Advanced Technologies in Water Efficiency
homepage:https://atwe.razi.ac.ir
Online ISSN:2783-4964

Effect of sowing date and nitrogen fertilizer application on water use efficiency of Camelina (*Camelina sativa* L.)

Mohsen Pashaei [1], Farzad Mondani [2]✉, Danial Kahrizi[3]

[1] M.Sc. Student of Agroecology, Department of Plant Production and Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: mohsen.p1996@gmail.com
[2] Corresponding Author, Associated Professor, Department of Plant Production and Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: f.mondani@razi.ac.ir
[3] Professor, Department of Biotechnology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. E-mail: dkahrizi@modares.ac.ir

ABSTRACT

Introduction
Currently, oilseeds are of particular importance among crops and constitute the second food reserve in the world after cereals. The most produced oils are mainly obtained from oilseeds such as soybean, sunflower, cottonseed, peanut and rapeseed. In spite of these common oil crops such as soybean, sunflower and rapeseed, despite their many advantages, they have limitations from various aspects of cultivation and climatic conditions. Camelina is a new oil crop with a short growth period and high tolerance to drought and cold stress and excellent resistance to pests and plant diseases, which can play a role in oil production. Therefore, this research was conducted with the aim of investigating the cultivation of Camelina as a new and reliable source of oil production in supplementary irrigation conditions and also to study the water efficiency of this plant in the weather conditions of Kermanshah, Iran.

Methodology
This study was conducted to investigate the effect of sowing date and nitrogen fertilizer on growth and yield of Camelina in irrigated farms conditions under Kermanshah city climate in 2019-2020. A split plots experiment was conducted based on randomized complete blocks design with three replications at the experimental field of Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran. The main factor was sowing dates (early November, mid-November and late November) and the sub factor was nitrogen fertilizer application (0, 100, 200, 300 kg ha^{-1}).

Results and discussion
The results showed that the sowing date treatment had no significant effect on most of the evaluated characteristics. The highest water use efficiency of grain (0.96 kg/mm) and grain oil (0.15 kg/mm) in the treatment of 100 kg of urea he^{-1} and the highest water use efficiency of grain protein (0.23 kg/mm) and total protein (0.53 kg/mm) was observed in the treatment of 300 kg of urea he^{-1}.

Conclusions
In general, the results showed that the sowing date had no effect on the water productivity of the evaluated traits, however, the use of 100 kg of urea he^{-1} due to the higher water efficiency, along with the benefits of preventing environmental hazards, due to the improvement of most of the examined characteristics, it is recommended.

Keywords: Irrigation, Water use efficiency of grain, Water use efficiency of grain oil, Water use efficiency of grain protein

Article Type: Research Article
Article history: Received: 14 January 2023 **Revised:** 05 April 2023 **Accepted:** 25 April 2023 **e-Published:** 27 June 2023

Cite this article: Pashaie, M., Mondani, M., & Kahrizi, D. (2023). Effect of sowing date and nitrogen fertilizer application on water use efficiency of Camelina (*Camelina sativa*), *Advanced Technologies in Water Efficiency*, 3(1), 1-8. DOI: 10.22126/ATWE.2023.8943.1047

Publisher: Razi University

© The Author(s).

فناوری های پیشرفته در بهره وری آب

وبگاه نشریه: https://atwe.razi.ac.ir شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۴۹۶۴

اثر تاریخ کاشت و کاربرد کود نیتروژن بر کارایی مصرف آب کاملینا (*Camelina sativa* L.)

محسن پاشایی [۱]، فرزاد مندنی [۲]✉، دانیال کهریزی [۳]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: mohsen.p1996@gmail.com

[۲] نویسنده مسئول، دانشیار اکولوژی گیاهان زراعی، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: f.mondani@razi.ac.ir

[۳] استاد مهندسی ژنتیک و ژنتیک مولکولی، گروه بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: dkahrizi@modares.ac.ir

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی کشت گیاه کاملینا به‌عنوان یک منبع جدید و قابل‌اطمینان در تولید روغن در شرایط آبیاری تکمیلی و همچنین مطالعه بهره‌وری آب این گیاه در شرایط اقلیمی شهرستان کرمانشاه انجام شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ انجام شد. فاکتور اصلی تاریخ کاشت (اوایل آبان، اواسط آبان و اواخر آبان ماه) و فاکتور فرعی کود نیتروژن (۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ کیلوگرم کود در هکتار) بود. نتایج نشان داد که تیمار تاریخ کاشت بر اکثر ویژگی‌های مورد ارزیابی اثر معنی‌داری نداشت. بیشترین کارایی مصرف آب دانه (۰/۹۶ کیلوگرم بر میلی‌متر) و روغن دانه (۰/۱۵ کیلوگرم بر میلی‌متر) در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار و بیشترین کارایی مصرف آب پروتئین دانه (۰/۲۳ کیلوگرم بر میلی‌متر) و پروتئین کل (۰/۵۳ کیلوگرم بر میلی‌متر) در تیمار ۳۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار مشاهده شد. به‌طورکلی نتایج نشان داد که تاریخ کاشت اثری بر بهره‌وری آب ویژگی‌های موردبررسی نداشت، بااین‌حال مصرف ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار به دلیل بهره‌وری بالاتر از آب در کنار فواید جلوگیری از خطرات زیست‌محیطی با توجه به بهبود اکثر صفات موردبررسی توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، کارایی مصرف آب پروتئین دانه، کارایی مصرف آب دانه، کارایی مصرف آب روغن دانه

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

سابقه مقاله: دریافت: ۲۴ دی ۱۴۰۱ **اصلاح:** ۱۶ فروردین ۱۴۰۲ **پذیرش:** ۰۵ اردیبهشت ۱۴۰۲ **چاپ الکترونیکی:** ۱۳ خرداد ۱۴۰۲

استناد: پاشایی، محسن.، مندنی، فرزاد.، و کهریزی، دانیال. (۱۴۰۲). اثر تاریخ کاشت و کاربرد کود نیتروژن بر کارایی مصرف آب کاملینا (*Camelina sativa*)، *فناوری‌های پیشرفته در بهره‌وری آب*، ۳(۱)، ۸-۱، شناسه دیجیتال: 10.22126/ATWE.2023.8943.1047

ناشر: دانشگاه رازی

© نویسندگان.

مقدمه

در حال حاضر دانه‌های روغنی در بین محصولات زراعی اهمیت خاصی دارند و پس از غلات دومین ذخایر غذایی جهان را تشکیل می‌دهند. روغن‌های نباتی تولیدشده به‌طور عمده از دانه‌های روغنی نظیر سویا، آفتابگردان، پنبه‌دانه، بادام‌زمینی و کلزا به دست می‌آیند. امروزه صنعت روغن‌کشی و تولید روغن نباتی در اغلب کشورهای جهان جزء صنایع راهبردی محسوب می‌شود. در ایران نیز اراضی قابل‌کشت وسیع و زمینه‌های مساعدی برای کشت دانه‌های روغنی وجود دارد (صمدی، ۱۳۹۲). باوجوداین گیاهان روغنی رایج مانند سویا، آفتابگردان و کلزا علی‌رغم مزیت‌های فراوان، دارای محدودیت‌های از جنبه‌های مختلف کشت و شرایط اقلیمی می‌باشند. کامل‌ینا (*Camelina sativa* **L.**) برای ایران یک گیاه دانه روغنی جدید و منحصربه‌فرد محسوب می‌شود. این گیاه روغنی جزء خانواده براسیکاسه است و در آزمایش‌های مختلف نشان داده‌شده است که احتیاجات آبی بسیار کمتر و مقاومت به سرمای بهاره بیشتری نسبت به سایر گیاهان روغنی به‌خصوص کلزا دارد (قمرنیا و همکاران، ۱۳۹۸). همچنین این گیاه مقاومت بسیار بالایی نسبت به آفات رایج در دانه‌های روغنی مانند سوسک‌های گرده‌خوار دارد. پتانسیل تولید عملکرد بالا در گیاه کامل‌ینا در شرایط ایالت مونتانای آمریکا به اثبات رسیده و امکان قرار گرفتن آن به‌عنوان گزینه مناسب در تناوب با غلات دانه‌ریز نیز گزارش‌شده است (مک‌وی و لمب[1] ۲۰۰۸؛ پوتنام و همکاران[2] ۱۹۹۳). دوره رشد کامل‌ینا حدود ۸۵ تا ۱۰۰ روز است و به آب‌وهوای معتدل سازگاری دارد و می‌تواند به‌خوبی رشد کند. این گیاه نسبت به دماهای پایین مقاوم بوده و می‌تواند تا دمای ۱۱- درجه سانتی‌گراد را تحمل کند، علاوه بر این قادر است در انواع خاک‌ها به‌خصوص خاک‌هایی با بافت شنی، کم‌عمق و حاصلخیزی کم عملکرد مناسبی ایجاد کند. کامل‌ینا می‌تواند در تناوب با غلات و همچنین در بقایای به‌جامانده از گیاهانی مانند سویا و ذرت نیز کشت شود (حسینی فرد و قربانی جاوید، ۱۳۹۹).

پاولیستا و همکاران[3](۲۰۱۶) نشان دادند که آبیاری رشد گیاه کامل‌ینا را افزایش می‌دهد، به‌طوری‌که در تیمار آبیاری مطلوب در مقایسه با شرایط تنش کمبود آب وزن خشک کل ۵۰ درصد افزایش یافت. عملکرد دانه نیز با افزایش در میزان آبیاری از ۸۹۰ کیلوگرم در هکتار برای تیمار شاهد به ۲۵۴۰ کیلوگرم در هکتار برای تیمار آبیاری مطلوب افزایش یافت. نامبردگان اظهار داشتند که الگوی رشد گیاه کامل‌ینا نشان می‌دهد که ۲۳۰ میلی‌متر آب برای رشد گیاه موردنیاز است، اما برای حداکثر عملکرد به ۴۳۰ میلی‌متر آب نیاز است. دوبره و جرکن[4] (۲۰۱۱) در یک آزمایش دیگر گزارش کردند عملکرد دانه، درصد روغن و عملکرد روغن کامل‌ینا تحت تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری قرار گرفت، به‌طوری‌که با افزایش میزان آب آبیاری صفات موردبررسی به‌شدت بهبود یافت. نامبردگان همچنین اظهار داشتند که در شرایط محدودیت رطوبت ترکیباتی همچون اولئیک، لینولئیک و اسید لینولنیک کاهش یافت. احمدیان کوشک غازی و همکاران (۲۰۲۱) در تحقیقی دریافتند که بیشترین و کمترین عملکرد دانه کامل‌ینا بر اساس کارایی مصرف آب در تاریخ کاشت ۳۰ بهمن و ۲۰ اسفند به ترتیب به میزان ۰/۴۵ و ۰/۲۵ کیلوگرم در مترمکعب مشاهده شد. بدون شک تولید غذای کافی و مطلوب از اهداف توسعه ملی و امنیت غذایی هر کشور محسوب می‌شود. این امر مگر با اتخاذ تدابیر مناسبی همچون افزایش تولید در واحد سطح و استفاده از ارقام جدید و متناسب با شرایط موجود صورت نخواهد گرفت. ازآنجایی‌که یکی از محدودیت‌های اصلی کشور ایران در تولید محصولات کشاورزی مختلف به‌ویژه گیاهان روغنی، کمبود منابع آبی است و از طرفی اهمیت خودکفایی در تولید روغن خوراکی نیز بر کسی پوشیده نیست، بنابراین این تحقیق باهدف بررسی کشت گیاه کامل‌ینا به‌عنوان یک منبع جدید و قابل‌اطمینان در تولید روغن در شرایط آبیاری تکمیلی و همچنین مطالعه بهره‌وری آب این گیاه در شرایط آب و هوایی کرمانشاه انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی (با عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۱۹ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۳۱۹ متر از سطح دریا) در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ انجام شد. بر اساس تقسیم‌بندی اقلیمی این منطقه جزء اقلیم سرد و نیمه‌خشک قرار دارد. منطقه موردنظر دارای متوسط بارندگی سالیانه ۴۴۴/۷ میلی‌متر، متوسط درجه حرارت سالیانه ۱۴/۳ درجه سانتی‌گراد و حداکثر و حداقل درجه حرارت مطلق سالیانه به ترتیب ۴۴/۱ و ۲۷- درجه سانتی‌گراد است. قبل از اجرای آزمایش از خاک مزرعه نمونه‌برداری شد و به‌منظور تجزیه فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه آب‌وخاک ارسال گردید و در جدول (۱) ارائه‌شده است. آمار و اطلاعات هواشناسی به‌کاررفته در این طرح از ایستگاه هواشناسی کرمانشاه (واقع در فرودگاه شهید اشرفی اصفهانی) اخذ گردید و در جدول (۲) ارائه‌شده است.

---

[1] McVay & Lamb
[2] Putnam et al
[3] Pavlista et al
[4] Dobre & Jurcoane

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

اسیدیته	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)	نیترات (ppm)	آهک (ppm)	ماده آلی (درصد)	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	بافت خاک	عمق خاک (سانتی‌متر)
۷/۳	۱۱	٤۷۰	۱۹/۹	۲۹/۵	۱/۱	۱ /۰۸	۱۵/٤	۵۹/٤	۲۵/۲	لومی سیلتی	۰-۳۰

جدول ۲. میانگین شاخص‌های هواشناسی در طی دوره رشد گیاه کاملینا

ماه	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد
جمع بارش (میلی‌متر)	۵۲/۵	۱۱۱/۹	۱۹/٤	۳۹/۲	۱٤٦/۳	۹۱/۷	٤۰	۰/۰۱
میانگین دما (سانتی‌گراد)	۱۰/۱	۵/۹	٤/٤	۳/۷	۹/۷	۱۱/۲	۱۷/۷	۲۵/۳
میانگین تبخیر (میلی‌متر)	۲/۱	۰	۰	۰	۰	۲/۱	٦	۱۱/٦

آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل تاریخ کاشت (اوایل، اواسط و اواخر آبان ماه) که به‌عنوان عامل اصلی و مقادیر کاربرد کود نیتروژن (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) که به‌عنوان عامل فرعی بودند. منبع تأمین نیتروژن کود اوره ۴۶ درصد بود. مصرف کود در سه مرحله (بعد از مرحله روزت، انتهای مرحله طویل شدن ساقه‌ها و ابتدای مرحله پر شدن دانه‌ها) به‌صورت سرک و دست‌پاش انجام پذیرفت. از بذر رقم سهیل استفاده شد که از شرکت دانش‌بنیان بیستون شفا تهیه گردید. هر کرت فرعی شامل ۱۰ ردیف کاشت به فاصله ۲۵ سانتی‌متر و به طول ۵ متر بود. جهت جلوگیری از آبشویی نیتروژن فاصله بین کرت‌های فرعی ۱/۵ متر و فاصله بین کرت‌های اصلی نیز ۲ متر در نظر گرفته شد. مقدار بذر استفاده‌شده ۲۰ کیلوگرم در هکتار و کاشت آن نیز به‌صورت دستی صورت پذیرفت. تراکم مطلوب مزرعه ۳۰۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. جهت آماده‌سازی زمین از شخم توسط گاوآهن و بعدازآن انجام دیسک‌زنی جهت خرد شدن کلوخه‌ها استفاده گردید. وجین علف‌های هرز مزرعه با دست صورت گرفت و در طول فصل رشد نیز از هیچ‌گونه آفت‌کش و علف‌کشی استفاده نشد.

مقدار بارش‌های صورت گرفته در تاریخ کاشت اوایل، اواسط و انتهای آبان ماه به ترتیب حدود ۴۹۷، ۴۴۸ و ۴۴۵ میلی‌متر بود. بعد از پایان یافتن بارندگی‌های مؤثر در اردیبهشت‌ماه مزرعه تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک گیاه آبیاری شد و در جدول (۳) زمان و مقدار آب مصرفی در مزرعه کاملینا ارائه شده است. به‌منظور انجام آبیاری از سیستم تحت‌فشار از نوع بارانی استفاده گردید و میزان آب مصرفی با استفاده از روش حجمی به دست آمد. به این منظور ظرفی با حجم مشخص به آب‌پاش متصل گردید و بر مبنای زمان لازم برای پر شدن ظرف میزان حجم آب مصرفی تعیین شد. برای افزایش دقت در هر بار آبیاری این فرآیند سه بار در مکان‌های مختلف مزرعه تکرار شد و سپس از اطلاعات میانگین گرفته شد (خورسند و همکاران، ۱۳۹۷).

جدول ۳. زمان و مقدار آب مصرفی در مزرعه کاملینا

تاریخ	آبیاری (مترمکعب)
۹۹/۲/۱٦	۳٦/۵
۹۹/۲/۲۳	۷۷/۸
۹۹/۲/۳۰	۵٦/۰
۹۹/۳/٦	۲٤/۵
جمع	۱۹٤/۸

برداشت در هر تاریخ کاشت با توجه به زمان رسیدگی گیاه (قهوه‌ای یا تیره شدن ۹۰ درصد غلاف‌ها) صورت گرفت. بدین منظور از هر کرت پس از حذف اثرات حاشیه‌ای مساحتی به‌اندازه ۲ مترمربع (به‌صورت کف بر) برداشت گردید و سپس عملکرد دانه اندازه‌گیری شد. برای

اندازه‌گیری درصد روغن و پروتئین دانه‌ها نیز به ترتیب از دستگاه سوکسله (سوکسله[1] ۱۸۷۹) و روش کجلدال (کجلدال[2] ۱۸۸۳) استفاده شد. کارایی مصرف آب در حالت‌های مورد بررسی نیز از رابطه زیر محاسبه شد (رایت[3] ۱۹۹۵):

$$\text{کارایی مصرف آب} = \frac{\text{عملکرد (دانه، روغن و پروتئین)}}{\text{میزان تبخیر و تعرق}} \quad (۱)$$

در این رابطه عملکرد و میزان تبخیر و تعرق به ترتیب برحسب کیلوگرم در هکتار و میلی‌متر می‌باشند. به‌منظور تجزیه‌وتحلیل داده‌های مستخرج از آزمایش از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ استفاده شد. داده‌ها به‌وسیله آنالیز واریانس (ANOVA) تحلیل و میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد از نظر آماری مقایسه شدند.

نتایج و بحث

کارایی مصرف آب دانه

نتایج نشان داد که اثر تاریخ کاشت و برهمکنش تاریخ کاشت و کود مصرفی بر کارایی مصرف آب دانه معنی‌دار نبود، درحالی‌که مصرف کود اثر معنی‌داری از خود برجای گذاشت. نتایج در جدول (۴) ارائه‌شده است. بیشترین کارایی مصرف آب دانه به مقدار ۰/۹۶ کیلوگرم بر میلی‌متر مربوط به تیمار ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار و کمترین آن به مقدار ۰/۵۴ کیلوگرم بر میلی‌متر مربوط به تیمار شاهد بود. نتایج در جدول (۵) ارائه‌شده است. همان‌گونه که نتایج نشان داد ارتباط کارایی مصرف آب دانه نسبت به تاریخ کاشت معنی‌دار نبود، اما نسبت به کود مصرفی ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت خطی، درجه دوم و درجه سوم (در سطح پنج درصد) معنی‌دار بود که در جدول (۶) ارائه گردیده است. ازآنجایی‌که عملکرد دانه و کارایی مصرف آب با یکدیگر رابطه مستقیم دارند، بنابراین به نظر می‌رسد افزایش عملکرد دانه موجب افزایش در کارایی مصرف آب خواهد شد، مشروط بر اینکه میزان آب تبخیر و تعرق یافته نوسان زیادی نداشته باشد. اما چنانچه افزایش در عملکرد دانه فراتر از محدوده‌های افزایشی در مصرف آب باشد، رابطه بین کارایی مصرف آب و عملکرد دانه دستخوش تغییرات شده و حتی ممکن است معکوس نیز شود. همچنین با افزایش میزان نیتروژن عملکرد وزن خشک کل گیاه نیز افزایش می‌یابد که در مقادیر بالای کاربرد کود نیتروژن میزان جذب نیتروژن در بخش‌های رویشی گیاه افزایش می‌یابد که این موضوع ممکن است باعث کاهش عملکرد دانه شود. دانشمند و همکاران (۱۳۸۵) بیان کردند که کاربرد کود نیتروژن اثر معنی‌داری بر کارایی مصرف آب دانه دارد و درصورتی‌که میزان نیتروژن مصرفی باعث افزایش تعرق بیشتر گیاه نشود این دو با یکدیگر هم‌افزایی‌خواهند داشت.

جدول ٤. تجزیه واریانس کارایی مصرف آب گیاه کاملینا

منابع تغییر	درجه آزادی	کارایی مصرف آب دانه	کارایی مصرف آب روغن	کارایی مصرف آب پروتئین دانه	کارایی مصرف آب پروتئین کل
تکرار	۲	۰/۰۳۵^{ns}	۰/۰۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۰/۰۳٤^{ns}
تاریخ کاشت	۲	۰/۱۰٦^{ns}	۰/۰۰۸*	۰/۰۱^{ns}	۰/٤٥۳***
تکرار×تاریخ کاشت	٤	۰/۰٤**	۰/۰۱۳**	۰/۰۲۹*	۰/۰٤۷٤*
نیتروژن	۳	۰/۲۸*	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۰۳۸**	۰/۱۸۷***
نیتروژن×تاریخ کاشت	٦	۰/۰۵^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۰٦^{ns}	۰/۰۳۲^{ns}
خطا	۱۸	۰/۰۵۸	۰/۰۰۲	۰/۰۰۷۲	۰/۰۱۷
ضریب تغییرات (درصد)		۳۰	۳۷	۳۱	۳۵

ns، *، ** و *** به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و یک‌هزارم درصد

[1] Soxhlet
[2] Kjeldahl
[3] Wright

کارایی مصرف آب روغن دانه

اثر تاریخ کاشت بر کارایی مصرف آب روغن دانه معنی‌دار بود، اما اثر مصرف کود و همچنین برهمکنش آن‌ها معنی‌دار نشد. نتایج در جدول (۴) ارائه‌شده است. بیشترین کارایی مصرف آب‌روغن دانه به مقدار ۰/۱۴ کیلوگرم بر میلی‌متر مربوط به تیمار تاریخ کاشت اول و کمترین آن به مقدار ۰/۰۹ کیلوگرم بر میلی‌متر متعلق به تیمار تاریخ کشت سوم بود که در جدول (۵) نشان داده‌شده است. کارایی مصرف آب روغن دانه همچنین دارای روند خطی نسبت به تاریخ کاشت بود، اما نسبت به کود هیچ‌گونه پاسخی در سطوح مختلف نشان نداد. جدول (۶) بیانگر این موضوع است.

کارایی مصرف آب پروتئین دانه

نتایج نشان داد که اثر تاریخ کاشت و برهمکنش تاریخ کاشت و کود نیتروژن بر کارایی مصرف آب پروتئین دانه معنی‌دار نبود، ولی کاربرد کود نیتروژن اثر معنی‌داری بر این صفت داشت. نتایج در جدول (۴) ارائه‌شده است. مطابق جدول (۵) بیشترین کارایی مصرف آب پروتئین دانه به مقدار ۰/۲۳ کیلوگرم بر میلی‌متر متعلق به تیمار مصرف ۳۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار و کمترین آن به مقدار ۰/۰۹۵کیلوگرم بر میلی‌متر مربوط به تیمار عدم مصرف کود بود. با توجه به جدول (۶) کارایی مصرف آب پروتئین دانه نسبت به تاریخ کاشت هیچ‌گونه پاسخ معنی‌داری نداشت، اما نسبت به کاربرد کود نیتروژن در تیمارهای ۱۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار به ترتیب، روند خطی و درجه سوم معنی‌داری از خود نشان داد.

جدول ۵. اثر تاریخ کاشت و کاربرد کود نیتروژن بر ویژگی‌های موردبررسی کاملینا

تیمار		کارایی مصرف آب دانه (کیلوگرم بر میلی‌متر)	کارایی مصرف آب روغن دانه (کیلوگرم بر میلی‌متر)	کارایی مصرف آب پروتئین دانه (کیلوگرم بر میلی‌متر)	کارایی مصرف آب پروتئین کل (کیلوگرم بر میلی‌متر)
تاریخ کاشت	اول	۰/۸۷^{a}	۰/۱۴^{a}	۰/۱۶^{a}	۰/۴۶^{a}
	دوم	۰/۸۲^{a}	۰/۱۱^{a}	۰/۲^{a}	۰/۵^{a}
	سوم	۰/۶۹^{a}	۰/۰۹۷^{a}	۰/۱۵^{a}	۰/۱۵^{b}
کود نیتروژن	شاهد	۰/۵۴^{b}	۰/۱۱^{a}	۰/۰۹۵^{b}	۰/۱۹^{c}
	۱۰۰	۰/۹۶^{a}	۰/۱۵^{a}	۰/۲۲^{a}	۰/۴۲^{ab}
	۲۰۰	۰/۸۱^{a}	۰/۱۱^{a}	۰/۱۴^{ab}	۰/۳۴^{b}
	۳۰۰	۰/۸۶^{a}	۰/۱۱^{a}	۰/۲۳^{a}	۰/۵۳^{a}

در هر ستون میانگین‌های که دارای حرف مشترک هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

کارایی مصرف آب پروتئین کل

طبق جدول (۴) اثر تاریخ کاشت و مصرف کود بر کارایی مصرف آب پروتئین کل معنی‌داری بود، ولی بر همکنش آن‌ها اثر معنی‌داری بر آن نداشت. مطابق جدول (۵) بیشترین کارایی مصرف آب پروتئین کل به مقدار ۰/۵کیلوگرم بر میلی‌متر در تیمار تاریخ کاشت دوم و کمترین آن به مقدار ۰/۱۵ کیلوگرم بر میلی‌متر در تیمار تاریخ کشت سوم مشاهده شد. همچنین بیشترین کارایی مصرف آب پروتئین کل به مقدار ۰/۵۳ کیلوگرم بر میلی‌متر مربوط به ۳۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن و کمترین میزان آن نیز به مقدار ۰/۱۹ کیلوگرم بر میلی‌متر در تیمار عدم مصرف کود بود). علاوه بر این کارایی مصرف آب پروتئین کل نسبت به تاریخ کاشت دارای روند خطی (تاریخ کاشت دوم) و درجه دوم (تاریخ کاشت سوم) معنی‌دار و نسبت به مصرف کود نیتروژن نیز دارای روند خطی (مصرف ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) و درجه سوم (مصرف ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) معنی‌داری بود. برونسون و همکاران[1](۲۰۱۹) بیان کردند که مصرف کود نیتروژن علی‌رغم کاهش درصد و عملکرد روغن دانه باعث افزایش کارایی مصرف آب شد. نامبردگان همچنین اظهار داشتند که افزایش میزان آب آبیاری باعث افزایش صفات مذکور شده و می‌توان ارتباط نزدیکی بین میزان آب مصرفی و کود نیتروژن مشاهده کرد، اما این اثرات بر صفات مختلف گیاه متفاوت است. شرایط محیطی و میزان تقسیم ترکیبات فتوسنتزی بین بخش‌های مختلف گیاه نیز می‌تواند اثر قابل‌توجهی بر ویژگی‌های گیاهی داشته باشد، به‌نحوی‌که با افزایش میزان نیتروژن تعداد دانه در غلاف افزایش می‌یابد اما درصد روغن کاهش و عملکرد

[1] Bronson

کل روغن افزایش می‌یابد، این در حالی است که مقدار پروتئین نیز افزایش می‌یابد. بااین‌وجود اگر مقدار آب آبیاری افزایش یابد و در زمان مناسب در اختیار گیاه قرار گیرد، عملکرد روغن از پروتئین پیشی خواهد گرفت و می‌تواند به این دلیل باشد که بین میزان آبیاری و کود نیتروژن رابطه تنگاتنگی وجود دارد که باعث تناقض در نتایج می‌شود. نیوپن و همکاران[1](۲۰۲۰) عنوان کردند که با افزایش میزان آب آبیاری میزان پروتئین کل کاهش یافت، اما مقدار پروتئین دانه دچار تغییر نشد. همچنین آن‌ها بیان کردند که میزان سطوح آبیاری باید به نحوی باشد که توانایی ایجاد تغییر را داشته باشد و در سطوح پایین آبیاری معمولاً تغییر چندانی در صفات ایجاد نمی‌گردد، همچنین با افزایش تأخیر در کاشت و برخورد مراحل انتهایی رشد با دماهای بالا نیز میزان پروتئین دانه افزایش پیدا می‌کند، به‌علاوه میزان پروتئین به‌شدت تحت تأثیر میزان آبیاری و کود قرار می‌گیرد.

جدول ٦. مقایسات متعامد ویژگی‌های موردبررسی گیاه کامل‌ینا

	تفکیک ss	کارایی مصرف آب دانه (کیلوگرم بر میلی‌متر)	کارایی مصرف آب روغن دانه (کیلوگرم بر میلی‌متر)	کارایی مصرف آب پروتئین دانه (کیلوگرم بر میلی‌متر)	کارایی مصرف آب پروتئین کل (کیلوگرم بر میلی‌متر)
تاریخ کاشت	خطی	۰/۲۰^{ns}	۰/۰۱۰٦*	۰/۰۰۰٦^{ns}	۰/۵۷***
	درجه دو	۰/۰۱۲^{ns}	۰/۰۰۰٤^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۰/۳۲***
کود	خطی	۰/۳۰*	۰/۰۰۰۰۵^{ns}	۰/۰٤٦*	۰/۳۹***
	درجه دو	۰/۲۹*	۰/۰۰٤^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۱٦^{ns}
	درجه سه	۰/۲۵*	۰/۰۰۵^{ns}	۰/۰٦٤**	۰/۱۵۹**

ns، *،** و *** به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و یک هزارم درصد

بحث

این مطالعه با هدف بررسی کشت گیاه کامل‌ینا به‌عنوان یک منبع جدید و قابل‌اطمینان در تولید روغن در شرایط آبیاری تکمیلی و همچنین مطالعه بهره‌وری آب این گیاه در شرایط اقلیمی شهرستان کرمانشاه انجام شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ انجام شد. فاکتور اصلی تاریخ کاشت (اوایل آبان، اواسط آبان و اواخر آبان ماه) و فاکتور فرعی کود نیتروژن (۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ کیلوگرم کود در هکتار) بود.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که اگرچه اثر تاریخ کاشت بر ویژگی‌های مرتبط با بهره‌وری آب محصول کامل‌ینا معنی‌دار نبود، اما این ویژگی‌ها در تاریخ کاشت اول بالاتر از سایر تاریخ‌های کاشت بود. در بین تیمارهای کاربرد کود اوره بیشترین کارایی مصرف آب دانه و روغن دانه در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم کود در هکتار و بیشترین کارایی مصرف آب پروتئین دانه و پروتئین کل در تیمار ۳۰۰ کیلوگرم کود در هکتار مشاهده شد. به‌طورکلی از نتایج این بررسی می‌توان نتیجه گرفت که کشت کامل‌ینا در تاریخ کاشت مناسب علاوه بر استفاده بهتر از بارندگی‌های مؤثر، از برخورد مراحل انتهایی رشد گیاه با دماهای بالا جلوگیری می‌کند. همچنین مصرف ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار به دلیل بهره‌وری بالاتر از آب در کنار فواید جلوگیری از خطرات زیست‌محیطی با توجه به بهبود اکثر صفات موردبررسی توصیه می‌گردد.

منابع

حسینی فرد، مرجان سادات.، و قربانی جاوید، مجید. (۱۳۹۹). معرفی دانه روغنی و دارویی کامل‌ینا. علمی تخصصی جوانه، ۱۶(۲)، ۴۵-۴۲. https://journal.ut.ac.ir/article_78525_3a1fe5da9b38742c1498842fa022dd07.pdf

خورسند، افشین.، بزانه، محمد.، بشارت، سینا.، و زینال زاده، کامران. (۱۳۹۷). برآورد بیلان حجمی آب و الگوی رطوبتی آبیاری قطره‌ای زیر سطحی در محیط متخلخل. علوم آب و خاک، ۲۲(۴)، ۳۱۶-۳۰۱. http://jstnar.iut.ac.ir/article-1-3293-fa.html

دانشمند، علیرضا.، شیرانی راد، امیرحسین.، نورمحمدی، قربان.، زارعی، قاسم.، و دانشیان، جهانفر. (۱۳۸۵). اثر تنش آبی و مقادیر مختلف کود نیتروژن بر عملکرد دانه، عملکرد، جذب نیتروژن و کارایی مصرف آب و نیتروژن در دو رقم کلزا. مجله علوم زراعی ایران، ۸ (۴)، ۳۲۳-۳۴۲. https://sid.ir/paper/57093/fa

[1] Neupane et al

صمدی، مهتاب. (۱۳۹۲). اهمیت و اصلاح کاملینا. خبرنامه داخلی شرکت توسعه کشت دانه‌های روغنی، ۲۸، ۹-۸. http://www.ordc.ir/Page/bulletin/?page=4

قمرنیا، هوشنگ.، کهریزی، دانیال.، و رستمی‌احمدوندی، حسین. (۱۳۹۸). کاملینا: گیاهی کم‌توقع و سازگار. انتشارات دانشگاه رازی. https://press.razi.ac.ir/book_416.html

References

Bronson, K. F., Hunsaker, D. J., & Thorp, K. R. (2019). Nitrogen fertilizer and irrigation effects on seed yield and oil in camelina. Agronomy Journal, 111(4), 1712-1719. https://doi.org/10.2134/agronj2018.10.0644

Daneshmand, A. R., Shiranirad, A. H., Nourmohammadi, Gh., Zareei, Gh., & Daneshian, J. (2007). Effect of water stress and different levels of Nitrogen fertilizer on seed yield and its components, nitrogen uptake and water use and nitrogen utility efficiency in two rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. Iranian Journal of Crop Sciences, 8(4), 323-342. https://sid.ir/paper/57093/en [in Persian]

Dobre, P., & Jurcoane, Ş. (2011). Camelina crop-opportunities for a sustainable agriculture. Scientific Papers-Series A, Agronomy, 54, 420-424. https://www.researchgate.net/publication/283604208_Camelina_cropopportunities_for_a_sustainable_agriculture

Esmail, M., Kooshkghazi, A., Madandoust, M., Mohajeri, F., Kahrizi, D., & Student, Ph. (2021). Study of different dates of planting camelina (*camelina sativa* (L.) crantz). International Journal of Modern Agriculture, 10(1), 361-365. https://www.researchgate.net/publication/349663649_STUDY_OF_DIFFERENT_DATES_OF_PLANTING_CAMELINA_CAMELINA_SATIVA_L_CRANTZ

Ghamarnia, H., Kahrizi, D., & Rostami Ahmadvandi, H. (2018). Camelina: an unexpected and adaptable plant. Razi University Press. https://press.razi.ac.ir/book_416.html [in Persian]

Hosseini Fard, M. S., & Ghorbani Javid, M. (2020). Introduction of Camelina oil and medicinal seed. Javane, 16(2), 42-45. https://journal.ut.ac.ir/article_78525_3a1fe5da9b38742c1498842fa022dd07.pdf [in Persian]

Khorsand, A., Bazaneh, M., Besharat, S., & Zeynalzadeh, K. (2019). Estimation of Water Mass Balance and Soil Wetting Pattern for Subsurface Drip Irrigation in the Porous Media. Journal of Water and Soil Science, 22(4), 301-316. http://jstnar.iut.ac.ir/article-1-3293-fa.html [in Persian]

Kjeldahl, J. (1883). A new method for the estimation of nitrogen in organic compounds. Fresenius' Zeitschrift für Analytische Chemie, 22(1), 366-382. http://dx.doi.org/10.1007/BF01338151

McVay, K. A., & Lamb, P. F. (2008). Camelina production in Montana. Montana State University, Bozeman. https://agresearch.montana.edu/carc/Articles/mt200701AG%20Camelina%20Production%20in%20MT.pdf

Neupane, D., Solomon, J. K., Mclennon, E., Davison, J., & Lawry, T. (2020). Camelina production parameters response to different irrigation regimes. Industrial Crops and Products, 148, 112286. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112286

Pavlista, A. D., Hergert, G. W., Margheim, J. M., & Isbell, T. A. (2016). Growth of spring camelina (*Camelina sativa*) under deficit irrigation in Western Nebraska. Industrial Crops and Products, 83, 118-123. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.12.017

Putnam, D. H., Budin, J. T., Field, L. A., & Breene, W. M. (1993). Camelina: a promising low-input oilseed. New crops, 314, 322. https://eurekamag.com/research/002/315/002315484.php

Samadi, M. (2012). Importance and correction of Camelina. Internal Newsletter of Oilseed Research & Development Company, 28, 8-9. http://www.ordc.ir/Page/bulletin/?page=4 [in Persian]

Soxhlet, F. V. (1879). Die gewichtsanalytische bestimmung des milchfettes. Dingler's Polytechnisches Journal, 232, 461-465. https://scirp.org/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=364919

Wright, P. R., Morgan, J. M., Jessop, R. S., & Cass, A. (1995). Comparative adaptation of canola (*Brassica napus*) and Indian mustard (*B. juncea*) to soil water deficits: yield and yield components. Field Crops Research, 42(1), 1-13. https://doi.org/10.1016/0378-4290(95)00013-G