نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۳ شماره ۲ / تابستان ۱۴۰۲/ صفحات۱۴-۱

Evaluation of Different Fertilizer Sources effect on Yield, Forage Quality and Oil of camelina (*Camelina sativa* L.) under Water Deficit Stress

Ali Aminbaigi[1], Jalal Jalilian[2*], Hamidreaz Chaghazardi [3], Danial Kahrizi[3], Razieh Khlilzadeh[4]

Received: 21 February 2022 Accepted: 28 July 2022
1- Ph.D. Student of Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran.
2- Prof., Dept.of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia-Iran.
3- Assist. Prof. and Prof., Dept. of Plant Production and Genetics, Razi University, Kermanshah-Iran.
4- Visiting Assist. Prof., Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia-Iran.
*Corresponding Author Email: Jalal Jalilian , j.jalilian@urmia.ac.ir

Abstract

Background & Objective: Fertilizer management and irrigation are important factors in camelina cultivation in water deficit stress condition. The purpose of this experiment is to obtain the best fertilizer composition for increasing yield, forage quality, and fatty acid of camelina seed at different irrigation levels.

Materials & Methods: This 2-years experiment were performed in 2017-2018 and 2018-2019 as a split-plot based on RCBD with four replications. The main plots included: rainfed, once irrigation, and twice irrigation. The sub-plots included: chemical fertilizers, bio-organic and control (without fertilizer). In this experiment, quantitative and qualitative characteristics of forage and camelina seeds and the amount of fatty acids of camelina seed were determined.

Results: The application of bio-organic (Cow manure+ Phospho Nitro Kara+ Potabarvar-2) and chemical fertilizers (N, P and Micronutrients) significantly increased dry matter digestibility, crude fat, and forage ash. The highest yield of dry forage (2122.4 and 2018.5 $kg.ha^{-1}$) was obtained from chemical fertilizer and bio-organic treatments respectively, and the highest grain yield (2018.9 $kg.ha^{-1}$) was obtained from twice irrigation treatments and the use of chemical fertilizer. The use of bio-organic fertilizers increased camelina yield by 25.49% in rainfed conditions. Bio-organic fertilizers at all levels of irrigation had the greatest effect on palmitic acid, stearic acid, eicosadienoic acid compared to the chemical fertilizers.

Conclusion: However, the use of triple superphosphate (before planting), urea (after planting and before flowering) and micronutrients (Librel BMX as foliar application) under twice irrigation showed the highest effect on camellina traits, but use of bio-organic fertilizers Phospho Nitro Kara+ Potabarvar-2 (as seed inoculation and foliar application) and Cow manure (before planting) under rainfed or low irrigation conditions can be recommended due to a significant increase in grain yield, forage quality and fatty acid composition.

Keywords: Fatty Acids, Fertilizer, Irrigation Levels, Proteins,Yield

CC BY NC

DOI: 10.22034/saps.2022.50509.2831

ارزیابی اثر منابع مختلف کودی بر عملکرد و کیفیت علوفه و روغن کاملینا (*Camelina sativa* L.) در شرایط تنش کم‌آبی

علی امین بیگی[۱]، جلال جلیلیان[۲*]، حمیدرضا چقازردی[۳]، دانیال کهریزی[۳]، راضیه خلیل زاده[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۵/۶
۱-دانشجوی دکتری زراعت، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
۲- استاد دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
۳- استادیار و استاد دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
۴- استادیار مدعو، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ایران
* مسئول مکاتبه: Email: j.jalilian@urmia.ac.ir , j_1358@yahoo.com

چکیده

مقدمه و اهداف: مدیریت کود و آبیاری از عوامل مهم در کشت کاملینا در شرایط تنش کم‌آبی می‌باشند. هدف از این آزمایش دستیابی به بهترین ترکیب کودی برای افزایش عملکرد، کیفیت علوفه و اسیدهای چرب دانه کاملینا در سطوح مختلف آبیاری در راستای کشاورزی پایدار است.

مواد و روش‌ها: این آزمایش در دو سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ و ۱۳۹۸-۱۳۹۷ به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای دیم، یکبار آبیاری و دوبار آبیاری به عنوان کرت‌های اصلی و تیمارهای کودهای شیمیایی، کودهای آلی-زیستی و شاهد (بدون کود) کرت‌های فرعی بودند. در این آزمایش خصوصیات کمی و کیفی علوفه، دانه کاملینا و میزان اسیدهای چرب دانه اندازه‌گیری شدند.

یافته‌ها: کاربرد کودهای آلی- زیستی (کود گاوی + فسفو نیترو کارا + پتابارور-۲) و شیمیایی (N، P و ریزمغذی‌ها) موجب افزایش معنادار قابلیت هضم، چربی خام و خاکستر علوفه گردید. بیشترین عملکرد خشک علوفه (۲۱۲۲/۴ و ۲۰۱۸/۵ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب از تیمارهای کود شیمیایی و کود آلی-زیستی و بالاترین میزان عملکرد دانه (۲۰۱۸/۹ کیلوگرم در هکتار) از تیمار دوبار آبیاری تکمیلی و استفاده از کود شیمیایی به‌دست آمد. استفاده از کود آلی-زیستی، موجب افزایش ۲۵/۴۹ درصدی عملکرد کاملینا در شرایط دیم گردید. کود آلی-زیستی در تمام سطوح آبیاری بیش‌ترین تأثیر را بر پالمیتیک اسید، اسیداستئاریک، ایکوزادیانوئیک اسید نسبت به کاربرد کود شیمیایی داشت.

نتیجه‌گیری: اگرچه کاربرد کودهای شیمیایی سوپر فسفات تریپل (قبل از کاشت)، اوره (پس از کاشت و قبل از گلدهی) و ریزمغذی‌ها (با نام تجاری Librel ^{BMX} به صورت محلول پاشی) در شرایط دوبار آبیاری، بیشترین تأثیر را بر صفات کاملینا داشت ولی استفاده از کودهای آلی-زیستی فسفو نیترو کارا + پتابارور-۲ (به صورت تلقیح بذر و محلول پاشی) و کود گاوی (قبل از کاشت) تحت شرایط دیم و یا کم‌آبیاری را می‌توان به‌دلیل افزایش قابل ملاحظه عملکرد دانه، کیفیت علوفه و ترکیب مناسب اسیدهای چرب روغن کاملینا در منطقه مورد آزمایش توصیه کرد.

واژه های کلیدی: اسیدهای چرب، پروتئین، سطوح آبیاری، عملکرد، کود

مقدمه

در مناطق خشک و نیمه‌خشک، منابع آب آبیاری برای محصولات زراعی در حال کاهش است که این امر ضرورت ورود گیاهانی با نیاز آبی کمتر را ایجاد کرده است (هانساکر و همکاران ۲۰۱۱). مدیریت مناسب آبیاری و کوددهی می‌تواند عملکرد گیاهان را در مناطقی با بارندگی محدود، افزایش دهد (زو و همکاران ۲۰۲۰).

کاملینا (*Camelina sativa* L.) گیاهی روغنی و یکساله، متعلق به خانواده براسیکاسه[1] است (ابور و همکاران ۲۰۱۵). فصل رشد کوتاهی بین ۷۰ تا ۹۵ روز دارد و نسبت به سایر محصولات دانه روغنی، نیاز آبی کمتر و تقاضای بسیار کمتری برای نهاده‌های کشاورزی دارد (ویوارت و همکاران ۲۰۱۹). بذور کاملینا ۴۳-۳۸ درصد روغن و ۳۲-۲۷ درصد پروتئین دارند. نسبت اسید لینولئیک و اسید α-لینولنیک در کاملینا در مقایسه با روغن‌های سویا، آفتابگردان، کلزا و روغن زیتون منحصر به فرد است (امیری دربند و همکاران ۲۰۲۰). روغن کاملینا سرشار از اسیدهای چرب غیراشباع چندگانه اسیدهای لینولئیک و لینولنیک و اسیدهای چرب با زنجیره بسیار بلند مانند اسید گوندوئیک و اروسیک می‌باشد (رودریگوئز-ردریگوئز ۲۰۲۱) که آن را در رقابت با سایر گیاهان دانه روغنی خانواده براسیکا متمایز می‌کند. در تولید کاملینا مدیریت مواد مغذی از عوامل مهمی است که بر رشد، عملکرد و کیفیت دانه تأثیر می‌گذارد (ابور و همکاران ۲۰۱۵). مشکل اصلی در مناطق خشک و نیمه‌خشک استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی نیتروژنه، کاهش بارندگی و عدم اقدامات لازم برای بهبود حفظ آب و کوددهی گیاهان می‌باشد (لیو و همکاران ۲۰۱۹). اخیراً استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی به یک بحران زیست محیطی تبدیل شده است که منجر به آلودگی منابع آب و خاک شده و سلامت جامعه بشری را تهدید می‌کند (اکبر و همکاران ۲۰۲۱).

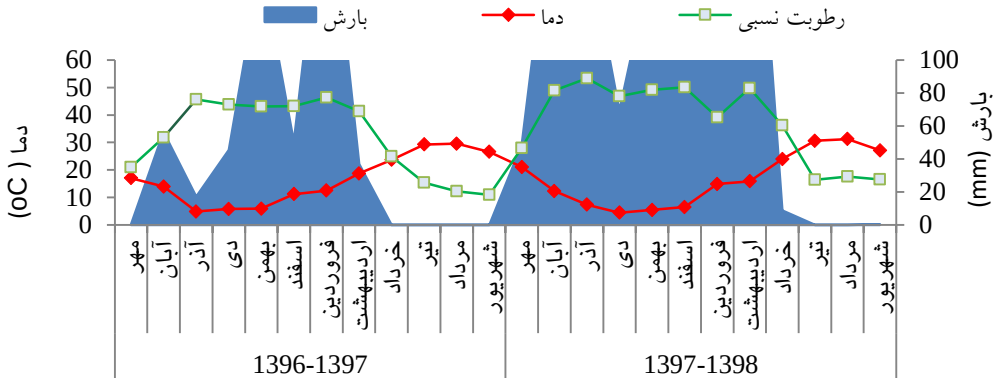
اصطلاح کودهای زیستی[2] عموماً به مواد آلی حاصل از بقایای گیاهی، کود سبز و همچنین ریزجانداران[3] مفید باکتریایی و قارچی و ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه[4] اشاره دارد که در ارتباط با تثبیت زیستی نیتروژن یا فراهمی فسفر، گوگرد و سایر عناصر غذایی به‌ویژه ریزمغذی‌ها در خاک فعالیت می‌کنند و می‌توانند رشد گیاه را افزایش دهند (اکبر و همکاران ۲۰۲۱). در مقایسه با کودهای شیمیایی، کودهای آلی نه تنها منبع خوبی برای نیتروژن، فسفر، پتاسیم و سایر مواد مغذی محسوب می‌شوند، بلکه موجب افزایش مقدار ماده آلی خاک، ایجاد شرایط تهویه و زهکشی مناسب، بهبود باروری و ظرفیت نگهداری آب خاک نیز می‌شوند (زارع و همکاران ۲۰۲۱). ارتباط بین مواد مغذی خاک و ارزش غذایی علوفه گزارش شده است (هجسمن و همکاران ۲۰۱۰). با این حال، دلایل اثرات کود باید به دقت بررسی شود. افزایش بازده ماده خشک تحت کاربردهای بیشتر مواد مغذی به ویژه نیتروژن اغلب برای کوددهی با استفاده از کودهای معدنی (هروسوا و همکاران ۲۰۱۵) و کودهای آلی (دیندوا و همکاران ۲۰۱۹) گزارش شده است. در یک بررسی تأثیر کود زیستی ازتوباکتر و سودوموناس بر افزایش قابلیت هضم علوفه جو تحت تنش کم آبی و افزایش کیفیت علوفه گزارش شد (مالکی-فراهانی ۲۰۰۹). اسیدهای چرب به سه دسته شامل اسیدهای چرب اشباع[5]، اسیدهای چرب تک غیراشباع[6] و اسیدهای چرب چندغیراشباع[7] تقسیم می‌شوند. کیفیت چربی به نوع اسید چرب و به ویژه به نسبت اسیدهای چرب بستگی دارد (راتوس و همکاران ۲۰۱۸). میکروارگانیسم‌های موجود در کودهای زیستی خاک به دلیل داشتن اجزای موثر در دسترسی به عناصر غذایی برای گیاهان می‌توانند مقدار و ترکیب روغن را تغییر دهند (فیض آبادی و همکاران ۲۰۲۰). کاهش در نسبت MUFAs در پاسخ به کودهای شیمیایی نیز توسط زارنیک و همکاران (۲۰۱۷) گزارش شد. به نظر می‌رسد مصرف کودهای زیستی همراه با

[1] *Brassicaceae*
[2] Biofertilizers
[3] Microorganisms
[4] Plant growth-promoting rhizobacteria
[5] Saturated fatty acids; SFA
[6] Mono unsaturated fatty acids; MUFA
[7] Poly unsaturated fatty acids; PUFA

کود دامی و مقدار مناسبی از کود شیمیایی با آبیاری مناسب نقش اساسی در افزایش کیفیت علوفه و روغن دانه کاملینا و پایداری تولید خواهد داشت. به این منظور این مطالعه با هدف ارزیابی اثر کودهای آلی-زیستی و شیمیایی بر عملکرد، کیفیت علوفه و ترکیب اسیدهای چرب و روغن کاملینا تحت آبیاری مناسب و تنش کم‌آبی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش مزرعه‌ایی بـه صـورت اسـپلیت پـلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در دو سال زراعی (۱۳۹۶ و ۱۳۹۷) در دانشگاه رازی کرمانشاه، با مختصات طول جغرافیایی ۴۷ درجه و۶ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۱۹ دقیقه عرض شمالی با ارتفاع ۱۳۱۷ متر از سطح دریا) اجرا شد. کرمانشاه جزء مناطق سرد و معتدل شمالی رشته کوه زاگرس محسوب می‌شود. متوسط درجه حرارت ماهیانه بارندگی و رطوبت نسبی در دو سال انجام تحقیق، در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- متوسط درجه حرارت ماهیانه بارندگی و رطوبت نسبی در سال‌های زراعی ۹۷-۱۳۹۶ و ۹۸-۱۳۹۷

به منظور بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه، قبل از آماده‌سازی زمین، نمونه‌هایی از خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتری تهیه شد (بافت خاک لومی رسی، pH ۷/۲ با ماده آلی ۱/۸ درصد بود، میزان رطوبت خاک در شرایط ظرفیت مزرعه ۲۹ درصد (علیزاده ۲۰۰۸) و در شرایط نقطه پژمردگی دائم ۱۶ درصد بود (دیالو و ماریکو ۲۰۱۳). میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک به ترتیب ۰/۱۱ درصد، ۷/۸ و ۳۲۵ ppm بود. همچنین میزان روی، آهن و مس خاک ۰/۴۸، ۴/۵ و ۱/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌دست آمد که به روش عصاره گیری با TEA DTPA , ۰/۰۰۵ مولار انجام شد و غلظت آنها با دستگاه جذب اتمی صورت گرفت (لیندسی و نورویل ۱۹۷۹). میزان نیتروژن به روش تقطیر با دستگاه کجلتیک (برمنر ۱۹۹۶)، فسفر به روش (وتنبه و اولسون ۱۹۶۵) و پتاسیم قابل استفاده با عصاره گیری از خاک توسط استات آمونیوم نرمال در pH ۷ به روش مک لین و واتسون (۱۹۸۵) اندازه‌گیری شدند. همچنین بافت خاک به روش هیدرومتری (جی و باودر ۱۹۸۲) و درصد مواد آلی خاک با روش نلسون و سومرس (۱۹۹۶) اندازه‌گیری گردید. پس از تهیه عصاره اشباع از pH متر برای تعیین pH خاک استفاده شد. بذرها در ۱۵ آبان در سال اول و ۲۵ آبان در سال دوم کشت شدند. کرت‌های اصلی شامل دفعات آبیاری در سه سطح {بدون آبیاری (شرایط دیم)، یکبار آبیاری (مرحله گلدهی) و دوبار آبیاری (مرحله گلدهی و فاصله ۱۵ روز پس از گلدهی)} انجام شد. کرت‌های فرعی تیمارهای مختلف کودی شامل {کود شیمیایی (استفاده از کودهای N، P و ریزمغذی‌ها)، آلی-زیستی (کود گاوی + فسفو نیترو کارا + پتابارور-۲) و شاهد (بدون کود)} بودند. اندازه کرت اصلی ۹ × ۲/۵ متر و کرت فرعی ۲ × ۲/۵ متر بود. هر کرت فرعی شامل هفت خط کشت با فاصله بین و روی ردیف ۱۵ و ۵ سانتی‌متر بود. بذرها با تراکم ۴۰۰ بوته در مترمربع بصورت دستی

در عمق ۳-۲ سانتی‌متر کاشته شد. در این آزمایش از کاملینا رقم سهیل با درصد جوانه‌زنی ۹۸ درصد و خلوص ۹۹ درصد استفاده گردید. کلیه مراقبت‌های زراعی در مورد تمامی تیمارها به صورت یکنواخت انجام گرفت. در مرحله ۴ تا ۶ برگی، برای رسیدن به تراکم مطلوب عمل تنک انجام شد. مقدار آب آبیاری براساس درصد رطوبت خاک و رساندن آن به ظرفیت مزرعه با استفاده از رابطه زیر محاسبه و به خاک مزرعه اضافه شد (بنامی و آفن ۱۹۸۴).

$$VN = [(FC - WP) \times BD \times D \times (1 - ASM) \times A]/100$$

در این رابطه، FC، درصد وزنی رطوبت در حد ظرفیت مزرعه‌ای ؛ WP، درصد وزنی رطوبت در نقطه پژمردگی ؛ **BD**، جرم مخصوص ظاهری خاک (کیلوگرم بر مترمکعب) (محمدی و حکیمیان ۲۰۰۷)؛ **D**، عمق توسعه ریشه (متر)؛ **ASM**، رطوبت خاک مزرعه در زمان قبل آبیاری (به روش وزنی-علیزاده، ۲۰۰۸)؛ و A، مساحت هر کرت (مترمربع) می‌باشد. برای هر کرت با نصب کنتور حجمی آبیاری انجام شد (۱۸۰ مترمکعب در هکتار در هر بار آبیاری). کودهای نیتروژن و فسفر با مقادیر ۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ۷۵ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل استفاده گردید. کود فسفر قبل از کاشت بین ردیف‌ها اعمال شد و کود نیتروژن در دو مرحله پس از کاشت و قبل از گلدهی استفاده شد. کود گاوی به میزان ۳۰ تن در هکتار در هنگام تهیه بستر در تیمار کودی آلی-زیستی استفاده شد (pH آن ۷/۴۷ و ماده آلی ۵۰/۸ درصد بود، میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم آن به ترتیب ۱/۱۲، ۰/۴ و ۱/۱ درصد بود. میزان آهن و روی نیز به ترتیب ۱۵۰ و ۲۰ میلی گرم در کیلوگرم بود). کود ریزمغذی با نام تجاری Librel ^{BMX} به صورت محلول پاشی یک لیتر در هکتار استفاده شد. کود بیولوژیک فسفونیترو کارا حاوی باکتری‌های *Bacillus coagulans* (باکتری حل کننده فسفات)، *Azotobacter chroococcum* و *Azospirillum lipoferum* (باکتری تثبیت کننده نیتروژن) است که توسط شرکت صنایع زیست فناوری کارا تهیه شده است. پتابارور-۲ حاوی دو نوع باکتری حل‌کننده پتاسیم (*Pseudomonas koreensis* strain S14 و *Pseudomonas vancouverensis* strain S19) می‌باشد که توسط شرکت زیست فناور سبز تهیه شده است. استفاده از کودهای زیستی فسفو نیترو کارا و بیوپتاس به‌صورت تلقیح بذری و محلول‌پاشی در مراحل رویشی، طویل شدن ساقه و قبل از گلدهی انجام شد. برای تلقیح بذر میزان هفت گرم مایه تلقیح که هر گرم آن حاوی 10^7 عدد باکتری زنده و فعال در هر گرم بود، استفاده گردید. همچنین از محلول صمغ عربی برای چسبندگی بهتر مایه تلقیح به بذرها استفاده شد (خلیل زاده و همکاران ۲۰۱۶).

در مرحله رسیدگی کامل از چهار ردیف وسط با حذف حاشیه هر کرت، سطح یک متر مربع برای ارزیابی عملکرد دانه برداشت گردید. برای تعیین عملکرد و کیفیت علوفه، در شروع گلدهی، از هر کرت پس از حذف اثر حاشیه‌ای، یک متر مربع از خطوط میانی برداشت شد. علوفه سبز بلافاصله توزین، بعد از خشک شدن در آون ۶۰ درجه سانتی گراد، از هر کرت یک نمونه ۲۰۰ گرمی برای تعیین خصوصیات کیفی علوفه به آزمایشگاه مرکز تحقیقات علوم دامی کرمانشاه ارسال گردید. درصد ماده خشک قابل هضم، پروتئین و چربی خام و درصد خاکستر نمونه‌های خشک به روش آنالیز تقریبی اندازه-گیری شدند (ون‌سوست و همکاران ۱۹۹۱؛ برمنر و بریتنبک ۱۹۸۳). برای تعیین درصد روغن، بذور آسیاب شده به مدت ۲۴ ساعت در داخل دستگاه آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده تا رطوبت موجود خود را از دست بدهند. سپس از هر نمونه به مقدار ۶ گرم وزن و در داخل سوکسله قرار داده شد. نمونه‌های مورد نظر به مدت ۶ ساعت توسط حلال ان-هگزان شسته شدند و چربی آن‌ها جدا گردید. سپس نمونه‌های مورد نظر دوباره به مدت ۲۴ ساعت به آون با دمای ۷۵ درجه سانتیگراد منتقل شدند تا رطوبت آن‌ها گرفته شود و پس از توزین نمونه‌ها با ترازوی دقیق، با استفاده از مقدار کاهش وزن در نمونه، درصد روغن نمونه محاسبه و ثبت گردید (پیرچارد و همکاران ۲۰۰۰). تعیین اسید چرب با دستگاه کروماتوگرافی گازی (Agilent/HP مدل 6890)

آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشورانجام شد. دستگاه کروماتوگرافی گازی مورد استفاده در این پژوهش مجهز به لوله موئین ۱۲۰ متری و شناساگر FID ، حجم نمونه‌های تزریقی به دستگاه یک میکرولیتر، دمای تزریق ۲۵۰ سانتی‌گراد، دمای آون ۱۹۲ درجه سانتیگراد و گاز حامل نیتروژن با سرعت عبور یک میلیلیتر بر دقیقه استفاده شد. با توجه به هزینه بسیار بالا، تیمارهای مشابه در هر چهار تکرار با هم مخلوط و تیمارهای آزمایشی بدون تکرار مورد برسی قرار گرفتند. تجزیه مرکب داده‌ها، پس از اطمینان از نرمال بودن آنها، با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 انجام گرفت، همچنین برای مقایسه میانگین‌ها از روش چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد خاکستر علوفه، قابلیت هضم ماده خشک و عملکرد دانه تحت تاثیر اثر متقابل تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال یک درصد قرار گرفتند. تیمار سطوح آبیاری بر صفات پروتئین خام، چربی خام، عملکرد خشک علوفه و تیمار منابع کودی بر چربی خام و عملکرد خشک علوفه در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری داشتند (جدول ۱).

جدول۱- تجزیه مرکب (میانگین مربعات) خصوصیات کمی و کیفی علوفه و دانه کاملینا تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری و منابع مختلف کودی

تیمار	درجه آزادی	خاکستر علوفه	قابلیت هضم ماده خشک	پروتئین خام	چربی خام	عملکرد علوفه خشک	عملکرد دانه
سال	۱	۱/۰۸^{ns}	۰/۳۳^{ns}	۰/۲۱^{ns}	۱/۰۴^{ns}	۲۲۱۷۱/۶۱^{ns}	۱۱۲۷۵۸/۶۷^{ns}
سال (بلوک)	۶	۱/۱۱^{ns}	۴/۰۸^{ns}	۱/۶۳^{ns}	۰/۷۴^{ns}	۲۷۱۷۱/۱۵^{ns}	۴۱۰۳۰/۷۶^{ns}
سطوح آبیاری	۲	۱۰/۹۶**	۶۶/۴۴**	۶/۵۹**	۵/۴۳**	۳۱۲۷۳۵۸/۳۵**	۴۳۴۴۶۷۰/۲۰**
سال × آبیاری	۲	۰/۸۹^{ns}	۰/۴۸^{ns}	۰/۰۶^{ns}	۰/۲۰^{ns}	۱۰۲۰۳/۵۱^{ns}	۲۲۵۳۴/۱^{ns}
خطای کرت اصلی	۱۲	۰/۸۴	۲/۸۳	۱/۴۵	۰/۹۵	۴۲۴۴۰/۵۹	۱۰۶۹۵/۴۰
منابع کودی	۲	۳۱/۱۸**	۳۱/۶۸**	۰/۸۸^{ns}	۸۸/۱۲**	۳۷۴۰۷۲/۴۰**	۹۸۷۵۴۰/۵**
سال × کود	۲	۰/۰۵^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۲۰^{ns}	۰/۴۳^{ns}	۲۹۷۸۸/۶۶^{ns}	۱۵۲۱۹/۷۷^{ns}
آبیاری × کود	۴	۴/۶۲**	۱۵/۵۹**	۰/۵۵^{ns}	۱/۴۰^{ns}	۱۴۱۸۴/۴۵^{ns}	۱۸۷۱۹۰/۸۲**
سال × آبیاری × کود	۴	۰/۷۱^{ns}	۰/۰۴^{ns}	۰/۳۷^{ns}	۰/۶۵^{ns}	۱۱۶۴۹/۰۵^{ns}	۶۰۱۹/۰۴^{ns}
خطای کرت فرعی	۳۶	۰/۷۴	۲/۸۱	۰/۷۹	۰/۹۲	۳۴۷۳۶/۸۹	۲۹۸۸۷/۵
ضریب تغییرات (٪)		۱۱/۹۵	۱/۸۲	۱۳/۵۲	۱۸/۳۸	۲۹/۹	۱۵/۱۲

*و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ و ns غیرمعنی‌دار می باشد.

خصوصیات کیفی علوفه (خاکستر علوفه[1]، قابلیت هضم[2]، پروتئین خام و چربی خام)

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان دهنده تأثیر یکسان تیمار کودی بر میزان خاکستر در شرایط دیم می باشد. سیستم کود شیمیایی موجب افزایش درصد خاکستر علوفه کاملینا در سطوح دوبار و یک‌بار آبیاری تکمیلی گردید. حداکثر خاکستر حاصل به میزان ۹/۴۷ درصد مربوط به کود شیمیایی در دوبار آبیاری تکمیلی بود (جدول ۲). علت افزایش درصد خاکستر در کاربرد کودهای شیمیایی این است که نیتروژن موجب بهبود رشد رویشی و جذب بیشتر عناصر و لذا تجمع بیشتر آن‌ها در اندام‌ها، بویژه اندام هوایی گیاه گردیده و در نتیجه میزان خاکستر علوفه که شامل مواد معدنی می‌باشد افزایش می‌یابد (هیل و همکاران ۲۰۰۹).

[1] ASH

[2] Dry matter digestibility; DMD

جدول ۲- ترکیبات تیماری سطوح مختلف آبیاری و منابع مختلف کودی برای برخی خصوصیات کمی و کیفی علوفه و دانه کاملینا

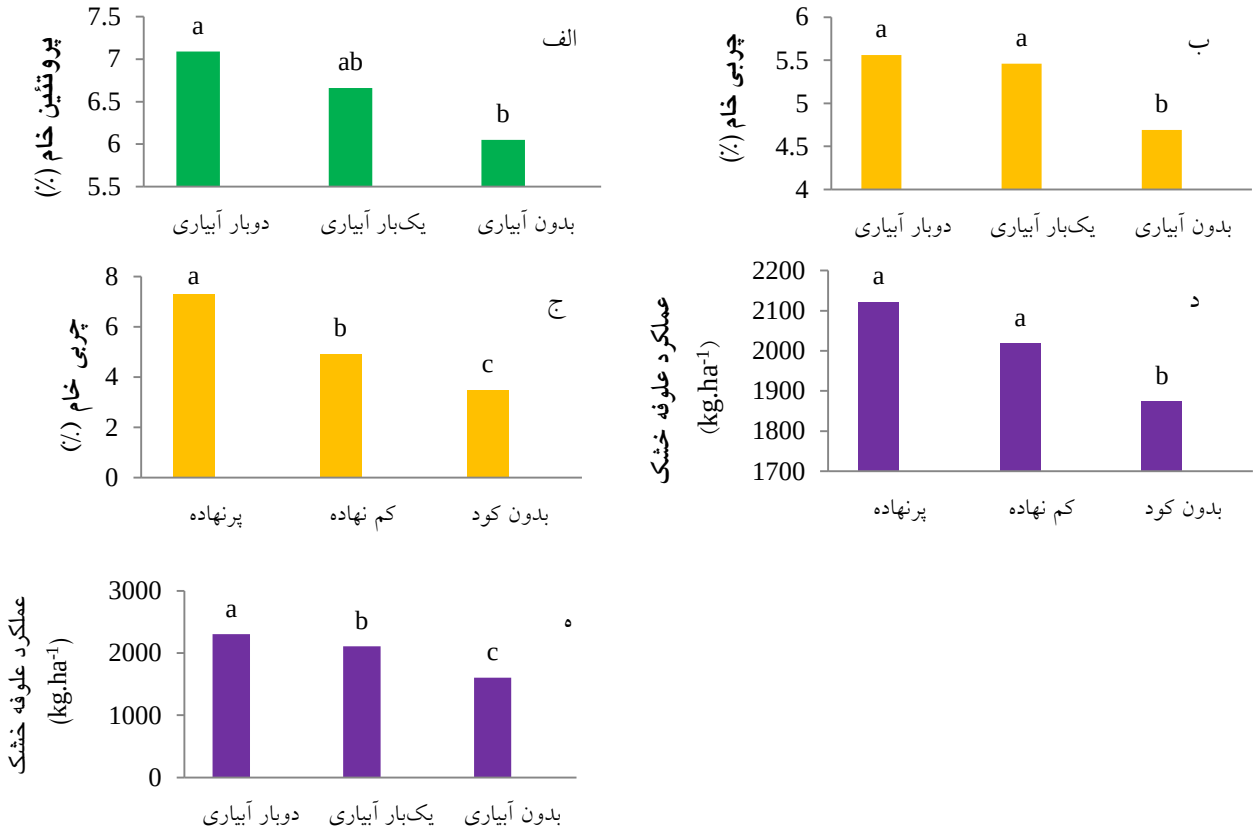
سطوح آبیاری	منابع کودی	خاکستر علوفه (٪)	قابلیت هضم ماده خشک (٪)	عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$)
دوبار آبیاری	شیمیایی	۹/۴۷^{a}	۹۳/۲۱^{a}	۲۰۱۸/۹^{a}
	آلی-زیستی	۷/۴۹^{b}	۹۲/۶۵^{ab}	۱۵۵۹/۰۳^{b}
	بدون کود	۶/۰۵^{c}	۹۲/۳۳^{ab}	۱۲۷۴/۱۶^{c}
یک‌بار آبیاری	شیمیایی	۹/۱۰^{a}	۹۳/۰۴^{a}	۱۱۴۸/۵۷^{cd}
	آلی-زیستی	۶/۸۲^{bc}	۹۲/۸۲^{a}	۹۸۷/۳۴^{de}
	بدون کود	۶/۶۰^{bc}	۹۲/۴۶^{ab}	۹۱۲/۱۱^{e}
بدون آبیاری	شیمیایی	۶/۷۴^{bc}	۹۲/۰۴^{ab}	۸۹۴/۰۹^{e}
	آلی-زیستی	۶/۶۱^{bc}	۹۰/۸۰^{b}	۸۳۰/۲۱^{ef}
	بدون کود	۵/۹۳^{c}	۸۶/۷۷^{c}	۶۶۱/۵۴^{f}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

از آنجا که لیگنینی شدن فاکتور عمدهٔ محدود کننده قابلیت هضم پلی ساکاریدهای دیواره سلولی گیاه می باشد و با توجه به این که در اثر تنش‌های محیطی بافت‌های تشکیل دهنده برگ و ساقه لیگنینی شده و بنابراین قابلیت هضم کاهش می‌یابد (موریسون ۱۹۷۹). از این رو با کاربرد کودهای آلی-زیستی در سطح یک‌بار آبیاری تکمیلی ضمن کاهش قابل توجه مصرف کودهای شیمیایی، می‌توان قابلیت هضم مطلوبی نیز در گیاه کاملینا در شرایط کمبود آب دست یافت.

با افزایش شدت کمبود آب در شرایط دیم، درصد پروتئین خام کاملینا کاهش پیدا کرد، به‌گونه‌ای که بالاترین درصد پروتئین خام در شرایط دوبار آبیاری تکمیلی به‌دست آمد (شکل ۲ الف). محتوای پروتئین خام نقش عمده‌ای در افزایش کیفیت محصولات علوفه‌ای، بهبود رشد دام و تولید شیر دارد که میزان آن نتیجه جذب نیتروژن است که تا حد زیادی با در دسترس بودن آب تعیین می‌شود (دیندوا و همکاران ۲۰۱۹). به طور کلی، بسته به گونه‌های گیاهی، محتوای پروتئین خام در محصول علوفه‌ای می‌تواند به طور منفی یا مثبت تحت تأثیر تنش کم‌آبی قرار گیرد (خلیل و همکاران ۲۰۱۵). در این مورد، فاریاشفسکا و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که تنش خفیف کم آبی به طور قابل توجهی محتوای پروتئین را در گیاهان علوفه‌ای افزایش داد. در مقابل خلیل و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که افزایش تنش کم‌آبی درصد پروتئین خام را در گیاهان لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata*) کاهش داد.

بیشترین میزان چربی خام علوفه در سطوح دوبار آبیاری (۵/۵۶ درصد) و یک‌بار آبیاری (۵/۴۶ درصد) و کمترین میزان چربی خام در تیمار بدون آبیاری به‌دست آمد (شکل ۲ ب). همچنین بیش‌ترین چربی خام (۷/۲۹ درصد) در سیستم کودی شیمیایی و کم‌ترین میزان آن (۳/۴۹ درصد) در تیمار بدون کود به‌دست آمد که ۳/۸ درصد تفاوت داشتند (شکل ۲ ج). کاهش محتوای چربی خام در شرایط تنش کم آبی ممکن است ناشی از تجزیه چربی‌ها برای تشکیل مواد اسمزی برای کمک به گیاهان برای مقاومت در برابر تنش کم آبی باشد (سواگوو و ادگوا ۲۰۱۳).



شکل ۲- مقایسهٔ میانگین صفات پروتئین خام (الف)، چربی خام (ب و ج)، و عملکرد علوفه خشک (د و ه) تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری و منابع مختلف کودی

عملکرد علوفه خشک

بیشترین عملکرد علوفه خشک (۲۱۲۲/۴۹ کیلوگرم در هکتار) مربوط به سیستم کود شیمیایی بود ولی از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با سیستم کود آلی-زیستی نداشتند (شکل ۲ د) و این تیمارهای کودی از برتری قابل توجهی در مقایسه با تیمار شاهد برخوردار بودند. بر این اساس، سیستم کود شیمیایی به‌دلیل اینکه مواد غذایی بویژه نیتروژن را در مراحل اولیه رشد، سریعتر در دسترس گیاه قرار می‌دهد، بیشترین عملکرد علوفه خشک را تولید کرد. گزارش شده است که گونه‌های ازتوباکتر و آزوسپریلوم، از طریق افزایش شکل محلول قابل جذب عناصر غذائی در محیط ریشه، موجب افزایش سرعت و مقدار جذب عناصر غذائی توسط گیاه می‌شوند و در نتیجه عملکرد ماده خشک گیاهی افزایش می‌یابد (خلیل زاده و همکاران ۲۰۱۸). با افزایش شدت محدودیت آبیاری، عملکرد علوفه خشک روند کاهشی داشت. عدم آبیاری گیاهان، عملکرد علوفه خشک را ۳۰/۳۶ درصد کاهش داد (شکل ۲ ه). می‌توان گفت که وقتی محتوای آب خاک برای تسهیل جذب عناصر غذایی توسط ریشه کافی نباشد، گیاهان در جذب عناصر غذایی ضروری مانند نیتروژن و فسفر با مشکل مواجه می شوند که منجر به کاهش عملکرد می‌شود (دانش نیا و همکاران ۲۰۱۵).

عملکرد دانه

نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲) نشان داد که تفاوت معنی‌داری در عملکرد دانه، بین تیمارهای کود آلی-زیستی و بدون کود در شرایط یک‌بار آبیاری و بدون آبیاری وجود ندارد. در بین تیمارها، حداکثر عملکرد دانه (۲۰۱۸/۹۰ کیلوگرم در هکتار) در تیمار دوبار آبیاری تکمیلی و کود شیمیایی مشاهده شد. عملکرد دانه در تیمار کود شیمیایی و گیاهانی که یک‌بار آبیاری شده بودند،

۱۶/۳۲ درصد بیشتر از کاربرد کود آلی-زیستی بود. عملکرد کاملینا در شرایط کم آبیاری از طریق کاربرد کود آلی-زیستی حفظ شد. علی‌نژاد و همکاران (۲۰۲۰) گزارش داد که کودهای آلی با آزادسازی تدریجی مواد مغذی مورد نیاز در مقایسه با کودهای شیمیایی در طول فصل رشد، تأثیر قابل توجهی بر عملکرد گیاهان داشته‌اند.

درصد روغن و اسیدهای چرب

کاربرد کودهای شیمیایی موجب افزایش درصد روغن در بذر کاملینا در تمام سطوح آبیاری گردید. مقایسه میانگین کاربرد سطوح مختلف کود و آبیاری بر میزان روغن دانه نشان داد که بیشترین مقدار در کاربرد کودهای شیمیایی در دوبار آبیاری گیاهان (۲۷/۲۲ درصد) و کمترین آن مربوط به تیمارهای بدون کود و بدون آبیاری (۲۱/۱۰ درصد) بود. محتوای روغن در شرایط تنش خشکی عمدتاً به دلیل اکسید شدن برخی اسیدهای چرب اشباع نشده کاهش می‌یابد در این ارتباط گزارش شده که محتوای روغن کاملینا با کاهش دسترسی گیاه به آب آبیاری به طوری معنی‌داری کاهش یافت (پاولیستا و همکاران ۲۰۱۶).

مقدار اسیدهای چرب بر اساس تیمار سطوح آبیاری، تیمار کودی و اثر متقابل آن‌ها گزارش شد (جدول ۳). اسیدهای چرب به سه دسته شامل اسیدهای چرب اشباع[1]، اسیدهای چرب تک غیراشباع[2]، و اسیدهای چرب چندغیراشباع[3] تقسیم می‌شوند. کیفیت چربی به نوع اسید چرب و به ویژه به نسبت اسیدهای چرب بستگی دارد (راتوس و همکاران ۲۰۱۸).

در ترکیب روغن دانه کاملینا سه نوع اسید چرب اشباع مشاهده گردید که شامل پالمیتیک اسید (C16:0)، اسید استئاریک (C18:0) و ایکوزانوئیک اسید (C20:0) بود. میزان اسیدهای چرب اشباع تحت تیمار کودهای آلی-زیستی و بدون آبیاری به میزان ۱۳/۹۱ درصد بیشتر از سایر تیمارهای آزمایشی بودند (جدول ۳). یونس و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند تنش خشکی بر ترکیب اسیدهای چرب روغن سویا اثر می‌گذارد، به گونه‌ای که با افزایش تنش خشکی اسیدهای چرب اشباع (پالمتیک و استئاریک) افزایش یافته ولی اسیدهای چرب غیر اشباع کاهش می‌یابد. اسیدهای چرب اشباع شده (پالمتیک و اسید استئاریک) در تیمارهای حاوی کودهای آلی-زیستی نسبت به کودهای شیمیایی افزایش داشت (جدول ۳). میزان اسید چرب تک غیراشباع (MUFA) تیمار کود شیمیایی و یک‌بار آبیاری، ۳۱/۴۰ درصد در مقایسه با سایر تیمارها بیشتر بود (جدول ۳). سه نوع اسید چرب تک غیراشباع در روغن کاملینا تشخیص داده شد که شامل پالمیتولئیک اسید (C16:1)، اسید اولئیک (C18:1) و ایکوزنوئیک اسید (C20:1) است. پالمیتولئیک اسید در گیاهان تیمار شده با کودهای شیمیایی و بدون آبیاری بیشتر از سایر تیماها بود (جدول ۳). میزان اسید اولئیک در تیمارهای مختلف بین ۱۶/۱۵تا ۱۵/۰۳درصد متغیر بود. یکی از ویژگی معمول روغن کاملینا وجود اسیدایکوزنوئیک است که بیشترین مقدار آن (۱۵/۳۵ درصد) در تیمار کود شیمیایی و یک‌بار آبیاری به‌دست آمد (جدول ۳).

آبرامویچ و آبرام (۲۰۰۵) میزان اولئیک اسید را در روغن کاملینا ۰/۴ درصد و ایکوزنوئیک اسید را ۱۴/۹ درصد گزارش کردند. میکروارگانیسم‌های موجود در کودهای زیستی خاک به دلیل داشتن اجزای موثر در دسترسی به عناصر غذایی برای گیاهان می‌توانند مقدار و ترکیب روغن را تغییر دهند (فیض آبادی و همکاران ۲۰۲۰). کاهش در نسبت MUFAs در پاسخ به کودهای شیمایی نیز توسط زارنیک و همکاران (۲۰۱۷) گزارش شد. جیانگ و همکاران (۲۰۱۳) اثرات کاهشی قابل توجه نیتروژن را بر روی اسید چرب غیراشباع چندگانه گزارش کردند. به نظر می‌رسد استفاده از کودهای شیمیایی در شرایط تنش کم‌آبی به دلیل افزایش استحکام و تحمل غشایی در حفظ سیالیت غشایی و ایجاد محیط مناسب در سلول در برابر شرایط تنش کم آبی (مارایا-پالس و همکاران، ۲۰۱۰)، دلیل کاهش میزان MUFAs شده است. در روغن دانه کاملینا چهار نوع اسید چرب چند غیر اشباع (PUFAs) شامل لینولئیک اسید (C18:2)،

[1] Saturated fatty acids; SFA
[2] Mono unsaturated fatty acids; MUFA
[3] Poly unsaturated fatty acids; PUFA

لینولنیک اسید (C18:3)، ایکوزادیانوئیک اسید (C20:2)، ایکوزاتریانوئیک اسید (C20:3) می‌باشد. سطح قابل توجهی از PUFA در محدوده ۵۳/۷۰ درصد (ترکیب تیمار کودی آلی-زیستی و دوبار آبیاری) تا ۵۸/۷۴ درصد (ترکیب تیمار کودی آلی-زیستی و بدون آبیاری) از کل اسیدهای چرب بود (جدول ۳). می‌توان نتیجه گرفت افزایش میزان روغن و اسیدهای چرب توسط کودهای آلی-زیستی به دلیل اثرات مستقیم بر روی رشد گیاه بوسیله افزایش جذب نیتروژن، تولید فیتوهورمون‌ها و محلول‌سازی مواد معدنی مفید باشد (کینی ۱۹۹۷). PUFAs اعمال مفید و مهمی در سلامت انسان و سایر پستانداران بر عهده دارند و در پیشگیری و درمان بسیاری از بیماری‌ها نقش دارند. لینولنیک اسید و لینولئیک اسید از اسیدهای چرب‌های مهم دسته PUFA هستند. لینولئیک اسید از طریق فرآیندهای طویل‌سازی و غیراشباعی در نهایت به اسید چرب امگا-۶ مهمی به نام اسید آراشیدونیک[1] و آلفا-لینولنیک اسید در نهایت به دو امگا-۳ مهم به نام‌های ایکوزاپنتائنونیک اسید[2] و دوکوزاهگزائنوئیک اسید[3] تبدیل می‌شوند (واتس و همکاران ۲۰۱۶). میزان آلفا-لینولنیک اسید در تیمارهای آبیاری در بازه ۳۳/۷۷-۳۱/۶۲ درصد قرار گرفت (جدول ۳). در گیاهان تیمارشده با منابع مختلف کودی نیز میزان آلفا-لینولنیک اسید در بازه ۳۳/۲۴- ۳۱/۶۸ درصد بود که بیشترین مقدار مربوط به گیاهان بدون تیمار کودی بود (جدول ۳). همچنین اثر متقابل منابع مختلف کودی و سطوح آبیاری نشان داد که بیش‌ترین میزان آلفا-لینولنیک اسید در تیمار کودی شیمیایی و دوبار آبیاری به میزان ۳۴/۲۸ درصد به‌دست آمد (جدول ۳). همچنین کمترین میزان آن در تیمار کودی آلی-زیستی و بدون آبیاری به‌دست آمد که نشان می‌دهد کود شیمیایی و آبیاری کامل تأثیر مثبت و معنی‌داری بر درصد اسیدلینولنیک داشته است. میزان لینولئیک اسید در تیمارهای آبیاری دربازه ۲۰/۷۴-۱۹/۴۶ درصد بود که بیشترین مقدار مربوط به تیمار دوبار آبیاری بود (جدول ۳). در گیاهان تیمارشده با منابع مختلف کودی میزان لینولئیک اسید در بازه ۲۰/۸۱-۲۰/۱۱ درصد قرار گرفت که بیشترین مقدار مربوط به گیاهان تیمار شده با کود آلی-زیستی بود (جدول ۳).

جدول ۳- میزان اسیدهای چرب مختلف روغن دانه کاملینا تحت تأثیر ساده و متقابل سطوح مختلف آبیاری و منابع مختلف کودی

			اسیدهای چرب (٪)												
سطوح آبیاری	منابع کودی	درصد روغن	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:0	C20:1	C20:2	C20:3	SFA	MUFA	PUFA
دوبار آبیاری	-	۲۵/۲۶	۵/۸۰	۰/۰۸	۲/۵۰	۱۵/۷۸	۲۰/۷۴	۳۳/۷۷	۱/۸۰	۱۴/۸۵	۱/۹۸	۱/۴۸	۱۰/۰۹	۳۰/۷۰	۵۷/۹۷
یک‌بار آبیاری	-	۲۴/۲۵	۶/۲۸	۰/۱۱	۲/۸۰	۱۵/۶۶	۱۹/۹۵	۳۲/۲۹	۲/۱۰	۱۵/۱۹	۲/۱۹	۱/۵۸	۱۱/۱۷	۳۰/۹۶	۵۶/۰۱
بدون آبیاری	-	۲۱/۳۷	۶/۹۴	۰/۳۳	۳/۰۸	۱۵/۵۲	۲۰/۳۵	۳۱/۶۲	۲/۳۲	۱۴/۴۷	۱/۸۶	۱/۷۴	۱۲/۳۴	۳۰/۳۲	۵۵/۵۸
-	شیمیایی	۲۴/۷۵	۶/۲۰	۰/۲۰	۲/۶۸	۱۵/۷۳	۲۰/۱۳	۳۲/۷۶	۲/۰۳	۱۴/۸۶	۱/۹۶	۱/۸۹	۱۰/۹۲	۳۰/۷۹	۵۶/۷۴
-	آلی-زیستی	۲۳/۳۱	۶/۶۸	۰/۱۶	۲/۹۵	۱۵/۶۲	۲۰/۸۱	۳۱/۶۸	۲/۱۶	۱۴/۷۳	۲/۰۴	۱/۵۹	۱۱/۷۹	۳۰/۵۲	۵۶/۱۳
-	بدون کود	۲۳/۱۷	۶/۱۳	۰/۱۶	۲/۷۴	۱۵/۶۰	۲۰/۱۱	۳۳/۲۴	۲/۰۲	۱۴/۹۲	۲/۰۳	۱/۳۱	۱۰/۹۰	۳۰/۶۸	۵۶/۶۹
دوبار آبیاری	شیمیایی	۲۷/۲۲	۵/۷۰	۰/۰۹	۲/۴۷	۱۵/۷۱	۲۰/۰۲	۳۴/۲۸	۱/۸۰	۱۵/۲۵	۱/۹۵	۱/۲۷	۹/۹۷	۳۱/۰۵	۵۷/۵۲
	آلی-زیستی	۲۵/۰۸	۵/۸۶	۰	۲/۵۱	۱۵/۴۷	۲۱/۳۵	۳۳/۵۲	۱/۶۸	۱۴/۸۴	۱/۹۳	۱/۹۴	۱۰/۰۵	۳۰/۳۱	۵۸/۷۴

[1] Arachidonic acid
[2] Eicosapantaenoic acid
[3] Docosahexaenoic

	بدون کود	۲۴/۵۵	۵/۸۳	۰/۱۶	۲/۵۱	۱۶/۱۵	۲۰/۸۵	۳۳/۵۲	۱/۹۲	۱۴/۴۷	۲/۰۵	۱/۲۲	۱۰/۲۶	۳۰/۷۸	۵۷/۶۴
یکبار آبیاری	شیمیایی	۲۵/۲۲	۶/۲۷	۰	۲/۸۱	۱۶/۰۵	۱۹/۹۵	۳۲/۰۳	۲/۰۰	۱۵/۳۵	۲/۱۵	۱/۴۷	۱۱/۰۸	۳۱/۴۰	۵۵/۶۰
	آلی- زیستی	۲۳/۶۶	۶/۳۴	۰/۲۵	۲/۸۲	۱۵/۳۰	۱۹/۹۰	۳۱/۹۱	۲/۲۴	۱۵/۲۲	۲/۳۳	۱/۸۰	۱۱/۴۰	۳۰/۷۷	۵۵/۹۴
	بدون کود	۲۳/۸۴	۶/۲۲	۰/۰۹	۲/۷۶	۱۵/۶۲	۲۰/۰۱	۳۲/۹۲	۲/۰۵	۱۴/۹۹	۲/۱۰	۱/۴۶	۱۱/۰۳	۳۰/۷۰	۵۶/۴۹
بدون آبیاری	شیمیایی	۲۱/۸۰	۶/۶۳	۰/۵	۲/۷۷	۱۵/۴۳	۲۰/۴۱	۳۱/۹۷	۲/۳۰	۱۳/۹۸	۱/۷۹	۲/۹۳	۱۱/۷۰	۲۹/۹۱	۵۷/۱۰
	آلی- زیستی	۲۱/۱۸	۷/۸۴	۰/۲۴	۳/۵۱	۱۶/۱۰	۲۱/۱۷	۲۹/۶۲	۲/۵۶	۱۴/۱۴	۱/۸۷	۱/۰۴	۱۳/۹۱	۳۰/۴۸	۵۳/۷۰
	بدون کود	۲۱/۱۰	۶/۳۵	۰/۲۴	۲/۹۶	۱۵/۰۳	۱۹/۴۶	۳۳/۲۸	۲/۰۹	۱۵/۳۰	۱/۹۳	۱/۲۶	۱۱/۴۰	۳۰/۵۷	۵۵/۹۳

ایکوزنوئیک) C20:1 ,(اولئیک اسید) C18:1 ,(پالمیتولئیک اسید) C16:1 ,(آراشیدیک اسید) C20:0 ,(اسیداستئاریک) C18:0 ,(پالمیتیک اسید) C16:0 ,(اسید چرب اشباع) SFA ,(ایکوزاتریانوئیک اسید) C20:3 ,(ایکوزادیانوئیک اسید) C20:2 ,(اسیدلینولنیک) C18:3 ,(اسیدلینولئیک) C18:2 ,(اسید .(اسیدهای چرب چندغیراشباع) PUFA ,(اسیدهای چرب تک غیراشباع) MUFA

بیشترین مقدار لینولئیک اسید (۲۱/۳۵ درصد) در تیمار کودی آلی-زیستی و دوبار آبیاری به‌دست آمد و کمترین مقدار آن (۱۹/۴۶ درصد) در گیاهان بدون کود و بدون آبیاری به‌دست آمد (جدول ۳)، که نشان دهنده تأثیر آبیاری در افزایش مقدار لینولئیک اسید است. میزان ایکوزادیانوئیک اسید در روغن دانه کاملینا تحت تاثیر اثر متقابل تیمارها بین ۲/۱۵-۱/۷۹ درصد متفاوت بود (جدول ۳)، به‌طوری‌که بیشترین میزان ایکوزادیانوئیک اسید در تیمارهای یک‌بار آبیاری تکمیلی و کود شیمیایی و کمترین مقدار مربوط به تیمار بدون آبیاری و کود شیمایی بود، که نشان می‌دهد تیمار آبیاری تأثیر مثبتی بر درصد ایکوزادیانوئیک اسید داشته است. کاهش اسیدهای چرب غیراشباع تحت تنش کمبود آب ممکن است به دلیل مهار بیوسنتز اسیدهای چرب غیراشباع چندگانه و فعالیت های دناتوره کننده باشد که منجر به کاهش غلظت روغن و تغییر در ترکیب روغن می شود (بالدینی و همکاران ۲۰۰۲).

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج نشان می‌دهد که بالاترین عملکرد دانه و محتوای روغن در کاملینا در تیمار کودهای شیمیایی سوپر فسفات تریپل (۷۵ کیلوگرم در هکتار، قبل از کاشت)، اوره (۵۰ کیلوگرم در هکتار در دو مرحله پس از کاشت و قبل از گلدهی) و ریزمغذی‌ها (با نام تجاری Librel ^{BMX} به صورت محلول پاشی یک لیتر در هکتار) و در گیاهانی که دوبار آبیاری شده بودند به‌دست آمد. عملکرد دانه حاصل از تیمار کود شیمیایی با عملکرد دانه تیمار شده با کودهای آلی-زیستی فسفو نیترو کارا + پتاباورور-۲ (هفت گرم مایه تلقیح به صورت تلقیح بذری و ۱۰ گرم در ۲۰ لیتر به صورت محلول‌پاشی در مراحل رویشی، طویل شدن ساقه و قبل از گلدهی) و کود گاوی (۳۰ تن در هکتار، قبل از کاشت) در شرایط یکبار آبیاری و دیم معنی‌دار نبود که این بیانگر کاهش مصرف کودهای شیمیایی در شرایط تنش‌کم‌آبی است. با افزایش شدت کم‌آبی کیفیت علوفه گیاه کاملینا کاهش می‌یابد که این موضوع با کاهش قابلیت هضم علوفه همراه است. کاربرد کودهای آلی-زیستی و شیمیایی موجب افزایش قابلیت هضم، چربی خام، و خاکستر علوفه گردید. باتوجه به نتایج این پژوهش مشاهده شد که میزان اسیدهای چرب اشباع و چند غیراشباع در تیمار بدون آبیاری با مصرف کود آلی-زیستی بیش از سایر تیمارها بوده است. همچنین در شرایط دیم کاربرد کود آلی- زیستی نسبت به کودهای شیمیایی بیشترین تأثیر را بر اولئیک اسید، اسیدلینولئیک، اسیدلینولنیک، آراشیدیک اسید، ایکوزنوئیک اسید، ایکوزادیانوئیک اسید، همچنین اسیدهای چرب اشباع، تک غیراشباع و چند غیراشباع را نشان داد. بنابراین در خصوص گیاه کاملینا، کاربرد کود آلی-زیستی در شرایط تنش خشکی برای کاهش مصرف

کودهای شیمیایی و نیل به اهداف کشاورزی پایدار می‌تواند بیشتر مورد بررسی قرار گیرد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از ریاست محترم دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه و ریاست محترم مرکز تحقیقات امور دام کرمانشاه به خاطر در اختیار قرار دادن امکانات مزرعه‌ای و آزمایشگاهی، کمال سپاسگزاری به عمل می‌آید.

منابع مورد استفاده

Abramovi˘c H and Abram V. 2005. Physiochemical properties, composition and oxidative stability of *Camelina sativa* oil. Food Technology and Biotechnology, 43: 63–70.

Akber A, Piri S, Khaligi A and Moradi P. 2021. Enhancing the qualitative and quantitative traits of potato by biological, organic, and chemical fertilizers. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences,

Alinejad S, Sarabi V, Bakhtvari ARS and Hashempour H. 2020. Variation in physiological traits, yield and secondary metabolites of jimsonweed (*Datura stramonium* L.) under different irrigation regimes and nutrition systems. Industrial Crops & Products, 143: 111916.

Alizadeh A. 2008. Water, soil, plant. Astane ghodse razavi, 8th edition. (In Farsi).

Amiri-Darban N, Nourmohammadi G, Shirani Rad AH, Mirhadi SMJ and Majidi Heravan I. 2020. Potassium sulfate and ammonium sulfate affect quality and quantity of camelina oil grown with different irrigation regimes. Industrial Crops & Products, 148: 112308.

Anderson JPE 1982. Soil respiration. In: A.L. Page and R.H. Mille (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Micro Biological Properties, American Society of Agronomy, Madison, WI, USA. pp. 831-871.

Baldini M, Giovanardi R, Tahmasebi Enferadi S and Vannozzi GP. 2002. Effects of water regime on fatty acid accumulation and final fatty acid composition in the oil of standard and high oleic sunflower hybrids. Italian Journal of Agronomy, 6: 119–126

Benami A and Ofen A. 1984. Irrigation engineering: sprinkle, trickle, surface irrigation, principles, design and agricultural practices. Engineering Scientific Publications.

Bremner JM and Breitenbeck GA. 1983. A simple method for determination of ammonium in semi microKjeldahl analysis of soils and plant materials using a block digester. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 14: 905-913.

Bremner J.M. 1996. Nitrogen-total. In D. L. Sparks (Ed.), Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods (pp. 1085–1121). Madison, WI: Soil Science Society of America and American Society of Agronomy.

Czarnik M, Jarecki W and Bobreck-Jamro D. 2017. The effects of varied plant density and nitrogen fertilization on quantity and quality yield of *Camelina sativa* L. Emirates Journal of Food and Agriculture, 29: 988–993.

Daneshnia F, Amini A and Chaichi MR. 2015. Surfactant effect on forage yield and water use efficiency for berseem clover and basil in intercropping and limited irrigation treatments. Agricultural Water Management, 160: 57–63.

Diallo D. and Marico A. 2013. Field capacity (FC) and permanent wilty point (PWP) of clay soils developed on quaternary alluvium in niger river loop (Mali). International journal of engineering research and applications. 3(1): 1085-1089.

Dindová A, Hakl J, Hrevušová Z and Nerušil P. 2019. Relationships between long-term fertilization management and forage nutritive value in grasslands. Agriculture, Ecosystems and Environment, 279: 139–148.

Fariaszewska A, Aper J, Van Huylenbroeck J, Baert J, De Riek J, Staniak M and Pecio Ł. 2016. Mild drought stress-induced changes in yield, physiological processes and chemical composition in Festuca, Lolium and Festulolium. Journal of Agronomy and Crop Science, 14: 1-14.

Feizabadi A, Noormohammadi G and Fatehi F. 2020. Changes in growth, physiology, and fatty acid profile of Rapeseed cultivars treated with vermicompost under drought stress. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 21: 200–208.

Gee GW and Bauder JW. 1982. Particle-size analysis. pp. 383-411. In A. Klute (ed.) Methods of soil analysis. Part 1. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.

Hail Y, Daci M and Tan ME. 2009. Valuation of annual legumes and barley as sole crops and intercrop in spring frost conditions for animal feeding: Yield and quality. Journal of Animal and Veterinary Advances, 8(7): 1337-1342.

Hejcman M, Szaková J, Schellberg J and Tlustoš P. 2010. The Rengen Grassland Experiment: relationship between soil and biomass chemical properties, amount of elements applied, and their uptake. Plant and Soil, 333 (1-2): 163–179.

Hrevušová Z, Hejcman M, Hakl J, Mrkvička J. 2015. Soil chemical properties, plant species composition, herbage quality, production and nutrient uptake of and alluvial meadow after 45 years of N, P, and K application. Grass and Forage Science. 70 (2): 205–218

Hunsaker D, French A and Elshikha DEM. 2011. Water use, crop coefficients, and irrigation management criteria for camelina production in arid regions. Irrigation Science, 29: 27–43

Khalil ZM, Salem AK and Sultan FM. 2015. Water stress tolerance of fodder cowpea as influenced by various added levels of potassium sulphate. Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering, 6 (2): 213-231.

Khalilzadeh R, Seyed Sharifi R and Jalilian J. 2018. Growth, physiological status, and yield of salt-stressed wheat (*Triticum aestivum* L.) plants affected by biofertilizer and cycocel applications. Arid Land Research and Management, 32: 71–90.

Khalilzadeh R, Seyed Sharifi R and Jalilian J. 2016. Antioxidant status and physiological responses of wheat (*Triticum aestivum* L.) to cycocel application and bio fertilizers under water limitation condition. Journal of Plant Interactions, 11: 130–137.

Kinny AJ. 1997. Genetic engineering of oil seeds for desired traits. Pp. 149-166. In: Setlow JK(ed). Genetic engineering. Vol. 19. Pleun Press, New York.

Lindsay WL and Norvell WA. 1979. Development of a DTPA soil test for Zinc, Iron, Manganese and Copper. Soil Science Society of America Journal, 42: 421-428.

Liu H, Li H, Ning H, Zhang X, Li S, Pang J, Wang G and Sun J. 2019. Optimizing irrigation frequency and amount to balance yield , fruit quality and water use efficiency of greenhouse tomato. Agricultural Water Management, 226: 105787.

Maleki-Farahani S. 2009. The evaluation of limited irrigation and different fertilizer applications on quantitative and qualitative traits of barley grain (Turkman variety). Ph.D. Thesis. University of Tehran, Tehran, Iran.

Mahmodi SH. and Hakimiyan M. 2007. Pedology principle. University of Tehran press. 8th edition. (In Farsi)

Maria-Palese A, Nuzzo F, Favati F, Pietrafesa A, Celano G and Xiloyannis C. 2010. Effects of water deficit on the vegetative response, yield and oil quality of olive trees (*Olea europaea* L, cv Coratina) grown under intensive cultivation. Scientia Horticulturae, 125(3): 222-229.

Mc Lean EO, Watson ME.1985. Soil measurements of plant-available potassium. Potassium Agric 277–308.

Morrison IM. 1979. Carbohydrate chemistry and rumen digestion. Proceedings of the Nutrition Society, 38: 269- 274.

Nelson DW, Sommers LE. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In D. L. Sparks (Ed.), Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods (pp. 961–1010). Madison, WI: Soil Science Society of America and American Society of Agronomy.

Obour KA, Sintim YH, Obeng E and Jeliazkov DV. 2015. Oilseed camelina (*Camelina sativa* L. Crantz): Production systems, prospects and challenges in the USA great plains. Advances in Plants and Agriculture Research, 2(2): 1-10.

Osuagwu GGE and Edeoga HO. 2013. The effect of water stress (drought) on the proximate composition of the leaves of *Ocimum gratissimum* (L) and *Gongronema latifolium* (Benth). *International Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 3(2): 293-299

Pavlista AD, Hergert GW, Margheim JM and Isbell TA. 2016. Growth of spring camelina (*camelina sativa*) under deficit irrigation in western Nebraska. Industrial Crops and Products, 83: 118-123.

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

Ratusz K, Popis E, Ciemniewska-Z ytkiewicz H and Wroniak, M. 2016. Oxidative stability of camelina (*Camelina sativa* L.) oil using pressure differential scanning calorimetry and Rancimat method. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 126: 343–351.

Rodríguez-rodríguez MF, Garc R, Martínez-force E and Salas JJ. 2021. Lipid profiling and oil properties of *Camelina sativa* seeds engineered to enhance the production of saturated and omega-7 fatty acids. Industrial Crops and Products, 170 (15): 113765.

Van Soest PJ, Robertson JB and Lewis BA. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, 74:3583-3591.

Watanabe FR, and Olson SR. 1965. Test of an ascorbic acid methods for determining phosphorus in water and NaHCO3 extracts from soil. Soil Science Society of America, Proceedings, 29: 677–678.

Watts JL. 2016. Using Caenorhabditis elegans to uncover conserved functions of omega-3 and omega-6 fatty acids. Journal of Clinical Medicine, 5(2): 19.

Younis ME, Gaber AM and El-Nimr M. 2001. Plant growth, metabolism and adaptation of *Glycine max* and *Phaseolus vulgaris* subjected to anaerobic conditions and drought. Egyptian Journal of Physiological Sciences, 23: 273-296.

Zare R, Mohammadi E, Modarres- SAM and Heidarzadeh A. 2021. Effect of the bio-fertilizers on the steviol glycosides (SGs) content and biomass in *Stevia rebaudiana* (Bert.) Bertoni at vegetative and flowering stages. Scientia Horticulturae, 275: 109658.

Zou H, Fan J, Zhang F, Xiang Y, Wu L and Yan S. 2020. Optimization of drip irrigation and fertilization regimes for high grain yield, crop water productivity and economic benefits of spring maize in Northwest China. Agricultural Water Management, 230: 105986.