

بررسی اثر زمان آخرین آبیاری بر عملکرد دانه، روغن و برخی صفات زراعی ارقام کلزا (*Brassica napus* L.)

حمیدرضا فنایی^{۱*}، غلامعلی کیخا^۲، منصور سارانی^۳، علیرضا اکبری مقدم^۴، فرناز شریعتی^۵، محمد خواجه‌داد کشته‌گر^۶

۱. دانشیار پژوهش بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، زابل، ایران.
۲. کارشناس بخش تحقیقات آب‌وخاک مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، زابل، ایران.
۳. مربی بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، زابل، ایران.
۴. کارشناس بخش تحقیقات آب‌وخاک مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، زابل، ایران.
۵. استادیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، کرج، ایران.
۶. کارشناس بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، زابل، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۲/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۹/۲۱

چکیده

به منظور بررسی عملکرد دانه، روغن و برخی صفات زراعی ارقام کلزا تحت زمان آخرین آبیاری آزمایشی به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سه سال زراعی ۱۳۸۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی زهک اجرا شد. آبیاری در شش سطح شامل (I1) آخرین آبیاری ۵ روز پس از پایان گلدهی؛ (I2) آخرین آبیاری در ۲۰ درصد باقی‌مانده گل روی بوته؛ (I3) آخرین آبیاری در شروع تغییر رنگ بذر در خورجین‌های ساقه اصلی؛ (I4) آخرین آبیاری در ۵۰ درصد خورجین‌دهی؛ (I5) آخرین آبیاری در ۱۰ درصد تغییر رنگ بذر در خورجین‌های ساقه اصلی؛ و (I6) آخرین آبیاری در گلدهی، به عنوان عامل اصلی و ارقام کلزا در سه سطح شامل (هیبرید هایولا ۴۰۱، آرچی اس ۰۰۳ و ساری گل) به عنوان عامل فرعی بودند. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر سال، بر همه صفات به جز ارتفاع بوته و عملکرد روغن معنی‌دار بود. زمان آخرین آبیاری و رقم بر عملکرد دانه، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه، ارتفاع بوته و عملکرد روغن اختلاف معنی‌داری نشان دادند. اجزای عملکرد، عملکرد دانه و روغن با افزایش شدت تنش در تیمار I6 نسبت به شاهد کاهش یافتند. بالاترین عملکرد دانه و روغن به ترتیب ۳۳۴۰ و ۱۵۱۶ کیلوگرم در هکتار) در تیمار I1 به دست آمد که نسبت به تیمار I3 به ترتیب ۶ و ۳ درصد افزایش داشت. در بین ارقام مورد بررسی عملکرد دانه در هایولا ۴۰۱ نسبت به آرچی اس و ساری گل ۴/۶ و ۲/۷ درصد افزایش داشت. کمترین عملکرد و درصد روغن به رقم ساری گل تعلق داشت. اثر متقابل آبیاری × رقم بر هیچ یک از صفات اندازه‌گیری شده اختلاف معنی‌داری نداشت. بر اساس نتایج می‌توان نتیجه‌گیری کرد که جهت حداکثر عملکرد دانه و روغن آخرین آبیاری در زراعت کلزا می‌تواند در ۵ روز پس از پایان گلدهی و یا در شروع تغییر رنگ بذر در خورجین‌های ساقه اصلی در ارقام زودرس مانند هایولا ۴۰۱ و آرچی اس ۰۰۳ در منطقه سیستان و مناطق مشابه انجام گیرد.

واژه‌های کلیدی: خورجین ساقه اصلی، کم آبیاری، مراحل فنولوژیک، هایولا ۴۰۱

مقدمه

درصد گزارش شده است که تا بیش از ۷۰ درصد در سال می‌تواند افزایش یابد (Bray, 2000; Shao et al., 2006). برای رفع نیازهای غذایی جمعیت در حال افزایش، گسترش گیاهان متحمل به تنش خشکی و ارقام مناسب آن‌ها ضروری است (Mahajan and Tuteja, 2005). تنوع

تنش خشکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد و عملکرد در گیاهان زراعی بوده که ۶۰ درصد اراضی کشاورزی جهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. متوسط کاهش عملکرد سالیانه محصولات کشاورزی به واسطه خشکی در جهان حدود ۱۷

دادند، به طوری که در شرایط عدم تنش خشکی هیبرید هایولا ۴۰۱ و در شرایط تنش رقم آرجی اس ۰۰۳، بالاترین عملکرد دانه را داشتند و رقم کوانتم در هر دو شرایط تنش و عدم تنش کمترین عملکرد دانه را نشان داد. مجیدی (Majidi, 2012) گزارش کرد که بین ارقام و هیبریدهای کلزا تنوع قابل ملاحظه‌ای از نظر تحمل به تنش خشکی بر اساس صفات وابسته به عملکرد وجود دارد که می‌تواند برای بهبود و افزایش تولید در اصلاح کلزا مورد استفاده قرار گیرد. نتایج نشان داده، که کمبود آب در مراحل مختلف رشد، به ویژه در مرحله گل دهی (Ahmadi and Bahrani 2009) و در اواخر فصل رشد (Fanaei et al., 2009; Sinaki et al., 2007)، کمیت و کیفیت روغن تولید شده را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

در مناطق دارای فصل رشد کوتاه مانند استان سیستان و بلوچستان، که از یک طرف فرارسیدن زود هنگام گرما را داشته و از طرفی آبیاری آخر کلزا با آبیاری‌های اول زراعت‌های بهاره مصادف می‌گردد امکان انجام آخرین آبیاری در کلزا را با اختلال روبرو می‌کند لذا این آزمایش باهدف تعیین مناسب‌ترین زمان برای انجام آخرین آبیاری در ارقام کلزا جهت به حداقل رساندن کاهش عملکرد دانه و روغن انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سه سال زراعی ۱۳۸۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی زهک استان سیستان و بلوچستان واقع در ۲۵ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان زابل در طول جغرافیایی ۶۱ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و ارتفاع ۴۸۳ متر از سطح دریا اجرا شد. نتایج تجزیه خاک مزرعه در جدول ۲ ارائه گردیده است. آزمایش به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. آبیاری در شش سطح (I₁) آبیاری در روزت، غنچه دهی، گلدهی، خورجین‌دهی و آخرین آبیاری ۵ روز پس از پایان گلدهی؛ (I₂) آبیاری در روزت، غنچه‌دهی، گلدهی و آخرین آبیاری در ۲۰ درصد باقی‌مانده گل روی بوته؛ (I₃) آبیاری در روزت، غنچه‌دهی، گلدهی، خورجین‌دهی و آخرین آبیاری در شروع تغییر رنگ بذر در خورجین‌های ساقه اصلی؛ (I₄) آبیاری در روزت، غنچه‌دهی، گلدهی و آخرین آبیاری در خورجین‌دهی (۵۰ درصد)؛ (I₅) آبیاری در روزت، غنچه‌دهی، گلدهی و آخرین آبیاری در ۱۰ درصد تغییر رنگ بذر در

ژنتیکی قابل توجهی در ارقام و گونه‌های براسیکا از حیث تحمل به خشکی وجود دارد (Ahmadi and Javidfar, 2000). کلزا یکی از گیاهان روغنی با اهمیت در بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک بوده که غالباً عملکرد آن به دلیل کمبود آب و درجه حرارت بالا در طی دوره رشد زایشی محدود می‌گردد (Ahmadi and Bahrani, 2009). طی ارزیابی رشد و عملکرد کلزا با گندم، جو و نخود در خاک شور مشخص گردید که کلزا و جو از کارایی بالاتری جهت تولید دانه برخوردار بودند (Grewal, 2010). کمبود آب می‌تواند اثری سوء بر عملکرد کلزا بگذارد، ولی این اثر به ژنوتیپ و مرحله نمو گیاه بستگی دارد (Azizi et al., 1999; Sinaki et al., 2007; Fanaei et al., 2012).

افزایش درصد سقط بذر و غلاف به واسطه کاهش فراهمی فرآورده‌های فتوسنتزی در تنش آخر فصل از دلایل مهم کاهش عملکرد در کلزا اعلام گردیده است (Fanaei et al., 2013). تنش‌های آبی کوتاه مدت در طی مراحل طولی شدن ساقه، گل‌دهی و نمو خورجین تا حد زیادی به کاهش تعداد غلاف در گیاه و در طی نمو دانه منجر به کاهش وزن دانه می‌گردد (Sinaki et al., 2007).

تأمین آب کافی به ویژه در مراحل گل‌دهی و توسعه خورجین‌ها، باعث افزایش تعداد دانه در خورجین (Jensen et al., 1996) و افزایش تعداد خورجین در مترمربع می‌گردد (Passban Eslam et al., 2000). نتایج حاصل از یک مطالعه روی ژنوتیپ‌های پاییزه کلزا نشان داد که تنش خشکی آخر فصل، با کاهش تعداد خورجین در بوته، عملکرد دانه را کاهش داد (Pasban Eslam, 2009). احمدی و بهرانی (Ahmadi and Bahrani, 2009) گزارش کردند در تیمار آبیاری کامل، بیشترین ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته، غلاف در بوته، عملکرد دانه و روغن به دست آمد و گلدهی حساس‌ترین مرحله به تنش بود، به طوری که نتیجه آن کاهش در عملکرد دانه و درصد روغن بود (Hosseini and Hassibi, 2011).

فناپی و همکاران (Fanaei et al., 2012) کاهش ۲۰ و ۲۷ درصدی در عملکرد دانه را تحت تنش خشکی در ابتدای فصل (فاز رویشی) و انتهای فصل رشد (فاز زایشی) در ارقام کلزا گزارش کردند. شیرانی راد و زندی (Shirani Rad and Zandi, 2012) نیز اعلام داشتند که تنش کمبود آب، ضمن کاهش اجزای عملکرد، عملکرد بیولوژیک و درصد روغن را کاهش داد اما ارقام عکس‌العمل‌های متفاوتی به تنش نشان

فاصله بین تکرارها ۲ متر و فاصله بین کرت‌ها ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. بر اساس آزمون خاک، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل و ۲۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم هم‌زمان با آماده‌سازی زمین به خاک افزوده شد. ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره به نسبت‌های ۳۰، ۴۰ و ۳۰ درصد به ترتیب قبل از کاشت، خروج بوته‌ها از مرحله روزت و شروع گل‌دهی به خاک داده شد.

خورجین‌های ساقه اصلی؛ و (I₆) آبیاری در روزت، غنچه‌دهی و آخرین آبیاری در گلدهی، به‌عنوان عامل اصلی و رقم در سه سطح شامل (هیبرید هایولا ۴۰۱، آرچی اس ۰۰۳ و ساری گل) به‌عنوان عامل فرعی بودند. کاشت با دستگاه پلات کار آزمایش‌های مدل وینتراشتاگر انجام گرفت. هر کرت شامل شش ردیف به طول ۵ متر با فواصل خطوط ۲۰ سانتیمتر و مساحت ۶ مترمربع بود. جهت جلوگیری از نشت رطوبت

جدول ۱. برخی اطلاعات هواشناسی طی فصل رشد کلزا در سه سال متوالی (۲۰۰۸-۲۰۱۰)

Table 1. Some of meteorological data during growth period of canola (2008-2009-2010).

Months	ماه	متوسط دما			تعداد روز یخبندان			بارندگی		
		Average Temperature °C			Freezing days			Precipitation (mm)		
October	مهر	27.4	24.5	27.4	0	0	0	0	0	0
November	آبان	16	18.6	18	1	0	10	0	0	0
December	آذر	12	12.4	11.2	1	0	0	7.1	20.4	0
July	دی	8.8	11.4	8.2	11	3	15	0.2	0.6	2.3
February	بهمن	3.4	12.1	11.8	2	4	1	7.7	1.3	20.5
March	اسفند	19.6	20.8	13.6	0	0	0	0	2	6.6
April	فروردین	23.5	23.11	22.1	0	0	0	0	17.8	0

جدول ۲. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 2. Physical and Chemical characteristics of soil in experimental field.

سال	عمق نمونه برداری	هدایت الکتریکی	کربن آلی	واکنش گل	پتاسیم	فسفر	بافت خاک
Year	Sampling depth (cm)	EC×10 ³ (dS/m)	O.C%	اشباع pH	قابل جذب K _{ava} (ppm)	قابل جذب P _{ava} (ppm)	Soil textuer
2008-2009	0-30	2.6	0.19	8.1	130	10.4	Sandy lom
2009-2010	0-30	3.8	0.2	8.3	140	6.2	Sandy lom
2010-2011	0-30	4.2	0.33	8.2	145	8.2	Sandy lom

هریک از مراحل فنولوژی تعریف شده جهت آبیاری، روز قبل آبیاری نمونه خاک برداشت و بر اساس درصد وزنی، میزان رطوبت خاک هر کرت محاسبه شد. حجم آب در هر نوبت آبیاری برای هر کرت بر اساس فرمول (۱) (Alizadeh, 2004) محاسبه گردید.

آبیاری بر اساس مراحل تعریف شده انجام شد. تعداد دفعات آبیاری برای تیمارهای I₁, I₂, I₃, I₄, I₅ و I₆ به ترتیب ۵، ۴، ۴، ۳ نوبت بود. میانگین میزان آب مصرفی در سه سال برای تیمار آبیاری ۵ نوبت (شاهد)، ۵۲۳۸ مترمکعب، برای تیمار ۴ نوبت، ۴۷۰۰ مترمکعب و برای تیمار ۳ نوبت، ۳۳۹۲ مترمکعب در هکتار برآورد گردید. در زمان رسیدن به

درجه حرارت‌های پایین‌تر و بارندگی بیشتر در سال سوم آزمایش به‌ویژه در طی ماه‌های بهمن و اسفند در این تغییر می‌تواند تأثیر داشته باشد (جدول ۵). اگرچه اثر زمان آبیاری از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری بر روز تا شروع گل‌دهی داشت (جدول ۴)، اما میانگین‌ها اختلاف فاحشی را نشان نمی‌دهد.

میان ارقام مورد بررسی بیشترین زمان تا گل‌دهی مربوط به رقم ساری گل بود و کمترین زمان را هیبرید هایولا ۴۰۱ داشت (جدول ۵). مقایسه میانگین اثر متقابل سال \times ارقام نشان داد که در طی سه سال، رقم ساری گل با تأخیر بیشتری به ۱۵ درصد گل‌دهی رسید و این زمان در سال سوم آزمایش نسبت به سال اول طولانی‌تر بود (جدول ۴). بالاترین زمان تا رسیدگی فیزیولوژیک با میانگین ۱۶۵ روز در سال سوم رخ داد. شرایط دمایی و رطوبتی آخر فصل طی این سال می‌تواند در این اختلاف مؤثر باشد (جدول ۱). تحت تأثیر زمان آبیاری این صفت تغییر نشان داد. در تیمار I₆ به دلیل قطع آبیاری طولانی مدت، کاهش ۲ تا ۳ روزه مشاهده شد اما در دیگر تیمارها به دلیل فراهمی رطوبت ناشی از آبیاری‌ها به صورت متناوب اختلاف چندانی نداشتند (جدول ۵). دوره رشد زایشی بیشترین حساسیت را به تنش دارد (Mendham and Salisbury, 1995) و تنش شدید، طول مدت رشد زایشی را کاهش می‌دهد (Mirzaei et al., 2013). جدول نتایج میانگین نشان داد که رقم ساری گل با مدت‌زمان ۱۶۴ روز نسبت به ارقام آرچی اس ۰۰۳ و هایولا ۴۰۱ از زمان تا رسیدگی فیزیولوژیک بالاتری برخوردار بود (جدول ۵) که می‌تواند ناشی از دیررس‌تر بودن این رقم باشد. اختلاف در ظهور مراحل فنولوژیک ارقام کلزا با توجه به دیررسی و زودرسی آن‌ها گزارش شده است (Fanaei et al., 2008; Faraji, 2005).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سال بر ارتفاع بوته معنی‌دار نبود، اما اثر زمان آبیاری، رقم و اثر متقابل سال \times رقم بر این صفت از لحاظ آماری در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌دار نشان دادند (جدول ۳). همان‌گونه که از جدول مقایسه میانگین مشخص می‌گردد، بالاترین ارتفاع بوته به تیمار شاهد (I₁)، آبیاری در همه مراحل رشدی با میانگین ۱۳۱ سانتی‌متر تعلق داشت که نسبت به دیگر تیمارها تفاوت معنی‌دار داشت (جدول ۵). افزایش ارتفاع بوته در این شرایط می‌تواند ناشی از اثر مثبت فراهمی آب بر رشد در مراحل مختلف نمو گیاه باشد.

$$d = \frac{(Fc - \theta) \times \rho b \times D}{100} \quad [1]$$

که در آن d ، عمق آب آبیاری (میلی‌متر)؛ Fc ، درصد رطوبت وزنی خاک در حد ظرفیت مزرعه‌ای؛ θ ، درصد رطوبت وزنی خاک قبل از آبیاری؛ Pb ، وزن مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌مترمکعب)؛ D ، حداکثر عمق توسعه ریشه گیاه (متر) هستند.

پس از محاسبه مقدار آب مورد نیاز در هر تیمار از طریق تانکری که کنتور بر آن نصب گردیده بود، به‌صورت کاملاً کنترل‌شده، آبیاری انجام می‌گرفت. در پایان دوره رشد پس از تغییر رنگ ۴۰ درصد بذور در خورجین‌های ساقه اصلی تعداد ۱۰ بوته از هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب و صفات ارتفاع بوته، تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین آن‌ها اندازه‌گیری شدند. با حذف خطوط حاشیه، برداشت از خطوط میانی هر کرت از سطح $3/2$ مترمربع انجام و عملکرد دانه در هکتار محاسبه گردید. وزن هزار دانه با توزین چهار نمونه ۲۵۰ تایی با ترازوی حساس ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. درصد روغن دانه‌ها با استفاده از دستگاه NMR مدل A-۲۵ 18-H20 ساخت کارخانه Bruker کشور کانادا در بخش تحقیقات دانه‌های روغنی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تعیین شد. پس از تعیین درصد روغن دانه از حاصل‌ضرب آن در عملکرد دانه، عملکرد روغن محاسبه شد. جهت اطمینان از تجانس واریانس‌ها بر روی داده‌های سه سال، آزمون یکنواختی واریانس‌های آزمایشی از طریق آزمون بارتلت انجام شد. آزمون نشان داد که برای کلیه صفات مورد بررسی واریانس‌ها یکنواخت بود، لذا تجزیه واریانس مرکب بر اساس تصادفی بودن سال انجام گرفت. تجزیه آماری داده‌ها با نرم‌افزار MSTAT-C و مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال ۵٪ با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه مرکب نشان داد که اثر سال، زمان آبیاری، رقم و اثر برهمکنش سال \times رقم از لحاظ آماری تأثیر معنی‌دار بر مراحل روز تا شروع گل‌دهی و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک داشت (جدول ۴). در طی سال‌های انجام آزمایش، در سال سوم مدت‌زمان رسیدن تا شروع گل‌دهی، ۱۰ روز نسبت به سال اول و ۶ روز نسبت به سال دوم با تأخیر انجام گرفت. تأخیر در تاریخ کاشت، وقوع

رتبه‌های بعد بودند (جدول ۵). اگرچه شیرانی‌راد و زندی (Shirani Rad and Zandi 2012) اعلام داشته‌اند که احتمالاً ارتفاع کمتر بوته در ارقام بهاره و زودرس مانند هایولا ۴۰۱ به دلیل کوتاه بودن دوره رشد آن است اما اختلافات ژنتیکی نیز می‌تواند عامل اختلاف ارتفاع در ارقام بهاره کلزا باشد (Asgari and Moradi Dalini, 2007). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سال، زمان آبیاری و رقم بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد اختلاف معنی‌دار از لحاظ آماری داشتند. اثر متقابل زمان آبیاری × رقم و سال × رقم × زمان آبیاری بر هیچ‌یک از صفات اختلاف معنی‌دار نشان ندادند (جدول ۳).

شیرانی راد و همکاران (ShiraniRad et al., 2010)، کاهش ارتفاع بوته در اثر تنش خشکی را به اختلال در فتوسنتز و کاهش تولید مواد فتوسنتزی جهت انتقال به اندام‌های در حال رشد گیاه و عدم دستیابی گیاه به پتانسیل ژنتیکی آن نسبت دادند. آل بارک (Albarrak, 2006)، نیز گزارش کرد که تنش خشکی و تداوم آن در مرحله رشد زایشی (گلدهی، خورجین‌دهی) کاهش رشد و اندازه اندام‌ها از جمله قطر ساقه و ارتفاع بوته را به دنبال خواهد داشت. ارقام مورد بررسی از لحاظ ارتفاع بوته اختلاف معنی‌دار نشان دادند (جدول ۳). به طوری که رقم ساری گل با ۱۳۵ سانتی‌متر بالاترین ارتفاع بوته را داشت و ارقام آرچی اس ۰۰۳ و هیبرید هایولا ۴۰۱ با ۱۲۲ و ۱۲۱ سانتی‌متر در

جدول ۳. تجزیه واریانس عملکرد دانه، اجزای عملکرد و ارتفاع بوته در تیمارهای مختلف آبیاری و ارقام کلزا

Table 3. Analysis of variance grain yield, yield components and plant height in different irrigation treatments and varieties of canola

S.O.V	منبع تغییر	عملکرد دانه Grain yield	خورجین در بوته Silique. Plant ⁻¹	دانه در خورجین Grain. silique ⁻¹	وزن هزار دانه 1000 Grain weight	ارتفاع بوته plant Height
Year (Y)	سال	1547824.389*	11175.551**	33.636**	1.862**	24.018 ^{ns}
Replication (Y)	تکرار درون سال	1113190.574	82.501	3.154	0.187	56.521
Irrigation (I)	آبیاری	2504696.470**	6071.260**	77.043**	1.510**	69.414**
Y × I	سال × آبیاری	370120.404	856.889**	6.888 ^{ns}	0.151*	33.386 ^{ns}
Error a	خطا a	440000.641	256.287	4.747	0.069	42.581
Cultivar (C)	رقم	7214596.130**	1541.853**	22.969**	0.815**	2891.571**
Y × C	سال × رقم	139605.352 ^{ns}	390.565*	9.608*	0.083 ^{ns}	280.414**
I × C	آبیاری × رقم	256093.078 ^{ns}	107.104 ^{ns}	2.421 ^{ns}	0.040 ^{ns}	33.270 ^{ns}
Y × I × C	سال × رقم × آبیاری	206885.544 ^{ns}	164.235 ^{ns}	1.671 ^{ns}	0.040 ^{ns}	270.033 ^{ns}
Error b	خطا b	266512.241	145.901	2.176	0.049	29.902
CV (%)	ضریب تغییرات	17.85	8.13	7.27	6.56	4.35

ns: غیر معنی‌دار؛ * و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns: Non-significant; * and **: Significant at the 5% and 1% levels respectively

جدول ۴. تجزیه واریانس صفات فنولوژیک، عملکرد روغن و درصد روغن در تیمارهای مختلف آبیاری و ارقام کلزا
 Table 4. Analysis of variance phonologic, oil yield and oil percent in different irrigation treatments and varieties of canola.

S.O.V	منبع تغییر	روز تا شروع گل Day to flower initial	طول دوره گلدهی Flowering period	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Day to physiologic Maturity	درصد روغن Oil percent	عملکرد روغن Oil yield
Year (Y)	سال	1378.988**	68.660**	802.765**	74.850**	186500.501ns
Replication (Y)	تکرار درون سال	32.586	18.299	4.327	3.267	171757.033
Irrigation (I)	آبیاری	10.169*	93.286**	34.940**	0.596ns	363711.465**
Y × I	سال × آبیاری	11.240ns	3.483ns	8.010ns	1.180ns	749.121775
Error a	خطا a	11.379	7.742	3.979	1.789	63693.346
Cultivar (C)	رقم	1772.025**	101.356**	367.969**	4.816**	1110714.490**
Y × C	سال × رقم	183.340**	97.676**	49.256**	7.917**	14464.639ns
I × C	آبیاری × رقم	8.388ns	3.260ns	2.614ns	0.666ns	57606.006ns
Y × I × C	سال × رقم × آبیاری	10.314ns	4.809ns	2,814ns	0.687ns	34863.358ns
Error b	خطا b	8.478	3.568	2.963	0.748	52935.219
CV (%)	ضریب تغییرات	2.822	6.46	1.2	1.95	17.7

ns: غیر معنی‌دار؛ * و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد
 ns: Non-significant; * and **: Significant at the 5% and 1% levels respectively

به تیمارهای دیگر مقدار کاهش بیشتر بود. چراکه زمان‌های بیشتری از مراحل گل‌دهی و نمو خورجین‌ها با محدودیت آب مواجه بود. محققان زیادی گزارش کرده‌اند که مراحل گل‌دهی و نمو خورجین از حساسیت بالایی نسبت به تنش خشکی برخوردار هستند (Ahmadi and Bahrani, 2009; Fanaei et al., 2009, 2013; Sinaki et al., 2007; Pasban Eslam, 2009; Darjani et al., 2013; Mirzaei et al., 2013).

در بین ارقام مورد بررسی بیشترین تعداد خورجین در بوته در هیبرید هایولا ۴۰۱ و آرچی اس ۰۰۳، با میانگین ۱۵۱ و ۱۵۲ خورجین به دست آمد (جدول ۵). ژنتیک ارقام و شرایط محیطی در این تغییرات می‌تواند مؤثر بوده باشد. میرزایی و همکاران (Mirzaei et al., 2013) بالاترین تولید خورجین در بوته را در رقم هایولا ۴۰۱ در شرایط تنش و عدم تنش گزارش کردند.

از جدول مقایسه میانگین استنباط می‌گردد، بیشترین تعداد خورجین در بوته در سال اول با میانگین ۱۶۴ خورجین در بوته به دست آمد (جدول ۵)، شرایط دمایی مناسب در طی شکل‌گیری و تمایز این جزء از عملکرد عامل افزایش آن نسبت به سال دوم و سوم می‌تواند، باشد. نتایج نشان داد که بالاترین تعداد خورجین در بوته با میانگین ۱۶۷ خورجین در تیمار I₁ (تیمار شاهد) و تیمار I₃ با میانگین ۱۶۰ خورجین تولید گردید و کمترین آن در تیمار I₆ (آخرین آبیاری در گلدهی)، با میانگین ۱۲۳ خورجین به دست آمد (جدول ۵). تیمارهای I₁ و I₃ که یکی از آبیاری‌ها در ابتدای نمو خورجین انجام شده بود، از خورجین بالاتری در بوته برخوردار بودند. به نظر می‌رسد که قطع آب در طی فاز زایشی گیاه سبب کاهش خورجین از طریق افزایش سقط گل و خورجین می‌گردد که اثرات آن در تیمارهای دارای تنش در این مراحل مشهود است. در تیمار I₆ به دلیل بالا بودن شدت تنش نسبت

Ahmadi and Bahrani, 2009;) خورجین کاهش می‌یابد (Faraji et al., 2009; Fanaei et al., 2009 که با نتیجه این آزمایش مطابقت داشت.

در این آزمایش بالاترین تعداد دانه در خورجین (۱۵۲ و ۱۵۱ دانه در خورجین) از آن، هیبرید هایولا ۴۰۱ و رقم آرجی اس ۰۰۳ و کمترین (۱۴۲ دانه در خورجین) به ساری گل تعلق داشت (جدول ۵). مشخص گردیده است که توانایی ارقام مختلف، کلزا برای تشکیل دانه در خورجین متفاوت است و این تحت تأثیر عامل ژنتیکی است (Rao and Mendham, 1991; Shirani Rad and Zandi, 2012).

وزن هزار دانه یکی از مهم‌ترین فاکتورهای تعیین‌کننده عملکرد دانه است، وجود دانه‌های بزرگ که به‌خوبی پر شده باشند سبب افزایش عملکرد دانه می‌گردد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه در سال سوم به دست آمد که نشان داد وزن هزار دانه می‌تواند تحت تأثیر شرایط آب و هوایی و مدیریتی قرار گیرد (جدول ۵).

نتایج نشان داد که بیشترین تعداد دانه در خورجین به تیمارهای I₁، I₃، I₁ (22 دانه) و I₄ (21) دانه که آبیاری در مراحل گلدهی و خورجین دهی انجام شده بود، تولید شد و کمترین با ۱۸ دانه در خورجین در تیمار I₆ به دست آمد (جدول ۵). وقوع تنش خشکی در مراحل گلدهی و گرده‌افشانی، از طریق سقط دانه‌ها، ضمن افزایش تعداد خورجین‌های بدون دانه سبب کاهش تعداد دانه در خورجین می‌گردد (Shirani Rad and Zandi, 2012). ضمن اینکه انتقال مواد فتوسنتزی نیز تحت تأثیر تنش رطوبتی، محدود می‌گردد که نتیجه‌اش کاهش تعداد گلچه و تولید دانه کمتر خواهد بود (Mirzaei et al., 2013).

شیرانی و زندی (Shirani Rad and Zandi, 2012) کاهش ۱۲ درصدی و دانشمند و همکاران (Daneshmand et al., 2008) کاهش ۲۵/۶ درصدی دانه در خورجین را تحت تنش خشکی در فاز زایشی گزارش کردند. محققین دیگری هم گزارش کردند، چنانچه گیاه در مراحل گلدهی یا خورجین‌دهی با تنش رطوبتی مواجه شود، تعداد دانه در

جدول ۵. مقایسه میانگین عملکرد دانه و صفات اندازه‌گیری شده در تیمارهای مختلف آبیاری و ارقام کلزا

Table 5. Mean comparison of grain yield and plant characteristics in different irrigation treatments and varieties of canola.

Treatment	تیمار	خورجین در	ارتفاع بوته	روز تا شروع گل	طول دوره گلدهی	روز تا رسیدگی
		بوته	Height plant cm	Day to flower initial	Flowering period	Day to physiologic Maturity
Silique. Plant ¹	سال					
Year	سال					
First	اول	164b	125a	99c	28b	157c
Second	دوم	136b	127a	103b	29b	162ab
Third	سوم	146c	126a	109a	31a	165a
Irrigation time	زمان آبیاری					
I1		167 a	131 a	103 ab	30 a	162 a
I2		147 c	126 b	102 b	30 a	162 a
I3		160 ab	125 b	103 a	31 a	162 a
I4		151 bc	125 b	104 a	31 a	161 a
I5		143 c	125 b	104 a	28 b	161 a
I6		123 d	124 b	104 a	26 c	159 b
Cultivar	رقم					
Hyola	هایولا ۴۰۱	152a	121b	99c	30a	160b
RGS003	آرجی اس	151a	121b	102b	29b	160b
Sarigol	ساری گل	142b	134a	110a	28c	164a

Table 5. Continued

جدول ۵. ادامه

Treatment	تیمار	دانه در خورجین Grain. silique ⁻¹	وزن هزاردانه 1000 Grain weight (g)	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha ⁻¹)	درصد روغن Oil percent	عملکرد روغن Oil yield (kg.ha ⁻¹)
Year	سال					
First	اول	21a	3.213b	2847a	-	-
Second	دوم	20b	3.296b	2750b	45a	1258
Third	سوم	20b	3.599a	3079a	44b	1341
Irrigation time	زمان آبیاری					
I1		22 a	3.497 ab	3340 a	45 a	1516 a
I2		20 b	3.422 b	2931 bc	44 a	1313 bc
I3		22 a	3.604 a	3132 ab	44 a	1409 ab
I4		21 b	3.481 ab	2750 bcd	44 a	1215 c
I5		20 b	3.179 c	2681 cd	45 a	1211 c
I6		18 c	2.971 d	2919 d	44 a	1135 c
Cultivar	رقم					
Hyola	هایولا ۴۰۱	21a	344.3a	3169a	45a	1419a
RGS003	آرچی اس	21a	289.3b	3029a	45a	1382a
Sarigol	ساری گل	20a	3.245c	2478b	44b	1098b

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means by the similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, according to Duncan's Multiple Range Test.

(I1) آبیاری شاهد در روزت، غنچه، گلدهی، خورجین دهی و آخرین آبیاری ۵ روز پس از پایان گلدهی؛ (I2) آبیاری در روزت، غنچه، گلدهی و آخرین آبیاری در ۲۰ درصد باقی‌مانده گل روی بوته؛ (I3) آبیاری در روزت، غنچه، گلدهی، خورجین دهی و آخرین آبیاری در شروع تغییر رنگ بذر در خورجین‌های ساقه اصلی؛ (I4) آبیاری در روزت، غنچه، گلدهی و آخرین آبیاری در خورجین دهی (۵۰ درصد)؛ (I5) آبیاری در روزت، غنچه، گلدهی و آخرین آبیاری در ۱۰ درصد تغییر رنگ بذر در خورجین‌های ساقه اصلی؛ (I6) آبیاری در روزت، غنچه دهی و آخرین آبیاری در گلدهی

(I1) Irrigation complet in all stages (rosset, buding, flowering, poding and last irrigation 5 day after end flowering); (I2) Irrigation in rosset, buding, flowerin, and last irrigation in 20 percent remaind flower in plants; (I3) Irrigation in rosset, buding, flowering, poding and last irrigation in seed bigning color change in siliques of origin stem; (I4) Irrigation in rosset, buding, flowerin, and last irrigation 50 percent poding; (I5) Irrigation in rosset, buding, flowering, and last irrigation in 10 percent seed color change in siliques of origin stem; (I6) Irrigation in rosset, buding and last irrigation in flowering.

مراحل از طریق قطع فتوسنتز گیاه، سنتز آسیمیلات موردنیاز برای پر شدن دانه را کاهش می‌دهد که نتیجه‌اش کاهش وزن و چروکیدگی دانه است (Shirani Rad and Zandi, 2012). رقم آرچی اس ۰۰۳ و هیبرید هایولا ۴۰۱ نسبت به ساری گل وزن هزار دانه بالاتری داشتند (جدول ۵). به نظر می‌رسد عامل ژنتیکی در این اختلاف مؤثر باشد (Rao and Mendham, 1991).

نتایج نشان داد که عملکرد دانه در سال سوم نسبت به سال اول و دوم به ترتیب ۷/۵ درصد و ۱۰/۷ درصد برتری داشت (جدول ۵)، که می‌تواند به شرایط مناسب‌تر دمایی و رطوبتی در این سال در طی دوره رشد مرتبط باشد. پیش‌ازاین شیرانی راد و همکاران (Shirani Rad et al., 2010) و فرجی (Faraji, 2009) به نقش عوامل محیطی در طی

در میان سطوح مختلف زمان آبیاری بالاترین وزن هزار دانه در تیمارهای I3 (۶/۳ گرم)، I1 (۵/۳ گرم)، I4 (۴۸/۳ گرم) و کمترین وزن هزار دانه با میانگین ۲/۹۷۱ گرم در تیمار I6 که از گل‌دهی تا رسیدگی آبیاری قطع گردیده بود، به دست آمد (جدول ۵). به نظر می‌رسد که بالا بودن شدت تنش خشکی و تداوم آن در تیمار I6 مانع از برقراری مکانیسم جبرانی اجزای عملکرد گردیده، به‌طوری‌که این تیمار ضمن داشتن دانه کمتر در خورجین از وزن هزار دانه کمتری نیز برخوردار بود. کاهش فتوسنتز جاری و ظرفیت منبع منجر به کاهش وزن هزار دانه می‌شود (Krogman and Hobbs, 1975). گزارش کردند که وزن هزار دانه در مرحله پر شدن غلاف‌ها تا تغییر رنگ دانه‌ها تحت تأثیر تنش کمبود آب قرار می‌گیرد (Champoliver and Miler, 1996). تنش در این

تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن دانه‌ها، اجزای تشکیل‌دهنده عملکرد در کلزا می‌باشند (Angadi et al., 2003). تنش خشکی می‌تواند بسته به مرحله رشد و حساسیت آن با تأثیر بر اجزای عملکرد سبب کاهش عملکرد دانه گردد (Ahmadi and Bahrani, 2009; Faraji et al., 2009; Fanaei et al., 2012; Sinaki et al., 2007; Pasban Eslam, 2009).

ارقام موردبررسی از لحاظ عملکرد دانه اختلاف معنی‌دار داشتند (جدول ۳). هیبرید هایولا ۴۰۱ و ارجی اس ۰۰۳، با ۳۱۶۹ و ۳۰۲۹ کیلوگرم در هکتار بالاترین تولید دانه را داشتند. کمترین تولید دانه نیز با ۲۴۷۸ کیلوگرم در هکتار در رقم ساری گل به دست آمد (جدول ۵). رقم هیبرید هایولا ۴۰۱ و ارجی اس ۰۰۳، به واسطه داشتن تعداد خورجین و وزن هزار دانه بالا از عملکرد دانه بالاتری برخوردار بودند. زودرس‌تر بودن این ارقام و برخورد کمتر مراحل پایانی رشد با گرما و خشکی آخر فصل نیز در این افزایش عملکرد تأثیرگذار بود. فرجی (Faraji, 2009) گزارش کرد که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش عملکرد دانه هیبرید هایولا ۴۰۱ به‌طور قابل‌توجهی بیشتر از رقم ارجی اس ۰۰۳ بود و برای مناطق با تنش گرما و خشکی انتهایی فصل هیبرید هایولا ۴۰۱ را، مناسب‌تر از رقم ارجی اس ۰۰۳ توصیه کرد. شیرانی راد و زندی (Shirani Rad and Zandi 2012) از بین ارقام موردبررسی برای شرایط عدم تنش، هیبرید هایولا ۴۰۱ و برای شرایط تنش خشکی رقم ارجی اس ۰۰۳ را مناسب گزارش کردند.

بیشترین درصد روغن در سال دوم آزمایش با میانگین ۴۵/۲۶ درصد حاصل گردید (جدول ۵). روغن باارزش‌ترین جزء دانه کلزا بوده، اگرچه میزان و ترکیب آن به‌صورت ژنتیکی تعیین می‌شود (Fieldsend et al., 1991)، ولی به مقدار قابل‌توجهی تحت تأثیر شرایط محیطی مانند دما و رطوبت قرار می‌گیرد (McCartney et al., 2004).

تیمارهای آبیاری، اختلاف بسیار جزئی در میزان درصد روغن دانه را نشان دادند که البته از لحاظ آماری نیز معنی‌دار نبود (جدول ۳). بالاترین مقدار با میانگین ۴۵ درصد در تیمارهای I₁ و I₅ مشاهده شد. در کلزا تجمع روغن در دانه‌ها از منحنی سیگموئیدی پیروی می‌کند، به‌این‌ترتیب که ابتدا شدید، سپس کند و ثابت می‌شود و حدود ۱۸ روز پس از گرده‌افشانی، اولین قطرات روغن قابل‌تشخیص می‌باشند (Azizi et al., 1999).

سال‌های مختلف در افزایش و یا کاهش عملکرد اشاره داشتند. بالاترین عملکرد دانه به تیمار I₁ که آبیاری به‌صورت کامل و آخرین آبیاری آن در ۵ روز پس از پایان گلدهی انجام گرفته بود و تیمار I₃ که آبیاری به‌صورت کامل و آخرین آبیاری آن در شروع تغییر رنگ در بذور خورجین‌های ساقه اصلی انجام گرفته بود به ترتیب با میانگین ۳۳۴۰ و ۳۱۳۲ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که در یک گروه آماری قرار داشتند (جدول ۵). به نظر می‌رسد که در این تیمارها فراهمی آب کافی طی مراحل مختلف رشد با اثر مثبت بر اجزای عملکرد (تعداد خورجین، تعداد دانه در خورجین و وزن دانه‌ها) منجر به بهبود عملکرد دانه کلزا گردیده است. کمترین عملکرد دانه با میانگین ۲۵۱۹ و ۲۶۸۱ کیلوگرم در هکتار به تیمارهای I₆ و I₅ که سه و چهار نوبت آبیاری شدند تعلق داشت. وقتی تعداد آبیاری‌ها به ۴ نوبت رسید، زمان آبیاری چهارم در فاز زایشی گیاه بر روی عملکرد دانه تفاوت ایجاد کرد. بین سه تیمار (I₂, I₄, I₅) تیمار I₂ که آبیاری چهارم آن در ۲۰ درصد باقی ماندن گل، روی بوته‌ها انجام گرفته بود نسبت به تیمار I₄ که آبیاری چهارم آن در ۵۰ درصد خورجین دهی انجام شده بود، ۱۸۱ کیلوگرم افزایش عملکرد نشان داد و نسبت به تیمار T₅ که آبیاری چهارم آن در مرحله ۱۰ درصد تغییر رنگ بذور خورجین‌های ساقه اصلی انجام شده بود، افزایش عملکرد دانه ۲۵۱ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۵). به نظر می‌رسد پرشدن دانه در درصد زیادی از خورجین‌های تازه تشکیل شده یا در حال تشکیل در تیمار I₄ با عدم موفقیت همراه بوده و درصدی از خورجین‌ها نیز به دلیل گرمای زودرس آخر فصل و کوتاه‌تر شدن دوره رشد دانه دچار کاهش وزن و چروکیدگی دانه می‌شوند، اما در تیمار I₂ وقتی آبیاری چهارم در اواخر گلدهی (۲۰ درصد گل باقی‌مانده روی بوته) صورت گرفته به دلیل ویژگی بالا بودن قدرت نگهداری آب در خاک زمین مورد آزمایش و حفظ رطوبت از آبیاری سوم که در ۱۵ درصد گلدهی صورت گرفته درصد زیادی از خورجین‌های تولیدی این تیمار به باروری کامل و تولید دانه با وزن مناسب رسیده اند. در نتایج کار محققان زیادی مشخص گردیده که مراحل گل‌دهی و نمو خورجین از حساسیت بالایی نسبت به تنش خشکی برخوردار بوده و تنش در این مراحل بیشترین کاهش عملکرد دانه را به دنبال خواهد داشت (Faraji et al., 2009; Fanaei et al., 2009, 2013; Sinaki et al., 2007; Pasban Eslam, 2009; Ahmadi and Bahrani, 2009).

همبستگی را با عملکرد روغن ($r=0/92^{**}$)، تعداد خورجین در بوته ($r=0/46^{**}$) و تعداد دانه در خورجین ($r=0/48^{**}$) داشتند. صفات روز تا شروع گلدهی ($r=0/32^{**}$) و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک ($r=0/19^*$)، همبستگی منفی و معنی دار با عملکرد دانه نشان دادند. استنباط می‌شود تأخیر در شروع فاز زایشی و رسیدگی فیزیولوژیک سبب کاهش معنی‌دار در عملکرد دانه می‌گردد.

شیرانی و زندی (Shirani Rad and Zandi, 2012)، حسینی و حسینی (Hosseini and Hassibi, 2011) و فنایی و همکاران (Fanaei et al., 2009, 2012) گزارش کردند که عملکرد روغن همبستگی بالایی با عملکرد دانه دارد. همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه با تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین توسط پاسبان اسلام (Pasbaneslam, 2009)، احمدی و بهرانی (Ahmadi and Bahrani 2009) و سینکی و همکاران (Sinaki et al., 2007) گزارش که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که وقوع تنش کمبود آب در مراحل رشد زایشی گیاه (گلدهی، نمو خورجین و پر شدن دانه)، از طریق کاهش تعداد خورجین، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه باعث کاهش عملکرد دانه خواهد شد جهت دستیابی به حداکثر تولید کمی و کیفی آبیاری در همه مراحل رشدی بر اساس تیمار I_1 در ۵ روز پس از پایان گلدهی و یا I_3 در شروع تغییر رنگ در خورجین‌های ساقه اصلی در دو رقم هایولا ۴۰۱ و آرجی اس ۰۰۳ باید انجام گیرد؛ اما در شرایطی که محدودیت در فراهمی آب جهت آخرین آبیاری وجود داشته باشد، انجام ۴ مرحله آبیاری شامل: روزت، غنچه دهی، گلدهی (۱۵ درصد گل در ساقه اصلی) و آخرین آبیاری در وضعیت‌ی که ۲۰ درصد گل روی بوته‌های مزرعه باقی‌مانده در شرایط آب و هوایی منطقه سیستان و مناطق با فصل رشد کوتاه با استفاده از ارقام زودرس قابل توصیه است.

نتایج متفاوت از تأثیر تنش بر درصد روغن گزارش گردیده است. در نتایج شیرانی راد و همکاران (Shirani Rad et al., 2010) عدم تغییر و در نتایج شیرانی و زندی (Shirani Rad and Zandi, 2012)، فرجی (Faraji, 2009)، شامپولیور و میرین (Shmpoliver and Merrien, 1996)، احمدی و بحرانی (Ahmadi and Bahrani, 2009)، فنایی و همکاران (Fanaei et al., 2009) و سینکی و همکاران (Sinaki et al., 2007) تغییر در درصد روغن تحت تنش خشکی گزارش گردیده است.

در میان ارقام، هیبرید هایولا ۴۰۱ و رقم آرجی اس ۰۰۳ نسبت به ساری گل درصد روغن بیشتری داشتند (جدول ۵). نتایج فرجی (Faraji, 2009) و فنایی و همکاران (Fanaei et al., 2009) مبنی بر بالاتر بودن درصد روغن هیبرید هایولا ۴۰۱ با نتیجه این آزمایش مطابقت داشت. به نظر می‌رسد درصد روغن به‌عنوان یک صفت کیفی در کنار شرایط محیطی آخر فصل و زمان پر شدن دانه تا حد زیادی از ژنتیک رقم نیز متأثر می‌گردد (Fieldsend et al., 1991).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد در بین زمان‌های آبیاری بالاترین عملکرد روغن در تیمارهای I_1 و I_3 به ترتیب با میانگین ۱۵۱۶ و ۱۴۰۹ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۵)، علت اصلی آن تولید عملکرد دانه بالاتر، در این تیمارها بود. نتایج به‌دست‌آمده از این آزمایش مبنی بر افزایش عملکرد روغن با افزایش عملکرد دانه با نتایج گزارش‌های محققان زیادی مطابقت دارد (Sinaki et al., 2007; Hosseini and Hassibi, 2011; Shirani Rad and Zandi, 2012; Jensen et al., 1996).

هیبرید هایولا ۴۰۱ و آرجی اس ۰۰۳ به‌واسطه تولید حداکثر عملکرد دانه از بالاترین میزان عملکرد روغن نیز برخوردار بودند. (جدول ۵). نتایج تحقیقات شیرانی راد و زندی (Shirani Rad and Zandi, 2012) و حسینی و حسینی (Hosseini and Hassibi, 2011) و شیرانی راد و همکاران (Shirani Rad et al., 2010) با نتیجه به‌دست‌آمده از این آزمایش تطابق دارد.

ضرایب همبستگی بین ویژگی‌های زراعی و عملکرد دانه در جدول ۶ ارائه شدند. عملکرد دانه، بالاترین ضریب

جدول ۶. ضرایب همبستگی صفات موردبررسی با عملکرد دانه در تیمارهای مختلف آبیاری و ارقام کلزا

Table 6. Correlation coefficients of studies traits with grain yield in different irrigation treatments and varieties of canola.

Traits	عملکرد دانه Grain yield	خورجین در بوته Silique. Plant ⁻¹	دانه در خورجین Grain. silique ⁻¹	وزن هزاردانه 1000 Grain weight	روز تا گلدهی Day to flowering	روز تا رسیدگی Day to Maturity	درصد روغن %Oil	عملکرد روغن oil yield
عملکرد دانه G.yield	1							
خورجین در بوته Silique. Plant ⁻¹	0.46**	1						
دانه در خورجین Grain silique ⁻¹	0.21*	0.48**	1					
وزن هزار دانه 1000 Grain Wieght	0.12ns	0.11ns	0.14ns	1				
روز تا گلدهی Day to flowering	-0.32**	-0.28**	-0.15ns	-0.11ns	1			
روز تا رسیدگی Day to Maturity	-0.19*	-0.24*	-0.04ns	0.03ns	0.63**	1		
درصد روغن Oil percent	0.03ns	0.14ns	0.30*	-0.005ns	-0.48**	-0.25*	۱	
عملکرد روغن oil yield	0.92**	0.28**	0.32**	-0.001ns	-0.49**	-0.18*	0.17ns	1

ns, *, ** : به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد به ترتیب

ns, *, and **: No Significant, Significant at the 5% and 1% levels respectively

منابع

- Ahmadi, M., Bahrani, M.J., 2009. Yield and yield components of rapeseed as influenced by water stress at different growth stages and nitrogen levels. *American-Eurasian Journal of Agricultuer and Environment Science*. 5(6), 755-761.
- Ahmadi, M. R., Javidfar, F. 2000. Screening and Breeding Techniques for Drought Resistance in Oleiferous Brassicae. Agricultural education Publication. 10p. [In Persian].
- Albarrak, Kh.M., 2006. Irrigation Interval and nitrogen level effects on growth and yield of Canola (*Brassica napus* L.). *Science Journal of King Faisal University*. 7, 87-99.
- Alizadeh, A., 2004. Water, soil and plant relationship. Ferdowsi University Publication, Mashhad, Iran, (6th ed). [In Persian].
- Angadi, S.V., Cutforth, H.W., Mc Conkey, B. G., Gan, Y., 2003. Yield adjustment by canola grown at different plant populations under semiarid conditions. *Crop Science*. 43, 1358-1366.
- Asgari, A., Moradi Dalini, A., 2007. Evaluation of yield, yield components and vegetative characters of oilseed rape cultivars in different planting dates in Haji Abad, Hormozgan. *Plant and Seed Journal*. 23(3), 419-430 [In Persian].
- Azizi, M., Soltani, A., Khavari Khorsani, S., 1999. Brassica Oilseeds: Production and utilization. *Jehad Daneshgahi Mashhad Press*. 230 p. [In Persian].
- Bray, E.A., Bailey, J., Weretilnyk, E., 2000. Responses to abiotic stresses, In: Buchanan, B., Gruissem, W., Jones, R. (eds.), *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*. American Society of Plant Physiology. 1158-1203.
- Champolivier, L., Merrien, A., 1996. Effects of water stress applied at different growth stages to *Brassica napus* L. on yield, yield Components and seed quality. *European Journal of Agronomy*. 5, 153-160.
- Daneshmand, A.R., Shirani Rad, A.H., Nour

- Mohammadi, G., Zareei, G.H., Daneshian, J., 2008. Effect of water deficit and different nitrogen rates on yield, yield components and physiological traits of two rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. Journal of Agricultural Science and Natural Resources. 15(2), 99-112 [In Persian with English Summary].
- Darjani, A., Shirani Rad, A.H., Gholipour, S., Haghghat, A., 2013. Investigation the effects of water stress on yield and yield components of canola winter varieties. International Journal of Agronomy and Plant Production. 4 (3), 370-374.
- Hosseini, S.M., Hassibi, P., 2011. Effects of Water Deficit Stress on Several Quantitative and Qualitative Characteristics of Canola (*Brassica napus* L.) Cultivars. Notulae Scientia Biologicae. 3(3):120-125
- Faraji, A., 2005. Study of yield agronomic characters and traits correlation of eighteen spring canola cultivars in Gonbad Area. Seed and Plant. 21, 385-398 [In Persian with English Summary].
- Faraji, A., Latifi, N., Soltani, A., Shirani Rad, A. H., 2009. Seed yield and water use efficiency of canola (*Brassica napus* L.) as affected by high temperature stress and supplemental irrigation. Agricultural Water Management. 96, 132-140.
- Faraji, A. 2009. Evaluation of drought and heat tolerance in two rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. Seed and Plant. 2(25), 169 - 181 [In Persian with English Summary].
- Fanaei, H. R., Galavi, M., Kafi, M., Ghanbari Bonjar, A., Shirani-rad, A.H., 2009. Effect of potassium fertilizer and irrigation on yield and water use efficiency of Canola and Indian mustard species. Iranian Journal of Crop Science. 11, 273-291 [In Persian with English Summary].
- Fanaei, H.R., Ghanbari, A., Akbarimoghaddam, H., Galavi, M., Narouyirad, M.R., 2008. Assessment of the yield components and some agronomic traits of rapeseed spring genotypes in Sistan region. Pajouhesh & Sazandegi. 79, 6-44. [In Persian with English Summary].
- Fanaei, H. R., Galavi, M., Kafi, M., Shirani-rad, A.H., 2013. Interaction of water deficit stress and potassium application on potassium, calcium, magnesium Concentration and Oil of Two Species of Canola (*Brassica napus* L.) and Mustard (*Brassica juncea* L.). Iranian Journal of Soil and Water Knowledge. 23(3), 261-275. [In Persian with English Summary].
- Fanaei, H.R., Akbarimoghaddam, H., Narouyirad, M.R., 2012. Evaluation response of different genotypes of spring canola to water deficit. International Research Journal of Applied and Basic Sciences. 3 (11), 2327-2332.
- Fieldsend, J.K., Murray, F.E., Bilsborrow, P.E., Milford, G.F.J., Evans, E.J., 1991. Glucosinolate accumulation during seed development in winter-sown oilseed rape (*B. napus*). In: McGregor, D.I. (ed.), Proceedings of the Eighth International Rapeseed Congress, Saskatoon, Canada. Organizing Committee, Saskatoon. Pp. 686-694.
- Grewal, H.S., 2010. Water uptake, water use efficiency, plant growth and ionic balance of wheat, barley, canola and chickpea plants on asodic vertosol with variable subsoil NaCl salinity. Agricultural Water Management. 97, 148-156.
- Jensen, C.R., Mogensen, V.O., Mortensen, G., Fieldsend, J.K., Milford, G.F.J., Andersen, M.N., Thage, J.H., 1996. Seed glucosinolate oil and protein contents of field grown rape (*B. napus* L.) affected by soil drying and evaporative demand. Field Crops Research. 47, 93- 105.
- Karkanis, A., Bilalis, D., Efthimiadou, A., 2011. Architectural plasticity, photosynthesis and growth responses of velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medic.) plants to water stress in a semi-arid environment. Australian Journal Crop Science. 5, 369-374.
- Krogman, K.K., Hobbs, E.H., 1975. Yield and morphological response of rape (*Brassica campestris* L., Cv. Span) to irrigation and fertilizer treatments. Canadian Journal of Plant Science. 55, 903-909.
- Majidi, M. 2012. Identification of canola cultivars for drought tolerance in germination and seedling growth stages using principal component analysis. Journal Crop Production and Processing. 4, 41-52. [In Persian with English Summary].
- Mahajan, S., Tuteja, N., 2005. Cold, salinity and drought stresses. Archives of Biochemistry and Biophysics. 444, 139-158.
- McCartney, C.A., Scarth, R., McVetty, P.B.E., Daun, J.K., 2004. Genotypic and environmental effects on saturated fatty acid concentration of canola grown in Manitoba. Canadian Journal of Plant Sciences. 89, 749-

- 756.
- Mendham, N.J., Salisbury, P.A., 1995. Physiology: Crop development, growth & yield. In: Kimber, D., Mc Gregor, D. I. (eds.). Brassica oil seeds. CAB International. London. Pp: 11-67.
- Mirzaei, A., Naseri, R., Moghadam, A., Esmailpour-Jahromi, M., 2013. The Effects of Drought Stress on Seed yield and Some Agronomic Traits of Canola cultivars at Different Growth stages. Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences. 2 (11),115-121.
- Pasban Eslam, B., 2009. Evaluation of physiological indices, yield and its components as screening technique for water deficit tolerance in oilseed rape cultivars. Journal of Agriculture Science and Technology. 11, 413-422. [In Persian with English Summary].
- Pasban Eslam, B., Shakiba, M. R., Neyshabouri, M. R., Moghaddam, M., Ahmadi, M. R. 2000. Evaluation of physiological indices as screening technique for drought resistance in oilseed rape. Proceedings of the Pakistan Academy of Sciences. 37, 143-152.
- Rao, M.S.S., Mendham, N.J., 1991. Soil-plant-water relations of oilseed rape (*Brassica napus* and *B. campestris*). Cambridge Journal of Agriculture Science. 117, 197-205.
- Shao, H., Liang, Z., Shao, M. 2006. Osmotic regulation of 10 wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes at soil water deficits. Colloids and Surfaces B: Bio interfaces. 47, 132–139.
- Shirani Rad, A.H., Zandi, M., 2012. The effect of drought stress on qualitative and quantitative traits of spring rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. Žemdirbystė=Agriculture. 99(1), 47–54
- Shirani Rad, A. H., Naeemi, M., Nasr Esfahani, Sh., 2010. Evaluation of terminal drought stress tolerance in spring and winter rapeseed genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences. 12 (2), 112-126 [In Persian with English Summary].
- Sinaki, J., Majidi Heravan, M. E., Shirani Rad, A. H., Noormohammadi, Gh., Zarei, Gh., 2007. The effects of water deficit during growth stages of canola (*Brassica napus* L.). American Eurasian Journal Agricultural and Environment Science. 2, 417- 422.