مقاله پژوهشی نشریه پژوهش آب در کشاورزی / ب / جلد ۳۸ / شماره ۱/ ۱۴۰۳.ص۸۱-۹۰
https://doi.org/10.22092/jwra.2024.364723.1030

تأثیر مقادیر مختلف آب آبیاری بر عملکرد و میزان پرولین کاملینا (*Camelina sativa* L. Crantz)

سید اسماعیل یزدانی*، سید احمد حسینی و غلامحسن رنجبر

دانشجوی دکتری آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان. **esmaeelyazdani@gmail.com**

استادیار، گروه ژنتیک و تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان. **a.hosseini@vru.ac.ir**

دانشیار، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران. **ranjbar71@gmail.com**

دریافت: بهمن ۱۴۰۲ و پذیرش: خرداد ۱۴۰۳

چکیده

کاملینا یک گیاه دانه روغنی است که می‌تواند در مناطق خشک و نیمه خشک با مصرف آب کم، عملکرد مناسبی تولید نماید. به منظور بررسی واکنش کاملینا (رقم سهیل) به کاربرد مقادیر مختلف آب آبیاری، این مطالعه در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲ در شهرستان خاتم استان یزد انجام شد. تیمارهای رطوبتی به ترتیب شامل آبیاری مزرعه به روش تیپ ۱۰۰٪ (آبیاری کامل به‌عنوان شاهد)، ۷۵٪ و ۵۰٪ آبیاری کامل) بود. نتایج نشان داد که تأثیر تیمارهای آبیاری بر عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، ارتفاع بوته و درصد پروتئین کاملینا معنی‌دار بود ($p<0.05$) و با کاهش حجم آب آبیاری میزان عملکرد بیولوژیک بطور معنی‌دار کاهش یافت با مصرف آب آبیاری به میزان ۷۵٪ و ۵۰٪ آبیاری کامل، عملکرد بیولوژیک به ترتیب ۱۸/۳٪ و ۴۶/۰٪ در مقایسه با تیمار شاهد کاهش نشان داد. بیشترین عملکرد دانه به میزان ۲۳۷۳/۳ کیلوگرم در هکتار با کاربرد ۲۳۸۴ مترمکعب آب آبیاری در هکتار (تیمار شاهد) بدست آمد. با کاهش میزان آب آبیاری به میزان ۷۵٪ و ۵۰٪ آبیاری کامل، عملکرد دانه به ترتیب به میزان ۳۱/۴٪ و ۴۰٪ کاهش یافت. میزان‌های شاخص برداشت در تیمارهای ۱۰۰٪، ۷۵٪ و ۵۰٪ به ترتیب ۲۲/۶٪، ۱۹٪ و ۲۵٪ بود. حداکثر ارتفاع گیاه مربوط به تیمار شاهد و ۹۰ سانتی‌متر بود. میزان بهره‌وری آب بین ۰/۸۸ کیلوگرم بر متر مکعب برای تیمار ۷۵٪ آبیاری کامل تا ۱/۰۴ کیلوگرم بر متر مکعب در تیمار کاربرد آبیاری کامل بود. بیشترین میزان پرولین گیاه در تیمارهای کاهش حجم آب آبیاری مشاهده شد، بطوریکه با کاهش حجم آب آبیاری، میزان پرولین در مقایسه با شاهد به میزان ۱/۴ برابر افزایش یافت. نتایج نشان داد که در مقایسه با گیاهان زراعی رایج زمستانه، حجم آب آبیاری مورد نیاز برای گیاه کاملینا به ویژه با روش آبیاری تیپ بسیار کم می‌باشد. از این‌رو، این گیاه می‌تواند به عنوان یک گیاه کم‌آبخواه در کشت‌های تاخیری در فصل زمستان استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: کم‌آبیاری ، بهره‌وری آب، کاملینا رقم سهیل، دانه روغنی، گیاه کم آبخواه

* – آدرس ایمیل نویسنده مسئول: esmaeelyazdani@gmail.com

مقدمه

کاملینا (*Camelina sativa*) یک گیاه دانه روغنی است که در سال‌های اخیر به جامعه کشاورزی معرفی شده است. این گیاه عضو خانواده براسیکا بوده و خاستگاه اصلی آن کشورهای فنلاند، رومانی و کوهستان اورال است (میرلیتا و ویکاس، ۲۰۱۵). این گیاه دارای طول دوره رشدی کوتاه حدود ۸۵ تا ۱۰۰ روزه است که البته در فصول سرد طولانی‌تر خواهد شد. ساقه گیاه تا ارتفاع یک متر رشد می‌کند، برگ گیاه باریک، دراز، نوک‌تیز که معمولاً طول آن‌ها بین دو تا هشت میلی‌متر و عرض آن‌ها در حدود ۲ تا ۱۰ میلی‌متر است و به‌صورت متناوب بر روی ساقه قرار دارند (زرگری، ۱۳۷۶). نوع میوه خورجینک و تقریباً قلبی شکل است و دارای بذرهای ریز به رنگ قهوه‌ای است (گوگل و فالک، ۲۰۰۶). وزن هزار دانه بذر در حدود دو گرم و فاقد دوره خواب است (رستمی احمدوندی و همکاران، ۱۳۹۹).

هدف از کاشت کاملینا، تولید روغن خوراکی است. دانه‌های کاملینا حدود ۳۵ تا ۴۰ درصد چربی و پروتئین خام دارد. چربی این گیاه حاوی ۹۰ درصد اسیدهای چرب غیراشباع است (هورتاد و پیراد، ۲۰۰۷؛ لارنس و همکاران، ۲۰۱۶؛ پائولا و همکاران، ۲۰۱۹). روغن گیاه شفاف و به رنگ زرد طلایی و دارای سطوح بالای از اسیدهای چرب امگا۳ و ۶ است. به دلیل محتوای آنتی‌اکسیدانی بالای روغن کاملینا فسادپذیری آن کمتر است (تارانو و همکاران، ۲۰۱۴). از مهم‌ترین خواص فیزیکی روغن می‌توان به ضریب شکست ۱/۴۷۵۶، چگالی ۰/۹۲ سی‌سی/گرم در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و عدد یدی ۱۰۵ گرم ید در ۱۰۰ گرم روغن و نقطه دودی شدن (مقاومت در برابر دما) ۲۴۶ درجه سانتی‌گراد اشاره نمود (کرولی و فرولیچ، ۱۹۹۸). از سایر مصارف روغن کاملینا می‌توان به مصارف آرایشی، بهداشتی، دارویی و سوخت زیستی اشاره نمود (وارایچ و همکاران، ۲۰۱۳).

از ویژگی‌های این گیاه می‌توان به نیاز آبی کم، سازگار به شرایط دشوار آب و هوایی و دمای پایین (۱/۵ درجه سانتی‌گراد) اشاره کرد (سنه‌کوری، ۲۰۲۱؛ پائولا و همکاران، ۲۰۱۹). عقیده بر این است که کاملینا برای رشد به میزان آب کمی نیاز دارد (کهریزی و رستمی، ۱۳۹۲). این گیاه قابلیت کاشت در بسیاری از مناطق کشور از جمله اردبیل، همدان (به‌عنوان اقلیم سردسیر) رشت، ایلام، کرمانشاه، کرج، مشهد (به‌عنوان آب‌وهوای معتدل) و اهواز و بوشهر (به‌عنوان اقلیم گرم) دارد (راضعی و همکاران، ۲۰۱۸). بخشی و همکاران (۲۰۲۱) گزارش کردند که به دلیل تحمل مناسب گیاه به تنش‌های محیطی، کاملینا را می‌توان به‌عنوان یک محصول بسیار مفید برای مناطق گرم و خشک کشور در نظر گرفت. استخر و رنجبر (۲۰۲۱) نیز گزارش کردند که کاملینا گیاهی مقاوم به سرما بوده و دمای زیر صفر درجه را حتی در مرحله گیاهچه‌ای به‌راحتی تحمل می‌کند. ایشان میزان عملکرد گیاه را با کاشت آن در اواخر آذرماه در حدود یک تن در هکتار گزارش کردند.

بر اساس منابع موجود نیاز آبی گیاه کاملینا در کشت پاییزه حدود ۵۵۰ میلی‌متر است (فروغی، ۱۳۹۵) که می‌بایست از طریق برنامه‌ریزی مناسب آبیاری در طول فصل رشد، در اختیار گیاه قرار داده شود. امیری دربان و همکاران (۱۴۰۰) در یک مطالعه دوساله مزرعه‌ای با تیمارهای مختلف قطع آبیاری در انتهای فصل رشد گزارش کردند که بیشترین عملکرد دانه و روغن کاملینا در تیمار آبیاری کامل به دست آمد. در این مطالعه با قطع آبیاری در مرحله گلدهی، عملکرد دانه به ترتیب ۷۴ و ۷۸ درصد و در مرحله خورجین دهی به ترتیب ۴۶ و ۵۱ درصد کاهش نشان داد. آن‌ها بحث کردند که در شرایط قطع آبیاری، کاهش محتوای نسبی آب برگ و میزان کلروفیل از یک سو و افزایش مقاومت روزنه‌ای و دمای سایه‌انداز از سوی دیگر، اثر منفی بر شرایط رشد بوته‌های کاملینا داشت و عملکرد نهایی آن کاهش یافت. پاولیستا و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که با کاهش دسترسی گیاه به آب آبیاری، محتوای روغن به‌طوری معنی‌داری در گیاه کاهش یافت. در آزمایشی مشابه، قمرنیا و همکاران (۱۳۹۵-الف) با مقایسه ارقام کلزا و یک رقم کاملینا گزارش کردند که گیاه

کاملینا با اینکه عملکرد دانه کمتری نسبت به ارقام کلزا داشت، بااین‌حال تحت شرایط تنش خشکی از مقدار روغن بیشتری برخوردار بود.

یکی از ویژگی‌های مناسب این گیاه دوره رشد کوتاه آن است که معمولاً در حدود ۸۵ تا ۱۰۰ روز است. این ویژگی باعث می‌شود که به‌ویژه در مناطقی که به خاطر تأخیر کاشت امکان کاشت گندم وجود ندارد، از فضاهای خالی موجود استفاده نمود و به کاشت آن پرداخت. علاوه بر این در این زمان بخاطر دمای مناسب هوا و میزان تبخیر پایین از سطح خاک، آب کافی به‌منظور آبیاری گیاه در صورت عدم بارندگی وجود خواهد داشت.

در شهرستان خاتم استان یزد به دلیل کاشت ذرت، در برخی موارد بخاطر شرایط آب و هوایی برداشت آن به تأخیر افتاده، لذا امکان کشت گیاهان پاییزه مانند کلزا و گندم میسر نمی‌گردد. هدف از این مطالعه بررسی امکان تولید کاملینا در کشت تأخیری و واکنش آن به تیمارهای مختلف آبیاری بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور مطالعه واکنش گیاه دانه روغنی کاملینا (رقم سهیل) نسبت به میزان‌های متفاوت آب آبیاری، این مطالعه در نیمه دوم سال ۱۴۰۱ در شهرستان خاتم استان یزد انجام شد. کاشت گیاه پس از انجام عملیات خاک‌ورزی مرسوم در تاریخ ۳۰ آذر ماه ۱۴۰۱ کشت گردید. تیمارهای آب شامل آبیاری معادل ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌عنوان شاهد (آبیاری کامل) و آبیاری معادل ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری کامل بود. به‌منظور برنامه‌ریزی آبیاری کاملینا در منطقه مطالعاتی (تعیین دور و عمق آبیاری‌ها) و اعمال تیمارهای مختلف آب آبیاری (تیمارهای ۱۰۰٪، ۷۵ ٪ و ۵۰٪)، ابتدا مقدار نیاز آبی در تیمار آبیاری کامل به کمک آمار هواشناسی روزانه نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به منطقه، تبخیر و تعرق مرجع روزانه (ETo) و به مقدار ۳۵۹ میلی‌متر محاسبه شد. با توجه شرایط اقلیمی و مقبولیت روش فائو پنمن مانتیث در برآورد ETo، از روش مذکور برای محاسبه تبخیر و تعرق مرجع استفاده شد. سپس از ضرایب گیاهی (Kc) بدست آمده برای گیاه کاملینا در مراحل مختلف رشد استفاده گردید تا تبخیر تعرق کاملینا (ETc) برای تیمار بدون تنش محاسبه گردد. این ضرایب در مراحل ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی به ترتیب ۰/۹۴، ۱/۱۱، ۱/۳۱ و ۰/۶۷ گزارش شده است (فروغی، ۱۳۹۵). لذا تغییرات روزانه و تجمعی ETc این گیاه برای تیمار بدون تنش در طول فصل رشد بین ۱/۸ تا ۴/۶ میلی‌متر بر روز محاسبه گردید. دور آبیاری‌ها برای تمام تیمارهای آب، به‌صورت ثابت فرض شد و تنها عمق آبیاری متناسب با نیاز آبی محاسبه‌شده از داده‌های هواشناسی و برای دور آبیاری ۱۰ روزه در هر دور آبیاری متغیر بود. با توجه به مشخص بودن مساحت هر تیمار و دبی جریان آب ورودی به کرت‌های آزمایش، مدت زمان لازم برای تأمین نیاز آبی هر تیمار در هر نوبت آبیاری محاسبه گردید و مبنای کنترل عمق آب در هر تیمار قرار گرفت. با توجه به اینکه از لوله‌گذاری، نصب کنتور حجمی بر روی لوله اصلی و سیستم آبیاری تیپ در این مطالعه استفاده شد، لذا مشکلی در زمینه نحوه اعمال عمق مد نظر آبیاری در هر تیمار وجود نداشت. این کار از طریق تبدیل عمق آب مد نظر تیمار آبیاری کامل به حجم آب در واحد سطح و کنترل آن از طریق کنتور حجمی نصب‌شده در مسیر جریان، میسر شد. سپس برای تیمارهای تحت تنش زمان صرف شده جهت کاربرد آب در تیمار آبیاری کامل در اعداد ۰/۷۵ و ۰/۵ ضرب و میزان کارکرد زمانی کنتورها در این تیمارها مدنظر قرار گرفت؛ بنابراین متوسط حجم آب آبیاری مصرف‌شده برای تیمارهای ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد به ترتیب ۲۳۸۳/۸۲، ۱۸۵۱/۵۲ و ۱۴۱۹/۶۰ مترمکعب در هکتار در طول دوره رشد بود. لازم به ذکر است حجم ناخالص آب مورد نیاز متأثر از روش کاشت (کشت به‌صورت ردیفی)، استفاده از روش آبیاری تیپ (راندمان آبیاری ۸۵ درصد) و عدم آبیاری تمام سطح زمین در این شیوه آبیاری (حدود ۶۰ درصد) بوده است. البته دلیل یکسان نبودن مقادیر آب کاربردی در تیمارهای ۷۵ و ۵۰ درصد با مقادیر نظری ذکر شده احتمالاً مربوط به‌دقت

کنتورهای مورد استفاده است. زیر مبنای محاسبات زمان کارکرد کنتورها در نظر گرفته شده است.

قالب آزمایش به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار بود. ابعاد هر کرت آزمایشی چهار مترمربع بود. برای هر واحد آزمایشی چهار ردیف به طول چهار متر و با فاصله بین ردیف ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در طول فصل رشد کلیه مراقبت‌های زراعی مانند میزان تغذیه، مبارزه با علف‌های هرز و آفات و بیماری‌ها برای مزرعه به‌طور مشابه انجام شد. ضمن اینکه در طول فصل رشد به‌منظور اطلاع از روند تجمع ماده خشک و ارتفاع بوته در مراحل رشدی مختلف، نمونه گیاه تهیه شد. همچنین به‌منظور اطلاع از درصد پرولین شاخساره در اواسط فصل رشد نمونه گیاهی تهیه گردید. در پایان فصل رشد مقدار دو مترمربع از هر کرت برداشت و علاوه بر اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه و شاخص برداشت، بهره‌وری آب نیز محاسبه گردید. بهره‌وری آب (WP[۱]) نیز از رابطه زیر برای تیمارهای مختلف محاسبه گردید (حیدری، ۲۰۱۴).

$$\mathrm{WP} = \frac{Y_G}{AW} \qquad (۱)$$

در این معادله، Y_G عملکرد دانه محصول[۲] در واحد سطح (کیلوگرم بر هکتار) و AW حجم آب کاربردی[۳] توسط عملیات آبیاری در واحد سطح (مترمکعب بر هکتار) است. بهره‌وری آب برای هر تیمار به‌صورت جداگانه و بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. داده‌های جمع‌آوری‌شده با استفاده از نرم‌افزار SAS[۴] تجزیه واریانس شده و میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD[۵]) مقایسه شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر تیمارهای رژیم آبیاری بر عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، ارتفاع بوته، درصد قند محلول و درصد پروتئین معنی‌دار بود (جدول ۱). با کاهش حجم آب آبیاری در مزرعه میزان عملکرد بیولوژیک گیاه به‌طور معنی‌دار کاهش یافت (جدول ۲). کاربرد آب آبیاری به میزان ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری کامل به ترتیب باعث کاهش عملکرد بیولوژیک به میزان ۱۸/۳ و ۴۶/۰ درصد در مقایسه با تیمار کاربرد آب آبیاری به میزان ۱۰۰ درصد گردید. روند مشابهی در مورد عملکرد دانه نیز مشاهده شد (جدول ۲). کاهش میزان آبیاری به میزان ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری کامل به ترتیب باعث کاهش عملکرد دانه به میزان ۳۱/۴ و ۴۰/۰ درصد در مقایسه با تیمار کاربرد ۱۰۰ درصد (آبیاری کامل) شد. برخلاف عملکرد دانه و بیولوژیک، بیشترین میزان شاخص برداشت مربوط به تیمار کاربرد آب آبیاری به میزان ۵۰ درصد آبیاری کامل بود (جدول ۲). میزان شاخص برداشت در تیمارهای ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری کامل به ترتیب ۲۲/۶، ۱۹/۰ و ۲۵/۱ درصد بود.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در کاملینا تحت تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	شاخص برداشت	ارتفاع بوته	درصد پرولین
بلوک	2	75479.11^{ns}	2023.00^{ns}	0.05^{ns}	0.78^{**}	0.0016^{ns}
رژیم آبیاری	2	17656123.44^{**}	748960.33^{**}	28.73^{**}	438.03^{**}	2.1609^{**}
خطا	4	63044.44	1089.33	0.14	0.03	0.0030

*و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد احتمال آماری، ns معنی‌دار نیست

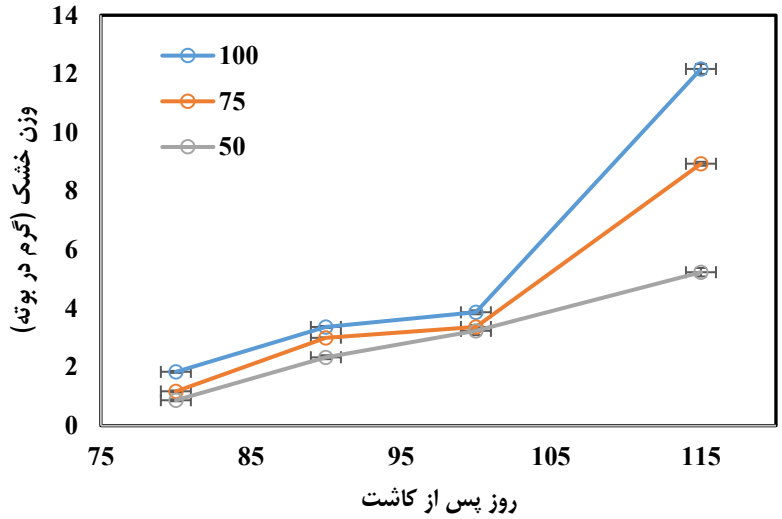
۱- Water productivity
۲- Grain yield
۳- Applied water
۴- Statistical analysis software
۵- Least significant difference

جدول ۲- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت و ارتفاع بوته کاملینا در تیمارهای مختلف رژیم آبیاری

تیمار آبیاری	عملکرد بیولوژیک ($g\ m^{-2}$)	عملکرد دانه ($g\ m^{-2}$)	شاخص برداشت(%)	ارتفاع گیاه (cm)
۱۰۰٪ آبیاری کامل	10488.7a	2373.3a	22.6b	90.5a
۷۵٪ آبیاری کامل	8573.3b	1627.0b	19.0c	78.5b
۵۰٪ آبیاری کامل	5670.3c	1424.7c	25.1a	66.3c

در هر ستون میانگین‌های با حروف مشترک، اختلاف معنی‌دار باهم ندارند (LSD=0.05)

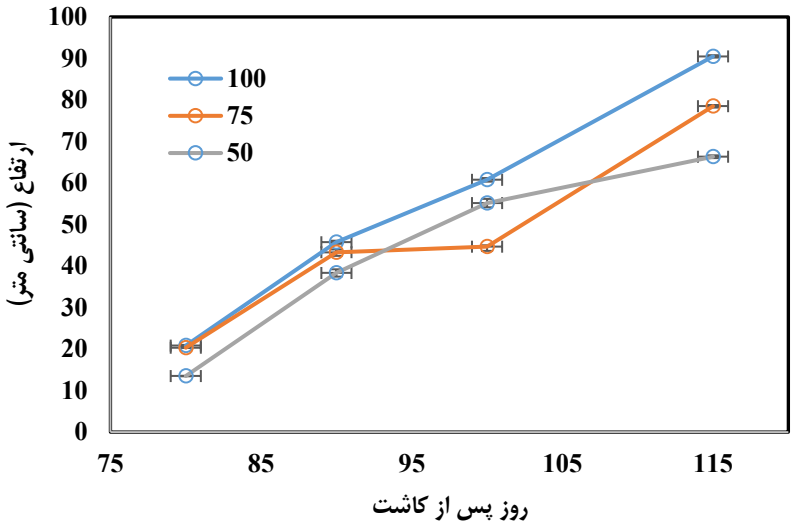
بر اساس نتایج بدست آمده، با افزایش تعداد روز پس از کاشت گیاه، روند تجمع ماده خشک در تیمارهای مختلف آب آبیاری متفاوت بود (شکل ۱). در حدود ۱۱۵ روز پس از کاشت بیشترین و کمترین میزان تجمع ماده خشک به ترتیب مربوط به تیمار کاربرد ۱۰۰ و ۵۰ درصد آبیاری کامل بود.



شکل ۱- روند تجمع ماده خشک کاملینا تحت تیمارهای مختلف رژیم آبیاری

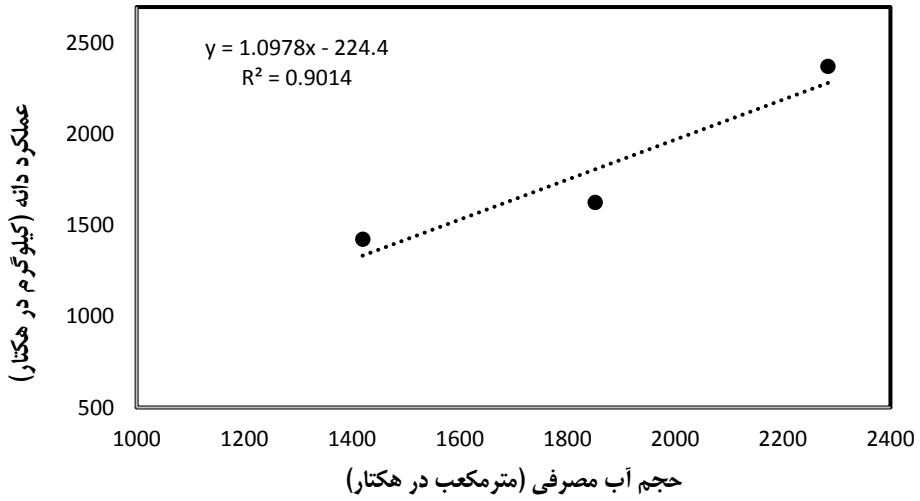
نتایج مطالعه حاضر به‌وضوح نشان داد که عملکرد با کاهش حجم آب آبیاری کاهش یافت. نتایج مشابهی بر روی کاملینا توسط برونسون و همکاران (۲۰۱۹) و همچنین تأثیر کمبود آب بر گلدهی و در نتیجه کاهش عملکرد دانه در خانواده براسیکا توسط گان و همکاران (۲۰۰۴) گزارش شده است. قمرنیا و همکاران (۱۳۹۵-ب) گزارش کردند که کاربرد آب آبیاری بیشتر به عملکرد بیشتر در کاملینا منجر می‌گردد. به‌نحوی‌که انجام آبیاری تکمیلی به میزان ۴۰ میلی‌متر هم در مرحله آبیاری و هم در مرحله گلدهی باعث افزایش عملکرد از ۱۵۷۱ در شرایط دیم به ۱۹۶۱ کیلوگرم در هکتار تحت این شرایط منجر می‌گردد. اما آنچه مسلم است با توجه به حجم آب مصرفی در طول فصل رشد (بین ۱۴۲۰ تا ۲۳۸۴ مترمکعب در هکتار به ترتیب در تیمار ۵۰ و ۱۰۰ درصد آبیاری کامل) کاملینا در مقایسه با گیاهان زراعی مانند گندم و کلزا، مصرف آب بسیار کمتری دارد و می‌تواند در این شرایط به‌عنوان یک گیاه کم‌آبخواه مطرح باشد. فروغی (۱۳۹۵) میزان آب مورد نیاز کاملینا در کشت پاییزه برای مناطق خشک و نیمه‌خشک را در حدود ۵۵۰ میلی‌متر بدست آورد. فرنچ و همکاران (۲۰۰۹) حداقل نیاز آبی کاملینا در شرایط آریزونای ایالات‌متحده را ۳۳۳-۴۲۳ میلی‌متر گزارش کردند. البته با توجه به نتایج این تحقیق، کاربرد آب با استفاده از روش‌های آبیاری موضعی باعث مصرف آب کمتر در مقایسه با سامانه‌های آبیاری سنتی شده است.

نتایج نشان داد که با کاهش حجم آب مصرفی، ارتفاع گیاه به‌طور معنی‌دار کاهش داشت (جدول ۲). حداکثر ارتفاع گیاه با کاربرد آب آبیاری به میزان ۱۰۰ درصد (آبیاری کامل) و در حدود ۹۰ سانتی‌متر بود. در تیمارهای کاربرد آب آبیاری به میزان ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری کامل ارتفاع بوته به ترتیب به میزان ۱۳/۳ و ۲۶/۷ درصد در مقایسه با تیمار شاهد کاهش یافت. روند مشابهی در مورد ارتفاع گیاه نیز تحت تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری در طول فصل رشد مشاهده شد (شکل ۲).

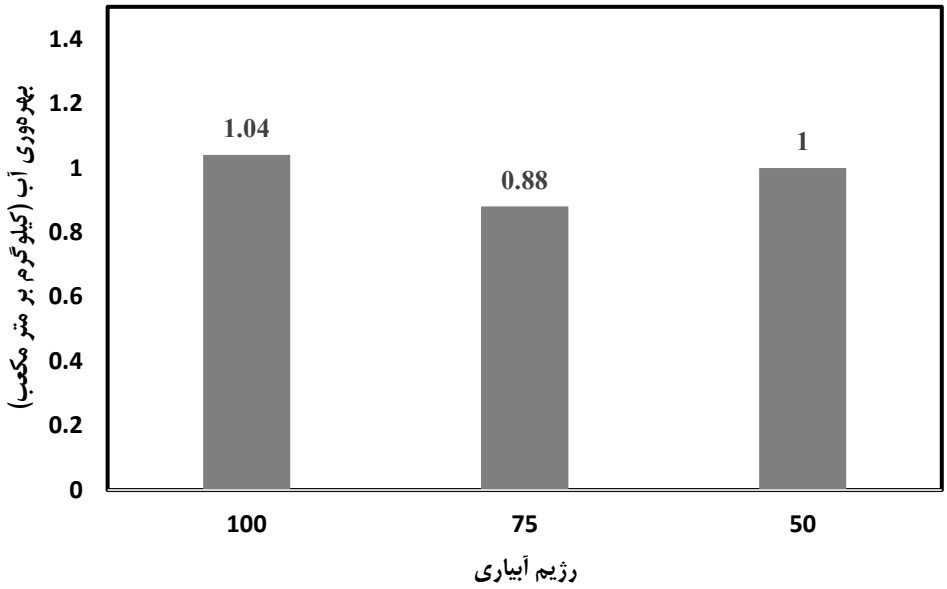


شکل ۲- روند افزایش ارتفاع بوته کاملینا تحت تیمارهای مختلف رژیم آبیاری

به‌طورکلی رابطه مستقیمی بین حجم آب آبیاری کاربردی و میزان عملکرد دانه مشاهده شد (شکل ۳)؛ به‌عبارت‌دیگر بیشترین میزان عملکرد دانه در تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری کامل و با کاربرد ۲۳۸۴ مترمکعب آب در هکتار به دست آمد. به همین صورت نیز بیشترین میزان بهره‌وری آب به میزان ۱/۰۴ کیلوگرم در متر مکعب در آبیاری کامل بدست آمد (شکل ۴).

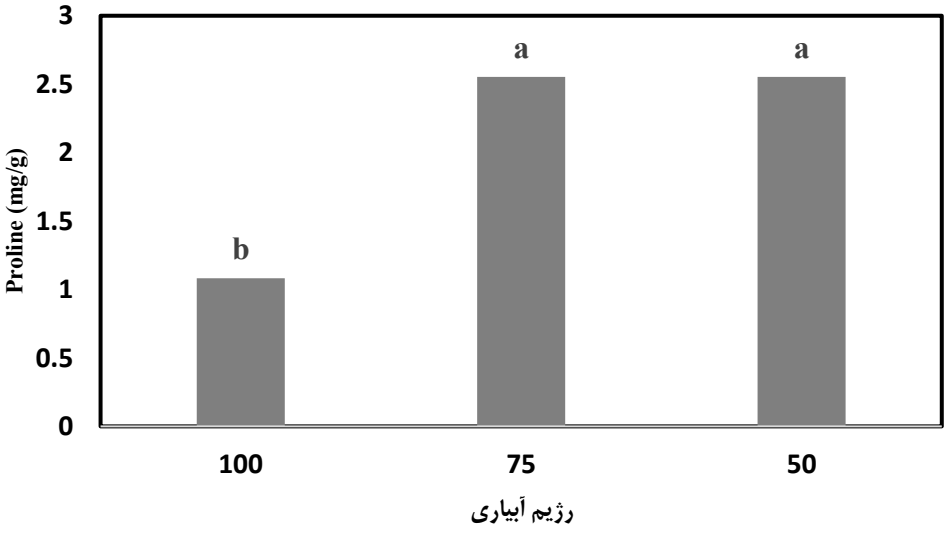


شکل ۳- رابطه بین حجم آب مصرفی و میزان عملکرد کاملینا



شکل ۴- مقایسه شاخص بهره‌وری آب کاملینا در تیمارهای مختلف رژیم آبیاری

نتایج مربوط به میزان پرولین شاخساره گیاه نیز نشان داد که بیشترین میزان پرولین گیاه در تیمارهای کاهش حجم آب آبیاری مشاهده شد (شکل ۵). با کاهش حجم آب آبیاری میزان پرولین تولید شده در گیاه در مقایسه با تیمار شاهد به میزان ۱/۴ برابر افزایش یافت. مطالعات زیادی وجود دارد که نشان می‌دهد با کاهش آب در دسترس گیاه و ایجاد تنش خشکی میزان پرولین در گیاه افزایش می‌یابد (احمد و همکاران، ۲۰۱۷؛ قربانلی و نیکان، ۱۳۸۴؛ جمشیدی زیناب و همکاران، ۱۳۹۴). در واقع تجمع املاح مختلف سازگار مانند پرولین آزاد در گیاهان متأثر از تنش به حفظ پتانسیل اسمزی بین سلولی بدون ایجاد اختلال در واکنش‌های متابولیکی گیاهان کمک می‌کند (سیرام و ساکسنا، ۲۰۰۰). تجمع پرولین آزاد در تنظیم اسمزی مفید است، بنابراین از آنزیم‌ها و ساختارهای سلولی محافظت می‌کند (کومار و شارما، ۲۰۱۰). پرولین همچنین به‌عنوان یک ترکیب مفید باعث از بین بردن رادیکال‌های آزادشده و بهبود متابولیسم سلولی می‌شود (وربروگن و هرماس، ۲۰۰۸).



شکل ۵- مقایسه پرولین کاملینا در تیمارهای مختلف رژیم آبیاری (میانگین‌های با حروف مشابه، اختلاف معنی‌دار باهم ندارند LSD=0.05)

نتیجه‌گیری

این مطالعه نشان داد که مقدار آب مورد نیاز برای دستیابی به عملکرد مطلوب کاملینا در منطقه خاتم استان یزد به‌طور قابل‌توجهی کم است. این موضوع زمانی اهمیت بیشتری پیدا می‌کند که میزان آب در استان در محدودیت قرار دارد. اگرچه با توجه به نتایج این آزمایش مدیریت آبیاری گیاه و در دسترس قرار دادن حداقل آب مورد نیاز گیاه در طول فصل رشد از اهمیت بالایی برخوردار است. لذا در شرایطی که در طول فصل رشد رخداد بارندگی کافی نباشد، ضرورت دارد با آبیاری صحیح و تأمین نیاز آبی گیاه به عملکرد دانه بیشتر دست‌یافت. از طرف دیگر در برخی مناطق استان مانند شهرستان خاتم که به دلیل عدم برداشت محصول تابستان در موعد مناسب کاشت گیاهانی مانند کلزا و گندم در تاریخ مناسب امکان‌پذیر نیست، می‌توان با توجه به طول رشد گیاه و تحمل نسبی بالای گیاه به دماهای پایین، گیاه کاملینا را به‌عنوان یک گیاه فروش نقد[1] یا صادراتی در کشت‌های تأخیری استفاده نمود.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از مدیریت مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد به خاطر همکاری در انجام برخی پارامترهای آزمایشگاهی تقدیر و تشکر می‌گردد.

تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافعی وجود ندارد و این مسئله مورد تأیید نویسنده مقاله است.

فهرست منابع

۱. امیری‌دربان، ندا، نورمحمدی، قربان، شیرانی‌راد، امیرحسین، میرهادی، سیدمحمدجواد، و مجیدی، اسلام. ۱۴۰۰. بررسی پاسخ فیزیولوژیک و عملکرد دانه و روغن کاملینا (*Camelina sativa* L. Crantz) به کاربرد سولفات آمونیوم و سولفات پتاسیم تحت تنش خشکی انتهای فصل رشد. *مجله علوم گیاهان زراعی ایران*، ۵۲، ۸۷-۹۹. **DOI: 10.22059/IJFCS.2020.308214.654746**

۲. جمشیدی‌زیناب، احد، حسنلو، طاهره، و محمدناجی، امیر. ۱۳۹۴. ارزیابی تحمل به خشکی چهار رقم کلزا (*Brassica napus* L.) بر اساس خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی. *نشریه پژوهش‌های زراعی ایران*، ۱۳(۳)، ۵۸۳-۵۹۷. **DOI: 10.22067/GSC.V13I3.28963**

۳. رستمی‌احمدوندی، حسین، کهریزی، دانیال، قبادی، روژین، و آبادی، علی‌اکبر. ۱۳۹۹. کاملینا، دانه روغنی منحصربه‌فرد با تحمل بالا به خشکی و سرما. *مجله ترویجی گیاهان دانه روغنی*، ۲، ۶۳-۷۳.

۴. زرگری، علی. ۱۳۷۶. گیاهان دارویی، جلد اول، موسسه چاپ و انتشارات دانشگاه تهران. ۹۷۶ صفحه.

۵. فروغی، ایمان. ۱۳۹۵. برآورد نیاز آبی، ضرایب گیاهی و سایر پارامترهای گیاه کاملینا و کلزا با استفاده از لایسیمتر زهکش‌دار برای منطقه خشک و نیمه خشک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی کرمانشاه.

۶. قربانلی، مه‌لقا، و نیاکان، مریم، ۱۳۸۴. بررسی اثر تنش خشکی بر روی میزان قندهای محلول، پروتئین، پرولین، ترکیبات فنلی و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز گیاه سویا رقم گرگان ۳. *نشریه علوم دانشگاه تربیت معلم*، ۵، ۵۳۷-۵۵۰.

۷. قمرنیا، هوشنگ، دهقانیان، مهرنوش، و فروغی، ایمان. ۱۳۹۵-الف. بررسی حساسیت رقم‌های مختلف کلزا و یک رقم کاملینا به تنش خشکی در حالت دیم کامل. سومین کنگره علمی پژوهشی توسعه و ترویج علوم

[1] -Cash crop

کشاورزی، منابع طبیعی و محیطزیست ایران. انجمن توسعه و ترویج علوم و فنون بنیادین. ۲۲ شهریور. تهران، ایران.

۸. قمرنیا، هوشنگ، دهقانیان، مهرنوش.، کهریزی، دانیال، و فروغی، ایمان. ۱۳۹۵–ب. بررسی اثر سطوح مختلف آبیاری تکمیلی بر کارایی مصرف آب و عملکرد گیاه کاملینا. سومین کنگره علمی پژوهشی توسعه و ترویج علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیطزیست ایران. انجمن توسعه و ترویج علوم و فنون بنیادین. ۲۲ شهریور. تهران، ایران.

۹. کهریزی، دانیال، و رستمی، ح.، ۱۳۹۲. اولین گزارش اصلاح ژنتیکی زیست فناورانه گیاه کاملینا و کشت آن در شرایط دیم. هشتمین کنگره بیوتکنولوژی جمهوری اسلامی ایران، تهران، دانشگاه شهید بهشتی. ۱۵ تیرماه.

10. Ahmed Z., Waraich E., Ahmad R., and Shahbaz M., 2017. Morpho-physiological and biochemical responses of Camelina (*Camelina sativa* crantz) genotypes under drought stress. *International Journal of Agriculture and Biology*, 19, pp. 01-07. **DOI: 10.17957/IJAB/15.0141**
11. Bakhshi B., Rostami-Ahmadvandi H., and Fanaei H.R., 2021. Camelina, an adaptable oilseed crop for the warm and dried regions of Iran. *Central Asian Journal of Plant Science Innovation*, *1*(1), pp. 39-45. **DOI: 10.22034/CAJPSI.2021.01.05**
12. Bronson, K.F., HUnsaker, D.J., and Thorp, K.R., 2019. Nitrogen fertilizer and irrigation effects on seed yield and oil in camelina. *Agronomy Journal*, *111*, pp. 1–8.
13. Crowley, J.G., and Fröhlich, A., 1998. Factors affecting the composition and use of camelina. Teagasc. https://t-stor.teagasc.ie/bitstream/handle/11019/1481/eopr-4319.pdf?sequence=1.
14. Crowley, J.G., and Fröhlich, A., 1998. Factors affecting the composition and use of camelina. Teagasc.
15. Estakhr, A., and Ranjbar, G.H., 2021. The preliminary study of camelina compatibility as a new oil crop in the temperate region of Fars province. *Agrotechniques in Industrial Crops*, *1*(2), pp. 77-84. **DOI: 10.22126/ATIC.2021.6525.1017**
16. French, A.N., Hunsaker, D., Thorp, K., and Clarke, T., 2009. Evapotranspiration over acamelina crop at Maricopa, Arizona. *Industrial Crops and Products*. *29*, pp. 289–300. **DOI: https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2008.06.001**
17. Gan, Y., Angadi, S.V., Cutforth, H.W., Potts, D., Angadi, V.V., and McDonald, C.L., 2004. Canola and mustard response to short period of high temperature and water stress at different developmental stages. *Canadian Journal of Plant Science*, *84*, pp. 697-704.
18. Gugel, R.K., and Falk, G.K.C., 2006. Agronomic and seed quality evaluation of *Camelina sativa* in western Canada. *Canadian Journal of Plant Science*, *86*, pp. 1047-1058.
19. Heydari, N., 2014. Water productivity in agriculture: Challenges in concepts, terms and values. *Irrigation and Drainage*. 63(1), pp. 22-28. **DOI:10.1002/ird.1816**
20. Hurtaud C., and Peyraud J.L., 2007. Effects of feeding camelina (seeds or meal) on milk fatty acid composition and butter spreadability. *Journal of Dairy Science*, *90* (11), pp. 5134-5145. **DOI: https://doi.org/10.3168/jds.2007-0031**
21. Kumar, A. and Sharma, K.D., 2010. Leaf water content-a simple indicator of drought tolerance in crop plants. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, *80*, pp. 1095–1097.
22. Lawrence R. D., Anderson J.L., and Clapper J.A., 2016. Evaluation of camelina meal as a feedstuff for growing dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, 99(8), pp. 6215-6228. **DOI: 10.3168/jds.2016-10876**
23. Mierlita D., and Vicas S., 2015. Dietary effect of silage type and combination with camelina seed on milk fatty acid profile and antioxidant capacity of sheep milk. *South African Journal of Animal Science*, *45*(1), pp. 1-11. **DOI: http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v45i1.1**
24. Paula E.M., da Silva L.G., Brandao V.L.N., Dai X., and Faciola A.P., 2019. Feeding Canola, Camelina, and Carinata meals to ruminants. *Animals*, *9* (10): p. 704. **DOI: 10.3390/ani9100704**

25. Pavlista, A.D., Hergert, G.W., Margheim, J.M. and Isbell, T.A., 2016. Growth of spring camelina (*Camelina sativa*) under deficit irrigation in western Nebraska. *Industrial Crops and Products*, *83*, pp. 118-123. **DOI: https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.12.017**
26. Raziei Z., Kahrizi D., and Rostami-Ahmadvandi H., 2018. Effects of climate on fatty acid profile in *Camelina sativa*. *Cellular and Molecular Biology*, *64*(5), pp. 91-96. **DOI: http://dx.doi.org/10.14715/cmb/2018.64.5.15**
27. Sairam, R.K. and D.C. Saxena, 2000. Oxidative stress and antioxidants in wheat genoypes: Possible mechanism of water stress tolerance. *Journal of* Agronomy *and Crop Science*, *184*, pp. 55–61. **DOI:10.1046/j.1439-037x.2000.00358.x**
28. Sanehkoori, F.H., Pirdashti, H., and Bakhshandeh, E., 2021. Quantifying water stress and temperature effects on camelina (*Camelina sativa* L.) seed germination. *Environmental and Experimental Botany*, *186*, 104450. **DOI: https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2021.104450**
29. Taranu, I., Gras, M., Pistol, G.C., Motiu, M., Marin, D.E., Lefter, N., Ropota, M., and Habeanu, M., 2014. ω-3 PUFA rich Camelina oil by-products improve the systemic metabolism and spleen cell functions in fattening pigs. *Plos one*, *9*(10), pp. 1-15. **DOI: 10.1371/journal.pone.0110186**
30. Verbruggen, N., and Hermans, C., 2008. Proline accumulation in plants: a review. *Amino Acids*, *35*, pp. 753–759. **DOI: https://doi.org/10.1007/s00726-008-0061-6**
31. Waraich, E.A., Ahmed, Z., Ahmad, R., Ashraf, M.Y., Naeem M.S., and Rengel, Z., 2013. *Camelina sativa*, a climate proof crop, has high nutritive value and multiple-uses: A review. *Australian Journal of Crop Science*, *7*, pp. 1551–1559.

Effect of Different Amounts of Irrigation Water on Yield and Proline Content of Camelina (*Camelina sativa* L. Crantz)

S.E. Yazdani*, S.A Hosseini, and G.H. Ranjbar

Ph.D. student of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan.**esmaeelyazdani@gmail.com**
Assistant Prof., Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan. **a.hosseini@vru.ac.ir**
Associate Prof., National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran. **ranjbar71@gmail.com**

Received: January 2024 and Accepted: June 2024

Abstract

Camelina is an oilseed plant that could produce proper yield in arid and semi-arid areas with low water consumption. To investigate camelina response (Sohail cv.) to application of different amounts of irrigation water, this study was conducted in 2022-23 in Khatam District, Yazd Province. Treatments included drip tape irrigating based on 100% (full irrigation as control), 75% and 50% of full irrigation. Results showed that the effect of irrigation treatments on biological yield, grain yield, harvest index, plant height and protein percentage of camelina was significant ($p<0.05$). However, by reducing the volume of irrigation water, biological yield decreased significantly, such that biological yield of 75% and 50% treatments decreased by, respectively, 18.3% and 46% compared to the control treatment. The highest grain yield (2373.3 kg ha^{-1}) was obtained with the application of 2384 m^3 ha^{-1} irrigation water (control). By reducing the amount of irrigation water by 75% and 50%, grain yield decreased by 31.4% and 40.0%, respectively. The harvest indices were 22.6%, 19.0% and 25.1% for 100%, 75%, and 50% treatments, respectively. The highest plant height was 90 cm for the control treatment. The water productivity ranged from 0.88 kg m^{-3} for 75% treatment to 1.04 kg m^{-3} for the full irrigation. The highest proline content was observed for the treatments of reducing the volume of irrigation water, in which the amount of proline increased by 1.4 times compared to the control treatment. The results showed that the amount of irrigation water required for camelina was lower compared to the common winter crops, especially in tape irrigation method. Therefore, this plant could be used as a low water-demanding for delayed planting in winter season.

Keywords: Deficit irrigation, Low water-demanding crop, Camelina Soheil cultivar, Water productivity

* - Corresponding author's email: **esmaeelyazdani@gmail.com**