نشریه دانش آب و خاک / جلد ۳۰ شماره ۱ صفحه‌های ۱۶۷ تا ۱۷۷ / سال ۱۳۹۹

مقاله پژوهشی

تأثیر دور آبیاری بر عملکرد دانه، روغن و اجزای عملکرد کلزا (*Brassica napus L.*)

ابوالفتح مرادی[1]*، محمدرضا نیشابوری[2]

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۷/۱٤ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۱/۳۱

۱- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

۲- استاد گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: moradi1373@gmail.com

چکیده

به منظور بررسی تأثیر دور آبیاری بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و درصد روغن کلزا(*Brassica napus L.*) در منطقه حاجی آباد هرمزگان، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار دور آبیاری شامل آبیاری پس از ۵۰ (T_1) ، ۷۵ (T_2) ، ۱۰۰ (T_3) و ۱۲۵ (T_4) میلیمتر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A در سه تکرار اجرا شد. نتایج نشان داد اثر دور آبیاری بر عملکرد دانه، وزن هزار دانه و تعداد خورجین در بوته معنی‌دار بود. تیمار دور آبیاری اثر معنی‌داری بر طول خورجین، تعداد دانه در خورجین، درصد روغن دانه و ارتفاع بوته نداشت. با کاهش دور آبیاری تا ۷۵ میلیمتر تبخیر تجمعی از تشت (T_2)، کاهش معنی‌داری در هیچیک از صفات اندازه گیری شده ایجاد نشد لیکن آبیاری با دور کمتر از مقدار یاد شده (T_3 و T_4) موجب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه از طریق کاهش وزن هزار دانه و تعداد خورجین در بوته گردید. بیشترین عملکرد دانه (۲۵٦۳ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار T_2 بود که اختلاف معنی‌داری با تیمار T_1 نداشت ولی از کارایی مصرف آب بالاتری برخوردار بود. بنابراین، تیمار T_2 (آبیاری پس از ۷۵ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A) که معادل دور ۱٤، ۲۰ و ۲٤ روز در ماه‌های آبان، آذر و دی، ۱٦ تا ۲۰ روز در بهمن و نیمه اول اسفند ماه، ۱٤ روز در نیمه دوم اسفند و ۹ روز در فروردین به عنوان دور آبیاری مناسب کلزا در منطقه حاجی‌آباد قابل توصیه است.

واژه های کلیدی: تخلیه رطوبت خاک، تشت تبخیر کلاس A، تنش کم آبی، کارایی مصرف آب، کلزا

Effects of Irrigation Frequency on Grain Yield, Oil Content and Yield Components of Canola (Brassica napus L.)

A Moradi[1*] , MR Neyshabouri[2]

Received: October 6, 2018 Accepted: April 20, 2019
[1]Assist. Prof., Soil and Water Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran
[2]Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Univ. of Tabriz, Iran
∗Coresponding Author, Email: moradi1373@gmail.com

Abstract

In order to determine the effects of irrigation frequency on grain yield, yield components, and seed oil content of oilseed rape (Brassica napus L.), a field experiment was conducted at agricultural research station of Haji Abad, Iran. Four irrigation frequency treatments including irrigating the crop after 50 (T1), 75 (T2), 100 (T3) and 125 (T4) mm cumulative evaporation from the class A evaporation pan, were arranged in a randomized complete block design (RCBD) with three replications. Results showed that among the studied parameters, grain yield and 1000-grain weight ($P<0.01$), and number of pods per plant ($P<0.05$) were significantly affected by irrigation frequency. However, the pod length, number of grain per pod, oil concentration in the grain, and crop height were not affected significantly. The T1 and T2 treatments had significantly higher grain yield, 1000-garin weight and number of pods per plant than the T3 and T4 treatments.There was no significant difference between T1 and T2 treatments for all of the studied parameters. However, T2 resulted in higher WUE than T1. It appears that canola irrigation after 75 mm cumulative evaporation from class A evaporation pan which is equivalent to the irrigation frequencies of 14, 20 and 24 days in November, December and January respectively, 16-20 days in February to early April and 9 days in late April to early May, would be approperiate and may be recommended for Haji Abad region.

Keywords: Canola, Class A evaporation pan, Soil water depletion, Water stress, Water use efficiency

مقدمه

کلزا با داشتن بیش از ٤٠ درصد روغن در دانه و حدود ٤٠ درصد پروتئین در کنجاله، سومین گیاه روغنی مهم از نظر میزان تولید بعد از سویا و نخل روغنی است (الوا و همکاران ٢٠١٤). روغن کلزا به دلیل میزان پایین اسید اروسیک (کمتر از ۲ درصد) و گلوکزینولات ها(کمتر از ۳۰ میکرومول بر گرم) یکی از سالم‌ترین روغن های خوراکی برای مصرف بشر می‌باشد(واناساندارا و همکاران ٢٠١٦). در حال حاضر کلزا در بیش از ۱۲۰ کشور جهان و همچنین بسیاری از مناطق ایران از جمله منطقه حاجی‌آباد در استان هرمزگان کشت و مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. به طور کلی گیاه کلزا برای تولید محصول بهینه، به نهاده های مختلف و به میزان کافی نیاز دارد. یکی از این نهاده ها که اهمیت و نقش اساسی در تولید محصول کلزا دارد آب است. کلزا در سراسر دوره رشد خود به آب نیاز داشته و چنانچه در مراحل بحرانی و حساس جوانه‌زنی، گلدهی و تشکیل خورجین (کیخا و همکاران ۲۰۰۳، رازا و همکاران ۲۰۱۷) با کمبود آب مواجه شود عملکرد آن بطور چشمگیری کاهش خواهد یافت. در آزمایشی که توسط شکاری و همکاران (۲۰۱۵) انجام شد اثر تنش کم آبی در مرحله رشد طولی ساقه، گلدهی و تشکیل خورجین بر عملکرد دانه کلزا بررسی و نتیجه گرفته شد که تنش آب در همه مراحل یاد شده عملکرد دانه را کاهش داد ولی کاهش عملکرد وقتی که تنش در مرحله گلدهی اتفاق افتاد بیشتر

بود. علاوه بر این، کاهش عملکرد دانه با افزایش شدت تنش بیشتر بود. بیطرفان و شیرانی‌راد (۲۰۱۲) نیز در آزمایشی نتیجه گرفتند که تنش کم‌آبی ناشی از قطع آب در مرحله رشد زایشی کلزا عملکرد دانه، تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین را به‌ترتیب به میزان ٤۲، ۳٤/٥ و۲۸/۳ درصد کاهش داد اما بر وزن هزار دانه تاثیری نداشت. درآزمایش دیگری که توسط گاناسکارا و همکاران(۲۰۰٦) انجام شد تنش ملایم و شدید کمبود آب عملکرد بیولوژیکی کلزا را به‌ترتیب ۱۷/۹ و ۳۲/۱ درصد و عملکرد دانه را به‌ترتیب ۱۸/٥ و ۳۸/۷ درصد کاهش داد. بر اساس گزارش راهنما (۲۰۰۲) عملکرد دانه کلزا در شرایط کم آبی (۱۹۷٥ کیلوگرم در هکتار) نسبت به شرایط مطلوب(۲٤۸۸ کیلوگرم در هکتار) به میزان ٥۱۳ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت. طی تحقیقی که توسط فنایی و همکاران (۲۰۰۷) در منطقه سیستان انجام شد تنش کم آبی در مرحله رشد رویشی علاوه بر کاهش درصد روغن دانه، عملکرد دانه کلزا را به میزان ۷٤۸ کیلوگرم در هکتار در نتیجه کاهش معنی دار تعداد خورجین در بوته کاهش داد. حسن زاده و همکاران (۲۰۰٥) طی تحقیقی که در اصفهان انجام دادند نتیجه گرفتند که تنش خشکی در مرحله گل‌دهی و پس از آن منجر به کاهش عملکرد دانه، اجزای عملکرد و میزان روغن دانه کلزا گردید. طی آزمایشی که توسط احمدی و بحرانی (۲۰۰۹) انجام شد تنش کمبود آب در مرحله گل دهی عملکرد دانه را ۳۰ درصد کاهش داد. جنسن و همکاران (۱۹۹٦) عنوان نمودند که تنش کمبود آب در مرحله رشد رویشی و خورجین بندی موجب کاهش تعداد دانه در خورجین و عملکرد دانه می‌گردد. تنش کمبود آب در مرحله گل‌دهی و قبل از آن منجر به کاهش تعداد خورجین، وزن هزار دانه و عملکرد دانه می‌گردد (تایلور و همکاران ۱۹۹۱، جانستون و همکاران ۲۰۰۲، گان و همکاران ۲۰۰٤). با این حال، ریچاردز و ترلینگ (۱۹۷۸) گفتند حتی اگر تنش کمبود آب منجر به کاهش تعداد دانه در خورجین گردد، وزن هزار دانه کلزا را افزایش می‌دهد. ابولوز و همکاران (۲۰۰۲) در آزمایشی که به منظور بررسی اثر تنش آب بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد کلزا در ترکیه انجام دادند نتیجه گرفتند که کمبود آب منجر به کاهش معنی‌دار عملکرد و اجزای عملکرد دانه کلزا گردید. بروز کمبود آب در هر گیاهی از جمله کلزا ارتباط مستقیم با دور آبیاری دارد. دور کم آبیاری (افزایش فاصله بین دو آبیاری متوالی) منجر به بروز تنش کم آبی در گیاه و دور زیاد آبیاری (کاهش فاصله بین دو آبیاری متوالی) منجر به هدر رفت آب و کاهش راندمان مصرف آب در گیاه می‌گردد. بنابراین، لازم است با بررسی تأثیر دور آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و میزان روغن دانه کلزا و در نتیجه تعیین دور مناسب آبیاری، نه تنها از بروز تنش ناشی از کمبود آب در مراحل مختلف رشد کلزا جلوگیری نمود بلکه هدر رفت آب را نیز کاهش داد. تحقیقات متعددی در زمینه تعیین تاثیر دور آبیاری بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و درصد روغن دانه کلزا و معرفی دور مناسب آبیاری این گیاه در نقاط مختلف انجام شده است. دادیور و همکاران (۲۰۰۳) در منطقه اراک اثر چهار تیمار دور آبیاری شامل آبیاری پس از ٥۰ ، ۷٥ ، ۱۰۰ و ۱۲٥ میلیمتر تبخیر تجمعی از تشت کلاس A بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و میزان روغن دانه کلزا را مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفتند که مناسب ترین دور آبیاری، آبیاری پس از ٥۰ میلیمتر تبخیر تجمعی از تشت بود. نامبردگان همچنین نتیجه گرفتند آبیاری با دور کمتر از ٥۰ میلیمتر تبخیر تجمعی از تشت موجب کاهش عملکرد و اجزای عملکرد دانه گشته ولی دور آبیاری بر میزان روغن دانه تأثیر معنی‌دار نداشت. کیخا و همکاران (۲۰۰۳) نیز در تحقیق مشابهی که در منطقه سیستان انجام دادند اثر پنج دور آبیاری شامل آبیاری پس از۹۰ ،۱۲۰،۱٥۰، ۱۸۰ و ۲۱۰ میلیمتر تبخیر تجمعی از تشت کلاس A را بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد کلزا مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفتند تیمار آبیاری پس از ۹۰ میلیمتر تبخیر تجمعی از تشت منجر به تولید بیشترین عملکرد و اجزای عملکرد دانه کلزا گردید. شیرانی راد

(۱۹۹۹) طی تحقیقی که در منطقه کرج انجام داد اثر سه دور آبیاری شامل۵۰ ،۸۰ و ۱۰۰ میلیمتر تبخیر از تشت کلاس A را بر عملکرد دانه کلزا بررسی و نتیجه گرفت که تیمار آبیاری پس از ۵۰ میلیمتر تبخیر از تشت بیشترین عملکرد دانه را داشت. نوروزی و زلفی (۲۰۰۹) طی تحقیقی که به منظور تعیین دور و عمق مناسب آبیاری کلزا در استان بوشهر انجام دادند، آبیاری پس از۷۰ میلی‌متر تبخیراز تشت کلاس A با کاربرد ۵٦۷ میلی متر آب را توصیه نمودند. طی تحقیق انجام شده توسط دهشیری و همکاران (۲۰۰۱) در ورامین، بیشترین عملکرد دانه، درصد روغن و تعداد دانه در خورجین از تیمار دور آبیاری پس از ۸۰ میلی متر تبخیر تجمعی از تشت بدست آمد، اگرچه اثر تیمار دور آبیاری بر میزان روغن دانه معنی دار نبود. بیلیبیو و همکاران (۲۰۱٤) گزارش نمودند که دور آبیاری تاثیری در وزن هزار دانه کلزا نداشت ولی میزان ماده خشک گیاه، تعداد خورجین در بوته و عملکرد دانه با افزایش دور آبیاری افزایش یافت. سانچز و همکاران (۲۰۱٤) در آزمایشی نتیجه گرفتند که افزایش دور آبیاری عملکرد دانه را افزایش داد ولی تأثیری در وزن هزار دانه و درصد روغن دانه نداشت. گال و احمد (۲۰۰٤)، در آزمایشی در پاکستان اثر دور آبیاری ۲، ٤ و ٦ روزه را بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد کلزا بررسی و نتیجه گرفتند که کاهش دور آبیاری از ۲ به ٤ روز، تفاوتی در عملکرد دانه و اجزای آن ایجاد نکرد ولی کاهش بیشتر آن (دور آبیاری ٦ روزه) تعداد دانه در خورجین و وزن خورجین را افزایش داد اما اثری بر طول خورجین، وزن دانه در خورجین و تعداد خورجین در گیاه نداشت.

نتایج حاصل از تحقیقات انجام شده در مناطق مختلف نشان دهنده وابستگی دور آبیاری گیاه کلزا به شرایط اقلیمی حاکم در هر منطقه بوده و لذا دور مناسب آبیاری برای تولید حداکثر عملکرد دانه و روغن کلزا در مناطق مختلف متفاوت می‌باشد. از سوی دیگر تاکنون هیچگونه تحقیقی در زمینه آبیاری گیاه کلزا در استان هرمزگان انجام نگرفته است. تحقیق حاضر با هدف بررسی تاثیر دور آبیاری بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و میزان روغن دانه کلزا و همچنین تعیین دور مناسب آبیاری این گیاه در منطقه حاجی آباد هرمزگان انجام گرفت.

مواد و روش ها

این پژوهش در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار دور آبیاری و در سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی حاجی‌آباد (وابسته به مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی هرمزگان) واقع در ١٦٥ کیلومتری شمال بندرعباس به عرض جغرافیایی ۲۸/۱۹ درجه شمالی، طول جغرافیایی ۵۵/۵۵ درجه شرقی و ارتفاع ۹۳۲ متر از سطح دریا بر روی کلزا رقم هایولا ٤۰۱ به مدت یک سال اجرا شد. محل آزمایش در طول دوره رشد کلزا دارای تغییرات ماهانه پارامترهای آب و هوایی مندرج در جدول ۱ بوده و بر اساس آمار ۲۰ ساله، میانگین سالانه دمای آن ۲۳/٦ درجه سانتیگراد، رطوبت نسبی ۳٦ درصد، بارندگی ۱۷۳/۱ میلی متر و میزان تبخیر ۳۱۵۰ میلی متر می باشد.

تیمارهای دور آبیاری شامل آبیاری پس از ۵۰ (T1)، ۷۵ (T2)، ۱۰۰ (T3) و ۱۲۵(T4) میلیمتر تبخیر تجمعی از تشت تبخیر کلاس A بود. آبیاری به روش سطحی و میزان آب داده شده به هر کرت توسط پارشال فلوم اندازه‌گیری گردید. هنگام آبیاری، رطوبت خاک در ناحیه ریشه به روش جرمی اندازه‌گیری و بر اساس آن میزان آب آبیاری با استفاده از معادله ۱ محاسبه و آبیاری طوری صورت گرفت که رطوبت خاک در این ناحیه به رطوبت ظرفیت مزرعه برسد. به منظور آبشویی و جلوگیری احتمالی از تجمع املاح در خاک، به میزان آبیاری ۱۰ درصد اضافه شد.

$$d_i=\frac{(\theta_{mFC}-\theta_{mi})\times A_s\times D}{100} \qquad [۱]$$

در معادله فوق d_i عمق آب آبیاری حسب میلی متر، A_s چگالی ظاهری خاک، D عمق خاک ناحیه ریشه گیاه حسب میلی متر، Θ_{mFC} و Θ_{mi} رطوبت جرمی خاک بترتیب در ظرفیت مزرعه و در هنگام آبیاری حسب درصد می باشد.

جدول ۱- مقادیر ماهانه داده های هواشناسی در دوره آزمایش.

ماه	بارندگی (mm)	رطوبت نسبی (%)	ساعات آفتابی	دما (°C)	سرعت باد ($m\ s^{-1}$)
آبان	۵/۸	٤۲/۵	۲۸۷/٤	۱۹/٦	۳/۵
آذر	٦/۹	۵۱/۲	۲۵۲/٦	۱٤/۲	۳/۵
دی	۲۰/۹	۵٤/٦	۲٤۹/۱	۱۰/۱	۳/۹
بهمن	۱۱/٦	۵۳/۹	۲۲۹/۷	۱۳/۵	٤/۲
اسفند	۲۸/۳	٤۷/۳	۲۳۳/۸	۱٦/٦	٤/٦
فروردین	۹۷/۵	۵۰/۹	۲٦۹/۸	۲۱/۰	۵/۱
اردیبهشت	۲/۵	۲۸/۸	۳۳۵/۵	۲٦/۰	٤/۷
میانگین	۲٤/۸	٤۷/۰	۲٦۵/٤	۱۷/۳	٤/۲

با اندازه گیری پارامترهای معادله بیلان آب خاک بجز زهکشی (که به دلیل عدم امکان اندازه گیری آن و به دلیل اینکه آبیاری همواره بر اساس رساندن رطوبت خاک به حد ظرفیت مزرعه صورت میگرفت و امکان بروز زهکشی را به حداقل می رساند) که از آن صرف نظر شد تبخیر-تعرق یا آب مصرفی فصلی کلزا (ET) در تیمارهای مختلف با استفاده از معادله ۲ محاسبه شد.

$$ET=I+P_e+SW_1-SW_2-D \qquad [۲]$$

I، P_e و D به‌ترتیب عمق آب آبیاری، میزان باران مؤثر در طول دوره رشد گیاه، عمق آب زهکشی شده از ناحیه تحت کنترل (۰ تا ۱۰۰ سانتیمتری خاک) و SW_1 و SW_2 به‌ترتیب میزان رطوبت خاک در شروع و پایان آزمایش می‌باشد. باران موثر یا آن بخش از بارندگی که در ناحیه ریشه گیاه ذخیره و در دسترس آن قرار می‌گیرد با استفاده از معادله ۳ محاسبه شد(خالقی، ۲۰۱٦).

$$P_e=\frac{P}{125}(125-0.2P) \qquad [۳]$$

P و P_e به‌ترتیب میزان بارندگی واقعی و مؤثر حسب میلی‌متر می‌باشند.

کارایی مصرف آب (WUE) گیاه نیز از تقسیم عملکرد دانه بر حجم آب مصرفی آن در طول فصل رشد، محاسبه شد(معادله ٤).

$$WUE=\frac{Y}{ET} \qquad [٤]$$

در رابطه فوق Y و ET به‌ترتیب عملکرد دانه حسب کیلوگرم در هکتار و حجم آب مصرفی گیاه حسب مترمکعب می‌باشند.

قبل از اعمال تیمارها از خاک محل آزمایش در عمق ۰ تا ۳۰ سانتیمتری نمونه برداری و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن اندازه‌گیری گردید (جدول۲). رطوبت ظرفیت مزرعه (FC) و نقطه پژمردگی دائم (PWP) خاک در عمق ۰ تا ٤۰ سانتیمتری نیز با استفاده از دستگاه محفظه فشاری اندازه گیری گردید. این مقادیر به ترتیب برابر۱۸/۷ و۷/٦ درصد جرمی بودند. در ابتدای آزمایش از آب مورد استفاده برای آبیاری کلزا نیز نمونه

برداری و خصوصیات شیمیایی آن اندازه گیری گردید (جدول ۳).

عملیات کاشت، داشت و برداشت مطابق با توصیه بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و کوددهی بر اساس آزمون خاک صورت گرفت. کاشت کلزا در بیست و چهارم آبان و برداشت آن در نهم اردیبهشت ماه انجام شد. قبل از کاشت گیاه، زمین کرت‌بندی و ابعاد کرتها ۳×٦ متر در نظر گرفته شد. فاصله ردیف‌های کاشت ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بوته ها بر روی ردیف نیز ۱۰ سانتی‌متر انتخاب شد.

جدول ۲- مقادیر برخی از ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در عمق ۰ تا ۳۰ سانتیمتری.

پارامتر	مقدار
بافت	لوم
جرم مخصوص ظاهری ($g\ cm^{-3}$)	۱/۳۷
هدایت الکتریکی عصاره اشباع ($dS\ m^{-1}$)	۲/۸۵
اسیدیته	۷/٦۷
کل مواد خنثی شونده (%)	۲۹/۹
ظرفیت تبادل کاتیونی ($cmol(+)\ kg^{-1}$)	۱۲/۵
کربن آلی (%)	۰/٦٦۹
ازت کل (%)	۰/۱۰۹
فسفر قابل جذب ($mg\ kg^{-1}$)	۱۵/٦۷
پتاسیم قابل جذب ($mg\ kg^{-1}$)	۲۸۰

مقادیر ۱۵۰، ۲۰۰ و ۱٤۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل، سولفات پتاسیم و اوره قبل از کاشت بذرها و مقدار ۱۳۰ کیلوگرم در هکتار اوره نیزدر دو نوبت بصورت سرک در مراحل خروج از روزت و قبل از گل‌دهی به زمین داده شد. کودهای سولفات آهن، سولفات روی و سولفات منگنز نیز در دو نوبت در مراحل یاد شده بصورت محلول‌پاشی شاخ و برگی با غلظت ٤ در هزار استفاده شدند. در طول فصل رشد گیاه، علف‌های هرز نیز به صورت دستی در دو نوبت وجین شدند. هنگامی که تقریباً ۵۰ درصد دانه‌های کلزا به رنگ قهوه‌ای روشن رسید برداشت گیاه با حذف دو ردیف کشت از هر طرف و ۰/۵ متر از بالا و پایین کرت صورت گرفت.

جدول ۳- مقادیر برخی خصوصیات شیمیایی آب مورد استفاده.

پارامتر	مقدار
هدایت الکتریکی ($\mu mhos\ cm^{-1}$)	۱٦۲۵
اسیدیته	۷/۸۳
کلسیم ($meq\ L^{-1}$)	۳/٤
منیزیم ($meq\ L^{-1}$)	٤/۲
سدیم ($meq\ L^{-1}$)	۸/٦
بیکربنات ($meq\ L^{-1}$)	٤/۲
کلر ($meq\ L^{-1}$)	۵/۲
سولفات ($meq\ L^{-1}$)	٦/۸
نسبت جذب سدیم	۳/۱۲
کلاس آب (از نظر شوری وقلیائیت)	C_3S_1

پس از برداشت محصول، عملکرد و اجزای عملکرد دانه (تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، طول خورجین و وزن هزار دانه) ، ارتفاع بوته و میزان روغن دانه کلزا برای هر کرت اندازه گیری شد. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه، اندام‌های هوایی برداشت شده از هر کرت به کاه و کلش و دانه تفکیک و میزان دانه با استفاده از ترازو اندازه‌گیری شد. هنگام برداشت گیاه، بطور تصادفی از هر کرت ۱۰ بوته انتخاب و ارتفاع آنها اندازه‌گیری و تعداد خورجین در بوته شمارش گردید. سپس از هریک از بوته‌های انتخابی ۱۰ عدد خورجین بطور تصادفی انتخاب و طول آنها با استفاده از خطکش اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن هزار دانه، ۱۰ نمونه ۲۵۰ عددی از هر کرت شمارش و وزن آنها با ترازوی دقیق با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری و با ضرب کردن میانگین آنها در عدد٤، وزن هزار دانه محاسبه شد. برای اندازه‌گیری درصد روغن دانه، نمونه‌های دانه کلزا به موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر ارسال و با دستگاه رزونانس مغناطیسی هسته‌ای (Nuclear Magnetic Resonance) درصد روغن نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. سپس از ضرب

کردن درصد روغن دانه در عملکرد دانه در هکتار مقدار روغن تولیدی در هکتار نیز محاسبه شد. نتایج با استفاده از نرم افزار آماری MSTATC مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای صفات عملکرد دانه، وزن هزار دانه و عملکرد روغن دانه درسطح احتمال یک درصد و برای سایر صفات در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ٤) نشان داد اثر تیمار دور آبیاری بر عملکرد دانه، وزن هزار دانه و عملکرد روغن دانه کلزا در سطح آماری یک درصد و بر روی تعداد خورجین در بوته در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. با کاهش دور آبیاری (افزایش فاصله دو آبیاری متوالی) تا ۷۵ میلیمتر تبخیر تجمعی از تشت (T2) کاهش معنی‌داری در هیچیک از پارامترهای ذکر شده ایجاد نشد ولی آبیاری با دور کمتر از مقدار یاد شده (T3 و T4) موجب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه از طریق کاهش وزن هزار دانه و تعداد خورجین در بوته کلزا و عملکرد روغن دانه در نتیجه کاهش عملکرد دانه گردید(جدول ٥).

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد دانه، اجزای عملکرد و درصد روغن دانه، طول خورجین و ارتفاع بوته گیاه کلزا برای تیمارهای مختلف دورآبیاری.

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	درصد روغن دانه	عملکرد روغن	وزن هزار دانه	تعداد دانه در خورجین	تعداد خورجین در بوته	طول خورجین	ارتفاع بوته
بلوک	۲	۱۰۳۱/۳٦٥ns	۰/۰۷۲ns	۱۰۲/۳۳ns	۰/۰۰۲ns	۰/۰۳۳ns	۲٤/٤۰ ns	۰/٥٥٨ns	٤٦/۳۸٦ns
تیمار	۳	۱٤٥٥۹۷/۱۳××	۰/۳۷۹ns	۳۲۱۳٤/۱۱××	۰/۰۸۰××	۱/٥۲۳ns	۳۳٦/٥٥٦×	۰/۰٤۳ns	۱۳۹/۳۹۷ns
خطا	٦	۷۸۲۸/٤۸	۰/۱۱٥	۲۰۹۲/۹۰	۰/۰۰٥	۱/۸٤٥	٦٤/۹۷۲	۰/۳۱۹	۹٤/۲۹۹
ضریب تغییرات		۳/۷۳	۰/٦۹	۳/۹۲	۲/٤٥	٥/۸۷	۷/۰٦	۹/۳٤	۷/۱۷

×،×× و ns به‌ترتیب بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ٥ و ۱ درصد و عدم معنی‌داری است.

جدول ٥- مقادیر میانگین عملکرد دانه، درصد روغن، اجزای عملکرد و حجم آب مصرفی تیمارهای مختلف دورآبیاری.

تیمار	عملکرد دانه ($kg\ ha^{-1}$)	درصد روغن دانه	عملکرد روغن ($kg\ ha^{-1}$)	وزن هزار دانه (g)	تعداد دانه در خورجین	تعداد خورجین در بوته	طول خورجین (cm)	ارتفاع بوته (cm)
T1	۲٥٤۷ a	٤۸/٦۹ a	۱۲٤۰ a	۳/۰٦ a	۲۳/۸ a	۱۲۳/۷ a	٦/۱۳ a	۱٤٤ a
T2	۲٥٦۳ a	٤۹/۱۹ a	۱۲٦۰ a	۳/۰۷ a	۲۳/۷ a	۱۲۳/۰ a	٦/۱۰ a	۱۳۷ a
T3	۲۲۷۸ b	٤۹/٥٥ a	۱۱۲۹ b	۲/۷۸ b	۲۲/۸ a	۱۰٥/۳ b	٦/۰۰ a	۱۳٤ a
T4	۲۱۰۷ b	٤۹/۲٦ a	۱۰۳۸ b	۲/۷۸ b	۲۲/۳ a	۱۰٤/۷ b	٥/۸۷ a	۱۲۷ a

کاهش عملکرد دانه در تیمارهای T3 و T4 نسبت به تیمارهای T1 وT2 می‌تواند به علت وقوع تنش کم آبی باشد. بر اساس گزارش آلن و همکاران (۲۰۰۹) تقریباً ٦۰ درصد آب قابل استفاده گیاه در خاک برای کلزا سهل

الوصول بوده و چنانچه بیش از این مقدار از رطوبت قابل استفاده خاک تخلیه گردد گیاه تدریجاً با کمبود آب مواجه می‌گردد. جدول ٦ میانگین آب تخلیه شده در فاصله بین دو آبیاری متوالی برای تیمارهای مختلف را نشان می‌دهد. بر اساس این جدول، در فاصله بین دو آبیاری متوالی، تیمارهای T3 و T4 به‌ترتیب ۷۷/۱ و ۹۱/۵ درصد از آب قابل استفاده خود را از دست داده اند. این در حالی است که این میزان برای تیمارهای T1 و T2 به‌ترتیب ٥٤/٤ و ٦٦/٩ درصد بوده است. مقایسه این مقادیر با مقدار تخلیه مجاز برای کلزا (٦٠ درصد) بیانگر وقوع تنش کم آبی در تیمارهای T3 و T4 می‌باشد. کاهش عملکرد و اجزای عملکرد دانه کلزا در نتیجه وقوع تنش کمبود آب در گیاه ناشی از تخلیه رطوبت خاک به میزان بیش از حد مجاز (٦٠ درصد) توسط صادقی‌نژاد و همکاران (١٣٩٤) و فنایی و همکاران (١٣٩٢) نیز گزارش شده است.

جدول ۶- مقادیر حجم آب مصرفی، کارایی مصرف آب و میانگین تخلیه آب قابل استفاده گیاه در خاک برای تیمارهای مختلف دور آبیاری.

تیمار	حجم آب مصرفی ($m^3\ ha^{-1}$)	کارایی مصرف آب ($kg\ m^{-3}$)	میانگین تخلیه آب قابل استفاده گیاه درخاک(%)
T1	٥٤٣٤	٠/٤٧	٥٤/٤
T2	٤٨٢١	٠/٥٣	٦٦/٩
T3	٣٨٨٩	٠/٥٩	٧٧/١
T4	٣٣٩٥	٠/٦٢	٩١/٥

تنش کم آبی در دوره رشد رویشی موجب کاهش سطح فتوسنتز کننده و کاهش درجه باز بودن روزنه‌ها و در نتیجه کاهش فتوسنتز می‌گردد (کرامر ۱۹۸۳). عدم تأمین مواد پرورده کافی در نتیجه کاهش سرعت و مقدار فتوسنتز در شرایط تنش، منجر به کاهش عملکرد دانه از طریق کاهش وزن هزار دانه و تعداد دانه در خورجین (پریچارد و همکاران ۲۰۰۰، دانشمند ۲۰۰٦، مندال و همکاران ۲۰۰٦) و کاهش تعداد خورجین در بوته (رضا دوست و همکاران، ۲۰۰۹) می‌گردد.

در تحقیقی که توسط دانشمند (۲۰۰٦) انجام شد وزن هزار دانه و تعداد دانه در خورجین بوته کلزا در تیمارهایی که تحت تنش کم آبی قرار گرفتند به‌ترتیب ۸ و ۱۱/۳ درصد کاهش یافتند. رضادوست و همکاران (۲۰۰۹) کاهش تعداد خورجین در بوته با کاهش دور آبیاری را ناشی از بروز تنش کم آبی در مرحله زایشی و محدود کردن میزان تلقیح گل‌ها و کاهش میوه‌ها دانستند. مندهام و سالیسبری (۱۹۹۵) ریزش خورجین‌ها به علت عدم تأمین مواد فتوسنتزی کافی در شرایط تنش کم آبی را علت کاهش تعداد خورجین‌ها در شرایط تنش دانستند.

اثر تیمار دور آبیاری بر طول خورجین، تعداد دانه در خورجین، درصد روغن دانه و ارتفاع بوته معنی‌دار نبود(جدول ٤). معنی دار نشدن اثر تیمار دور آبیاری بر روی درصد روغن دانه توسط محققین دیگر از جمله کیمبر و مک گریگور (۱۹۹۵)، جونز و ورهی (به نقل از دهشیری و همکاران ۲۰۰۱)، دهشیری و همکاران (۲۰۰۱)، ملکی و سینکی (۲۰۰۵)، رضادوست و همکاران (۲۰۰۹) و دادیور و همکاران (۲۰۰۳) نیز گزارش شده است. کیمبر و مک‌گریگور(۱۹۹۵) و ملکی و سینکی (۲۰۰۵) علت عدم تأثیر دور آبیاری بر درصد روغن دانه را وراثت پذیری بالای این صفت می‌دانند. به عبارت دیگر درصد روغن دانه کلزا بیشتر توسط عوامل ژنتیکی کنترل می‌شود تا عوامل محیطی، واز آنجایی که در این تحقیق اثر دور آبیاری که یک عامل محیطی است بر روی درصد روغن مورد آزمایش قرار گرفته، تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشده است. علیرغم عدم تأثیر تیمارهای دور آبیاری بر درصد روغن دانه، عملکرد روغن دانه کلزا درتیمارهایT1 وT2 بطور معنی‌داری در مقایسه با تیمارهای T3 و T4 افزایش یافته که علت آن افزایش عملکرد دانه در این تیمارها بوده است.

تیمارهای دور آبیاری T1 و T2 به‌ترتیب بیشترین عملکرد دانه و روغن، وزن هزاردانه و تعداد خورجین در بوته را تولید و علیرغم اینکه بین این تیمارها از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت اختلافشان با تیمارهای T3 و T4 معنی‌دار بود (جدول ۵). ضمن اینکه اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای T3 و T4 نیز مشاهده نشد. با توجه به برتری تیمارهای T1 و T2 بر دو تیمار دیگر و عدم وجود اختلاف معنی دار بین عملکرد دانه و روغن و اجزای عملکرد دانه تیمارهای T1 و T2 (جدول ۵) و اینکه مصرف آب در تیمار T2 (۴۸۲۱ مترمکعب در هکتار) کمتر از تیمارT1 بوده و این تیمار در مقایسه با تیمار T1 از کارایی مصرف آب (عملکرد به ازاء واحد آب مصرفی) بالاتری برخوردار بوده است (جدول۶) بر سایر تیمارها برتری داشته و به عنوان دور مناسب برای آبیاری کلزا در منطقه حاجی‌آباد پیشنهاد می‌گردد.

جدول ۷- دور آبیاری پیشنهادی برای آبیاری کلزا در منطقه حاجی آباد.

ماه	دور آبیاری (day)	تبخیر تجمعی از تشت (mm)
آبان	۱۴	۷۵/۶
آذر	۲۰	۷۴
دی	۲۴	۷۴/۴
بهمن	۲۰	۷۴
نیمه اول اسفند	۱۶	۷۲
نیمه دوم اسفند	۱۴	۷۵/۶
فروردین	۹	۷۱/۱

جدول ۷ دور آبیاری پیشنهادی بر اساس تعداد روز معادل با ۷۵ میلی متر تبخیر تجمعی از تشت کلاس A برای آبیاری کلزا در منطقه مورد آزمایش را نشان می‌دهد.

بر اساس این جدول از زمان کاشت گیاه در آبان تا اواخر دی ماه (دوره رشد رویشی) به علت کاهش دمای‌هوا (جدول ۱)، دور آبیاری کاهش یا فاصله بین دو آبیاری متوالی افزایش یافته و از ۱۴ به ۲۴ روز تغییر نموده است. با گرم‌تر شدن هوا از اوایل بهمن ماه که مصادف با شروع رشد زایشی گیاه است دور آبیاری افزایش یافته و به ۹ روز در فروردین ماه رسیده است.

نتیجه گیری کلی

نتایج نشان دادند آبیاری کلزا بر مبنای ۷۵ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشت تبخیر کلاس A که معادل با دور آبیاری ۹ تا ۲۴ روز در دوره رشد این گیاه در منطقه آزمایش (از اواخر آبان ماه تا پایان فروردین ماه) بود از نظر صفات عملکرد دانه و روغن، وزن هزار دانه و تعداد خورجین در بوته تفاوت معنی‌داری با تیمار دور آبیاری بر مبنای ۵۰ میلیمتر تبخیر تجمعی از تشت نداشت اما آبیاری با دور کمتر از ۷۵ میلیمتر تبخیر تجمعی از تشت (T3 و T4) عملکرد دانه و روغن را از طریق کاهش وزن هزار دانه و تعداد خورجین در بوته کلزا کاهش داد. بنابراین، آبیاری کلزا با دور ۱۴، ۲۰ و ۲۴ روز در ماه‌های آبان، آذر و دی (دوره رشد رویشی)، ۱۶ تا ۲۰ روز در بهمن و نیمه اول اسفند ماه (دوره گلدهی و تشکیل خورجین)، ۱۴ روز در نیمه دوم اسفند (دانه‌بندی) و ۹ روز در فروردین که مصادف با دوره پر شدن دانه است به عنوان دور مناسب آبیاری کلزا در منطقه حاجی آباد توصیه می‌شود.

منابع مورد استفاده

Abuelos GS, Bryla DR and Cook CG, 2002. Vegetative production of kenaf and canola under irrigation in central California. Industrial Crops and Products 15(3): 237-345.

Ahmadi M and Bahrani MJ, 2009. Yield and yield components of rapeseed as influenced by water stress at different growth stages and nitrogen levels. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science 5 (6): 761-775.

Allen RG, Pereia LS, Raes D and Smith M, 2009. Crop Evapotranspiration. Irrigation and Drainage Paper No. 56, FAO, Rome Italy.

Bilibio C, Carvalho JA, Hensel O, Fraga AC, Richter U and Rezende F, 2014. Effects of different soil water tensions on rapeseed crops (*Brassica napus* L.). Agricultural Engineering International16(1):1-11.

Bitarafan Z and Shirani Rad A, 2012. Water stress effect on spring rapeseed cultivars yield and yield components in winter planting. International Journal of the Physical Sciences 7(19): 2755-2767.

Dadivar M, Khod Shenas MA, Vaziri Zh and Ghadbiglou J, 2003. Effects of water stress on yield and yield components of canola. Pp.1035-1036. Proceedings of the Eighth Iranian Soil Science Congress, Aug. 30-Sep. 3, Rasht, Iran. (In Persian).

Daneshmand A, 2006. Physiological response and seed yield of spring rapeseed genotypes under optimum and drought stress condition. Pp. 19-20. Proceedings of the Managing Drought and Water Scarcity on Vulnerable Environments:Creatig a Roadmap for Change in the United States Conference. 18-20 Sep., Longmont, Colorado, USA.

Dehshiri A, Ahmadi MR and Tahmasebi Sarvestani Z, 2001. Responses of canola varieties to water stress. Iranian Journal of Agriculture Science 32(3):649-659. (In Persian).

Elewa TA, Mekky BB, Bakry BA and El-Kramany MF, 2014. Evaluation of some introduced canola (*Brassica napus* L.) varieties under different nitrogen fertilizer levels in newly reclaimed sandy soil. Middle-East Journal of Scientific Research 21 (5): 746-755.

Fanaei H., Galavi M, Kafi M and Shirani-Rad AH. 2013. Interaction of water deficit stress and potassium application on potassium, calcium, magnesium concentration and oil of two species of canola (*Brassica napus*) and mustard (*Brassica juncea*). Water and Soil Science- University of Tabriz 23(3): 263-275. (In Persian).

Fanaei H, Keykha, Piri, Narouei M and Ghasemi A, 2007. Yield and water use efficiency of canola genotypes under deficit irrigation in Systan region. Proceedings of the Tenth Iranian Soil Science Congress, 26-28 Aug., Karaj, Iran. (In Persian).

Gan Y, Angadi SV, Cutforth H, Potts D, Angadi VV, McDonald CL, 2004. Canola and mustard response to short periods of temperature and water stress at different developmental stages. Canadian Journal of Plant Science 84: 697-704.

Gul H and Ahmad R, 2004. Effect of different irrigation intervals on growth of canola (*Brassica napus* L.) under different salinity levels. Pakistan Journal of Botany 36(2): 359-372.

Gunasekara C P, Martin LD, French RJ, Siddique KH, Walton MG, 2006. Genotype by environmental interactions of Indian mustard (*Brasica juncea* L.) and canola (*Brassica napus* L.) in Mediterranean type environments. Crop growth and seed yield. European Journal of Agronomy: 25: 1–12.

Hasanzadeh M, Shirani Rad A, Naderi Dar Baghshahi H, Majd Nasiri B and Madani H, 2005. Effect of draught stress on yield and yield components of automn rapeseed varieties. Journal of Agriculture 7(2): 17-24. (In Persian).

Jensen CR, Mogensen VO, Mortensen G, Fieldsend JK, Milford GFJ, Andersen MN, Thage JH, 1996. Seed glucosinate, oil and protein contents of field-grown rape (*Brassica napus* L.) affected by soil drying and evaporative demand. Field Crop Research 47: 93-105.

Johnston AM, Tanka DL, Miller PR, Brandt SA, Nielsen DC, Lafond GP, riveland NR, 2002. Oilseed crops for semiarid cropping systems in the northern Great plains. Agronomy Journal 94: 231-240.

Keykha G, Jahanbin A,Fanaei HR, Koohkan SA, Akbari Moghadam H, Rostami, H and Modares Najaf Abadi SS, 2003. Effects of irrigation frequency and depth on yield and yield components of canola in Systan region. Pp.1084-1087. Proceedings of the Eighth Iranian Soil Science Congress, Aug. 30-Sep. 3, Rasht, Iran. (In Persian).

Khaleghi N, 2016. Comparison of effective rainfall estimation methods in Agriculture. Journal of Water and Sustainable Development 2(2): 51-58.

Kimber DS and McGregor DL, 1995. Brassica Oilseed: Production and Utilization. CAB International, Wallingford, UK, P. 394.

Kramer PJ, 1983. Water Relations of Plants. Academic Press Inc., Elsevier, PP. 65-72.

Maleki A, Sinky JM, 2005. The effect of irrigation intervasl and nitrogen splitting on yield and yield components of spring canola. Agroecology Journal 7(1): 35-43.

Mandal KG, Hati KM, Misra AK and Bandyopadhyay KK, 2006. Assessment of irrigation and nutrient effect on growth, yield and water use efficiency of Indian mustard in central India. Agricultural Water Management 85(3): 279-286.

Mendham NJ and Salisbury, PA, 1995. Physiology, Crop Development, Growth and Yield. Pp. 11-67. In: Kimber DS and McGregor DL (eds). Brassica Oilseed: Production and Utilization. CAB International, Wallingford, UK.

Norouzi M and Zolfi M, 2009. Approperiate irrigation frequency and depth for canola in Bushehr province. Iranian Journal of Soil and Water Research 42(1): 27-34. (In Persian).

Omidi H, Tahmasebi Sarvestani Z, Ghalavand A and Modares Sanavi SAM, 2005. Evaluation of tillage systems and row distances on yield and oil content in two canola (*Brassica napus* L.) cultivars. Iranian Journal of Crop Sciences 2(7): 97-111. (In Persian).

Pritchard FM, Eagles HA, Norton RM, Salisbury PA and Nicolas M, 2000. Environmental effects on seed composition of Victorian canola. Australian Journal of Experiment Agriculture 40:679-685.

Rahnema A, 2002. Outcomes of canola production management experiments in 2003-2003 growing season. Technical Bulletin, Seed and Plant Improvement Institute Press, P. 154. (In Persian).

Raza MAS, Shahid AM, Salim MF, Khan IH, Ahmad S, Ali M and Iqbal R, 2017. Effects and management strategies to mitigate drought stress in oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. Zemdirbyste-Agriculture 104 (1): 85–94.

Reza Doust S, Roshdi M and Haji Hasani Asl N, 2009. Effect of defficit irrigation on grain and oil yield of canola varieties in Khoy Region. Journal of Research in Crop Sciences 2(6):1-11. (In Persian).

Richards RA and Thurling N, 1978. Variation between and within species of rapeseed (*B.campestris* and *Brassica napus*) , in reponse to drought stress. I. Sensitivity at different stages of development. Australian Journal of Agricultural Research 29: 177-469.

Sadaqat HA, Tahir MHN and Hussain MT, 2003. Physiologenetic aspects of drought tolerance in canola. International Journal of Agriculture and Biology 1560: 611-614.

Sadeghinejad AA, Modarres-Sanavy SAM, Tabatabaei, SA and Modares Vaneghi, SM. 2013. Effect of water deficit stress at various growth stages on yield, yield components and water use efficiency of five rapeseed (brassica napus l.) cultivars. Water and Soil Science- University of Tabriz 24(2): 53-64. (In Persian).

Sanches AC, Gomes EP, Bilibio C, Hensel O, Silva CJ, Fabris DN and Filgueira L, 2014. Potential yield of canola under different irrigation frequencies and nitrogen levels in Brazilian Central-West region. Tropentag 2014: "Bridging the gap between increasing knowledge and decreasing resources" 17-19 September, Prague, Czech Republic.

Shekari F, Soltaniband V, Javanmard A and Abbasi A, 2015. The impact of drought stress at different stages of development on water relations, stomatal density and quality changes of rapeseed (*Brassica napus* L.). Iran Agricultural Research 34(2):81-90.

Shirani Rad A, 1999. A survey on canola varieties tolerance to water stress. Pp. 401-402. Proceedings of Sixth Iranian Crop Production and Plant Breeding Congress, 4-7 Sep., Sari, Iran. (In Persian).

Taylor AJ, Smith CJ and Wilson IB, 1991. Effect of irrigation and nitrogen fertilizer on yield, oil content, nitrogen accumulation and water use of canola (*Brassica napus* L.). Nutrient Cycling in Agroecosystems 29 (3): 249-260.

Wanasundara JPD, McIntosh TC, Perera SP and Withana-Gamage TS, 2016. Canola/rapeseed protein-functionality and nutrition. Oilseeds and Fats, Crops and Lipids 23(4): 1-15.