

مقاله علمی-پژوهشی

کشت زمستانه دانه روغنی کاملینا تحت رژیم‌های مختلف آبیاری در منطقه باجگاه استان فارس

رضوان طالب نژاد^{۱*}، محبوبه لرمحمد حسنی^۲، علیرضا سپاسخواه^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۱۶

چکیده

دانه‌های روغنی در بین محصولات زراعی اهمیت خاصی داشته، بنابراین نیاز به محصولات روغنی جدید با سازگاری بیش‌تر با تنش‌های محیطی و نیاز آبی و کودی کم‌تر به شدت احساس می‌شود. گیاهان در طول دوره‌ی رشد خود در معرض تنش‌های مختلف قرار دارند و کمبود آب بزرگ‌ترین چالش در تولید محصولات زراعی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا از جمله ایران است. دانه کاملینا منبع غنی از روغن و اسیدهای چرب امگا ۳ است. با توجه به اهمیت این دانه روغنی به‌منظور بررسی امکان کشت این گیاه در اواخر زمستان (۳۰ بهمن)، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی بخش مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز اجرا شد. تیمار مورد بررسی آبیاری شامل چهار سطح (۷۵، ۱۰۰، ۱۵۰) درصد نیاز آب آبیاری کامل و دیم) در نظر گرفته شد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده حداکثر عملکرد دانه و کاه و کلش به ترتیب ۶۹۲ و ۲۱۳۰ کیلوگرم در هکتار در تیمار آبیاری کامل و حداقل آن به ترتیب ۲۶۰ و ۸۵۹ کیلوگرم در هکتار در تیمار دیم مشاهده شد. نتایج نشان داد که کاملینا پتانسیل تولید عملکرد دانه با حداقل آب مصرفی (۳۷۰ میلی‌متر) را در کاشت در اواخر زمستان (۳۰ بهمن) در شرایط آب و هوایی باجگاه تا حد قابل قبول (۶۹۲ کیلوگرم بر هکتار) دارد. به‌طور کلی بر اساس شاخص بهره‌وری آب آبیاری و باران برای عملکرد دانه، در صورت وجود آب به‌اندازه‌ای کافی در دسترس کشاورز آبیاری کامل توصیه می‌شود در غیر این صورت کشت دیم مناسب‌تر است.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری آب، کشت زمستانه، کاملینا، عملکرد دانه روغنی، کم‌آبیاری

مقدمه

توجه به این‌که روغن خوراکی کشور وارداتی و ناسالم است، (Kahrizi et al., 2015) نیاز به داشتن گیاهی با دانه روغنی برای شرایط دیم کشور و با حداقل نیاز کودی احساس می‌شود، هم‌چنین با توجه به مصرف زیاد آب در گیاهان روغنی مانند کلزا و سویا، ضرورت دارد گیاهی روغنی با مصرف آب کم معرفی گردد تا جایگزین شود. کاملینا از گیاهان تیره شب بو بوده که با نام کتان کاذب نیز شناخته می‌شود که در بیش‌تر نقاط دنیا به‌عنوان علف هرز شناخته شده است. منشأ این گیاه نواحی مدیترانه و آسیای مرکزی می‌باشد (Belayneh et al., 2015). کاملینا دانه روغنی از خانواده براسیکاسه است و نیاز آبی کمی دارد و مقاومت بیش‌تری به سرمای بهاره نسبت به سایر گیاهان روغنی از جمله کانولا دارد (Zanetti et al., 2018; Gao et al., 2017). کاملینا به آب‌وهوای سرد و خشک مقاوم است و می‌توان آن را در خاک‌های غیرقابل کشت و کم بارور پرورش داد، در مقایسه با سایر گیاهان روغنی، کاملینا می‌تواند به‌خوبی در خاک‌های بسیار شور رشد کند (Budini et al., 1995). آزمایشی توسط جرج و همکاران در سال ۲۰۱۷ در کالیفرنیا بر روی دو دانه‌ی روغنی انجام شد و نتایج نشان داد که به دلیل محدودیت آب در دسترس، گیاه

اهمیت، جایگاه و نقش ویژه و رو به افزایش گیاهان روغنی و صنعتی در مدیریت پایدار به‌ویژه در ابعاد کلان توسعه اقتصادی، محیط زیستی، بهداشتی، امنیت غذایی یکی از شاخص‌های توسعه در کشور است، از این رو کشت گیاهان دانه روغنی سازگار به شرایط اقلیمی کشور و هم‌چنین گسترش برنامه‌های تحقیقاتی در این زمینه حائز اهمیت است. کشور ایران با داشتن درصد بالای دیم‌زار، فاقد یک گیاه دانه روغنی مناسب برای شرایط دیم است. در حال حاضر با شرایط خشک‌سالی و بحرانی شدن افت سطح آب‌های زیرزمینی و با

۱- استادیار بخش مهندسی آب و مرکز مطالعات خشک‌سالی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، بخش مهندسی آب و مرکز مطالعات خشک‌سالی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

۳- استاد بخش مهندسی آب و مرکز مطالعات خشک‌سالی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

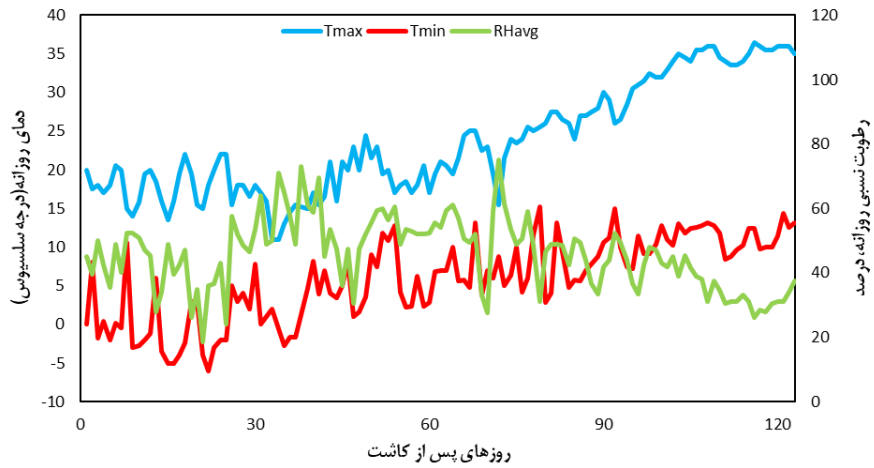
(* - نویسنده مسئول: (Email: rtalebnejad@shirazu.ac.ir

کاملینا و کانولا برای پاسخ محصول آن‌ها به کم‌آبیاری صورت گرفت نتایج نشان داد کم‌آبیاری، تعرق، فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و نسبت شاخه به ریشه را در کاملینا و کانولا کاهش داد اما میزان کاهش محصول در کانولا بیش‌تر از کاملینا بود در نتیجه آن‌ها اعلام کردند که کاملینا تحمل بیش‌تری نسبت به کانولا در برابر تنش خشکی دارد و با شرایط دیم هم سازگار است (Gao et al., 2018). آزمایشی دوساله در آبروزینا توسط هونساکر و همکاران در سال ۲۰۱۳ روی کارایی مصرف آب و محصول دانه کاملینا در پاسخ به برنامه‌ریزی آبیاری در محیط خشک انجام شد که شامل سطوح آبیاری ۵۰ و ۶۵ درصد نیاز آبی می‌باشد که در آن‌ها محصول دانه بین ۱۵۰۰ تا ۱۶۴۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد و بین تیمارها و سال‌ها تفاوت معنی‌داری وجود نداشت و میزان متوسط روغن دانه در هر دو سال ۴۵ درصد بود و حداکثر محصول دانه با ET ۴۷۰ تا ۴۹۰ میلی‌متر حاصل شد (Hunsaker et al., 2013). استفاده بهینه از منابع آبی در کشوری نظیر ایران که از نظر اقلیم دارای وضعیت خشک و نیمه‌خشک است از اهمیت خاصی در گسترش و توسعه فعالیت‌های کشاورزی برخوردار است؛ کاشت گیاهان روغنی مقاوم به تنش‌های محیطی و کم‌آبی و با دوره رشد کوتاه از جمله کاملینا جهت کاهش وابستگی کشور به واردات دانه‌های روغنی اهمیت ویژه‌ای دارد که در این پژوهش مورد توجه قرار گرفته است، بنابراین هدف از این پژوهش امکان‌سنجی کشت کاملینا در اواخر زمستان (۳۰ بهمن) و اثر کم‌آبیاری بر محصول و اجزای محصول و بهره‌وری آب کاملینا در شرایط آب‌وهوایی باجگاه (استان فارس) می‌باشد.

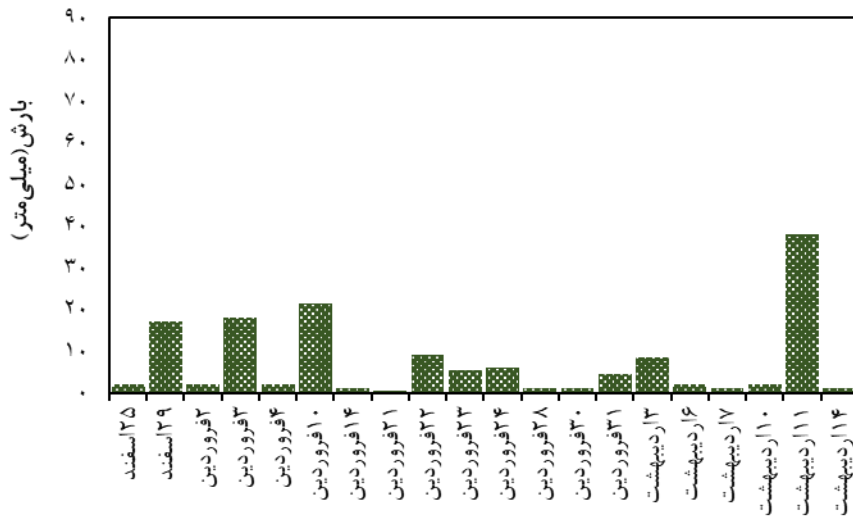
مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر سطوح مختلف آب آبیاری بر محصول و اجزای محصول گیاه کاملینا و بهره‌وری آب، آزمایشی یک‌ساله در سال ۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی بخش مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز انجام شد. دانشکده کشاورزی واقع در منطقه باجگاه در ۱۶ کیلومتری شمال شیراز با طول جغرافیایی ۳۲° ۵۲' و عرض جغرافیایی ۳۲° ۲۹' و در ارتفاع ۱۸۱۰ متری از سطح دریای آزاد واقع شده است. دمای بیشینه و کمینه و میانگین رطوبت نسبی فصل رشد گیاه کاملینا در شکل (۱) ارائه شده است. طبق شکل (۱) در طول دوره رشد گیاه کاملینا کمینه دمای هوا به ۶- درجه سانتی‌گراد و بیشینه به ۳۶ درجه سانتی‌گراد رسیده است. بارش در طول دوره رشد گیاه کاملینا در شکل (۲) و تبخیر-تعرق گیاه مرجع در طول فصل رشد گیاه کاملینا در شکل (۳) آمده است.

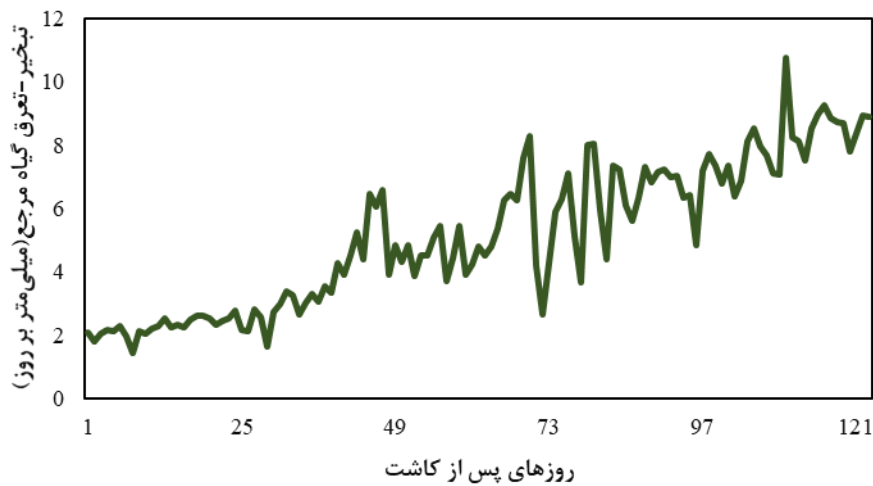
کانولا محصول دانه تولید نکرد در حالی که محصول دانه کاملینا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار بود (George et al., 2017). همچنین هرگرت و همکاران در سال ۲۰۱۶ گزارش کردند که کاملینا در برابر کم‌آبیاری مقاومت بیش‌تری نسبت به کانولا نشان داد (Hergert et al., 2016). آزمایشی برای تخمین نیاز آبی کاملینا و کلزا در کالیفرنیا توسط جرج و همکاران در سال ۲۰۱۸ انجام شد، آن‌ها خاطرنشان کردند که کاملینا نسبت به کلزا نیاز آبی کم‌تری دارد و کم‌ترین میزان نیاز آبی آن در زمان جوانه‌زنی و تولید بذر است، کاملینا با آب فصلی ۲۰۰ میلی‌متر محصول قابل‌قبولی دارد. آن‌ها گزارش کردند که گیاه کاملینا با توجه به مصرف کم آب می‌تواند در مناطق خشک با موفقیت کشت شود. آزمایشی طی ۴ فصل رشد در دو خاک شنی و لوم سیلتی در غرب نبراسکا توسط هرگرت و همکاران در سال ۲۰۱۶ با تیمارهای مختلف آبیاری (۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ میلی‌متر) به منظور تعیین محصول کاملینا، تعیین غلظت روغن، مقدار آب خاک و بهره‌وری آب انجام گرفت. نتایج نشان داد که کاملینا آب را از عمق ۰/۹ تا ۱ متری خاک استخراج کرد که کم‌عمق‌تر از کانولا بود. همچنین در شرایط خشک‌سالی پاسخ خوبی به آبیاری داد اما در سال‌هایی با بارش بالاتر از متوسط سالانه، هیچ پاسخی به آبیاری نداشت. محصول کاملینا از ۴۲۸ تا ۲۸۶۷ کیلوگرم در هکتار با تغییر ET از ۱۸۷ و ۵۳۶ میلی‌متر به دست آمد. کم‌آبیاری باعث کاهش محصول دانه و کاهش ET شد و همچنین باعث زودرس شدن کاملینا گردید (Hergert et al., 2016). آزمایشی دوساله توسط نوپان و همکاران در سال ۲۰۲۰ در نوادا جهت بررسی محصول کاملینا بهار تحت سطوح مختلف آبیاری (۵۰، ۷۵، ۱۰۰ درصد نیاز آبی) انجام گرفت، نتایج نشان داد که بیش‌ترین محصول دانه مربوط به آبیاری کامل بود (۱۰۱۳ کیلوگرم در هکتار) و تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی ۹۱۳ کیلوگرم در هکتار و تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی با ۷۷۰ کیلوگرم در هکتار کم‌ترین محصول را داشت. بیش‌ترین غلظت روغن دانه مربوط به تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی (۳۳۳/۲ گرم در کیلوگرم) گزارش گردید کارایی مصرف آب در تیمار آبیاری کامل ۲/۱ کیلوگرم بر مترمکعب، تیمار ۰/۷۵ درصد آبیاری کامل ۲/۴ کیلوگرم بر مترمکعب و تیمار ۵۰ درصد آبیاری کامل ۲/۸ کیلوگرم بر مترمکعب بود. غلظت پروتئین خام در آبیاری کامل ۲۷۱/۲ و ۰/۷۵ آبیاری کامل ۲۷۴/۸ و ۵۰ درصد آبیاری کامل ۲۸۱ گرم در کیلوگرم گزارش گردید. تولید روغن دانه در این سه تیمار به ترتیب ۳۲۹، ۳۰۶، ۲۴۹ کیلوگرم در هکتار بود؛ و تولید سوخت زیستی به ترتیب ۱۳۶، ۱۲۶ و ۱۰۳ لیتر در هکتار بود آن‌ها اعلام کردند که کاملینا با کم‌آبیاری معادل ۰/۷۵ درصد نیاز آبی در مناطق کم بارش، با موفقیت می‌تواند کشت شود (Neupane et al., 2020). آزمایشی توسط گائو و همکاران در سال ۲۰۱۸ روی



شکل ۱- دمای بیشینه و کمینه روزانه و میانگین رطوبت نسبی روزانه در طول دوره‌ی رشد کاملینا (۳۰ بهمن ۱۳۹۸ تا ۳۰ خرداد ۱۳۹۹)



شکل ۲- میزان بارش روزانه در طول دوره‌ی رشد کاملینا



شکل ۳- شدت تبخیر-تعرق گیاه مرجع در طول دوره‌ی رشد کاملینا (۳۰ بهمن ۱۳۹۸ تا ۳۰ خرداد ۱۳۹۹)

نیترژن خالص به صورت کود اوره نیز طی دو مرحله در ابتدای کشت و آغاز گلدهی به مزرعه داده شد. پس از تسطیح زمین به صورت دستی، ۱۲ کرت به ابعاد دو متر در دو متر با ارتفاع پشته ۳۰ سانتی متر ایجاد شد و در هر کرت، بذرها در شش ردیف در عمق یک تا دو سانتی متر از سطح خاک کاشته شد. نوع بذر رقم سهیل، فاصله بذرها روی ردیف و فاصله ردیف‌ها از یکدیگر به ترتیب ۱۵ و ۳۳ سانتی متر و تراکم کاشت نیز ۴۶ بذر در مترمربع در نظر گرفته شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ و ۲ ارائه شده است. چگالی ظاهری خاک در ابتدا انجام پژوهش اندازه‌گیری شد.

آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار به اجرا درآمد. چهار سطح آبیاری، FI، 0.75FI، 0.5FI، Rainfed (آبیاری با ۱۰۰٪، ۷۵٪، ۵۰٪ آبیاری کامل و دیدیم) در تمام مراحل رشد، اعمال گردید. روش آبیاری کرتی و زمان و مقدار آب آبیاری با توجه به اندازه‌گیری رطوبت خاک انجام شد. با توجه به اطلاعات موجود از آنالیز شیمیایی خاک منطقه مورد مطالعه، پس از شخم زمین به کمک تراکتور، ۳۰ کیلوگرم در هکتار فسفر خالص به صورت کود سوپر فسفات تریپل ($Ca(H_2PO_4)$) که حاوی ۴۶ درصد P_2O_5 است با لایه سطحی خاک مخلوط گردید، هم‌چنین ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی خاک مزرعه مورد مطالعه (Yarami and Sepaskhah., 2015)

چگالی ظاهری ($g\ cm^{-3}$)	نقطه پژمردگی دائم ($cm^3\ cm^{-3}$)	ظرفیت زراعی ($cm^3\ cm^{-3}$)	رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	بافت خاک	ضخامت لایه (cm)
۱/۴	۰/۱۹	۰/۳۲	۳۳	۵۶	۱۱	لوم سیلتی رسی	۰-۳۰
۱/۴۷	۰/۱۷	۰/۳۲	۳۹	۵۱	۱۰	لوم سیلتی رسی	۳۰-۶۰
۱/۵۱	۰/۱۷	۰/۳۲	۳۴	۵۰	۱۶	لوم سیلتی رسی	۶۰-۹۰

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی خاک مزرعه مورد مطالعه (Yarami and Sepaskhah., 2015)

EC_e ($dS\ m^{-1}$)	Cl ($meq\ l^{-1}$)	Na^+ ($meq\ l^{-1}$)	Mg^{2+} ($meq\ l^{-1}$)	Ca^{2+} ($meq\ l^{-1}$)	ضخامت لایه (cm)
۰/۷۴	۵/۳۱	۳/۲۹	۳/۵	۵/۴۳	۰-۳۰
۰/۵۱	۳/۰۵	۱/۹۷	۲/۸۸	۴/۱۶	۳۰-۶۰
۰/۴۹	۲/۹	۱/۹۱	۲/۸۴	۴/۰۷	۶۰-۹۰

خشک گیاه، نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شد و به مدت ۷۲ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و سپس وزن خشک اندازه‌گیری شد و در نهایت شاخص برداشت بر اساس نسبت محصول دانه به کل ماده خشک هوایی تعیین شد. مقدار تبخیر-تعرق واقعی گیاه با توجه به معادله بیلان از معادله (۲) تعیین گردید:

$$ET_a = I + P - D_p \pm \Delta S \quad (2)$$

که در آن ET_a تبخیر-تعرق در فاصله زمانی بین دو قرائت رطوبت خاک، I مقدار آب آبیاری کاربردی، P میزان بارش، D_p نفوذ عمقی و ΔS تفاوت مقدار رطوبت خاک در آن دوره می‌باشد. در معادله ذکر شده تمامی پارامترها دارای واحد یکسان می‌باشند. نفوذ عمقی بر اساس معادله‌ی زیر تخمین زده می‌شود.

$$D_p = I + P - \sum_{i=1}^n (\theta_{FCi} - \theta_i) \Delta z_i \quad (3)$$

که در آن I عمق آب آبیاری (mm)، θ_{FCi} رطوبت حجمی لایه i ام خاک در حالت ظرفیت زراعی ($\frac{m^3}{m^3}$)، θ_i رطوبت حجمی لایه i ام خاک قبل از هر آبیاری ($\frac{m^3}{m^3}$)، Δz_i عمق ریشه (m)، و n تعداد

در ابتدای زمان کشت به همه تیمارهای آبیاری ۳۰ میلی‌متر خاکاب داده شد. پس از آن در تمامی مراحل رشد تیمارهای آبیاری اعمال گردید. رطوبت خاک قبل از هر آبیاری در اعماق ۰-۳۰، ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ با استفاده از نمونه‌برداری وزنی تعیین گردید و با توجه به آن مقدار آب آبیاری برای هر نوبت با استفاده معادله‌ی زیر تعیین شد:

$$d = \sum_{i=1}^n (\theta_{FCi} - \theta_i) \Delta z \quad (1)$$

که در این معادله d مقدار آب آبیاری (m)، i شماره‌ی هر لایه از خاک، n تعداد لایه‌های خاک، θ_i رطوبت خاک در هر لایه خاک قبل از آبیاری ($\frac{m^3}{m^3}$)، θ_{FCi} رطوبت ظرفیت زراعی در هر لایه خاک ($\frac{m^3}{m^3}$)، و Δz ضخامت لایه خاک (m) است. مقدار آب آبیاری در تیمارهای 0.75FI با ضرب ۰/۷۵ در مقدار آب آبیاری در تیمار کامل و 0.5FI با ضرب ۰/۵ در مقدار آب آبیاری در تیمار کامل تعیین گردید. برداشت و نمونه‌برداری از محصول در تاریخ ۳۰ خرداد ۱۳۹۹ انجام شد، مقدار محصول دانه و کاه و کلش هر کرت به‌طور جداگانه بسته‌بندی شد. وزن کل با ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری شد و برای اندازه‌گیری وزن

مقدار محصول دانه ($kg\ ha^{-1}$) و ET_a کل تبخیر-تعرق واقعی کاملینا (آب مصرفی) در فصل رشد ($m^{-3}\ ha^{-1}$) می‌باشد. به‌منظور بررسی اثر تیمارهای مختلف بر رشد و محصول گیاه کاملینا و آزمون مقایسه میانگین‌ها، نرم‌افزار SAS (Statistical Analysis System) نسخه 9.4 مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج و بحث

آب آبیاری

ارتفاع آب آبیاری در طول فصل رشد در شکل (۴) ارائه شده است. علاوه بر خاکاب اولیه (۳۰ میلی‌متر) سه مرتبه آبیاری انجام شد. مقدار کل آب آبیاری در تیمار آبیاری کامل ۲۳۰ میلی‌متر بود. گیاه کاملینا با دریافت بارش معادل ۱۴۴ میلی‌متر، طول دوره رشد خود را طی چهار ماه (۱۲۲ روز) در کشت زمستانه به اتمام رساند؛ بنابراین با توجه به این نکات، این گیاه می‌تواند به‌عنوان یک دانه روغنی مناسب با طول دوره رشد کوتاه و آب موردنیاز کم به کشاورزان منطقه در الگوی کشت زمستانه معرفی گردد. نئوپان و همکاران، در نوادا آزمایشی روی سطوح مختلف کم‌آبیاری بر گیاه کاملینا، انجام دادند مقدار کل آب آبیاری در تیمار آبیاری کامل ۴۶۸ میلی‌متر بود که این تفاوت می‌تواند ناشی از اختلاف شرایط آب و هوایی با محل پژوهش حاضر است.

لایه‌های خاک می‌باشد، که در شرایطی که بارش رخ می‌دهد و رطوبت خاک به بالاتر از حد ظرفیت زراعی برسد، تعیین شده است. عمق ریشه بر اساس پروفیل رطوبت خاک تعیین شد، به‌طوری‌که، عمقی که تغییرات رطوبت خاک بین دو اندازه‌گیری صفر بوده است نشان از عدم وجود ریشه است و در این پژوهش برابر ۱۰۰ سانتی‌متر تعیین شد.

با توجه به میزان محصول و مجموع آب آبیاری و بارش در هر تیمار، بهره‌وری مجموع آب و بارش در هر تیمار محاسبه شد. در واقع بهره‌وری آب از تقسیم محصول به مجموع آب آبیاری و بارش به کاررفته در هر تیمار به دست آمد و رابطه ریاضی آن به‌صورت زیر می‌باشد:

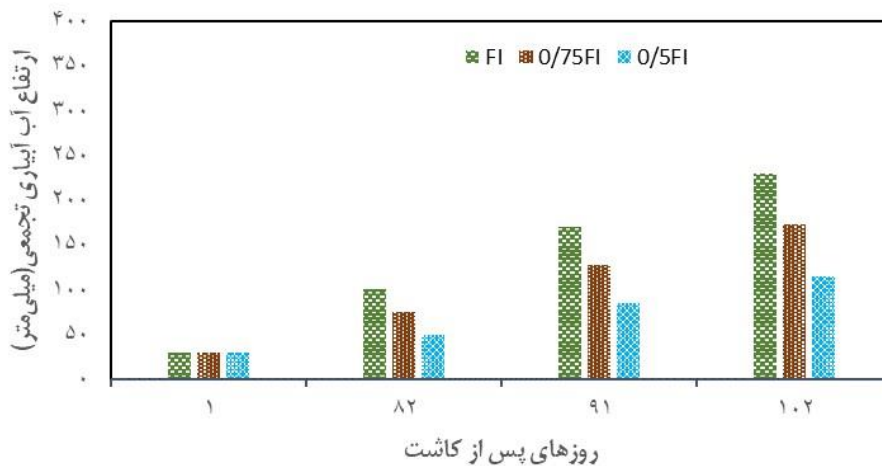
$$WP = \frac{Y}{I_g + R} \quad (4)$$

که در این رابطه WP بهره‌وری مجموع آب آبیاری و بارش ($kg\ m^{-3}$)، مقدار محصول دانه $kg\ ha^{-1}$ و I_g مقدار آب آبیاری کاربردی و R مقدار بارش ($m^3\ ha^{-1}$) می‌باشد.

بر اساس اندازه‌گیری‌های صورت گرفته و تعیین تبخیر-تعرق واقعی گیاه، مقادیر کارایی مصرف آب (WUE) به شرح زیر محاسبه گردید:

$$WUE = \frac{Y}{ET_a} \quad (5)$$

که در این رابطه WUE کارایی مصرف آب ($kg\ m^{-3}$)، Y



شکل ۴- ارتفاع آب آبیاری تجمعی (میلی‌متر) در طول فصل رشد

برای هر تیمار در شکل (۵) ارائه شده است اعمال کم‌آبیاری به میزان ۵۰ درصد آبیاری کامل و دیم باعث کاهش معنی‌دار ۲۶/۶۶ و ۴۴/۵۱ درصدی رطوبت حجمی خاک قبل از آبیاری نسبت به تیمار آبیاری کامل شده است.

میانگین رطوبت خاک

نتایج تجزیه واریانس رطوبت خاک و تبخیر-تعرق در جدول (۳) ارائه شده است. اثر سطوح آب آبیاری بر میانگین رطوبت حجمی خاک قبل از آبیاری در طول فصل رشد گیاه کاملینا اثر معنی‌دار داشته است. میانگین رطوبت حجمی خاک قبل از آبیاری در طول فصل کشت

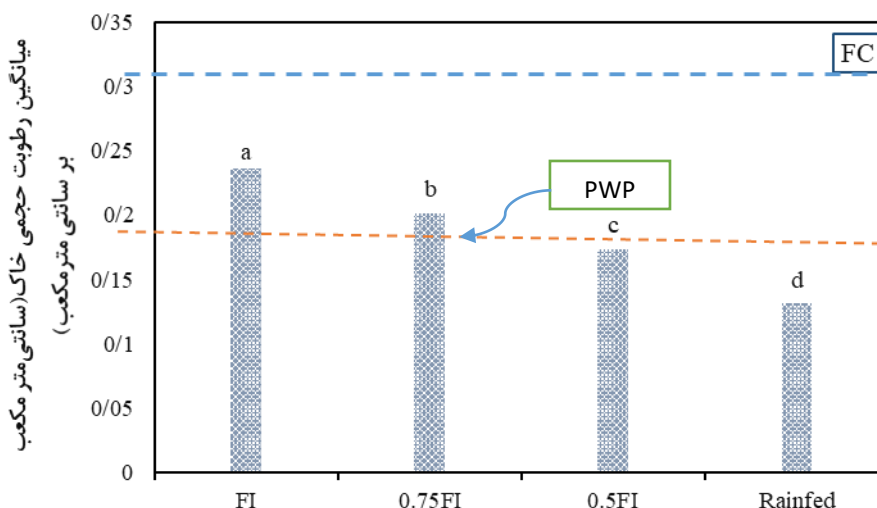
جدول ۳- تجزیه واریانس اثر کم آبیاری بر رطوبت حجمی خاک قبل از آبیاری و تبخیر-تعرق کاملینا

میانگین مربعات		درجه آزادی	منابع تغییر
تبخیر-تعرق	میانگین رطوبت حجمی خاک		
۳۵۸۱.۰۸ ^{ns}	۰.۱۳۱۶۵۸ ^{ns}	۲	تکرار
۴۷۲۴۹۲۰.۳۱ ^{**}	۵۹.۴۱۸۶ ^{**}	۳	آبیاری
۲۲۹۷.۶۴	۰.۱۵۹۶	۶	خطا
۱/۴۱	۲/۱		ضریب تغییرات (%)

ns, *, ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی داری در سطح احتمال پنج و یک درصد را نشان می دهد

مختلف کم آبیاری (آبیاری کامل، ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری) بر گیاه کاملینا، نتایج نشان داد با اعمال تنش آبیاری مقدار رطوبت حجمی خاک به شدت کاهش یافت.

در شکل (۵) مقایسه رطوبت خاک قبل از آبیاری با حد رطوبت ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم نشان داد که گیاه کاملینا در رطوبت های پایین توانسته به رشد خود ادامه دهد و خشکی را تحمل کند. طی تحقیقی توسط نئوپان و همکاران، در نوادا روی سطوح



شکل ۵- میانگین رطوبت حجمی خاک (سانتی متر مکعب بر سانتی متر مکعب) قبل از آبیاری در طول فصل کشت در رژیم های مختلف آبیاری.

تبخیر-تعرق

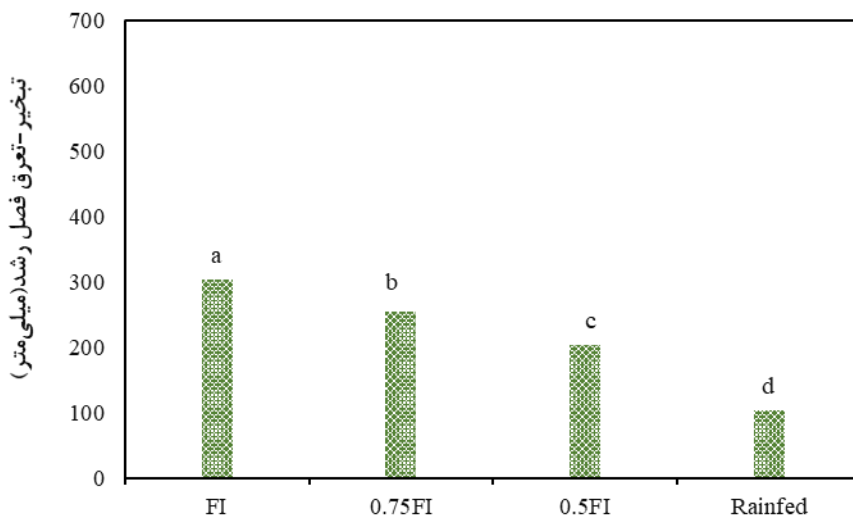
مقدار تبخیر-تعرق گیاه کاملینا در تیمارهای مختلف آبیاری در شکل (۶) قابل مشاهده است نتایج نشان داد که اثر آبیاری بر روی تبخیر-تعرق معنی دار بود با اعمال تنش آبی به ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری

کامل و دیم مقدار تبخیر-تعرق به ترتیب ۱۹/۶۲، ۳۶/۳۳ و ۶۹/۷۶ درصد نسبت به آبیاری کامل کاهش یافت؛ بنابراین با اعمال کم آبیاری و کاهش هدایت روزنه های مقدار بخار آب خارج شده از روزنه های گیاه کاهش یافته است.

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر کم آبیاری بر صفات مورد ارزیابی در کاملینا

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییر
شاخص برداشت	وزن هزار دانه	کل ماده خشک	محصول دانه		
۰/۰۰۲۶ ^{ns}	۰/۰۰۲۷۹ ^{ns}	۴۰۵۴۵۴ ^{ns}	۲۲۵۳۵ ^{ns}	۱۶۱/۳۶ ^{ns}	۲
۰/۰۰۲۵۹ ^{ns}	۰/۰۰۲۶۸ ^{**}	۱۷۰۸۶۲۶*	۱۰۰۰۱۷۷ ^{**}	۹۸۹۸۸/۵ ^{**}	۳
۰/۰۱۰۲۰	۰/۰۰۸۶۴	۳۶۶۳۳۷	۸۶۵۹/۲۲	۶۷/۳۵	۶
۹/۴	۳/۷۴	۵/۶	۶/۱۶	۱/۷۷	ضریب تغییرات (%)

ns, *, ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی داری در سطح احتمال پنج و یک درصد را نشان می دهد



شکل ۶- تبخیر- تعرق فصل رشد (میلی‌متر) گیاه کاملینا در رژیم‌های مختلف آبیاری.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر کم‌آبیاری بر صفات مورد ارزیابی در کاملینا

محصول و اجزا محصول					تیمارهای آبیاری
شاخص برداشت	وزن هزار دانه (gr)	کل ماده خشک (Kg ha ⁻¹)	کاه و کلش (Kg ha ⁻¹)	محصول دانه (Kg ha ⁻¹)	
۰/۲۶ ^a	۱/۰۹ ^a	۲۸۲۳ ^a	۲۱۳۰ ^a	۶۹۲ ^{a*}	FI
۰/۲۱ ^a	۱/۰۷ ^{ab}	۲۳۳۳ ^{ab}	۱۸۳۳ ^b	۴۹۹ ^b	0.75FI
۰/۲۷ ^a	۱/۰۱ ^b	۱۶۱۴ ^{ab}	۱۲۱۳ ^c	۴۰۰ ^c	0.5FI
۰/۲۸ ^a	۰/۸۸ ^c	۱۱۱۹ ^b	۸۵۹ ^d	۲۶۰ ^d	Rainfed

* میانگین‌ها در هر ستون که دارای حروف مشابه می‌باشند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه در جدول (۴) ارائه شده است. میانگین عملکرد دانه در سطوح مختلف آبیاری در جدول (۵) ارائه شده است؛ میزان عملکرد در شرایط دیم، ۷۵ و ۵۰ درصد نسبت به آبیاری کامل به ترتیب سبب کاهش ۲۸، ۴۲ و ۶۲ درصد محصول دانه شد. آزمایشی توسط نتوپان و همکاران، در نوادا روی سطوح مختلف کم‌آبیاری (آبیاری کامل، ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری) بر گیاه کاملینا انجام شد نتایج نشان داد حداکثر عملکرد دانه ۱۰۱۳ کیلوگرم در هکتار در تیمار آبیاری کامل به دست آمد (Naeupane et al., 2020)، این تفاوت می‌تواند ناشی از رقم کاملینا کشت شده و یا شرایط آب و هوایی منطقه مورد نظر باشد. همچنین سینتیم و همکاران در سال ۲۰۲۰، گزارش کردند در ایالت وایومینگ آمریکا در کشت بهاره کاملینا تحت شرایط دیم با کل بارش ۲۵۶ میلی‌متر، حداکثر مقدار عملکرد دانه ۱۰۶۸ کیلوگرم در هکتار به دست آمد و تاریخ کاشت اثر معنی‌دار روی عملکرد دانه داشت. آن‌ها در ادامه خاطر نشان کردند که تاریخ کاشت زود هنگام در کشت زمستانه دو رقم کاملینا باعث افزایش عملکرد دانه شد. گش و همکاران در سال ۲۰۱۱، آزمایشی در شمال ایالت متحده

آمریکا انجام دادند حداکثر مقدار عملکرد دانه ۷۰۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شد. این مقدار به مقدار محصول برداشت شده در این پژوهش (۶۹۲ کیلوگرم بر هکتار) نزدیک بوده است؛ بنابراین این دانه روغنی پتانسیل تولید عملکرد دانه با حداقل آب مصرفی (۵۰ درصد آبیاری کامل) را در اواخر زمستان (۳۰ بهمن) در شرایط آب و هوایی باجگاه تا حد قابل قبول دارد. مشاهدات میدانی در منطقه نشان می‌دهد کشت در اواسط پاییز مشابه تاریخ کشت دانه روغنی کلزا، خطر حمله حشرات و کرم‌های برگ‌خوار در مراحل ابتدایی رشد رویشی گیاه را در شرایط آب و هوایی باجگاه در استان فارس دارد.

کاه و کلش

با توجه به نتایج تجزیه واریانس در جدول (۴) مشخص گردید که اثر آبیاری روی کاه و کلش معنی‌دار شده است؛ و حداکثر مقدار کاه و کلش ۲۱۳۰ کیلوگرم در هکتار در تیمار آبیاری کامل مشاهده گردید (جدول ۵) که در مقایسه با حداکثر کاه و کلش ارائه شده توسط سایر محققین مانند جانکوسکی و همکاران در سال ۲۰۱۹ به شدت کمتر است. این مسئله می‌تواند ناشی از طول دوره رشد محدود گیاه با توجه

به کشت زمستانه باشد درحالی که حداکثر محصول دانه این تفاوت را نداشت. کاهش آب آبیاری به ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری کامل و دیم باعث کاهش معنی‌دار ۱۳/۹۴، ۴۳/۰۱ و ۵۹/۶۵ درصدی کاه و کلش نسبت به آبیاری کامل در سطح احتمال پنج درصد شد. به‌طور کلی کشت زمستانه کاملینا (۳۰ بهمن) رشد رویشی گیاه را با توجه به طول دوره رشد کوتاه آن محدود کرد؛ بنابراین در شرایطی که هدف از کشت مصارف علوفه‌ای است این تعویق در تاریخ کشت به اواخر زمستان کاهش قابل‌ملاحظه‌ای در محصول کاه و کلش در مقایسه ایجاد می‌کند و توصیه نمی‌شود.

کل ماده خشک

نتایج تجزیه واریانس کل ماده خشک در جدول شماره (۴) نشان داد کل ماده خشک در تیمارهای آبیاری کامل، ۷۵ و ۵۰ درصد آب آبیاری در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار با یکدیگر داشتند (جدول ۵). اعمال کم آبیاری از آبیاری کامل به ۵۰ درصد آبیاری کامل کاهش معنی‌دار در مقدار کل ماده‌ی خشک ایجاد نکرد. درحالی‌که کشت دیم باعث کاهش ۶۰ درصدی مقدار کل ماده‌ی خشک نسبت به آبیاری کامل گردید؛ آزمایشی دوساله در نوادا با آب و هوای خشک با میانگین بارندگی سالانه ۲۴۱ میلی‌متر، توسط نتوپان و همکاران، جهت بررسی تنش آبی با تیمارهای آبیاری کامل، ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری کامل، بر روی کاملینا انجام گرفت، آن‌ها حداکثر مقدار کل ماده خشک را ۲۲۹۶ کیلوگرم در هکتار در تیمار آبیاری کامل گزارش کردند که نتایج نزدیک به این پژوهش (۲۸۲۲ کیلوگرم بر هکتار) طبق جدول (۵) است.

وزن هزار دانه

طبق تجزیه واریانس وزن هزار دانه در جدول (۴)، نتایج نشان داد اثر رژیم آبیاری روی وزن هزار دانه معنی‌دار بوده است؛ اعمال تنش از آبیاری کامل به ۷۵ درصد آبیاری کامل کاهش معنی‌دار را در مقدار وزن هزار دانه ایجاد نکرد (جدول ۵). درحالی‌که در تیمار دیم باعث

کاهش ۲۰ درصدی وزن هزار دانه نسبت به آبیاری کامل گردید. آزمایشی دوساله توسط نتوپان و همکاران، روی سطوح مختلف آبیاری (آبیاری کامل، ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری کامل) در نوادا نشان داد حداکثر مقدار وزن هزار دانه در سال اول ۲۰۱ گرم و سال دوم ۱۶۶ گرم در تیمار آبیاری کامل به دست آمد که از حداکثر وزن هزار دانه به‌دست‌آمده در این پژوهش بیش‌تر بود، این اختلاف می‌تواند ناشی از تفاوت شرایط آب و هوایی دو منطقه و مدیریت کود کاربردی یا تفاوت در ارقام بذر کاملینا باشد. درحالی‌که آزمایشی سه‌ساله توسط جانکوسکی و همکاران، در لهستان انجام گرفت نتایج نشان داد حداکثر مقدار وزن هزار دانه در کشت بهاره در کاربرد کود نیتروژن در سال اول، دوم و سوم به ترتیب ۱/۶۴، ۱/۱۷ و ۱/۶ گرم به دست آمد؛ که نتایج وزن هزار دانه سال ۲۰۱۷ با حداکثر مقدار وزن هزار دانه این پژوهش نزدیک بوده است.

شاخص برداشت

با توجه به نتایج تجزیه واریانس در جدول (۴)، نتایج نشان داد اثر رژیم‌های آبیاری روی شاخص برداشت معنی‌دار نیست؛ و تیمارها اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد نداشتند (جدول ۵). در نوادا حداکثر مقدار شاخص برداشت ۰/۲۸ گزارش شد که این مقدار برابر با شاخص برداشت در کشت در اواخر زمستان (۳۰ بهمن) در این پژوهش بود (Naeupane et al., 2020).

بهره‌وری آب آبیاری و باران برای محصول دانه و کل ماده خشک

طبق نتایج تجزیه واریانس بهره‌وری آب آبیاری و باران برای محصول دانه و کل ماده خشک در جدول شماره (۶) اثر آبیاری روی بهره‌وری آب در محصول دانه و کل ماده خشک اثر معنی‌دار داشته است (جدول ۷)؛ مقدار بهره‌وری آب محصول دانه کاملینا در تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌دار نداشت.

جدول ۶- تجزیه واریانس اثر کم‌آبیاری بر صفات مورد ارزیابی در کاملینا

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییر
کارایی مصرف آب برای کل ماده خشک	کارایی مصرف آب برای محصول دانه	بهره‌وری آب آبیاری و باران برای کل ماده خشک	بهره‌وری آب آبیاری و باران برای محصول دانه		
۰/۰۲۹۱۷ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۱۴ ^{ns}	۰/۰۵۴۲۹ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۱۵ ^{ns}	۲	تکرار
۰/۰۴۱۰۶ ^{ns}	۰/۰۰۲۰ ^{**}	۰/۰۱۹۰ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۹۸ ^{**}	۳	آبیاری
۰/۰۵۰۵۰	۰/۰۰۰۰۱۴	۰/۰۹۶۸۲	۰/۰۰۰۰۱۸	۶	خطا
۳/۷	۲/۷	۳/۷	۲/۲		ضریب تغییرات (%)

ns، *، ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در احتمال پنج و یک درصد را نشان می‌دهد

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر کم‌آبیاری بر صفات مورد ارزیابی در کاملینا.

بهره‌وری و کارایی مصرف آب				
تیمارهای آبیاری	بهره‌وری آب آبیاری و باران برای محصول دانه	کل ماده خشک	کارایی مصرف آب برای ماده خشک	کارایی مصرف آب برای کل
	(Kg m ⁻³)	(Kg m ⁻³)	(Kg m ⁻³)	(Kg m ⁻³)
FI	۰/۱۸ ^{a*}	۰/۷۶ ^a	۰/۸۴ ^a	۰/۳۰ ^b
0.75FI	۰/۱۵ ^a	۰/۷۳ ^a	۰/۸۴ ^a	۰/۱۸ ^c
0.5FI	۰/۱۵ ^a	۰/۶۲ ^a	۰/۷۳ ^a	۰/۱۸ ^c
Raifed	۰/۱۸ ^a	۰/۷۷ ^a	۱/۰۷ ^a	۰/۲۵ ^a

*میانگین‌ها در هر ستون که دارای حروف مشابه می‌باشند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

هکتار را دارد، بنابراین این دانه روغنی پتانسیل تولید با حداقل آب مصرفی را در طول دوره رشد کوتاه خود (۱۲۲ روز) در شرایط آب و هوایی باجگاه تا حد قابل قبول را دارد. از طرف دیگر این دانه روغنی در طول دوره رشد با مشکل آفات نیز در کشت زمستانه روبرو نشد. البته لازم به توضیح است که جهت بررسی اثر آفات و حشرات بر تاریخ کشت کاملینا پژوهش‌های تکمیلی توسط متخصصین لازم است تا بتوان نتیجه قطعی ارائه نمود. نتایج محصول کاه و کلش نشان داد در شرایطی که هدف از کشت مصارف علوفه‌ای است این تعویق در تاریخ کشت به اواخر زمستان کاهش قابل ملاحظه‌ای در محصول کاه و کلش ایجاد می‌کند و توصیه نمی‌شود. حداکثر بهره‌وری آب عملکرد دانه در تیمار آبیاری کامل به جهت عملکرد دانه بیش‌تر و تیمار دیم به جهت کل آب مورد استفاده کم‌تر، مشاهده گردید. بهره‌وری آب ماده خشک بین تیمارها اختلاف معنی‌دار نداشت. حداکثر کارایی مصرف آب عملکرد دانه ۰/۲۵ کیلوگرم بر مترمکعب در تیمار دیم مشاهده گردید. به‌طور کلی بر اساس شاخص بهره‌وری آب آبیاری و باران برای عملکرد دانه در صورت وجود آب به‌اندازه‌ای کافی در دسترس کشاورز توصیه می‌شود آبیاری کامل صورت گیرد. در غیر این صورت شرایط دیم مناسب‌تر است و کم‌آبیاری در طول دوره رشد کوتاه در تاریخ کشت به‌همین‌ماه باعث بهبود در بهره‌وری آب محصول دانه نمی‌شود.

منابع

- Belayneh, H. D., Wehling, R. L., Cahoon, E. and Ciftci, O. N. 2015. Extraction of omega-3-rich oil from *Camelina sativa* seed using supercritical carbon dioxide. *The Journal of Supercritical Fluids*. 104:153-159.
- Budin, J. T., Breene, W. M. and Putnam, D. H. (1995). Some compositional properties of camelina (*Camelina sativa* L. Crantz) seeds and oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 72(3): 309-315.

با کشت در بهمن‌ماه به‌طور کلی بر اساس شاخص بهره‌وری آب آبیاری و باران برای محصول دانه، در صورت وجود آب به‌اندازه‌ای کافی در دسترس کشاورز توصیه می‌شود آبیاری کامل صورت گیرد. در غیر این صورت شرایط دیم مناسب‌تر است و کم‌آبیاری در طول دوره رشد کوتاه در کشت در اواخر زمستان باعث بهبود در بهره‌وری آب محصول دانه نمی‌شود.

کارایی مصرف آب برای محصول دانه و کل ماده خشک

با توجه به نتایج تجزیه واریانس کارایی مصرف آب برای محصول دانه در جدول شماره (۶) مشخص گردید که اثر آبیاری روی کارایی مصرف آب بر محصول دانه معنی‌دار بود (جدول ۷)؛ و حداکثر مقدار کارایی مصرف آب محصول دانه کاملینا برابر ۰/۲۵ کیلوگرم بر مترمکعب در تیمار آبیاری دیم مشاهده گردید؛ کارایی مصرف آب در تیمار دیم افزایش ۲۰، ۳۹ و ۳۹ درصدی نسبت به تیمار آبیاری کامل، ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری کامل داشت. تجزیه واریانس کارایی مصرف آب برای کل ماده خشک در جدول شماره ۵ ارائه شده است، نتایج نشان داد اثر آبیاری روی کارایی مصرف آب کل ماده خشک معنی‌دار نبوده است (جدول ۷). آزمایشی دوساله توسط نئوپان و همکاران در نوادا روی کاملینا با اعمال تنش آبی انجام گرفت نتایج نشان داد حداکثر کارایی مصرف آب کل ماده خشک در سال اول ۲/۸ کیلوگرم بر مترمکعب در تیمار ۵۰ درصد آبیاری و حداقل آن ۲/۱ کیلوگرم بر مترمکعب در تیمار آبیاری کامل به دست آمد؛ که حداکثر کارایی مصرف آب این پژوهش کاهش ۵۹ درصدی نسبت به حداکثر کارایی مصرف آب در تحقیق نئوپان و همکاران داشت (Naeupane et al., 2020).

نتیجه‌گیری

در شرایط آب و هوایی باجگاه در استان فارس، گیاه کاملینا با کاشت زمستانه (۳۰ بهمن) و دریافت مجموع بارش و آب آبیاری برابر با ۳۷۴ میلی‌متر امکان تولید محصول دانه به میزان ۶۹۲ کیلوگرم در

Conditions in Kermanshah-Iran's first report.

- Neupane, D., Solomon, J. K., Mclennon, E., Davison, J. and Lawry, T. 2020. Camelina production parameters response to different irrigation regimes. *Industrial Crops and Products*. 148: 112-286.
- Sintim, H. Y., Zheljzkov, V. D., Obour, A. K., Garcia y Garcia, A. and Foulke, T. K. 2016. Evaluating agronomic responses of camelina to seeding date under rain-fed conditions. *Agronomy journal*. 108(1): 349-357.
- Yarami, N. and Sepaskhah, A. R. 2015. Saffron response to irrigation water salinity, cow manure and planting method. *Agricultural Water Management*. 150: 57-66.
- Zanetti, F., Eynck, C., Christou, M., Krzyżaniak, M., Righini, D., Alexopoulou, E., ... and Monti, A. 2017. Agronomic performance and seed quality attributes of Camelina (*Camelina sativa* L. crantz) in multi-environment trials across Europe and Canada. *Industrial Crops and Products*. 107: 602-608.
- Gao, L., Caldwell, C. D. and Jiang, Y. 2018. Photosynthesis and growth of camelina and canola in response to water deficit and applied nitrogen. *Crop Science*. 58(1): 393-401.
- George, N., Thompson, S. E., Hollingsworth, J., Orloff, S. and Kaffka, S. 2018. Measurement and simulation of water-use by canola and camelina under cool-season conditions in California. *Agricultural Water Management*. 196: 15-23.
- Gesch, R. W., Dose, H. L. and Forcella, F. 2017. Camelina growth and yield response to sowing depth and rate in the northern Corn Belt USA. *Industrial Crops and Products*. 95: 416-421.
- Gesch, R. W. and Cermak, S. C. 2011. Sowing date and tillage effects on fall-seeded camelina in the northern corn belt. *Agronomy journal*. 103(4): 980-987.
- Jankowski, K. J., Sokólski, M., & Kordan, B. 2019. Camelina: Yield and quality response to nitrogen and sulfur fertilization in Poland. *Industrial Crops and Products*. 141: 111-776.
- Kahrizi, D., ROSTAMI, A. H. and Akbarabadi, A. (2015). Feasibility cultivation of Camelina (*Camelina sativa*) as medicinal-oil Plant in Rainfed

Winter Cultivation of Camelina Under Different Irrigation Regimes in Bajgah Region of Fars Province

R. Talebnejad^{*1}, M. Lor-Mohammad-Hassani², A.R. Sepaskhah³

Received: May. 17, 2021

Accepted: Jul. 07, 2021

Abstract

Oilseeds are particularly important among crops, therefore, new oilseeds with greater adaptability to environmental stresses and lower water and fertilizer requirements should be developed. Crops are exposed to various stresses during their growth period and water stress is the most serious challenge in crop production, especially in arid and semi-arid regions in Iran. Camellia seeds are a rich source of oils and omega-3 fatty acids. Due to the importance of camelina cultivation and investigating the possibility of cultivating, this crop in late winter (February), an experiment was conducted in a completely randomized design with three replications in the research farm at the Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Shiraz University. Irrigation treatments were considered at four levels (100,75,50% of full irrigation and rainfed). According to the results, the maximum seed yield and straw yield were 692 and 2130 kg ha⁻¹ in full irrigation treatment and the minimum was 260 and 859 kg ha⁻¹ in rainfed treatment, respectively. The results indicated that camelina has the potential of cultivation with minimum water consumption (370 mm) at the late winter planting date (February 19) in the climatic conditions of Bajgah to an acceptable level (692 kg ha⁻¹). In general, based on the irrigation and rain water productivity of the seed yield, when there is enough irrigation water available to the farmer, full irrigation is recommended, otherwise, the rainfed cultivation is appropriate.

Keywords Deficit irrigation, Oilseed yield, Water productivity, Winter planting date

1- Assistant Professor, Department of Water Engineering and Drought Research Center, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

2- M.Sc. Candidate of Irrigation and Drainage, Department of Water Engineering and Drought Research Center, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

3- Professor, Department of Water Engineering and Drought Research Center, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

(* - Corresponding Author Email: rtalebnejad@shirazu.ac.ir)