نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد ۱۵، خرداد - تیر ۱۴۰۰، ص. ۴۵۴-۴۴۴

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 2, Vol. 15, Jan.-Jul. 2021, p. 444-454

مقاله پژوهشی

تعیین دور مناسب آبیاری کلزا در دو روش آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی در منطقه حاجی‌آباد

رضا عباسپور[۱] و نجمه یزدان‌پناه[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۹/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۶

چکیده

به منظور بررسی تأثیر دور و روش آبیاری بر ویژگی‌های رشدی گیاه کلزا، آزمایشی در قالب کرت‌های نواری خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی، در سه تکرار در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ در ایستگاه مرکز تحقیقات کشاورزی حاجی‌آباد انجام شد. در این راستا، سه دور آبیاری شامل آبیاری پس از ۲۰، ۴۰ و ۶۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشت تبخیر (به‌ترتیب I_1، I_2 و I_3) و دو روش آبیاری قطره‌ای (سطحی و زیرسطحی) به‌ترتیب به‌عنوان عوامل اصلی و فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که بیشترین و کم‌ترین عملکرد محصول (۳/۱۵ - ۱/۹۷ تن در هکتار)، وزن هزار دانه (۴/۸۲ - ۳/۳۸ گرم) و تعداد دانه در خورجین (۲۴/۱ - ۱۴/۵) به‌ترتیب در دور آبیاری I_1 و I_3 ایجاد شد. این در حالی بود که تیمار دور آبیاری I_2، افزایش ۹/۶ درصدی کارایی مصرف آب را نسبت به دور آبیاری I_1 را به‌همراه داشت. همچنین استفاده از روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به روش آبیاری قطره‌ای سطحی، باعث افزایش عملکرد محصول، کارایی مصرف آب و تعداد خورجین در بوته به‌ترتیب به‌میزان ۲۹/۸، ۳۲/۲ و ۳۳/۱ درصد شد. یافته‌های این پژوهش نشان داد که به‌طور کلی در شرایط کمبود آب منطقه مورد مطالعه، می‌توان دور آبیاری پس از ۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشت اعمال شده در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی را به‌عنوان تیمار برتر پیشنهاد کرد. با این رویکرد، می‌توان در راستای مقابله با بحران آب بر مبنای کشاورزی پایدار در کشت گیاه کلزا در منطقه حاجی‌آباد گام برداشت.

واژه‌های کلیدی: برنامه‌ریزی آبیاری، عملکرد محصول، کم‌آبیاری، کارایی مصرف آب

مقدمه

تولید روغن خوراکی از منابع داخلی تنها حدود ۱۰ درصد از نیاز مصرفی کشور را به خود اختصاص می‌دهد و بخش اعظمی از آن از طریق واردات تأمین می‌شود. از طرفی، سالانه حدود ۴ میلیارد دلار ارز برای واردات دانه‌های روغنی هزینه می‌شود. لذا توسعه سطح زیر کشت دانه‌های روغنی و افزایش عملکرد در واحد سطح از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (کرباسی و همکاران، ۱۳۹۸). طی سالیان اخیر، سیاست خودکفایی در تولید دانه‌های روغنی به‌منظور تأمین نیازهای مصرفی کشور و کاهش وابستگی به واردات روغن خوراکی موردتوجه قرار گرفته است. در این میان کلزا در کانون توجه قرار گرفته است، زیرا یکی از مهمترین دانه‌های روغنی است که ۱۳/۲ درصد از میزان کل تولید جهانی دانه‌های روغنی (بالغ بر ۷۵/۶ میلیون تن) را به خود اختصاص داده است (FAO, 2018). بنابراین، توسعهٔ سطح زیر کشت کلزا و بهبود عملکرد در واحد سطح، به‌عنوان یکی از محورهای اساسی طرح خودکفایی دانه‌های روغنی مطرح بوده است که می‌تواند باعث افزایش ضریب خوداتکایی و امنیت غذایی کشور شود (کرباسی و همکاران، ۱۳۹۸). با این رویکرد، تولید دانه‌های روغنی در نواحی مستعد کشور از اهمیت بسزایی برخوردار است.

نتایج پژوهش‌ها نشان داده است که تنش‌های محیطی اعم از زنده و غیرزنده همواره از عوامل اصلی کاهش تولید محصولات کشاورزی و از موانع اصلی رسیدن به پتانسیل عملکرد محصولات مختلف از جمله تولید دانه‌های روغنی بوده است (Brenner et al., 2010). این در حالی است که در بین تنش‌های محیطی، خشکی و شوری مهمترین عوامل محدودکننده رشد گیاه و تولید محصولات

۱ - دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب، واحد کرمان، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان، ایران
۲ - دانشیار گروه مهندسی آب، واحد کرمان، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان، ایران
(*-نویسنده مسئول: (Email: nyazdanpanah@iauk.ac.ir
DOR: 20.1001.1.20087942.1400.15.2.17.9

کشاورزی در کشور هستند (Moradi et al., 2017). علاوه‌براین، به دلیل خشکسالی‌های پی در پی و افت کمی و کیفی منابع آب، تولید محصولات کشاورزی و امنیت غذایی تهدید می‌شود. با توجه به محدود بودن منابع آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک، ضروری است که برای آبیاری محصولات زراعی از روش‌های آبیاری با راندمان بالا نظیر آبیاری قطره‌ای استفاده شود. راندمان مصرف آب در روش آبیاری قطره‌ای نسبت به سایر روش‌های آبیاری متداول (نظیر آبیاری غرقابی و یا جویچه‌ای) بیشتر است و در عین حال عملکرد محصول بیشتری نیز دارد. نتایج بررسی قدمی فیروزآبادی و همکاران (۱۳۹۰) در استان همدان که برای تعیین عملکرد و درصد روغن در دو روش آبیاری قطره‌ای و شیاری انجام شد، نشان داد که آبیاری قطره‌ای باعث افزایش ۸۱ درصد کارایی مصرف آب نسبت به روش شیاری شد. میانگین حجم آب مصرفی در دو روش آبیاری قطره‌ای و شیاری به ترتیب ۲۶۱۷ و ۴۸۷۰ مترمکعب در هکتار بود. آبیاری قطره‌ای با کاهش۴۶ درصدی در آب مصرفی، مقدار عملکرد نسبتاً یکسانی با روش آبیاری شیاری داشت. در پژوهش دیگری بهبود رشد و افزایش عملکرد در گیاه پنبه در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به آبیاری قطره‌ای سطحی به‌دلیل کاهش تبخیر سطحی و اتلاف آب گزارش شد (جلینی و مهرآبادی، ۱۳۹۱). نتایج استفاده از روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به سایر روش‌های آبیاری از جمله آبیاری قطره‌ای سطحی بر روی بیش از ۳۰ نوع گیاه در برزیل نشان داد که علاوه بر اینکه میزان آب کاربردی در این روش کمتر بود، افزایش عملکرد محصول را نیز به همراه داشت (Blanco et al., 2008).

کلزا از گیاهان تیره شب بو، از جمله گیاهان روغنی نسبتاً مقاوم در برابر شوری محسوب می‌شود (نوروزی و زلفی، ۱۳۹۰). در مورد آستانه تحمل به شوری کلزا به دلیل تنوع ژنتیکی بین گونه‌ای و درون گونه‌ای و شرایط آزمایشی، موارد متناقضی در گزارش‌ها دیده می‌شود (شهبازی، ۱۳۹۰). برای نمونه، در پژوهشی آستانه تحمل این گیاه به شوری (حداکثر شوری عصاره اشباع خاک که در آن افت عملکرد اتفاق نمی‌افتد)، ۹/۷ دسی زیمنس بر متر تعیین شد (نوروزی و زلفی، ۱۳۹۰)، در حالی که در پژوهش دیگری، حد آستانه تحمل به شوری کلزا ۴/۸ دسی زیمنس بر متر برآورد شده است (شهبازی، ۱۳۹۰). همچنین این گیاه در برابر کمبود آب، نیمه‌حساس است که البته حساس‌ترین مرحله نمو گیاه کلزا به تنش خشکی، اواخر فصل رویشی یعنی خورجین‌بندی و سراسر دوران گلدهی است. از این رو، تنش خشکی در این مراحل از فصل رشد سبب کاهش تعداد اندام‌های زایشی کلزا از جمله تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و در نهایت عملکرد دانه می‌شود (Tardieu et al., 2018). برخی پژوهشگران گزارش نمودند که اعمال تنش خشکی در مرحله گلدهی کلزا موجب کاهش تعداد خورجین در بوته می‌شود اما تأخیر در بروز تنش، سبب کاهش معنی‌دار تعداد دانه در خورجین می‌گردد (Gan et al., 2004). در این زمینه، قاسمی و همکاران گزارش کردند که تنش خشکی ارتفاع بوته، قطر ساقه، شاخه و برگ در بوته، بیوماس گیاهی و عملکرد دانه در بوته کلزا را کاهش داد (Ghasemi et al., 2019). نتایج پژوهش سینکی و همکاران نشان داد که بیشترین کاهش عملکرد دانه کلزا، زمانی رخ می‌دهد که تنش آبی در مرحله گل‌دهی ایجاد شود. آنها دریافتند که عملکرد دانه، تحت تأثیر تنش‌های آبی کوتاه‌مدت طی مرحله طویل‌شدن ساقه، گل‌دهی و نمو خورجین تا حد زیادی به کاهش تعداد خورجین در بوته و کاهش وزن دانه مرتبط است و در بین اجزای عملکرد، تعداد خورجین در بوته بیشترین حساسیت را به تنش کم‌آبی طولانی‌مدت داشت (Sinaki et al., 2007). سلامتی و همکاران (۱۳۹۸) در بررسی و ارزیابی شاخص‌های تنش خشکی در روش آبیاری قطره‌ای نواری بر عملکرد به این نتیجه رسیدند که اعمال سطح ۱۰۰ درصد نیاز آبی به‌دلیل مصرف کمتر آب نسبت به سطح ۱۲۵ درصد نیاز آبی، تیمار برتر بود. مرادی و محمودیان‌فرد (۱۳۹۸) برای تعیین نیاز آبی گیاه کلزا با استفاده از لایسیمتر طی آزمایشی چهار ساله در ایستگاه تحقیقات کشاورزی حاجی‌آباد دریافتند که گیاه کلزا برای تولید ۲۹۵۰ کیلوگرم دانه در هکتار در منطقه مورد آزمایش به ۲۲۶/۵ میلی‌متر آب نیاز دارد که لازم است در طول دوره رشد و مطابق با نیاز روزانه گیاه در اختیار آن قرار گیرد. در بررسی دیگری، احمدی و بهرامی عنوان کردند که تنش ناشی از کمبود آب در مرحله گل‌دهی، عملکرد دانه کلزا را به میزان ۳۰ درصد کاهش داد که این مقدار، تقریباً ۱۰ درصد بیشتر از زمانی بود که کمبود آب در دوره رشد رویشی گیاه اتفاق افتاده بود. بنابراین، تامین آب به مقدار لازم و انجام آبیاری به موقع در دوره رشد زایشی از اهمیت ویژه‌ای در عملکرد گیاه برخوردار می‌باشد (Ahmadi and Bahrami, 2009).

با توجه به کمبود و محدودیت منابع آب در کشور، استفاده از روش‌های بهینه آبیاری و نیز تعیین دور مناسب آبیاری سبب افزایش کارایی مصرف آب می‌شود. در واقع، اصلاح الگوی مصرف آب در بخش کشاورزی و نیز در تولید دانه‌های روغنی از جمله کلزا با بهره‌گیری از روش‌های مناسب آبیاری و مدیریت صحیح آبیاری در مزرعه نیاز به توجه ویژه دارد. لذا انجام پژوهش‌های کاربردی در قالب ارزیابی روش‌های مدیریت آب در مزرعه با بررسی روش‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی و نیز بهترین دور آبیاری می‌تواند در رشد و عملکرد کلزا که یکی از محصولات با ارزش در چرخه تولید کشور به حساب می‌آید، مفید باشد.

مواد و روش‌ها

موقعیت و مشخصات منطقه مورد مطالعه

به‌منظور بررسی تأثیر دور آبیاری بر خصوصیات رشدی گیاه کلزا،

آزمایشی در ایستگاه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی حاجی‌آباد با مشخصات جغرافیایی و آب و هوایی به شرح جدول ۱ در سال زراعی ۹۹- ۱۳۹۸ انجام شد. این آزمایش در زمینی به مساحت ۴۳۲ متر مربع، در قالب کرت‌های نواری خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارهای مورد بررسی شامل سه دور آبیاری (۲۰= I۱، ۴۰= I۲ و ۶۰= I۳ میلی‌متر تبخیر از تشت) و دو روش آبیاری قطره‌ای (سطحی =S۱ و زیرسطحی =S۲) به‌ترتیب به‌عنوان عوامل اصلی و فرعی بودند. هر کرت شامل ۴ ردیف کاشت بود که عرض هر کرت ۳ متر و طول آن ۵ متر در نظر گرفته شد. فاصله ردیف‌های کاشت ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها در هر ردیف کشت ۲۵ سانتی‌متر بود. فاصله بین تیمارهای اصلی و فرعی و همچنین تکرارهای آزمایش که بصورت عمودی زیر هم قرار گرفتند، یک متر در نظر گرفته شد. در این پژوهش، قطره‌چکان‌هایی از نوع نتافیم با دبی ۲ لیتر بر ساعت به فاصله ۲۵ سانتی‌متری از یکدیگر روی هر خط لوله آبرسان نصب شد. برای هر ردیف کشت، دو لوله آبرسان با فاصله حدوداً پانزده سانتی‌متری از دو سمت گیاه، تعبیه شد. لازم به ذکر است لوله‌های آبرسان در روش آبیاری قطره‌ای سطحی، بر روی سطح خاک و در کنار ساقه گیاه قرار داده شد، در حالی که در روش قطره‌ای زیرسطحی، نوارهای مزبور در عمق ۳۰ سانتی‌متری از سطح خاک در زیر هر ردیف کاشت قرار داده شد.

جدول ۱- مشخصات اقلیمی و جغرافیایی منطقه اجرای آزمایش

عرض جغرافیایی	۲۸°۱۸′۴۳″
طول جغرافیایی	۵۵°۵۴′۳۸″
ارتفاع از سطح دریا	۱۲۰۰ متر
حداکثر درجه حرارت	۴۷ درجه سانتی‌گراد
حداقل درجه حرارت	۵/۳- درجه سانتی‌گراد
متوسط بارندگی سالیانه	۲۲۶/۷ میلی‌متر
متوسط تبخیر سالیانه	۲۳۰۰ میلی‌متر

برای تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد مطالعه، قبل از عملیات کاشت نمونه‌برداری از دو عمق مختلف صورت گرفت (جدول ۲). همچنین آب مورد استفاده، از چاه واقع در ایستگاه تحقیقات کشاورزی حاجی‌آباد که در فاصله ۵۰۰ متری مزرعه مورد مطالعه بود، تأمین شد. نتایج ویژگی‌های شیمیایی آب مورد استفاده در آبیاری در جدول ۳ ارائه شده است. بر اساس توصیه کودی آزمایشگاه تجزیه خاک، برای تأمین نیاز کودی گیاه، قبل از کشت در حدود ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم و ۷۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر از منبع سوپر فسفر تریپل به خاک افزوده شد. همچنین از کود ازته از منبع اوره به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در طول دوره کشت به‌صورت تقسیطی استفاده شد که ۳۵ کیلوگرم در هکتار آن به‌صورت سرک در مرحله سه برگی، ۷۵ کیلوگرم در هکتار در مرحله ساقه‌دهی و ۴۰ کیلوگرم در هکتار در مرحله غنچه‌دهی مصرف شد. پس از آماده‌سازی و فاروکشی زمین، در نیمه دوم مهرماه عملیات کاشت انجام شد. با توجه به اینکه رقم Hyula-410 از ارقام متعارف منطقه مورد مطالعه در کشت کلزا می‌باشد، لذا در این پژوهش، بذر این رقم کلزا از خزانه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی حاجی‌آباد تهیه شد. پس از سبزشدن و یکدست شدن تمامی بوته‌ها، تیمارهای دور آبیاری اعمال شد. برای تعیین دور آبیاری در آزمایش‌ها از تشت تبخیر استفاده شد. لازم به ذکر است که تشت تبخیر مورد نظر در بین بوته‌های کلزا کار گذاشته شد. میزان تبخیر از تشت به طور روزانه ثبت شد و بر اساس تبخیر تجمعی، زمان انجام آبیاری در هر تیمار تعیین گردید، به‌طوری‌که هر زمان که تبخیر تجمعی در روزهای متوالی به میزان ۲۰، ۴۰ و ۶۰ میلی‌متر می‌رسید، به‌ترتیب تیمارهای I۱، I۲ و I۳ در روز بعد آبیاری می‌شد.

در این آزمایش در هر نوبت آبیاری، با نمونه‌برداری از اعماق صفر تا ۴۰ و نیز ۴۰ تا ۸۰ سانتی‌متر از وسط هر کرت، رطوبت خاک به روش وزنی و با استفاده از آون اندازه‌گیری شد. همچنین عمق آبیاری بر اساس جبران کمبود رطوبت خاک تا حد ظرفیت زراعی تعیین می‌گردید. برای محاسبه عمق آب آبیاری مورد نیاز هر کرت در هر نوبت آبیاری (d) بر حسب متر، از رابطه زیر استفاده شده است.

$$d=\sum(\theta_{Fc}-\theta_I)\rho. D \qquad (۱)$$

که در این رابطه: θ_{Fc} نسبت وزنی رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی، θ_I نسبت وزنی رطوبت خاک قبل از آبیاری، ρ جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب) و D عمق موثر ریشه (متر) است.

جدول۲- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام پژوهش

عمق (cm)	درصد پژمردگی	درصد ظرفیت زراعی	کلاس بافت خاک	جرم مخصوص ظاهری (g/cm^3)	هدایت الکتریکی (dS/m)	اسیدیته
۴۰-۰	۸/۵	۲۱/۲	لوم شنی	۱/۳۵	۱/۶۵	۷/۸۹
۸۰-۴۰	۸/۱	۲۳/۶	لوم	۱/۴۰	۱/۹۱	۷/۷۹

جدول۳- برخی ویژگی‌های شیمیایی آب مورد استفاده در آبیاری

آنیون‌ها و کاتیون‌های محلول (meq/l)						SAR	pH	EC (dS/m^1)
سولفات	بی‌کربنات	سدیم	منیزیم	کلسیم	کلر			
۶/۸	۴/۲	۸/۶	۴/۲	۳/۴	۵/۲	۳/۱۲	۷/۸	۱/۶

بعد گذشت حدود ۱۶۰ روز از زمان کاشت، عملیات برداشت انجام شد. برای ارزیابی پارامترهای رویشی، ۱۵ بوته به‌طور تصادفی از دو ردیف وسط هر کرت انتخاب و تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین شمارش شد. وزن هزار دانه نیز با استفاده از ترازو با دقت یک‌صدم گرمی اندازه‌گیری گردید. همچنین کارایی مصرف آب با استفاده از رابطه زیر بدست آمد:

$$WUE=Y/V \quad (۲)$$

در این رابطه، WUE کارایی مصرف آب ($kg\ m^{-3}$)، Y کل وزن دانه برداشت‌شده در واحد سطح ($kg\ ha^{-1}$) و V کل حجم آب مصرفی در هکتار ($m^{-3}\ ha^{-1}$) است.

در نهایت داده‌های این پژوهش شامل عملکرد، کارایی مصرف آب، وزن هزار دانه، تعداد دانه در خورجین، تعداد خورجین در بوته و نیز کارایی مصرف آب با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. مقایسه میانگین با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثر دور و روش آبیاری بر عملکرد و اجزای آن در گیاه کلزا در جدول ۴ ارائه شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، اثر دور آبیاری بر تمامی صفات مورد مطالعه به غیر از تعداد خورجین در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر روش آبیاری بر عملکرد، کارایی مصرف آب و تعداد خورجین در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل دور و روش آبیاری، تأثیر معنی‌داری بر عملکرد و کارایی مصرف آب در سطح احتمال یک درصد نشان داد.

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس اثر دور و روش آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا (مقادیر مجموع مربعات است)

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد	کارایی مصرف آب	تعداد دانه در خورجین	تعداد خورجین در بوته	وزن هزار دانه
تکرار	۲	۱۲/۳۸	۲۱/۱۱۴	۱۶/۱۵	۱۷۸/۳۳	۰/۰۱۴۵
دور آبیاری A	۲	۲۹۷/۲۲**	۳۲۵/۲۴**	۲۰۲/۷۸**	۲۵۶/۲۳ ^{ns}	۰/۰۷۸۹**
خطا (E_1)	۴	۷/۴۲	۱/۶۵	۱/۰۳۵	۸۶۵/۰۲	۰/۰۱۰۳
روش آبیاری B	۱	۳۲۵/۱۱**	۱۴۵/۱۶**	۱/۸۷ ^{ns}	۱۳/۲۹ **	۰/۱۱۷ ^{ns}
A×B	۲	۸۷/۱۹**	۲۱/۹۸**	۴/۱۴۴ ^{ns}	۲۴/۲۴ ^{ns}	۰/۰۱۰۸ ^{ns}
خطا (E_2)	۷	۰/۰۱۲	۲/۲۱	۰/۵۸	۵۷/۳۲	۰/۰۱

** نشاندهنده معنی‌دار بودن در سطح یک درصد و ns عدم وجود تفاوت معنی‌دار می‌باشد.

آب مصرفی و دور آبیاری

با توجه به اینکه دور آبیاری عامل اصلی و روش آبیاری فاکتور فرعی بودند لذا حجم آب آبیاری مورد استفاده در دو تیمار مربوط به فاکتور فرعی (آبیاری سطحی و زیرسطحی) یکسان در نظر گرفته شد. در هر دو روش آبیاری، میزان آب مصرفی در دورهای آبیاری ۲۰، ۴۰ و ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشت به‌ترتیب ۲۵۷۰، ۲۱۴۰ و ۱۸۴۰ متر مکعب در هکتار بود. نتایج بدست آمده از میزان آب مصرفی نشان داد که تغییر دور آبیاری از ۲۰ به ۴۰ و ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشت به‌دلیل افزایش فاصله دو آبیاری متوالی به‌ترتیب باعث صرفه‌جویی ۱۶/۷ و ۲۸/۴ درصدی حجم آب مصرفی شد.

علاوه بر حجم آب مصرفی، تنظیم زمان آبیاری بر اساس میزان تبخیر از تشت تبخیر، تعداد دفعات آبیاری را نیز تحت تأثیر قرار داد. با توجه به اینکه در این پژوهش عملیات کشت کلزا در فصل پاییز انجام شد، لذا صرف‌نظر از نوع تیمار، به‌دلیل بالاتر بودن درجه حرارت در اوایل فصل رشد نسبت به اواسط و انتهای فصل رشد، فاصله بین دو آبیاری متوالی کمتر بود. بنابراین طبق جدول ۵، بیش‌ترین فراوانی در تیمارهای I۱، I۲ و I۳ به‌ترتیب به دورهای آبیاری پنج روزه، هفت روزه و هشت روزه تعلق داشت.

جدول ۵- فراوانی دورهای آبیاری برای هر تیمار در طول دوره فصل رشد

دور آبیاری	۲۰ میلی‌متر	٤٠ میلی‌متر	٦٠ میلی‌متر
۴ روزه			
فراوانی	۴	۰	۰
۵ روزه			
فراوانی	۱۶	۲	۰
۶ روزه			
فراوانی	۷	۸	۱
۷ روزه			
فراوانی	۳	۱۳	۶
۸ روزه			
فراوانی	۰	۲	۱۳
۹ روزه			
فراوانی	۰	۰	۱

عملکرد محصول

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که دور آبیاری تأثیر معنی‌داری بر عملکرد در سطح احتمال یک درصد داشت (شکل ۱). تیمار آبیاری پس از ۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت با عملکرد ۳/۱۵ تن در هکتار در حالی در بهترین جایگاه آماری قرار گرفت که اختلاف ۸/۳ و ۳۷/۵ درصدی به ترتیب با تیمارهای آبیاری پس از ۴۰ و ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشت داشت. لازم به ذکر است که تیمار آبیاری پس از ۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشت با عملکرد ۲/۸۹ تن در هکتار نیز دارای اختلاف معنی‌داری با تیمار آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشت با عملکرد ۱/۹۷ تن در هکتار بود (شکل ۱). به‌طور کلی با کاهش میزان آب آبیاری، عملکرد محصول به‌طور معنی‌داری کاهش یافت که می‌تواند ناشی از تأثیر تنش رطوبتی بر اجزای عملکرد کلزا باشد. به‌طور مشابهی احمدی و بهرامی نشان دادند که مصرف مناسب آب توسط گیاه در تیمار آبیاری کامل منجر به افزایش فعالیت برگ‌ها و به‌دنبال آن افزایش فتوسنتز می‌شود و در نتیجه عملکرد گیاه افزایش می‌یابد(Ahmadi and Bahrami, 2009). این در حالی است که بروز تنش خشکی از طریق کاهش سطح برگ و ریزش برگ‌ها منجر به کاهش منبع فتوسنتزی و افت فعالیت آنزیم‌های موثر بر این فرآیند می‌گردد (Majidi et al., 2016).

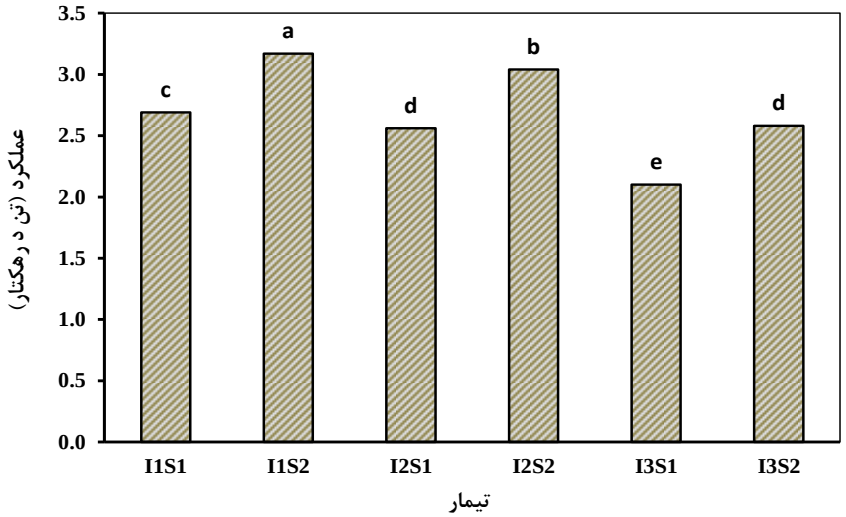
نتایج مقایسه میانگین عملکرد کلزا مربوط به اثر دو روش آبیاری نیز نشان داد که عملکرد کلزا در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به میزان ۲۹/۸ درصد نسبت به عملکرد حاصل از روش آبیاری قطره‌ای سطحی بیشتر است (شکل ۱). در بررسی‌های قبلی نیز به‌طور مشابهی مشخص شده که در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی کاهش تبخیر، کنترل علف‌های هرز و رساندن مستقیم آب به منطقه توسعه ریشه، نسبت به روش آبیاری قطره‌ای سطحی بهتر صورت می‌گیرد و این عوامل نقش بسزایی در افزایش عملکرد محصول در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی دارند (احتشام، ۱۳۹۴).

مقایسه بین تیمارهای مورد مطالعه نشان داد که تیمار آبیاری پس از ۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بیشترین عملکرد (۳/۱۷ تن در هکتار) را داشت. بعد از آن، تیمار آبیاری پس از ۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشت در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با عملکرد ۳/۰۴ تن در هکتار (با اختلاف ۴/۱ درصدی نسبت به تیمار آبیاری پس از ۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی) قرار گرفت. همچنین تیمار آبیاری پس از ۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت در روش آبیاری قطره‌ای سطحی (با عملکرد ۲/۶۹ تن در هکتار)، با وجود مصرف یکسان آب با تیمار آبیاری پس از۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، به میزان ۱۵/۱ درصدی عملکرد کمتری نشان داد. این یافته نشان از برتری روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به روش آبیاری قطره‌ای سطحی دارد. لازم به ذکر است که بین تیمار آبیاری پس از ۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشت در روش آبیاری قطره‌ای سطحی و تیمار۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشت در روش زیرسطحی، عملکرد به‌ترتیب با میزان ۲/۵۶ و ۲/۵۸ تن در هکتار، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۱).

کارایی مصرف آب

نتایج حاصل از مقایسه میانگین کارایی مصرف آب در گیاه کلزا تحت تأثیر دور و روش آبیاری در شکل ۲ نشان داده شده است. تیمارهای آبیاری پس از ۲۰ و ۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشت به ترتیب با کارایی مصرف آب ۱/۲۲ و ۱/۳۵ کیلوگرم بر مترمکعب، به رغم اختلاف ۹/۶ درصدی نسبت به یکدیگر، از لحاظ آماری (فاقد اختلاف معنی‌دار) در بهترین جایگاه قرار گرفتند. در واقع، تیمار آبیاری پس از ۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشت به رغم عملکرد کمتر به میزان ۲۶۰

کیلوگرم در هکتار (۸/۲) و صرفه‌جویی ۴۳۰ مترمکعبی آب (۱۶/۷ درصد) نسبت به تیمار آبیاری‌شده پس از ۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت، از کارایی مصرف آب بهتری برخوردار است. لذا می‌توان به کارآمدی این روش مدیریتی (کم‌آبیاری) در کشت کلزا در استفاده بهینه از هر واحد آب مصرفی و افزایش سود خالص و کارایی مصرف آب اشاره نمود (شکل ۲).



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل دور و روش آبیاری بر عملکرد کلزا

حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن است.

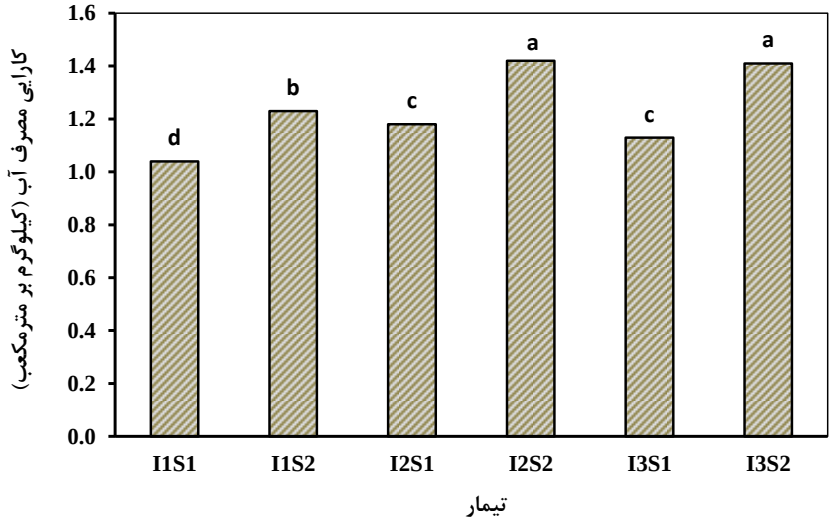
طبق شکل ۲ مقایسه میانگین کارایی مصرف آب کلزا تحت تأثیر روش آبیاری نشان داد که به‌ازای حجم یکسان مصرف آب آبیاری، آبیاری با روش قطره‌ای زیرسطحی با ایجاد کارایی مصرف آب ۱/۴۶ کیلوگرم بر مترمکعب، افزایش ۳۲/۲ درصدی کارایی مصرف آب را نسبت به آبیاری با روش قطره‌ای سطحی در پی داشت. دلیل این موضوع در بسیاری از پژوهش‌ها به مدیریت دقیق روش‌های آبیاری قطره‌ای زیرسطحی ارتباط داده شده است که می‌تواند از طریق کاهش نیاز آبی تا ۳۰ درصد و رساندن مستقیم آب به منطقه توسعه ریشه، باعث افزایش معنی‌دار عملکرد محصول شود (احتشام، ۱۳۹۴). علاوه بر این، افزایش عملکرد در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به روش آبیاری قطره‌ای سطحی (شکل ۱) به‌دلیل کاهش تبخیر سطحی و اتلاف آب (جلینی و مهرآبادی، ۱۳۹۱)، می‌تواند باعث افزایش کارایی مصرف آب شود.

نتایج مقایسه میانگین کارایی مصرف آب کلزا حاصل از اثر متقابل دور و روش آبیاری همچنین نشان داد که تیمارهای آبیاری پس از ۴۰ و ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشت در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با کارایی مصرف آب به‌ترتیب ۱/۴۲ و ۱/۴۱ کیلوگرم بر متر مکعب در بهترین جایگاه آماری قرار داشت. بعد از آن‌ها، تیمار آبیاری پس از ۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با کارایی مصرف آب ۱/۲۳ کیلوگرم بر مترمکعب (اختلاف ۱۳/۴ درصدی) قرار داشت. لازم به ذکر است که همین روند در تیمارهای مربوط به سطوح تبخیر از تشت در روش آبیاری قطره‌ای سطحی نیز مشاهده شد. به‌عبارتی، تیمارهای آبیاری پس از ۴۰ و ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشت در روش آبیاری قطره‌ای سطحی با کارایی مصرف آب به‌ترتیب ۱/۱۸ و ۱/۱۳ کیلوگرم بر متر مکعب کارایی مصرف آب بیشتری نسبت به تیمار آبیاری پس از ۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت در روش آبیاری قطره‌ای سطحی (با کارایی مصرف آب ۱/۰۴ کیلوگرم بر متر مکعب) نشان دادند. لذا می‌توان چنین استنباط کرد که ایجاد شرایط کم‌آبی در آبیاری پس از ۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشت در قالب استفاده از روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی دارای بهترین کارایی مصرف آب کلزا در بین تیمارهای مورد مطالعه است (شکل ۲).

تعداد دانه در خورجین

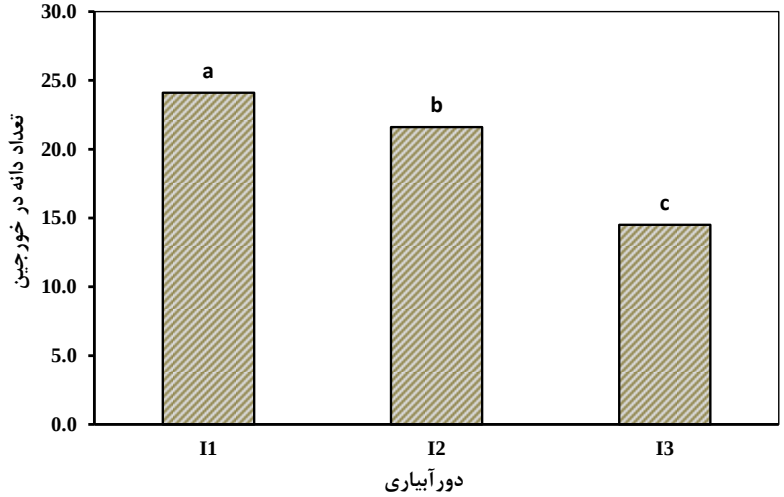
نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که تعداد دانه در خورجین تنها متأثر از دور آبیاری بود. بر این اساس، نتایج مقایسه میانگین تأثیر دور آبیاری بر تعداد دانه در خورجین در شکل ۳ نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، تیمار آبیاری پس از ۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت با ۲۴/۱ دانه در خورجین در بهترین جایگاه آماری قرار گرفت. نسبت به این تیمار، تیمار آبیاری پس از ۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشت با کاهش ۱۰/۴ درصد و تیمار آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشت با کاهش ۳۹/۸ درصدی در تعداد دانه در خورجین قرار گرفت (شکل ۳). نتایج پژوهش‌های گذشته نیز بطور

مشابهی نشان می‌دهد که در شرایط اعمال تنش ملایم رطوبتی، ترکیبات حاصل از فتوسنتز در گیاه که مازاد بر رشد رویشی می‌باشد، می‌تواند در اختیار اندام‌های زایشی گیاه قرار گیرد و از این طریق از کاهش شدید تعداد دانه در خورجین جلوگیری نماید. این در حالی است که در شرایط اعمال تنش شدید رطوبتی، علاوه بر کاهش شدید رشد رویشی گیاه از جمله ارتفاع بوته و شاخص سطح برگ، ریزش شدید دانه در خورجین نیز رخ می‌دهد (Majidi et al., 2016; Tardieu et al., 2018).



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل دور و روش آبیاری بر کارایی مصرف آب

حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن است.



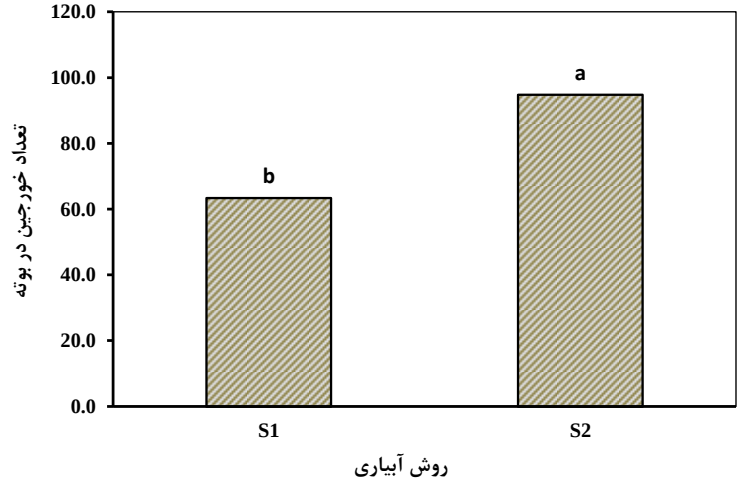
شکل ۳- مقایسه میانگین تعداد دانه در خورجین در دورهای مختلف آبیاری

مقایسه میانگین بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد.

تعداد خورجین در بوته

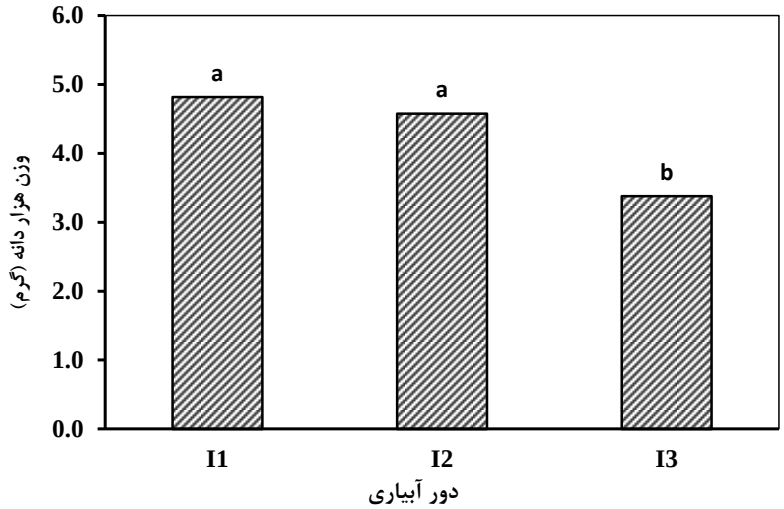
تجزیه واریانس تعداد خورجین در بوته تحت تأثیر روش آبیاری در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین بین تعداد خورجین در بوته در شکل ۴ نشان داده شده است. مقایسه میانگین تعداد خورجین در بوته تحت تأثیر روش آبیاری نشان داد که این صفت متأثر از شیوه آبیاری و نحوه توزیع آب در منطقه توسعه ریشه گیاه بود. به‌طوریکه به‌ازای حجم آب آبیاری ثابت، آبیاری با روش قطره‌ای زیرسطحی با ایجاد ۹۴/۸ خورجین در بوته، افزایش ۳۳/۱ درصدی این صفت را نسبت به آبیاری با روش قطره‌ای سطحی در پی داشت (شکل ۴). در پژوهش‌های قبلی نیز به‌طور مشابهی

مشخص شده که روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بـه دلیـل کـاهش تبخیر و کنترل علف‌های هرز و نیز فاصله کمتـر منطقـه رطـوبتی بـا منطقه توسعه ریشه، نسبت به روش آبیاری قطره‌ای سـطحی کـارایی بیشتری در افزایش اجزای عملکرد دارد (Al-Jaloud et al., 1996).



شکل ٤- مقایسه میانگین تعداد خورجین در بوته در دو روش آبیاری قطره‌ای (سطحی و زیرسطحی)

مقایسه میانگین بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد.



شکل ٥- مقایسه میانگین وزن هزار دانه در دورهای مختلف آبیاری

حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن است.

وزن هزار دانه

نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس طرح نشان می‌دهد که تـأثیر دورهای مختلف آبیاری بر صفت وزن هزار دانه در سطح یـک درصـد معنی‌دار است. لذا مقایسه میانگین وزن هزار دانه نشـان داد کـه وزن هزار دانه حاصل از اعمال تیمار آبیاری شده پس از ۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشت در حالی به‌صورت مشترک با سطح آبیاری ۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت در بهترین جایگاه آماری قرار گرفته است کـه دارای اخـتلاف ۴/۹ درصدی با این تیمار است (شکل ۵). لذا همان‌طور که قبلاً ذکـر گردید اعمال تنش خفیف رطوبتی تأثیر چندانی بر رونـد رشـد زایشـی گیاه از جمله وزن هزار دانه در طول دوره رشـد نـدارد (Brenner et al., 2010). اما صرفه‌جویی ۲۸/۴ درصـدی (۷۳۰ متـرمکعـب آب در هکتار) در تیمار آبیاری شده پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشت نسبت به تیمار آبیاری پس ۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت، باعث کـاهش ۲۹/۹ درصدی وزن هزار دانه شد. همچنین این کاهش شدید وزن هزار دانه در تیمار آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشـت نسـبت بـه تیمـار آبیاری پس ۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت، بـا نتـایج عملکـرد محصـول

همخوانی داشت.

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش نشان داد که میزان آب مصرفی در کل دوره رشد در سطوح ۲۰، ۴۰ و ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشت در هر دو روش آبیاری به‌ترتیب ۲۵۷۰، ۲۱۴۰ و ۱۸۴۰ متر مکعب در هکتار بود. با صرفه‌جویی ۴۳۰ متر مکعب آب در هکتار بین دو تیمار ۲۰ و ۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشت، کارایی مصرف آب به میزان ۹/۶ درصد افزایش یافت. همچنین تیمار آبیاری شده با سطح ۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت دارای بالاترین عملکرد (۱۵/۳ تن در هکتار) و تیمارهای آبیاری شده پس از ۴۰ و ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشت به ترتیب دارای عملکرد ۹۸/۲ و ۹۷/۱ تن در هکتار بود. همچنین نتایج پژوهش نشان داد که وزن هزار دانه در تیمار آبیاری شده در سطوح ۲۰، ۴۰ و ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشت به ترتیب ۴/۸۲، ۴/۵۸ و ۳/۳۸ گرم می‌باشد. شمارش تعداد دانه در خورجین نشان داد که بیشترین تعداد دانه در خورجین در تیمار آبیاری شده با تیمار ۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت و با ۲۴/۱ عدد بدست آمد که نسبت به تیمارهای آبیاری شده پس از ۴۰ و ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشت به ترتیب ۱۰/۴ و ۳۹/۸ درصد بیشتر بود.

منابع

احتشام، ا. ۱۳۹۴. تأثیر سطوح مختلف آبیاری در قالب مقایسه دو روش آبیاری شیاری و قطره‌ای بر عملکرد خیار گلخانه‌ای در ابرکوه استان یزد. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان.

جلینی، م. و مهرآبادی، ح. ۱۳۹۱. بررسی تاثیر روش‌های آبیاری قطره ای سطحی و زیر سطحی و دور آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی پنبه. آب و خاک. ۲۶ (۳): ۷۳۶- ۷۴۲.

سلامتی، ن.، دانایی، ا. و یعقوبی، و. ۱۳۹۸. ارزیابی شاخص‌های تنش خشکی به کم‌آبیاری قطره‌ای کلزا. مجله تحقیقات آب و خاک ایران. ۵۰ (۶): ۱۴۷۹-۱۴۹۰.

شهبازی، م.، کیانی، ع. و رئیسی، س. ۱۳۹۰. تعیین آستانه تحمل به شوری دردو رقم کلزا. مجله علوم زراعی ایران. ۱۳ (۱): ۱۸-۳۱.

قدمی فیروز آبادی، ع.، سیدان، س.م. و مظاهری لقب، ح. ۱۳۹۰. ارزیابی فنی و اقتصادی اثر دو روش آبیاری قطره ای(تیپ) و شیاری بر عملکرد دانه و کارایی مصرف آب در چهار رقم کلزا. مجله علوم زراعی ایران. ۱۳ (۲): ۳۲۵-۳۳۵.

کرباسی، ع.ر.، محمدزاده، س.ح. و هندی‌زاده، ه. ۱۳۹۸. تحلیل عوامل موثر بر افزایش سطح زیر کشت کلزا در مناطق روستایی، مورد: روستاهای استان خراسان رضوی. فصلنامه اقتصاد فضا و توسعه روستایی. ۸ (۳): ۱۸۷-۲۰۲.

مرادی، ا. و محمودیان‌فرد، ح. ۱۳۹۸. تعیین نیاز آبی گیاه کلزا با استفاده از لایسیمتر در منطقه حاجی‌آباد. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۳ (۱۳): ۸۳۲-۸۴۴.

نوروزی، م. و زلفی، م. ۱۳۹۰. تعیین دور و عمق مناسب آبیاری کلزا به روش تشت تبخیر در استان بوشهر. تحقیقات آب و خاک ایران. ۴۲ (۱): ۲۷-۳۴.

Ahmadi, M. and 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 Agricultural and Environmental Sciences. 5 (6):755-761.

Al-Jaloud, A.A., Hussian, G., Karimulla, S. and Al-Hamidi, A.H. 1996. Effect of irrigation and nitrogen on yield components of two rapeseed cultivars. Agricultural Water Management. 30: 57-68.

Blanco, F.F., Folegatti, M.V., Gheyi, H.R. and Fernandes, P.D. 2008. Growth and yield of corn irrigated with saline water. Scientia Agrícola. 65(6): 574-580.

Brenner, D.M., Baltensperger, D.D., Kulakow, P.A., Lehmann, J.W., Myers, R.L., Slabbert, M.M. and Sleugh, B.B. 2010. Genetic resources and breeding of Amaranthus. Plant Breeding Reviews. 19: 227 - 285.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2018. http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Oilcrops/Documents/Food_outlook_oilseeds/FO_Oilcrops.pdf

Gan, Y., Angadi, S.V., Cutforth, H., Potts D. and McDonald. C. L. 2004. Canola and mustard response to short periods of temperature and water stress at different developmental stages. Canadian Journal of Plant Science. 84(3): 679- 704.

Ghassemi, S., Ghassemi-Golezani, K. and Zehtab-Salmasi, S. 2019. Changes in antioxidant enzymes activities and physiological traits of ajowan in response to water stress and hormonal application. Scientia Horticulturae. 24: 957-964.

Majidi, M.M., JafarzadehGhahdarijani, M., Rashidi F. and Mirlohi, A. 2016. Relationship of different traits in rapeseed (Brassica napus L.) cultivars under normal and drought conditions. Journal of Crop Breeding. 8 (17): 55 - 65.

Moradi, M., Soltani Hoveize, M. and Shahbazi, E. 2017. Study the relations between grain yield and related

Agricultural, Environment Science. 2(4): 417-422.

Tardieu, F., Simonneau, T. and Muller, B. 2018. The physiological basis of drought tolerance in crop plants: a scenario-dependent probabilistic approach. Annual review of Plant Biology. 69: 733- 759.

traits in canola by multivariate analysis. Journal of Crop Breeding. 9 (23): 187 – 194.

Sinaki, J.M., Majidi Heravan, E., Shirani Rad, A.H., Noormohamadi, G. and Zarei, G. 2007. The effects of water deficit during growth stages of canola (B. napus L.). American- Eurasian Journal of

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 2, Vol. 15, Jan.-Jul. 2021, p. 444-454

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد ۱۵، خرداد - تیر ۱۴۰۰، ص. ۴۵۴-۴۴۴

Determining the Optimal Irrigation Interval for Canola Plant in Surface and Subsurface Drip Irrigation Methods in Hajiabad Region

R. Abaspour[1], N. Yazdanpanah[2]*

Recived: Dec.14, 2020 Accepted: Jan.25, 2021

Abstract

In order to investigate the effect of different intervals and irrigation methods on the growth characteristics of canola, an experiment was conducted in the form of split strip plots based on a randomized complete block design with three replications during 2009-2010 at Hajiabad Agricultural Research Center. In this regard, three irrigation intervals including irrigation after 20, 40 and 60 mm of evaporation from the surface of the evaporation pan (I_1, I_2 and I_3, respectively) and two drip irrigation methods (surface and subsurface) were considered as the main and secondary factors, respectively. The results indicated the lowest and highest yield (1.97-3.15 t ha^{-1}), 1000-seed weight (3.38-4.82 g) and number of seeds per pod (14.5-24.5) at the I_1 and I_3 irrigation intervals, respectively. However, the I_2 irrigation interval treatment resulted in a 9.6% increase in water use efficiency compared to the I_1 irrigation interval. Also, the use of subsurface drip irrigation compared to surface drip irrigation method increased crop yield, water use efficiency and number of pods per plant by 29.8%, 32.2% and 33.1%, respectively. The findings of this study showed that in general, in case of water insufficiency in the study area, the irrigation cycle after 40 mm of evaporation from the pan applied in the subsurface drip irrigation method can be suggested as a superior treatment. With this approach, we can take steps to deal with the water crisis based on sustainable agriculture in canola cultivation in Hajiabad region.

Keywords: Crop Yield, Irrigation Planning, Limited Irrigation, Water Use Efficiency

1- M.Sc. Graduate, Department of Water Engineering, Kerman Branch, Islamic Azad University, Kerman, Iran
2- Associate Professor, Department of Water Engineering, Kerman Branch, Islamic Azad University, Kerman, Iran
(*- Corresponding Author Email: nyazdanpanah@iauk.ac.ir)