررسی شد. نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که شاخص STI نسبت به سایر شاخص‌ها شامل MP، TOL و SSI از برتری بیش‌تری برای گزینش ارقام مطلوب در شرایط تنش و بدون تنش برخوردار است (Moghaddam and Hadizadeh, 2002). Taghian and Abo-Elwafa (2003)

(Marjanovic Jeromela *et al.*, Tuncturk *et al.*, 2007). همبستگی مثبت و معنی‌داری بین صفات وزن هزاردانه، تعداد خورجین در بوته، تعداد شاخه فرعی، ارتفاع گیاه و میزان روغن دانه با عملکرد دانه گزارش نمودند. Zhang *et al.* (2011) همبستگی معنی‌داری بین عملکرد با تعداد خورجین در مترمربع و تعداد دانه در خورجین مشاهده کردند در حالی که عملکرد همبستگی معنی‌داری با وزن هزار دانه نشان نداد. Algan and Aygun (2001) صفات تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، شاخص برداشت و وزن هزار دانه را مهم‌ترین عوامل مؤثر بر عملکرد دانه در کلزا معرفی کردند. Daneshmand *et al.* (2008) گزارش نمودند که در گیاه کلزا اختلاف معنی‌داری در تعداد دانه در خورجین با ساقه‌های اصلی و فرعی، طول خورجین و وزن هزار دانه در سطوح مختلف آبیاری وجود داشت. Kazi *et al.* (2002) گزارش کردند بین سطوح آبیاری و عملکرد دانه کلزا همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد به طوری که ۵۴ درصد از تغییرات عملکرد دانه مربوط به تغییرات در سطوح آبیاری می‌باشد.

Diepenbrock *et al.* (2000) گزارش نمودند تعداد دانه در خورجین با طول خورجین و عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد، به طوری که با افزایش تعداد دانه در خورجین، عملکرد دانه بیشتر خواهد بود. مطالعه همبستگی بین عملکرد در شرایط تنش، بدون تنش و شاخص‌های مقاومت به خشکی نشان داد که شاخص‌های تحمل به تنش، میانگین بهره‌وری و میانگین هندسی بهره‌وری برای شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی مناسب هستند، که در بین آن‌ها شاخص تحمل به تنش به عنوان مناسب‌ترین شاخص شناخته شد (Zebarjadi *et al.*, 2013). Malekshahi *et al.* (2009) در مطالعه شاخص‌های تحمل به خشکی در برخی ارقام متحمل به خشکی گزارش کردند که شاخص‌های GMP، MP و STI به طور مشابهی عمل کرده و ژنوتیپ‌های یکسانی را در ارتباط با تنش شناسایی می‌کنند و این شاخص‌ها به دلیل همبستگی بسیار بالایی که با عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش داشتند به عنوان مناسب‌ترین شاخص برای شناسایی ارقام پر محصول با کم‌ترین حساسیت نسبت به تنش خشکی معرفی شدند. Rezaizadeh *et al.* (2011) همبستگی‌های مثبت و معنی‌داری را بین عملکرد دانه و شاخص‌های GMP، MP و STI در شرایط تنش در کلزا گزارش و اعلام نمودند که روند کاهش عملکرد در تیمارهای تنش قطعاً سیر نزولی این شاخص‌ها را نشان می‌دهد. نتایج به دست آمده از ارزیابی ژنوتیپ‌های متعلق به

شده ۹۵٪ در نظر گرفته شد. برای مقایسه آماری نتایج اندازه‌گیری و محاسبه شده از آزمون تی (t-Test) استفاده شد. مقادیر خروجی آزمون t-Test دو مقدار آماره T_1 و T_2 بحرانی هستند. اگر قدرمطلق مقادیر آماره T_1 از T_2 بحرانی کوچک‌تر باشد، نتیجه آزمون بی‌معنی بودن اختلاف مقادیر اندازه‌گیری و محاسبه شده را نشان می‌دهد وگرنه مقادیر اندازه‌گیری شده، اختلاف معنی‌دار خواهند داشت. هم‌چنین برای مقایسه آماری نتایج اندازه‌گیری و محاسبه شده از ضرایب همبستگی پیرسون برای تمام پارامترهای اندازه‌گیری یا محاسبه شده استفاده گردید. بدین منظور ضرایب همبستگی برای صفات مورد ارزیابی و بر اساس معنی‌دار بودن روند تغییرات در سطوح ۱ و ۵ درصد و هم سو یا ناهم‌سو بودن روند تغییرات، بررسی و تجزیه و تحلیل انجام شد.

در طول فصل زراعی صفاتی مانند تعداد دانه در خورجین، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، درصد روغن، عملکرد روغن دانه و کارایی مصرف آب دانه اندازه‌گیری یا محاسبه شدند. در پایان اجرای آزمایش، تجزیه واریانس مرکب بر اساس آزمون طرح کرت‌های یک‌بار خرد شده برای صفات مزبور انجام گردید. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و تجزیه آماری توسط نرم‌افزار MSTATC انجام شد. برای اجرای آزمایش، ابتدا عملیات خاک‌ورزی لازم (شامل شخم، دیسک و ماله)، انجام شده و آن‌گاه براساس نتایج آزمایشات «تجزیه خاک» اقدام به کودپاشی و پخش یکنواخت علف‌کش ترفلان به میزان ۲/۵ لیتر در هکتار در سطح مزرعه شد. سپس کود و علف‌کش به‌وسیله دیسک سبک با خاک مخلوط گردیدند. کودهای فسفره و پتاسه بر اساس نتایج آزمون خاک قبل از کاشت به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاس از منبع سولفات پتاسیم و ۷۰ کیلوگرم فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل به خاک داده شد. کود نیتروژنه به میزان ۱۴۰ کیلوگرم نیتروژن خالص از منبع اوره در سه نوبت یک‌چهارم در مرحله ۳ برگی (سال اول ۲۰ آبان ماه و سال دوم ۲۲ آبان ماه)، یک‌دوم در مرحله ساقه دهی (سال اول ۲۰ دی‌ماه و سال دوم ۲۴ دی‌ماه) و یک‌چهارم در مرحله غنچه‌دهی کامل (سال اول ۱۸ بهمن و سال دوم ۲۳ بهمن‌ماه) مصرف گردید. در هر سال قبل از کاشت، نمونه‌برداری از خاک جهت آزمون انجام شد. از آب آبیاری در طول فصل نمونه‌ی آب تهیه و برای اندازه‌گیری‌های خصوصیات مورد نظر به آزمایشگاه ارسال گردید. نتایج آزمایشات آب و خاک در جداول (۱ و ۲) نشان داده شده است.

همبستگی مثبت و معنی‌دار Y_p و Y_s با MP ، STI و GMP را در گندم گزارش نموده و نتیجه‌گیری کردند که شاخص‌های MP ، GMP و STI می‌توانند از مناسب‌ترین شاخص‌ها برای ارزیابی و شناسایی ارقام تحت تنش کمبود آب بوده و در برنامه‌های اصلاحی مورد استفاده قرار گیرند. (Amiri et al. 2014) در تحقیقی نشان دادند بین شاخص‌های STI ، GMP و MP با عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش همبستگی معنی‌داری وجود داشت.

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

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی و تعیین عکس‌العمل دو رقم کلزا به تنش آبی و شناسایی رقم مقاوم به تنش، آزمایشی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان با طول جغرافیایی ۱۴:۵۰ شرقی و ۳۶:۳۰ عرض شمالی به‌صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار طی دو سال (۱۳۸۹-۱۳۹۱) اجرا شد. محل آزمایش دارای اقلیم نیمه‌خشک، 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 بر اساس ۵۰٪، ۷۵٪، ۱۰۰٪ و ۱۲۵٪ نیاز آبی و فاکتور فرعی در دو سطح، شامل هیبرید Hyola 401 و رقم RGS003 (رقم آزاد گرده‌افشان) بود.

آب مورد نیاز برای آبیروی مزارع مورد مطالعه بر اساس نشریه فائو ۲۹ در آبیاری قطره‌ای از رابطه زیر برآورد شدند.

$$LR = EC_w / (2Max EC_e) \quad (رابطه ۱)$$

که در آن، EC_w هدایت الکتریکی آب آبیاری، EC_e آستانه تحمل محصول و $Max EC_e$ شوری با عملکرد صفر است. با استفاده از فرمول (۱) نیاز آبیروی بر حسب درصد محاسبه گردید و سپس با در نظر گرفتن نیاز آبی محاسبه شده در طول فصل برای کلزا، نیاز آبیروی بر حسب میلی‌متر محاسبه شد. آستانه تحمل با ۱۰ درصد کاهش عملکرد برای محصولات مورد مطالعه از نشریه فائو ۲۹ استخراج شد. راندمان آبیاری فصلی پیش‌بینی

جدول ۱- نتایج تجزیه نمونه آب

سال	EC ($\mu\text{S/m}$)	pH	کاتیون‌ها (meq/l)			آنیون‌ها (meq/l)		
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻	So ₄ ²⁻	Cl ⁻
۱۳۹۰-۱۳۸۹	۱۶۸۰	۷/۴	۸/۸	۳/۲	۸/۰	۳/۲	۸/۰	۸/۸
۱۳۹۱-۱۳۹۰	۱۷۹۰	۷/۴	۸/۸	۳/۲	۸/۰	۳/۲	۸/۰	۸/۸

جدول ۲- نتایج تجزیه نمونه خاک آزمایش قبل از کاشت

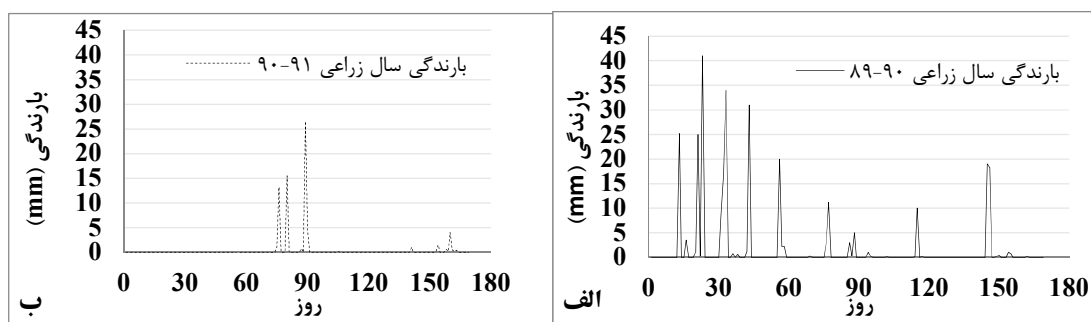
سال	عمق خاک (cm)	قابلیت هدایت الکتریکی (ds/m)	واکنش گل اشباع	درصد کربن آلی	فسفر قابل جذب (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب (mg/kg)	وزن خصوص ظاهری (gr/cm ³)	رطوبت ظرفیت زراعی (درصد وزنی)	بافت خاک
۱۳۹۱-۱۳۹۰	۳۰-۰	۳/۰	۷/۴	۰/۶۶	۹/۱	۲۴۸	۱/۵۷	۲۴	سیلتی کلی لوم

جدول ۳- نیاز آبی حاصل از تبخیر تعرق محاسبه شده برای تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و نیاز آبی (میلی‌متر) (از ۱۵ آبان تا ۳ اردیبهشت)

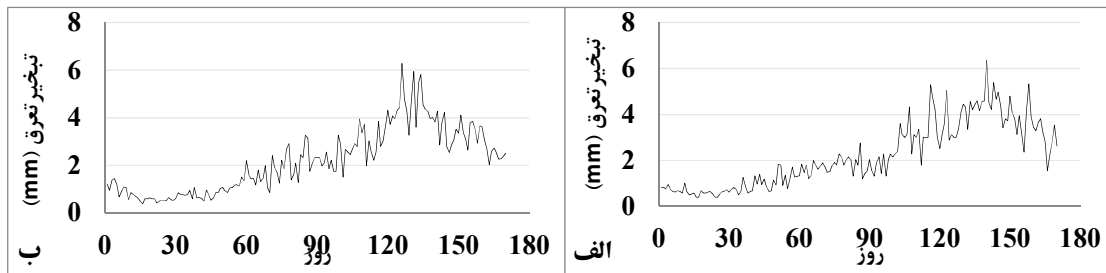
سال	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	نیاز آبی (میلی‌متر)	مجموع
۱۳۹۰-۱۳۸۹	۱۱/۱	۲۲/۳	۴۴/۱	۶۲/۸	۱۰۷/۹	۱۲۱/۸	۸/۹	۱۵/۹	۳۹۴/۹
۱۳۹۱-۱۳۹۰	۱۴/۴	۱۹/۹	۴۱/۹	۶۹/۳	۱۱۷/۴	۱۰۲/۱	۷/۲	۱۶/۶	۳۸۸/۶
میانگین	۱۲/۷	۲۱/۱	۴۳/۰	۶۶/۰	۱۱۲/۷	۱۱۱/۹	۸/۱	۱۶/۳	۳۹۱/۸

۱۲۵ درصد نیاز آبی برای اعمال تیمارها محاسبه گردید. سپس با کنتورهای با دقت ۰/۰۰۰۱ مترمکعب میزان آب مصرفی قرائت گردید. دور آبیاری دو روز تعریف شد و برای تعیین ضرایب گیاهی ترجیحاً بر اساس مطالعات انجام شده و مدل فائو ۵۶ اقدام گردید. تبخیر تعرق روزانه با استفاده از نرم‌افزار ETcalculator محاسبه شد. مقدار آب مورد نیاز کلزا حاصل مجموع نیاز آبی (از فرمول ۱) و تبخیر تعرق روزانه در طول فصل کشت (از تاریخ ۱۵ آبان ماه تا ۳ اردیبهشت‌ماه) محاسبه گردید (جدول ۳). بارندگی روزانه در دو سال انجام آزمایش در شکل (۱- الف و ب) و تبخیر تعرق روزانه محاسبه شده با نرم‌افزار ETcalculator در شکل (۲- الف و ب) نشان داده شده‌اند.

آمار روزانه بارندگی و پارامترهای هواشناسی از اداره هواشناسی سینوپتیک بهبهان استعلام گردید. برای مدیریت دقیق آبیاری، با استفاده از آمار روزانه 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 - مانیتث محاسبه شد (Allen et al., 1998). با پیش اطلاعات به صورت روزانه، مدت‌زمان آبیاری محاسبه و از طریق نمونه‌برداری خاک قبل از آبیاری‌ها، رطوبت وزنی و سپس رطوبت حجمی و در نهایت کمبود رطوبت خاک مشخص گردید و با میزان تبخیر تعرق محاسبه شده از آمار روزانه هواشناسی صحت سنجی شد. به این ترتیب نیاز آبی ۱۰۰ درصد روزانه گیاه محاسبه گردید. آن‌گاه مقادیر ۷۵، ۵۰ و



شکل ۱ - بارندگی سال زراعی ۸۹-۹۰ (الف) و سال زراعی ۹۰-۹۱ (ب) (از ۱۵ آبان تا ۳ اردیبهشت)



شکل ۲ - تبخیر تعرق روزانه محاسبه شده در سال زراعی ۹۰-۸۹ (الف) و در سال زراعی ۹۱-۹۰ (ب) (از ۱۵ آبان تا ۳ اردیبهشت)

مترمکعب آب در جایگاه آخر قرار گرفتند (شکل ۳ - ب). در شکل (۳-الف) کاهش مصرف آب در تیمارهای تنش (۵۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی) موجب کاهش عملکرد آب در این تیمارها نسبت به تیمارهای ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی شده است اما افزایش ۲۵ درصدی آب در تیمار ۱۲۵ درصد نیاز آبی نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد موجب نشده تا عملکرد این تیمار افزایش معنی داری نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی پیدا کند و هر دو تیمار به صورت مشترک در رتبه نخست قرار گرفته‌اند. لذا تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی به دلیل مصرف کم تر آب نسبت به تیمار ۱۲۵ درصد نیاز آبی از نظر عملکرد تیمار برتر می‌باشد. در شکل (۳-ب) به خوبی کاهش کارایی مصرف آب در تیمارهای ۱۰۰ و به-خصوص ۱۲۵ درصد نیاز آبی در دو رقم مورد بررسی نسبت به تیمارهای تنش نشان داده شده است. به عبارت دیگر کاهش مصرف آب در تیمارهای کم‌آبیاری موجب افزایش کارایی مصرف آب در این تیمارها نسبت به تیمارهای ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی شده است.

میانگین آب مصرفی در دو سال انجام آزمایش در تیمارهای ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی به ترتیب برابر ۱۹/۶، ۲۹/۴، ۳۹/۲ و ۴۹/۰ سانتی‌متر آب بودند. عملکرد تیمارهای متناظر با تیمارهای آبیاری در هیبرید Hyola 401 معادل ۲۴۴۴/۳، ۲۹۲۲/۰، ۳۱۶۱/۲ و ۳۲۴۷/۰ کیلوگرم در هکتار بودند (شکل ۴ - الف). هم‌چنین عملکرد رقم RGS003 در تیمارهای آبیاری متناظر به ترتیب معادل ۲۱۶۷/۳، ۲۷۵۲/۱، ۲۹۴۴/۱ و ۳۰۷۵/۹ کیلوگرم در هکتار بودند (شکل ۴ - ب).

ضریب همبستگی محاسبه شده برای صفات اندازه‌گیری شده نشان داد که:

روند تغییرات طول دوره گلدهی با روند تغییرات درصد روغن، عملکرد روغن دانه، کارایی مصرف آب و کارایی مصرف آب روغن روندی هم‌راستا ندارد و این تغییرات به ترتیب در سطوح ۵، ۱ و ۱ درصد معنی‌دار بودند. روند تغییرات طول دوره

ارزیابی رقم‌ها از نظر تحمل به خشکی توسط شاخص‌های حساسیت به تنش (SSI^۱)، تحمل (TOL^۲)، تحمل به تنش (STI^۳)، بهره‌وری متوسط (MP^۴) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP^۵) انجام شد. شاخص‌های فوق به شرح زیر محاسبه گردید:

(رابطه ۲) $SSI = [1 - (Y_S/Y_P)] / [1 - (Y_S/Y_{P'})]$

(رابطه ۳) $TOL = Y_P - Y_S$

(رابطه ۴) $STI = (Y_P/Y_{P'}) (Y_S/Y_S') (Y_S'/Y_{P'}) = (Y_P) (Y_S) / (Y_{P'})^2$

(رابطه ۵)

(رابطه ۶) $GMP = (Y_P \times Y_S)^{.5}$
 $MP = (Y_P + Y_S) / 2$

در این فرمول Y_P و Y_S به ترتیب میانگین عملکرد دانه هر رقم تحت شرایط تنش، بدون تنش و $Y_{P'}$ و $Y_{S'}$ نیز میانگین کل عملکرد دانه رقم‌ها تحت شرایط تنش و بدون تنش می‌باشد. تنش خشکی شامل دو سطح آبیاری ۵۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی کلزا می‌باشند.

نتایج و بحث

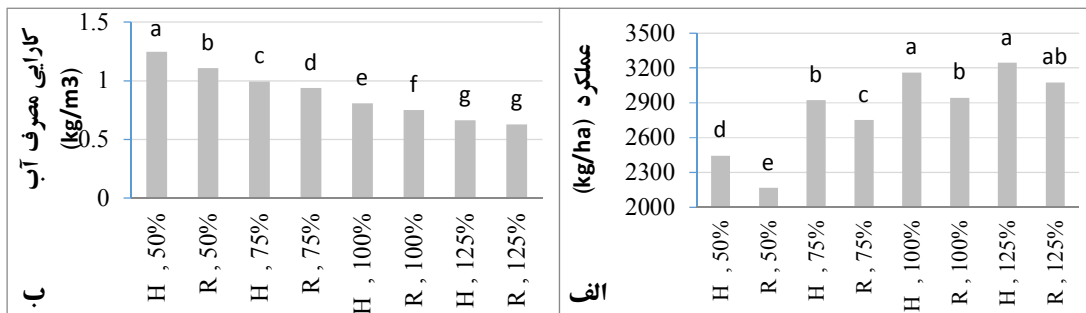
مقایسه میانگین عملکرد دانه در اثر متقابل آبیاری و رقم نشان داد که تیمارهای ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی در هیبرید Hyola 401 به ترتیب با عملکرد ۳۱۶۱/۲ و ۳۲۴۶/۳ کیلوگرم در هکتار تیمارهای برتر بودند ولی به دلیل مصرف کم تر آب در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی، تیمار ۱۰۰ درصد برتر بود. رقم RGS003 در تیمارهای ۱۲۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی با عملکردهای ۳۰۷۵/۹ و ۲۹۴۴/۱ کیلوگرم در هکتار در رده‌های بعدی جای داشتند (شکل ۳-الف). مقایسه میانگین کارایی مصرف آب در اثرات متقابل آبیاری و رقم نشان داد تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی و هیبرید Hyola 401 با عملکرد ۱/۲۴۷ کیلوگرم دانه کلزا به ازای مصرف یک مترمکعب آب، تیمار برتر و رتبه نخست را دارد. تیمارهای ۱۲۵ درصد نیاز آبی در هیبرید Hyola 401 و رقم RGS003 به ترتیب با تولید ۰/۶۶۳ و ۰/۶۲۸ کیلوگرم دانه کلزا به ازای مصرف یک

4. Mean Productivity
 5. Geometric Mean Productivity

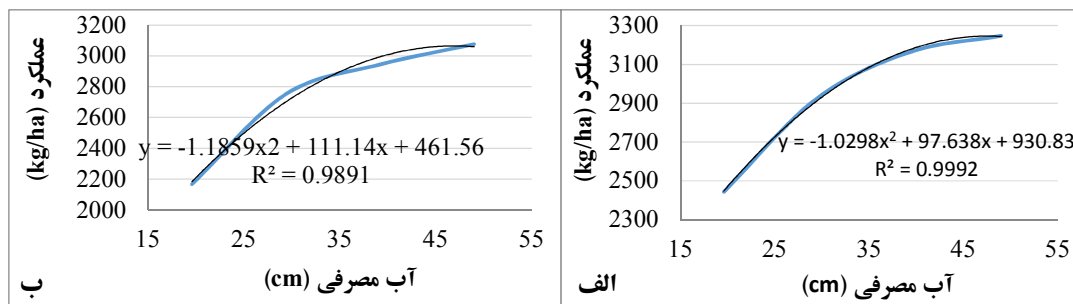
1. Stress Susceptibility Index
 2. Tolerance Index
 3. Stress Tolerance Index

میزان همبستگی طول دوره گل‌دهی با شاخص روز تا رسیدگی به میزان $r=0/3963$ محاسبه شد و در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴).

گله‌دهی با تغییرات حجم آب مصرفی روندی معنی‌دار و هم‌راستا در سطح ۵ درصد را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر با افزایش حجم آب مصرفی طول دوره گله‌دهی افزایش یافته است. بیش‌ترین



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



شکل ۴ - منحنی عملکرد - آب مصرفی در هیبرید 401 Hyola (الف) و رقم RGS003 (ب)

هم‌راستا ولی معنی‌دار در سطح ۱ درصد بود. به عبارت دیگر افزایش تعداد خورجین، افزایش وزن هزار دانه، حجم آب مصرفی و عملکرد دانه را به دنبال دارد در حالی که افزایش تعداد خورجین، کاهش کارایی مصرف آب را موجب می‌شود. بیش‌ترین میزان همبستگی تعداد خورجین در بوته به میزان $r=0/7955$ با شاخص وزن هزار دانه می‌باشد که بیانگر نقش مؤثر افزایش تعداد خورجین در بالا رفتن وزن هزاردانه و به تبع آن افزایش عملکرد کلزا است (جدول ۴).

روند تغییرات تعداد دانه در خورجین با روند تغییرات وزن هزاردانه، عملکرد دانه و حجم آب مصرفی روندی هم‌راستا و معنی‌دار در سطح ۱ درصد را نشان می‌دهد. در حالی که این روند تغییرات با روند تغییرات کارایی مصرف آب روندی غیر هم‌راستا ولی معنی‌دار در سطح ۱ درصد بود. به عبارت دیگر افزایش تعداد دانه در خورجین باعث افزایش وزن هزار دانه و عملکرد دانه و کاهش کارایی مصرف آب گردید.

روند تغییرات وزن هزار دانه با روند تغییرات عملکرد دانه، عملکرد روغن دانه و وزن آب مصرفی روندی هم‌راستا و معنی‌دار

روند تغییرات ارتفاع ساقه با روند تغییرات تعداد خورجین، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد روغن دانه، حجم آب مصرفی روندی هم‌راستا و معنی‌دار در سطح ۱ درصد را نشان می‌دهد. این در حالی است که این روند با روند تغییرات کارایی مصرف آب دانه و کارایی مصرف آب روغن دانه غیر هم‌راستا بوده و در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. به عبارت دیگر افزایش ارتفاع ساقه کلزا حاکی از افزایش عملکرد دانه و عملکرد روغن دانه از طرفی و کاهش کارایی مصرف آب از طرف دیگر است. بیش‌ترین میزان همبستگی ارتفاع ساقه به میزان $r=0/9287$ در شاخص وزن هزار دانه محاسبه شد که حاکی از مؤثر بودن نقش ارتفاع ساقه در افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه می‌باشد. به عبارت دیگر افزایش ارتفاع ساقه با همبستگی بسیار معنی‌داری موجب روند افزایشی وزن هزاردانه می‌گردد (جدول ۴).

روند تغییرات تعداد خورجین در بوته با روند تغییرات دانه در خورجین، وزن هزاردانه، عملکرد دانه و حجم آب مصرفی روندی هم‌راستا و معنی‌دار در سطح ۱ درصد را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر تغییرات با روند تغییرات کارایی مصرف آب، روندی غیر

مصرفی با وزن هزار دانه، بیانگر اهمیت فوق‌العاده مدیریت کم‌آبایی این محصول استراتژیک است. با توجه به اهمیت وزن هزار دانه در عملکرد دانه، ضریب همبستگی وزن هزار دانه و عملکرد دانه با حجم آب مصرفی به میزان $r=0/7925$ محاسبه شده است. به بیان دیگر بیش‌ترین همبستگی معنی‌دار وزن هزار دانه و عملکرد دانه با شاخص حجم آب مصرفی می‌باشد که نشان دهنده نقش بسیار مهم مدیریت بهینه‌ی کم‌آبایی در محصول کلزا است (جدول ۴). این نتایج با نتایج مطالعات Tuncturk and Marjanovic (2007) Siftci، (2010) Sabaghnia et al. و (2008) Jeromela et al. و (2000) Diepenbrock et al. هم‌خوانی دارد.

در سطح ۱ درصد را نشان می‌دهد. در حالی که با روند تغییرات کارایی مصرف آب، تغییراتی غیر هم‌راستا و معنی‌دار در سطح ۱ درصد داشت. به عبارت دیگر افزایش وزن هزار دانه موجب افزایش عملکرد دانه و روغن دانه و کاهش کارایی مصرف آب دانه شد. روند تغییرات عملکرد دانه با روند تغییرات عملکرد روغن دانه و حجم آب مصرفی هم‌راستا و معنی‌دار در سطح ۱ درصد بوده ولی با روند تغییرات کارایی مصرف آب دانه و روغن دانه غیر هم‌راستا و معنی‌دار در سطح ۱ درصد می‌باشد. بیش‌ترین میزان همبستگی صفت وزن هزاردانه به میزان $r=0/8741$ با شاخص حجم آب مصرفی محاسبه شد که در سطح ۱ درصد معنی‌دار و حاکی از مؤثر بودن اثر تنش خشکی بر کاهش وزن هزاردانه می‌باشد. به عبارت دیگر همبستگی بسیار معنی‌دار حجم آب

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

n = ۶۴	شروع گلدهی (روز)	پایان گلدهی (روز)	طول دوره گلدهی (روز)	روز تا رسیدگی (روز)	ارتفاع ساقه (cm)	تعداد خورجین	دانه در خورجین	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (kg/ha)	درصد روغن	عملکرد روغن دانه (kg/ha)	کارایی مصرف آب (kg/m ³)	حجم آب مصرفی (m ³ /ha)	کارایی مصرف آب روغن (kg/m ³)
۰/۲۵۰۰=۵	۱	۰/۹۰۷۳**	۰/۵۸۹۳**	۰/۵۱۶۸**	-۰/۲۱۰۵	-۰/۳۱۸۸**	-۰/۱۲۷۹	-۰/۱۹۹۲	-۰/۱۶۷۴	-۰/۲۰۵۷	-۰/۲۳۶۹	-۰/۲۲۰۷	۰/۰۴۲۷*	-۰/۲۸۸۱*
۰/۳۲۴۸=۱														
	۱	۰/۷۳۲۶	۰/۵۲۹۷**	-۰/۲۶۳۳*	-۰/۲۱۸۲*	-۰/۱۲۵۵	-۰/۲۳۳۹	-۰/۲۰۴۶	-۰/۲۵۱۸*	-۰/۲۹۷۴*	-۰/۲۳۹۲	۰/۰۷۳۹*	-۰/۳۱۷۶*	
	۱	۰/۳۹۶۳**	-۰/۰۰۹۷	-۰/۰۱۷۴	۰/۰۹۸۴	-۰/۰۰۳۵	-۰/۰۳۷۲	-۰/۳۰۶۲*	-۰/۲۷۱۸*	-۰/۴۰۲۳**	۰/۳۱۱۹*	۰/۳۳۸۰*	-۰/۴۳۶۶**	
	۱	۰/۰۹۶۷	۰/۰۸۹۵	۰/۱۶۸۳	۰/۱۵۹۷	۰/۱۲۹۸	۰/۲۸۵۶*	-۰/۱۳۹۷	-۰/۴۵۹۵**	۰/۳۳۸۰*	۰/۵۲۲۶**			
	۱	۰/۷۷۵۲**	۰/۸۵۶۱**	۰/۹۲۸۷**	۰/۸۲۴۴**	-۰/۰۵۹۷	۰/۳۷۱۸*	-۰/۷۸۳۴**	۰/۸۵۹۶**	۰/۸۵۹۶**	۰/۵۵۵۹**			
	۱	۰/۶۶۵۵**	۰/۷۹۵۵**	۰/۵۹۸۸**	-۰/۲۸۸۹*	۰/۰۷۳۷	-۰/۶۲۸۵**	۰/۶۹۰۹**	۰/۶۹۰۹**	۰/۶۹۰۹**	۰/۵۸۴۴**			
	۱	۰/۸۵۱۷**	۰/۸۰۰۷**	-۰/۰۵۵۰	۰/۳۷۶۳**	-۰/۷۱۴۸**	۰/۸۱۳۹**	۰/۸۱۳۹**	۰/۸۱۳۹**	۰/۸۱۳۹**	۰/۵۳۳۳**			
	۱	۰/۸۴۱۹**	-۰/۱۱۰۶	۰/۳۴۷۲**	-۰/۷۹۰۹**	۰/۸۷۴۱**	۰/۸۷۴۱**	۰/۸۷۴۱**	۰/۸۷۴۱**	۰/۸۷۴۱**	۰/۶۱۰۶**			
	۱	۰/۱۱۹۶	۰/۶۱۴۰**	-۰/۵۹۸۴**	۰/۷۹۲۵**	۰/۷۹۲۵**	۰/۷۹۲۵**	۰/۷۹۲۵**	۰/۷۹۲۵**	۰/۷۹۲۵**	۰/۳۳۶۹*			
	۱	۰/۸۵۳۳**	-۰/۲۲۶۹	-۰/۱۱۵۴	-۰/۱۱۵۴	-۰/۱۱۵۴	-۰/۱۱۵۴	-۰/۱۱۵۴	-۰/۱۱۵۴	-۰/۱۱۵۴	۰/۷۳۱۸**			
	۱	-۰/۱۲۳۴	۰/۳۱۲۹*	-۰/۹۳۸۹**	۰/۸۱۶۰**	۰/۸۱۶۰**	۰/۸۱۶۰**	۰/۸۱۶۰**	۰/۸۱۶۰**	۰/۸۱۶۰**	۰/۴۰۰۵**			
	۱													

کم‌آبایی می‌باشد. لذا هیبرید 401 Hyola نسبت به رقم RGS003 از نظر تنش خشکی، تیمار برتر معرفی می‌گردد (جدول ۵). به عبارت دیگر عملکرد تحت تنش هیبرید 401 Hyola نسبت به رقم RGS003، به عملکرد تیمار فاقد تنش نزدیک‌تر بوده و همین عامل در کاهش شاخص SSI در هیبرید 401 Hyola نسبت به رقم RGS003 مؤثر بوده است که این نتیجه با نتایج پژوهش‌های Azizi- (2006) Golabadi et al.، (2012) Abdi et al. و (2008) Chakherchaman et al. و (2002) Hadizadeh و (2003) Taghian and Abo-Elwafa هم‌خوانی دارد. بنابراین، ملاک شناسایی رقم مقاوم به خشکی را می‌توان مقادیر بالای شاخص‌های STI، MP و GMP و مقادیر پایین

میزان شاخص‌های SSI و TOL با افزایش سطح تنش خشکی افزایش پیدا می‌کنند در حالی که مقادیر شاخص‌های STI، MP و GMP با افزایش سطح تنش کاهش پیدا می‌کنند. مقادیر شاخص‌های SSI و TOL در سطوح آبیاری ۵۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی در هیبرید 401 Hyola کم‌تر از رقم RGS003 بوده در حالی که مقادیر شاخص‌های STI، MP و GMP در سطوح آبیاری ۵۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی در هیبرید 401 Hyola بیش‌تر از رقم RGS003 بودند (جدول ۵). کم بودن مقادیر شاخص‌های SSI و TOL در هر رقم نسبت به رقم دیگر از یک‌سو و بیش‌تر بودن شاخص‌های STI، MP و GMP در هر رقم نسبت به رقم دیگر از سوی دیگر نشان دهنده مقاوم بودن رقم به تنش خشکی یا اعمال

تغییرات شاخص TOL هم‌راستا و معنی‌دار در سطح ۱ درصد است. ولی این روند با روند تغییرات شاخص‌های STI، MP و GMP غیر هم‌راستا و معنی‌دار در سطح ۱ درصد می‌باشد (جدول ۶). در تیمار تنش ۷۵ درصد نیاز آبی، روند تغییرات شاخص SSI با روند تغییرات شاخص TOL هم‌راستا و معنی‌دار در سطح ۱ درصد بود ولی این روند با روند تغییرات شاخص‌های STI، MP و GMP معنی‌دار نبود (جدول ۷). این بدین معنی است که اعمال تنش شدید موجب تغییرات معنی‌داری در روند تغییرات شاخص SSI با شاخص‌های STI، MP و GMP شده است، هرچند این تغییرات هم‌راستا نیستند. در حالی که تنش کم‌تر در سطح ۷۵ درصد نیاز آبی موجب نشده تا روند تغییرات شاخص SSI با شاخص‌های STI، MP و GMP معنی‌دار نشود. این امر حساسیت کم‌تر شاخص SSI نسبت به شاخص‌های STI، MP و GMP را به تنش خشکی نشان می‌دهد. به عبارت دیگر شاخص‌های STI، MP و GMP نسبت به عامل تنش خشکی حساسیت بیشتری داشته و این شاخص‌ها امکان تشخیص رقم برتر از نظر مقاومت به تنش خشکی را مهیا می‌سازند.

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 ژنوتیپ‌های مناسب برای هر شرایط توصیه نمود.

ضریب همبستگی شاخص‌های تنش خشکی نشان داد روند تغییرات عملکرد هیبرید 401 Hyola و رقم RGS003 در تیمارهای تنش ۵۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی با روند تغییرات شاخص‌های SSI و TOL غیر هم‌راستا و معنی‌دار در سطح ۱ درصد بوده، در حالی که روند تغییرات عملکرد ارقام فوق در سطوح آبیاری ۵۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی با شاخص‌های STI، MP و GMP هم‌راستا و معنی‌دار در سطح ۱ درصد می‌باشند (جداول ۶ و ۷). به عبارت دیگر روند کاهشی عملکرد کلزا که با اعمال تنش کم‌آبی اتفاق افتاده است، قطعاً موجب افزایش شاخص‌های تنش SSI و TOL شده و برعکس کاهش عملکرد کلزا موجب تغییرات نزولی در شاخص‌های STI، MP و GMP گردیده است (جداول ۶ و ۷). در تیمار تنش ۵۰ درصد نیاز آبی، روند تغییرات شاخص SSI با روند

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

تیمار	GMP	TOL	MP	SSI	STI	Y _P (kg/ha)	Y _S (kg/ha)
H و 50%	۲۷۷۷/۹	۷۱۶/۹	۲۸۰۲/۸	۰/۹۲۷	۰/۸۲۹	۳۱۶۱/۲	۲۹۴۴/۳
R و 50%	۲۵۲۵/۵	۷۷۶/۸	۲۵۵۵/۷	۱/۰۷۸	۰/۶۸۵	۲۹۴۴/۱	۲۱۶۷/۳
H و 75%	۳۰۳۸/۷	۲۳۹/۰	۳۰۴۱/۷	۰/۸۳۱	۰/۹۹۱	۳۱۶۱/۲	۲۹۲۲/۲
R و 75%	۲۸۷۸/۶	۱۲۸/۱	۲۸۸۰/۰	۰/۹۰۶	۰/۸۹۰	۲۹۴۴/۱	۲۷۵۲/۱

H = هیبرید 401 Hyola و R = RGS003
 Y_S = میانگین عملکرد رقم در تیمار تنش متناظر،
 Y_P = میانگین عملکرد رقم در تیمار ۱۰۰ نیاز آبی،
 50% و 75% = تیمارهای تنش ۵۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی

۷۵ درصد نیاز آبی روند یکسانی داشتند، می‌توان این شاخص‌ها را شاخص‌های مناسبی برای اعلام تیمار مقاوم به تنش خشکی معرفی نمود. در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی، عملکرد تیمار تحت تنش بیش‌ترین و قوی‌ترین ضریب همبستگی معنی‌دار به میزان $r = 0.9730$ را با شاخص GMP دارد. هم‌چنین شاخص‌های STI و MP بیش‌ترین ضریب همبستگی معنی‌دار را با شاخص GMP به ترتیب با مقادیر 0.9996 و 0.9990 داشتند. در حالی که کم‌ترین ضریب همبستگی معنی‌دار در تیمار تحت تنش شدید (تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی) در شاخص TOL به میزان 0.8439 - $r =$ محاسبه شد (جدول ۶). شاخص SSI بیش‌ترین ضریب همبستگی معنی‌دار را با شاخص TOL نشان داد (جدول ۶). در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی، عملکرد تیمار تحت تنش ضعیف‌ترین ضریب همبستگی معنی‌دار را با شاخص TOL به میزان 0.6765 -

در تیمار تنش ۵۰ درصد نیاز آبی، روند تغییرات شاخص STI با شاخص‌های MP و GMP هم‌راستا و معنی‌دار در سطح ۱ درصد بوده ولی این روند تغییرات با شاخص TOL معنی‌دار در سطح ۱ درصد ولی غیر هم‌راستا می‌باشد (جدول ۶). در تیمار تنش ۷۵ درصد نیاز آبی روند تغییرات شاخص STI با شاخص‌های MP و GMP هم‌راستا و معنی‌دار در سطح ۱ درصد بوده ولی این روند تغییرات با شاخص TOL معنی‌دار نیست (جدول ۷). لذا اعمال تنش شدید موجب تغییرات معنی‌داری در روند تغییرات شاخص TOL با شاخص‌های MP و GMP می‌گردد و هرچه تنش خشکی کمتر باشد، این روند تغییرات سیر معنی‌داری را پیدا نمی‌کند. همین حالت برای شاخص MP نسبت به شاخص TOL و GMP برقرار می‌باشد (جداول ۶ و ۷). لذا با توجه به این که تغییرات شاخص‌های STI، MP و GMP در تیمارهای تنش ۵۰ و

دیگر هر چه تیمار نسبت به تنش مقاومتر باشد انتظار ضریب همبستگی کمتر معنی دار شاخص TOL با تیمار تحت تنش می-رود. بنابراین شاخص TOL دو رقم مورد بررسی را بر اساس تغییرات عملکردشان گروه بندی می کند. هرچه میزان تغییرات کمتر باشد، رقم ثبات بیشتری در شرایط تنش نشان داده و متحمل خواهد بود. این نتایج با نتایج تحقیق Malekshahi et al. (2009) و Naeemi et al. (2008) و Rezaizadeh et al. (2011) همخوانی دارد.

$r = 0.8819$ داشت. در تیمار تحت تنش متوسط (تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی) نیز شاخص GMP قوی ترین ضریب همبستگی ها را با شاخص های STI و MP داشت (جدول ۷). لذا می توان گفت غیر حساس ترین شاخص تنش برای معرفی تیمارهای تحت تنش شدید (تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی) و تیمار تحت تنش متوسط (تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی)، شاخص GMP و مقاوم ترین شاخص به تغییرات، شاخص TOL می باشد. به عبارت

جدول ۶- ضریب همبستگی محاسبه شده شاخص های تنش در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی

n = ۱۶ ۰/۴۹۷۳=۵٪ ۰/۶۲۲۶=۱٪	Y_S (kg/ha)	Y_P (kg/ha)	SSI	STI	MP	TOL	GMP
Y_S (kg/ha)	۱	۰/۱۴۷۴	-۰/۹۲۵۸**	۰/۹۷۶۸**	۰/۹۶۲۲**	-۰/۸۴۳۹**	۰/۹۷۳۰**
Y_P (kg/ha)		۱	۰/۰۱۴۰	۰/۲۲۹۲	۰/۲۴۹۳	۰/۰۸۷۴	۰/۲۳۲۷
SSI			۱	-۰/۸۲۳۳**	-۰/۷۸۸۰**	۰/۹۸۳۶**	-۰/۸۱۴۰**
STI				۱	۰/۹۹۸۱**	-۰/۷۰۹۷**	۰/۹۹۹۶**
MP					۱	-۰/۶۶۵۸**	۰/۹۹۹۰**
TOL						۱	-۰/۶۹۷۵**
GMP							۱

جدول ۷- ضریب همبستگی محاسبه شده شاخص های تنش در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی

n = ۱۶ ۰/۴۹۷۳=۵٪ ۰/۶۲۲۶=۱٪	Y_S (kg/ha)	Y_P (kg/ha)	SSI	STI	MP	TOL	GMP
Y_S (kg/ha)	۱	۰/۸۰۱۲**	-۰/۷۰۸۸**	۰/۸۸۰۷**	۰/۸۷۱۷**	-۰/۶۷۶۵**	۰/۸۸۱۹**
Y_P (kg/ha)		۱	-۰/۵۰۳۸*	۰/۷۴۸۵**	۰/۷۳۴۹**	-۰/۴۸۷۰	۰/۷۴۲۶**
SSI			۱	-۰/۲۹۰۲	-۰/۲۷۲۴	۰/۹۹۸۴**	-۰/۲۹۲۹
STI				۱	۰/۹۹۹۶**	-۰/۲۴۷۴	۰/۹۹۹۸**
MP					۱	۰/۲۲۸۷	۰/۹۹۹۷**
TOL						۱	۰/۲۴۹۵
GMP							۱

افزایش عملکرد دانه و عملکرد روغن دانه و کاهش کارایی مصرف آب دارد. میزان شاخص های SSI و TOL با افزایش سطح تنش خشکی افزایش پیدا می کنند در حالی که مقادیر شاخص های STI، MP و GMP با افزایش سطح تنش کاهش پیدا می کنند. ضریب همبستگی شاخص های تنش خشکی نشان داد روند کاهش عملکرد کلزا که با اعمال تنش کم آبی اتفاق افتاده است قطعاً موجب افزایش شاخص های تنش SSI و TOL شده و برعکس کاهش عملکرد کلزا موجب تغییرات نزولی در شاخص های STI، MP و GMP گردیده است.

نتیجه گیری

نتایج مقایسه میانگین کارایی مصرف آب در اثرات متقابل آبیاری و رقم نشان داد تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی و هیبرید Hyola 401 با عملکرد ۱/۲۴۷ کیلوگرم دانه کلزا به ازای مصرف یک مترمکعب آب، تیمار برتر و رتبه نخست را دارد. میانگین آب مصرفی در دو سال انجام آزمایش در تیمارهای تنش ۵۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی به ترتیب ۱۹/۶ و ۲۹/۴ سانتی متر بودند. ضریب همبستگی محاسبه شده برای صفات اندازه گیری شده نشان داد افزایش ارتفاع ساقه کلزا، تعداد خورجین در بوته و وزن هزار دانه نشان از

خوزستان (پروژه تحقیقاتی به شماره ۱۴۵۳-۱۲۴۸۸۰۰۷-۴۶-۳) به دلیل تقبل هزینه‌های مادی و حمایت‌های معنوی در انجام این تحقیق سپاسگزاری می‌شود.

سیاس‌گزاری

بدین‌وسیله از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی

REFERENCES

- Algan, N. and Aygun, H. (2001). Correlation between yield and yield components in some winter rape genotypes. *The Journal of Ege University, Agricultural Faculty*. 38: 9-15.
- Abdi, H., Azizov, E., Bihamta, M. R., Chogan, R. and Nemati Aghdam, K.. (2012). Assessment and determination of the most suitable drought resistance index for figures and advanced lines of bread wheat. *Journal of Agricultural Science*. 2(1): 78-87.
- 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
- Amiri, R., Bahraminejad, S. Sasani, Sh. and Ghobadi, M. (2014). Genetic evaluation of 80 irrigated bread wheat genotypes for drought tolerance indices. *Bulg. Journal of Agricultural Science*. 20: 101-111.
- Azizi-Chakherchaman, S. H. Mostafaei, H. Hassanpanah, D. Zeinalzadeh, H. Easazadeh, R. Farajzadeh, E. and Dadashi M. R. (2008). Evaluation the genetic diversity of advanced lentil genotypes under the drought stress and non-stress conditions. *International Meeting on Soil Fertility Land Management and Agroclimatology. Turkey*. pp: 757-763.
- Blum, A. (2012). Plant breeding for water limited environments. *Springer*, New York, 2-57.
- Chen, S., Nelson, M., Ghamkhar, K., Fu, T. and Cowling, W. (2008). Divergent patterns of allelic diversity from similar origins: *the case of oil seed rape (Brassica napus L.) in China and Australia. Genome*, 51: 1-10.
- Daneshmand, A. R., Shirani-Rad, A. H. Nourmohammadi, Gh., Zareei, Gh. and Daneshian, J. (2008). Effect of irrigation regimes and nitrogen levels on seed yield and seed quality of two rapeseed (*Brassica napus L.*) cultivars. *Iranian Journal of Crop Science*, 10 (3): 244-261. (In Farsi)
- Diepenbrock, W. (2000). Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus L.*). *A review. Field Crops Research*, 67: 35-49.
- Ghosh, D.C. and Mukhopadhyay, D. (1994). Growth and productivity of Indian rapeseed (*B. campestris L.*). Growth under short and mild winter condition of west Bengal. *Indian Journal of Agricultural Research*, 28: 239-244.
- Golabadi, M., Arzani, A. and S. A. M. Mirmohamadi maibody. (2006). Assessment of drought tolerance in segregation population in durum wheat. *African Journal of agricultural research*. 14redc: 162-171.
- Gunasekera, C.P., Martin, L.D., Siddique, K.H.M. and Walton, G.H. (2006). Genotype by environment interactions of Indian mustard (*Brassica juncea L.*) and canola (*B. napus L.*) in Mediterranean-type environments 1. *Crop growth and seed yield. European Journal of Agronomy*. 25: 1-12.
- Kazi, B. R., Oad, F. C., Jamro, G. H., Jamil, L. A. and Lakho, A. A. (2002). Correlation study between irrigation frequencies and brassica plant character. *Journal of Applied Sciences*, 6: 625-627.
- Kimber, D. S. and McGregor, D. I. (1995). The Species and their Origin, Cultivation and World Production. In: *Brassica Oilseeds, Production and Utilization*, eds. Kimber, D. and McGregor, D.I., pp.178-295. CAB International, USA.
- Malekshahi, F., Dehghani, H. and Alizadeh, B. (2009). Study of drought tolerance indices in some winter rapeseed varieties (*Brassica napus L.*). *Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 48: 77-89. (In Farsi)
- Marjanovic-Jeromela, A., Marinkovic, R., Mijic, A., Jankulovska M., and Zdunic, Z. (2007). Interrelationship between oil yield and other quantitative traits in rapeseed (*Brassica napus L.*). *Journal of Central European Agriculture* 8(2): 165-170.
- Marjanovic-Jeromela, A., Marjanovic, R., Mijic, A., Zdunic, Z., Ivanovska, S. and Jankulovska, M. (2008). Correlation and path analysis of quantitative traits in winter rapeseed (*Brassica napus L.*). *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 73: 13-18
- Moghaddam, A. Hadizadeh, M. H. (2002). Response of corn (*Zea mays L.*) Hybrids and their parental lines to drought using different stress tolerance indices. *Seed and Plant Production Journal*, 2, 18 (3), 255-272.
- Naemi, M., Akbari, Gh.A., Shirani Rad, A.H., Modares Sanavi, S.A.M., Sadat Nuri, S.A. and Jabari, H. (2008). Evaluation of drought tolerance in different Canola cultivars based on stress evaluation indices in terminal growth duration. *Electronic Journal of Crop Science and Biotechnology*. 1: 83-98.
- Noori, S. A., H. Khalaj, A. H. Rad, I. Alahdadi, G. A. Akbari and M. R. Abadi. 2007. Investigation of seed vigor and germination of canola cultivars under less irrigation in padding stage and after it. *Pakistan Journal Biology Science* .10(17):2880-2884.
- Rezaizadeh, A., Mohammadi, V., Zali, A.A., Zinali, A. and Mardi, M. (2011). Study of main agronomy traits and relations between these traits under normal irrigation and drought stress conditions in double haploid canola. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 42: 683-694. (In Farsi)
- Rosta-baghi, B., Dehghani, H., Alizadeh, B. and Sabaghnia, N. (2012). Variation and evaluation of the relationship between yield and yield

- components of rapeseed using multivariate methods. *Journal of Crop Production and Processing*, 2: 53-62. (In Farsi)
- Sabaghnia, N., Dehghani, H., Alizadeh, B. and Moghaddam, M. (2010). Interrelationships between seed yield and 20 related traits of 49 canola (*Brassica napus* L.) genotypes in non-stressed and water-stressed environments. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8: 356-370.
- Seydan, M. and Ghadami Firouzabadi, A. (2002). Performance of irrigation systems and introducing the best option to increase irrigation efficiency. *Technical Report of Agricultural Research, Extension and Education Organization*. 9: 90-175.
- Sio-se Mardeh, A. Ahmadi, A. Poustini, K. and Mohammadi, V. (2006). Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. *Field Crops Research* 98: 222-229.
- Taghian, A.S. and Abo-Elwafa, A. (2003). Multivariate and rapid analysis of drought tolerance in spring wheat. *Assiut Journal of Agricultural Science*, 34: 1-25.
- Tuncturk, M. and Siftci, V. (2007). Relationships between yield and some yield components in rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars by using correlation and path analysis. *Pakistan Journal of Botany*, 39: 81-84.32.
- Zebarjadi, A.R., Tavakoli Shadpey, S., Etminan, A.R. and Mohammadi, R. (2013). Evaluation of drought stress tolerance in durum wheat genotypes using drought tolerance indices. *Seed Plant Improvement of Journal*, 29: 1-12.
- Pasban Eslam, B. (2008). Effects of planting date on yield and its components of fall cultivars of rapeseed in late season cultivation. *Research final report*. No. 87.75. Research, Education and Extension Organization. Iran. (In Farsi)
- Zhang, H., Flottmann, S. and Milroy, S.P. (2011). Yield formation of canola (*Brassica napus* L) and associated traits in the high rainfall zone. *Australian Research Assembly on Brassicas*, 17: 93-98.