نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
سال چهاردهم / شماره اول / بهار ۱۴۰۳/ مقاله علمی-پژوهشی: صفحات ۱ تا ۱۶

بررسی اثر تاریخ کاشت، تراکم بوته و اسید هیومیک بر صفات کمی و کیفی گیاه روغنی کاملینا

امیر حسین شیرانی راد[1]* و نادیا صفوی فرد[2]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۱۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۱۲)

چکیده

بررسی نقش عوامل زراعی در راستای بهبود خصوصیات کمی و کیفی دانه‌های روغنی از اهمیت بالایی برخوردار است. به‌منظور تعیین ترکیب اسیدهای چرب و عملکرد دانه بالا در گیاه کاملینا (*Camelina sativa* L.)، آزمایشی دو ساله (۹۸-۱۳۹۶) به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در کرج اجرا شد که تاریخ کاشت (۱۵ مهر، ۳۰ مهر و ۱۵ آبان ماه) در کرت‌های اصلی و دو عامل تراکم بوته (۴۰، ۵۰ و ۶۰ بوته در مترمربع) و اسید هیومیک شامل عدم کاربرد (محلول پاشی با آب خالص) و محلول‌پاشی HUMAX 95-WSG با غلظت ۳ در هزار در دو مرحله چهار برگی و ساقه‌دهی در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در تاریخ کاشت ۱۵ مهر ماه، در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع و در شرایط کاربرد اسید هیومیک با میانگین ۲۴۸۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. علاوه بر این کاربرد اسید هیومیک در تاریخ کاشت تأخیری ۱۵ آبان ماه و تراکم ۴۰ بوته در مترمربع نسبت به عدم کاربرد آن، بالاترین تأثیر مثبت را بر وزن هزار دانه و عملکرد دانه به‌ترتیب با افزایش ۱۷/۸ و ۳۲/۷ درصد نشان داد. همچنین کاربرد اسید هیومیک در تاریخ کاشت تأخیری ۱۵ آبان ماه و تراکم ۴۰ بوته در مترمربع، بیشترین درصد افزایش اسید اولئیک (۰/۸۹ درصد) را نسبت به عدم کاربرد آن نشان داد. علاوه بر این، کاربرد اسید هیومیک در کلیه تاریخ‌های کاشت معمول (۱۵ مهرماه)، نسبتاً تأخیری (۳۰ مهرماه) و تأخیری (۱۵ آبان ماه) سبب کاهش معنی‌دار اسید اروسیک و گلوکوزینولات نسبت به عدم کاربرد آن شد. از این‌رو استفاده از اسید هیومیک در زراعت کاملینا به‌ویژه در مواردی که کشت آن به تأخیر می‌افتد، توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اسید چرب، عملکرد دانه، گلوکوزینولات، محتوای روغن

۱ و ۲. به‌ترتیب استاد و دکتری زراعت، موسسه تحقیقات، اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: shirani.rad@gmail.com

مقدمه

ارزش و اهمیت غذایی دانه‌های روغنی از نظر تأمین کالری و انرژی مورد نیاز انسان در بین محصولات کشاورزی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار هستند. کاملینا با نام علمی (*Camelina sativa* L.) گیاهی روغنی- دارویی و متعلق به خانواده شب‌بوئیان (Brassicaceae) است که علاوه بر مصارف خوراکی و درمانی، از کاربردهای صنعتی بی‌شماری مانند تولید سوخت زیستی (سوخت موتور جت) (۲۲) و تهیه مواد آرایشی بهداشتی (۱۶) برخوردار است. دوره رشدی این گیاه کوتاه بوده و بین ۸۵ تا ۱۰۰ روز است. بهترین آب و هوا برای رویش آن، آب و هوای نیمه خشک و سرد بوده و همچنین قادر به رشد در خاک‌های گوناگون است (۱۳). کاملینا در محیط‌های مساعد، عملکرد بالایی دارد و در مقایسه با سایر گیاهان براسیکاسه درصد روغن (۴۰ درصد) و پروتئین (۳۰ درصد) در دانه‌های این گیاه در سطح بالاتر و میزان گلوکوزینولات کمتر است (۴۶). در شرایط بدون محدودیت، عملکرد دانه کاملینا می‌تواند تا ۳۰۰۰ کیلوگرم در هکتار و محتوای روغن دانه آن در حدود ۲۶ تا ۴۳ باشد (۳۶). تقریباً ۹۰ درصد اسیدهای چرب موجود در روغن کاملینا را اسیدهای چرب غیراشباع تشکیل می‌دهد (۵۱). روغن کاملینا با ترکیب منحصر به فرد اسیدهای چرب خود می‌تواند به‌عنوان روغنی مناسب برای استفاده مستقیم در سالاد، پخت و پز و غنی‌سازی محصولاتی مانند مارگارین، سس سالاد، سس مایونز و بستنی با امگا ۳ در نظر گرفته شود (۱). از این‌رو معرفی منابع جدید و قابل دسترس اسیدهای چرب امگا ۳ و امگا ۶ می‌تواند گامی مؤثر در بهبود سلامت جامعه باشد (۵۲).

تاریخ کاشت از عوامل مهم در تولید کاملینا است، زیرا شرایط محیطی رشد این گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. گزارش شده است که زمان کاشت در کاملینا بر تغییر محتوای روغن تأثیر می‌گذارد (۳۰). کاشت زود هنگام با افزایش طول دوره پرشدن دانه، به تشکیل روغن کمک می‌کند (۱۵). کارخاس و همکاران (۲۹) گزارش دادند که افزایش دما در مراحل گلدهی و رسیدگی باعث کاهش محتوای روغن در گیاهان روغنی می‌شود. ریگینی و همکاران (۴۰) هنگام مقایسه تاریخ کاشت پاییزه و بهاره در ایتالیا گزارش کردند که در کاشت پاییزه به‌دلیل آنکه مراحل گلدهی و پر شدن دانه در دماهای پایین‌تر اتفاق افتاد، میزان روغن دانه افزایش یافت. پاولیستا و همکاران (۳۷) گزارش کردند که تاریخ کاشت دیرهنگام باعث افزایش درصد اسید اولئیک و لینولئیک شد، درحالی‌که درصد اسید لینولنیک کاهش یافت.

تراکم گیاه در بیشتر محصولات تأثیر مستقیمی بر حجم توده زنده، عملکرد محصول و بازده اقتصادی دارد (۲). هدف از تعیین تراکم مطلوب، فاصله‌گذاری میان بوته‌ها است، به‌طوری- که ترکیب مناسبی از عوامل محیطی برای حصول حداکثر کمیت و کیفیت تأمین شود. حسین و همکاران (۲۱) گزارش گردند که گیاه کاملینا برای جبران تراکم‌های پایین بوته، شاخه‌های بیشتری تولید می‌کند.

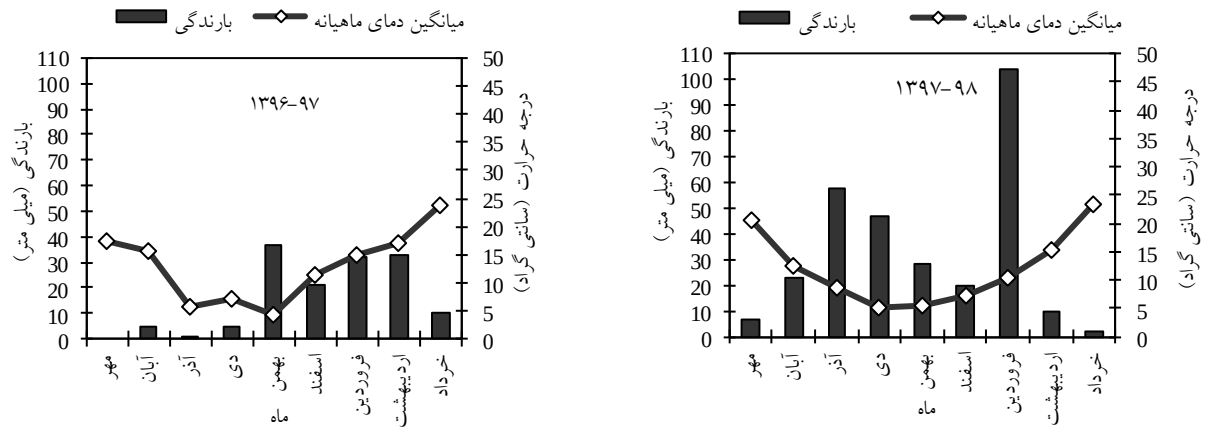
استفاده از انواع کودهای طبیعی بدون اثرات مخرب زیست محیطی از جمله اسید هیومیک، می‌تواند جهت بهبود خصوصیات کمی و کیفی محصولات زراعی و باغی، به‌ویژه در شرایط متغیر محیطی مثمر ثمر واقع شود. مواد هیومیکی (HS) یکی از مهم‌ترین اجزای خاک هستند (۴۸) که می‌توان به‌طور مستقیم بر روی گیاهان با غلظت کم استفاده کرد تا رشد گیاه، عملکرد و جذب مواد مغذی را افزایش دهد، از این‌رو یک گروه محبوب از محرک‌های زیستی گیاهان را تشکیل می‌دهند (۴۹). کاملینا در شرایط آب و هوایی و خاک‌های مختلف پاسخ‌های متفاوتی به مدیریت کود و تاریخ کاشت می‌دهد. بنابراین برای کشت این گیاه در مناطق جدید، مطالعه بر روی مدیریت کود و تاریخ کاشت اهمیت به‌سزایی دارد (۳۲). تأثیر شرایط اقلیمی بر انواع مختلف دانه‌های روغنی، متفاوت است این در حالی است که کنترل کامل عوامل محیطی علیرغم تأثیر قابل توجه آن‌ها بر کمیت و کیفیت محصول، میسر نیست. از این‌رو استفاده از روش‌هایی که گیاه تحت هر شرایطی بتواند حداکثر توانایی خود را بروز دهد، از راهکارهای مدیریت اثرات

محیطی هستند. از آنجا که کاملینا تنوع بیولوژیکی زمین‌های قابل کشت را افزایش می‌دهد و باتوجه به اهمیت این گیاه در صنایع، همواره باید با تحقیقات مناسب به بررسی نقش عوامل اقلیمی و خاکی جهت بهبود عوامل زراعی و خصوصیات کمی و کیفی این گیاه پرداخت. تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر کاربرد اسید هیومیک در تراکم‌های مختلف بوته و تاریخ‌های مختلف کاشت گیاه کاملینا جهت بهبود خصوصیات کمی و کیفی آن انجام شد. همچنین تأثیر کاربرد اسید هیومیک بر جلوگیری از کاهش شدید عملکرد کمی و کیفی کاملینا در شرایط کشت تأخیری مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر تاریخ کاشت، تراکم بوته و اسید هیومیک بر صفات کمی و کیفی گیاه روغنی کاملینا (رقم سهیل)، پژوهشی در سال‌های زراعی ۹۸-۱۳۹۶ در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج با طول جغرافیایی °۵۱ و ´۶ شرقی و عرض جغرافیایی °۳۵ و ´۵۹ شمالی و ارتفاع ۱۳۱۳ متر از سطح دریا انجام شد. در این راستا، از آزمایش اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار استفاده شد که در آن تاریخ کاشت در کرت‌های اصلی و دو عامل تراکم بوته و اسید هیومیک به‌صوت فاکتوریل در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. در این تحقیق، تاریخ کاشت در سه سطح شامل ۱۵ مهر، ۳۰ مهر و ۱۵ آبان ماه، تراکم بوته در سه سطح شامل ۴۰، ۵۰ و ۶۰ بوته در مترمربع و اسید هیومیک در دو سطح شامل عدم کاربرد (محلول پاشی با آب خالص) و کاربرد اسید هیومیک HUMAX 95-WSG آمریکایی (به‌صورت محلول پاشی با غلظت ۳ در هزار در دو مرحله چهار برگی و ساقه دهی) بودند. ترکیبات کود اسید هیومیک شامل ۸۰ درصد اسید هیومیک، ۱۵ درصد اسید فولیک و ۱۲ درصد پتاسیم بود. براساس میانگین داده‌های ۳۰ ساله هواشناسی کرج، متوسط بارندگی سالانه منطقه ۲۴۳ میلی‌متر است و بارش‌ها عمدتاً در اواخر پاییز، زمستان و اوایل بهار روی می‌دهد. تغییرات دمای هوا و بارندگی در دوره آزمایش طی دو سال زراعی در شکل ۱ نشان داده شده است. به‌طورکلی میانگین دمای ماهیانه در طول دوره رشد کاملینا در سال دوم پایین‌تر از سال اول بود. کاهش دمای هوا در سال دوم، به‌ویژه در ماه‌های اسفند و فروردین که مقارن با دوره گلدهی و خورجین‌دهی کاملینا بود، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بود (شکل ۱). مشخصات خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

هر کرت آزمایشی شامل شش خط به طول شش متر، فاصله خطوط ۳۰ سانتی‌متر از هم بودند که دو خط کناری به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. فاصله بوته‌ها روی خطوط کاشت در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع ۸/۴ سانتی‌متر، در تراکم ۵۰ بوته درمتر مربع ۶/۷ سانتی‌متر و در تراکم ۶۰ بوته در متر مربع ۵/۶ سانتی‌متر بود. کوددهی براساس مرحله رشدی گیاه انجام شد و زمان رسیدن به مرحله رشدی مورد نظر در تاریخ‌های مختلف کاشت، متفاوت بود. کودهای مصرفی براساس آزمون خاک عبارت بودند از ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب سولفات پتاسیم و سوپر فسفات تریپل به‌صورت پایه همزمان با آماده‌سازی بستر بذر و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره (۱۰۰ کیلوگرم در مرحله دو برگی و ۱۵۰ کیلوگرم در مرحله ساقه‌دهی) به‌صورت سرک مصرف شد که در تاریخ کاشت اول (۱۵ مهرماه) در سال اول و دوم به‌ترتیب در ۶ و ۱۰ اسفند، در تاریخ کاشت دوم (۳۰ مهرماه) در سال اول و دوم به‌ترتیب در ۱۱ و ۱۶ اسفند و در تاریخ کاشت سوم (۱۵ آبان ماه) در سال اول و دوم به‌ترتیب در ۱۹ و ۲۶ اسفند ماه) مصرف شد. کلیه عملیات مربوط به داشت به‌جز کوددهی به‌صورت یکسان و بر اساس عرف منطقه انجام شد. باتوجه به اینکه دمای هوا در سال دوم کمتر از سال اول بود طول دوره رشد کاملینا در دو سال متفاوت بود. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی ۱۰ بوته از هر کرت آزمایشی به‌طور تصادفی از چهار خط میانی انتخاب و صفات تعداد خورجینک در بوته، تعداد دانه در خورجینک و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شد. این مرحله (رسیدگی فیزیولوژیکی) در سال اول از یکم تا نهم خرداد و در سال دوم



شکل ۱. تغییرات دما و بارندگی ایستگاه هواشناسی منطقه کرج (سال‌های زراعی ۹۸-۱۳۹۶)

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در عمق‌های ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری

سال	عمق خاک (سانتی‌متر)	بافت خاک	اسیدیته خاک	درصد کربن آلی	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	درصد نیتروژن کل	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	گوگرد قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	درصد شن	درصد رس	درصد سیلت
۱۳۹۶-۹۷	۳۰-۰	رسی لومی	۷/۲	۰/۶۲	۳/۸۹	۰/۰۷	۱۰/۶	۲۳۵	۱۲/۱	۲۵	۳۰	۴۵
	۶۰-۳۰	رسی لومی	۷/۴	۰/۷۱	۱/۳۳	۰/۰۸	۸/۷	۲۰۲	۱۲/۹	۲۶	۲۸	۴۶
۱۳۹۷-۹۸	۳۰-۰	رسی لومی	۷/۱	۰/۶۸	۳/۶۶	۰/۰۸	۱۰/۹	۲۲۶	۱۱/۲	۲۴	۳۰	۴۶
	۶۰-۳۰	رسی لومی	۷/۵	۰/۷۹	۱/۱۴	۰/۰۹	۹/۸	۲۱۱	۱۲/۸	۲۵	۲۹	۴۶

از پنجم تا چهاردهم خرداد ماه متفاوت بود. به‌منظور تعیین عملکرد دانه، بوته‌های موجود در مساحت ۴/۸ مترمربع از هر کرت آزمایشی به‌طور جداگانه کف‌بر شدند و پس از خشک شدن در هوای آزاد، بوته‌های مربوطه داخل کمباین مخصوص برداشت کرت‌های آزمایشی قرار داده شد و دانه‌های جدا شده با ترازوی دقیق توزین و عملکرد دانه بر مبنای رطوبت ۱۲ درصد محاسبه شد. از هر کرت یک نمونه ۵ گرمی دانه انتخاب و درصد روغن آن توسط دستگاه NMR (Nuclear Magnetic Resonance) (مدل minispec mq20، کشور آلمان) تعیین شد (۲۴). برای اندازه‌گیری اسیدهای چرب موجود در روغن دانه از دستگاه کروماتوگرافی گازی (Varian CP-3800) استفاده شد (۷). میزان گلوکوزینولات دانه توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (Varian Cary 100–کشور هلند) و با روش هاریندر و همکاران (۱۹) اندازه‌گیری شد. در پایان پس از اطمینان از مفروضات آزمایشی با استفاده از نرم افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱)، پس از انجام آزمون بارتلت و اثبات همگن بودن واریانس‌های آزمایشی در هر سال، تجزیه واریانس مرکب انجام شد. مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار

در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت. مقایسه میانگین اثر متقابل با استفاده از رویه برش‌دهی انجام شد.

نتایج و بحث

اثر سال بر تعداد دانه در خورجینک در سطح احتمال پنج درصد و بر تعداد خورجینک در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، درصد روغن دانه، مقدار اسیدهای چرب پالمیتیک، لینولئیک، لینولنیک، ایکوزنوئیک و اروسیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و بر اسید اولئیک و گلوکوزینولات معنی‌دار نبود. اثر ساده تاریخ کاشت، تراکم بوته و اسید هیومیک و اثر متقابل تاریخ کاشت×تراکم بوته بر کلیه صفات مورد آزمایش معنی‌دار بود. اثر متقابل تاریخ کاشت×اسید هیومیک بر تعداد خورجینک در بوته، تعداد دانه در خورجینک، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، میزان اسید پالمیتیک، اسید اولئیک، اسید اروسیک و گلوکوزینولات معنی‌دار شد. اثر متقابل تراکم بوته×اسید هیومیک بر وزن هزار دانه، عملکرد دانه، درصد روغن دانه، میزان اسیدهای چرب پالمیتیک، اولئیک، ایکوزنوئیک و اروسیک و همچنین اثر متقابل سه‌گانه تاریخ کاشت×تراکم بوته×اسید هیومیک بر کلیه صفات مورد آزمون معنی‌دار شد (جدول ۲).

تعداد خورجینک در بوته

اگرچه در تاریخ کاشت ۱۵ مهرماه، کاربرد اسید هیومیک در تراکم‌های ۴۰ و ۵۰ بوته در مترمربع، (به‌ترتیب با ۷۹۰ و ۷۱۹ خورجینک در بوته) نسبت به عدم کاربرد آن برتری معنی‌دار داشت، اما تأثیر مثبت آن بر این صفت در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع (با ۶/۴ درصد افزایش) نسبت به تراکم ۵۰ بوته در مترمربع (با ۳/۳ درصد افزایش) بیشتر بود. کاربرد اسید هیومیک در تاریخ کاشت نسبتاً تأخیری ۳۰ مهرماه، در تراکم‌های ۴۰، ۵۰ و ۶۰ بوته در مترمربع (به‌ترتیب با ۵۰۴، ۶۴۴ و ۵۹۴ خورجینک در بوته) در مقایسه با عدم کاربرد آن به‌ترتیب سبب افزایش معنی‌دار ۵/۴، ۳/۴ و ۱۱/۴ درصدی این صفت شد. علاوه بر این تأثیر مثبت کاربرد اسید هیومیک در تاریخ کاشت تأخیری ۱۵ آبان ماه نسبت به عدم کاربرد آن بر این صفت در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع با ۴/۵ درصد افزایش (۳۷۹ خورجینک در بوته) کمتر از تراکم ۵۰ بوته در مترمربع با ۶/۸ درصد افزایش (۴۲۹ خورجینک در بوته) بود (جدول ۳). در پژوهش احمد واریچ و همکاران (۳) بررسی اثر تاریخ کاشت و ژنوتیپ بر عملکرد کاملینا گزارش شد که عملکرد دانه این گیاه در زمان‌های مختلف کاشت به‌شدت تحت تأثیر تعداد خورجینک در بوته قرار می‌گیرد. نتایج پژوهش مذکور همچنین عدم دستیابی مناسب کاملینا به نور در تراکم‌های بالا را یکی از عوامل کاهش رشد و تعداد خورجینک‌های این گیاه عنوان کرده است، به‌طوری‌که کاهش تعداد خورجین موجب کاهش تعداد دانه و عملکرد دانه در گیاه شده است. نتایج تحقیق گائوراها و رائو (۱۴) نشان داد که بین تعداد خورجینک در بوته و عملکرد دانه کاملینا همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود دارد. جانکووسکی و همکاران (۲۵) بیان کردند که تعداد خورجینک بارور در بوته عامل اصلی تأثیرگذار بر عملکرد دانه است. گزارش شده است که با افزایش تعداد خورجین‌ها آب و مواد غذایی با سهولت بیشتری در اختیار دانه‌ها قرار می‌گیرد و ضمن افزایش تعداد دانه‌های بارور، وزن دانه‌ها نیز تا حدی افزایش می‌یابد (۳).

تعداد دانه در خورجینک

کاربرد اسید هیومیک در تاریخ کاشت معمول ۱۵ مهرماه، در تراکم‌های ۴۰، ۵۰ و ۶۰ بوته در مترمربع به‌ترتیب با ۱۵/۶، ۱۴/۱ و ۱۳ عدد دانه در خورجینک همراه بود و نسبت به عدم کاربرد آن به‌ترتیب سبب افزایش معنی‌دار ۶/۱، ۴/۴ و ۲/۳ درصدی این صفت شد. درحالی‌که در تاریخ کاشت ۳۰ مهرماه، کاربرد اسید هیومیک در تراکم‌های ۴۰، ۵۰ و ۶۰ بوته در مترمربع به‌ترتیب با ۱۰/۹، ۱۲/۴ و ۱۱/۷ عدد دانه در خورجینک همراه بود و نسبت به عدم کاربرد آن به‌ترتیب باعث افزایش معنی‌دار ۲/۸، ۳/۳ و ۳/۵ درصدی این صفت شد. اگرچه در تاریخ کاشت تأخیری ۱۵ آبان ماه،

جدول ۲. تجزیه واریانس مرکب صفات مورد مطالعه کاملینا تحت تأثیر تاریخ کاشت و تراکم بوته و اسید هیومیک در آزمایش دو ساله

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات										
		تعداد خورجینک در بوته	تعداد دانه در خورجینک	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	روغن دانه	اسید پالمیتیک	اسید اولئیک	اسید لینولئیک	اسید لینولنیک	اسید ایکوزنوئیک	اسید اروسیک	گلوکوزینولات
سال	۱	۷۵۳۱**	۱۴۱۳۶*	۴۵۲**	۱۸۰۲۳۸**	۲۸۵۵۹**	۱۱۳۷۰**	۵۰۳۷ ^{ns}	۳۵۰۲۶**	۱۳۰۸۶**	۱۰۷۰۰**	۹۵۹۵**	۱۳۳۷۶ ^{ns}
تکرار×سال	۴	۱۴۷	۱۲۴۸	۸/۳۴	۶۶۹۴	۳۴۱	۱۴۶	۹۶۷	۱۶۰	۴۳/۷۲۶	۱۲۱	۳۰/۵	۲۱۲۴
تاریخ کاشت	۲	۸۲۶۴۱۲**	۲۰۴۸۰۲۴**	۳۰۴۰۳**	۱۰۳۴۵۲۸۴**	۴۵۵۲۶۸**	۲۷۸۵۱۹**	۱۷۸۷۳۸۲**	۱۹۲۳۲۳**	۲۸۴۷۰۷**	۷۷۱۹۴۳**	۳۸۱۳۸۴**	۳۴۸۴۸۸۱**
سال×تاریخ کاشت	۲	۱۸۱^{ns}	۲۰۰ ^{ns}	۱۱/۶ ^{ns}	۶۱۶۸^{ns}	۱۱ ^{ns}	۱/۶۴ ^{ns}	۵/۵۶ ^{ns}	۰/۵۵ ^{ns}	۲/۸۴ ^{ns}	۲/۱۲ ^{ns}	۱۹/۶ ^{ns}	۳۵۵ ^{ns}
خطای اول	۸	۶۴/۳	۱۷۰	۹/۰۹	۲۰۷۳	۲۲۵	۳۳/۸	۵۷۷	۱۵۸	۱۸۳	۶۱/۴	۲۰/۷	۱۴۰
تراکم بوته	۲	۱۶۳۸۵**	۷۰۳۱**	۳۵۹**	۱۷۵۷۸۵**	۵۹۳۶**	۳۸۹۴**	۶۸۷۵۳**	۵۴۲*	۱۲۰۲**	۱۱۸۲۶**	۷۳۳۸**	۳۵۱۳۹**
اسید هیومیک	۱	۲۰۶۰۸**	۵۶۲۳۳**	۸۱۰**	۳۲۸۹۰۴**	۱۷۱۴۵**	۹۱۱۰**	۴۷۵۳۳**	۵۰۷۶**	۸۱۳۱**	۱۷۱۷۰**	۸۸۶۲**	۷۰۲۳۶**
سال×تراکم بوته	۲	۳/۵۱^{ns}	۰/۶۸ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۹۹^{ns}	۰/۱۴ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۶۸ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۲۱ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۴۹ ^{ns}	۳/۵۸ ^{ns}
سال×اسید هیومیک	۱	۴/۳۶^{ns}	۵/۵۱ ^{ns}	۰/۳۱ ^{ns}	۱۹۷ ^{ns}	۰/۴۲ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۲۶ ^{ns}	۰/۱۱ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۷/۱۶ ^{ns}
تاریخ کاشت×تراکم بوته	۴	۴۵۱۳۱**	۱۴۹۹۰۷**	۱۸۳۵**	۸۶۱۴۵۴**	۳۱۵۲۴**	۱۷۲۷۶**	۸۲۸۴۳**	۸۷۱۳**	۲۱۳۸۴**	۳۹۷۸۱**	۱۳۷۱۴**	۱۴۶۲۵۲**
تاریخ کاشت×اسید هیومیک	۲	۶۹۳**	۱۳۶۳**	۳۵/۸**	۱۳۶۴۸**	۴۵ ^{ns}	۱۴۴**	۳۳۹۲**	۲۵۷ ^{ns}	۴۶۱ ^{ns}	۲۱/۹ ^{ns}	۶۷/۰*	۲۷۲۵**
تراکم بوته×اسید هیومیک	۲	۸۶/۳^{ns}	۱۱۷ ^{ns}	۹/۹۸*	۲۳۰۷۵**	۱۳۵۴**	۵۴۶**	۲۴۶۵**	۴۱/۷ ^{ns}	۵۲۸ ^{ns}	۸۷/۱۰*	۴۷۸**	۶۶/۲ ^{ns}
سال×تاریخ کاشت×تراکم بوته	۴	۹/۸۲^{ns}	۱۴/۷ ^{ns}	۰/۷۰ ^{ns}	۵۱۶ ^{ns}	۰/۷۸ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۵۳ ^{ns}	۰/۱۱ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۳۲ ^{ns}	۱۴/۹ ^{ns}
سال×تاریخ کاشت×اسید هیومیک	۲	۰/۱۶^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۸ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۷ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۲۷ ^{ns}
سال×تراکم بوته×اسید هیومیک	۲	۰/۰۲^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۱۴ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۰۷ ^{ns}
تاریخ کاشت×تراکم بوته×اسید هیومیک	۴	۱۲۶۸**	۱۰۹۷**	۵/۲۴**	۸۵۶۵**	۸۵۴**	۱۹۵**	۱۰۴۴**	۵۵۴**	۲۴۳**	۲۶۱**	۱۵۰**	۲۶۳**
سال×تاریخ کاشت×تراکم بوته×اسید هیومیک	۴	۰/۲۸^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}	۵ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۰۹ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۸ ^{ns}	۰/۰۰۵ ^{ns}	۰/۰۰۸ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}
خطای دوم	۶۰	۵۶/۹	۱۵۷	۲/۵۱	۱۳۵۷	۱۶۸	۲۱	۴۶۳	۱۴۹	۵۶/۳	۱۷/۷	۵/۷۶	۱۰۹
ضریب تغییرات (درصد)		۱۱/۴۲	۱۰/۱۲	۱۰/۵۱	۱۲/۱۹	۴/۳۹	۳/۶۴	۳/۹۹	۲/۵۴	۲/۴۵	۱/۳۱	۱/۳۲	۲/۹۴

ns: غیر معنی‌دار، * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۳. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت×تراکم بوته×اسید هیومیک بر برخی صفات مورد مطالعه

تاریخ کاشت	تراکم بوته (بوته در متر مربع)	اسید هیومیک	تعداد خورجینک در بوته	تعداد دانه در خورجینک	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	روغن دانه (درصد)	اسید پالمیتیک (درصد)	اسید اولئیک (درصد)
۱۵ مهر ماه	۴۰	عدم کاربرد	۷۴۲^{b}	۱۴/۷^{b}	۱/۳۹^{b}	۲۳۱۹^{b}	۳۳/۹^{b}	۶/۱۸^{a}	۲۳/۷^{b}
		کاربرد	۷۹۰^{a}	۱۵/۶^{a}	۱/۴۷^{a}	۲۴۸۵^{a}	۳۴/۵^{a}	۵/۸۱^{b}	۲۴/۳^{a}
	LSD		۱۹/۸	۰/۳۳	۰/۰۴	۱۰۳	۰/۴۰	۰/۱۸	۰/۵۰
	۵۰	عدم کاربرد	۶۹۶^{b}	۱۳/۵^{b}	۱/۲۹^{a}	۲۱۱۳^{b}	۳۳/۵^{a}	۶/۴۴^{a}	۲۳/۵^{a}
		کاربرد	۷۱۹^{a}	۱۴/۱^{a}	۱/۳۲^{a}	۲۲۲۸^{a}	۳۳/۷^{a}	۶/۳۳^{a}	۲۳/۶^{a}
	LSD		۱۷/۳	۰/۲۵	۰/۰۴	۹۹/۰	۰/۲۸	۰/۱۷	۰/۱۲
	۶۰	عدم کاربرد	۶۷۰^{a}	۱۲/۷^{b}	۱/۲۱^{b}	۲۰۱۵^{a}	۳۳/۴^{a}	۶/۶۰^{a}	۲۳/۳^{a}
		کاربرد	۶۸۳^{a}	۱۳/۰^{a}	۱/۲۶^{a}	۲۰۴۶^{a}	۳۳/۴^{a}	۶/۵۴^{a}	۲۳/۴^{a}
	LSD		۱۷/۴	۰/۲۶	۰/۰۴	۸۱/۳	۰/۲۶	۰/۱۷	۰/۱۱
۳۰ مهر ماه	۴۰	عدم کاربرد	۴۷۸^{b}	۱۰/۶^{b}	۰/۹۶^{b}	۱۵۲۱^{a}	۳۲/۲^{a}	۷/۴۱^{a}	۲۰/۹^{b}
		کاربرد	۵۰۴^{a}	۱۰/۹^{a}	۰/۹۹^{a}	۱۵۶۹^{a}	۳۲/۴^{a}	۷/۲۵^{a}	۲۱/۲^{a}
	LSD		۱۴/۷	۰/۱۷	۰/۰۳	۶۴/۶	۰/۲۶	۰/۱۷	۰/۱۸
	۵۰	عدم کاربرد	۶۲۲^{b}	۱۲/۰^{b}	۱/۱۱^{b}	۱۸۱۲^{b}	۳۳/۰^{a}	۶/۹۱^{a}	۲۲/۳^{b}
		کاربرد	۶۴۴^{a}	۱۲/۴^{a}	۱/۱۶^{a}	۱۹۵۳^{a}	۳۳/۳^{a}	۶/۷۷^{a}	۲۲/۷^{a}
	LSD		۱۶/۴	۰/۲۱	۰/۰۳	۸۵/۴	۰/۲۷	۰/۱۷	۰/۲۱
	۶۰	عدم کاربرد	۵۳۳^{b}	۱۱/۳^{b}	۱/۰۴^{a}	۱۶۳۷^{a}	۳۲/۶^{a}	۷/۱۴^{a}	۲۱/۵^{b}
		کاربرد	۵۹۴^{a}	۱۱/۷^{a}	۱/۰۷^{a}	۱۶۷۳^{a}	۳۲/۸^{a}	۷/۰۱^{a}	۲۱/۹^{a}
	LSD		۱۶/۹	۰/۱۷	۰/۰۳	۶۸/۴	۰/۲۷	۰/۱۶	۰/۱۵
۱۵ آبان ماه	۴۰	عدم کاربرد	۳۶۲^{b}	۸/۳^{b}	۰/۵۶^{b}	۷۱۸^{b}	۳۰/۸^{b}	۸/۶۴^{a}	۱۷/۵^{b}
		کاربرد	۳۷۹^{a}	۸/۶^{a}	۰/۶۶^{a}	۹۵۳^{a}	۳۱/۲^{a}	۸/۳۶^{b}	۱۸/۴^{a}
	LSD		۹/۳۰	۰/۱۷	۰/۰۲	۴۲/۸	۰/۲۷	۰/۱۷	۰/۱۷
	۵۰	عدم کاربرد	۴۰۱^{b}	۸/۹^{b}	۰/۷۱^{b}	۱۰۴۲^{b}	۳۱/۳^{a}	۸/۱۷^{a}	۱۹/۰^{b}
		کاربرد	۴۲۹^{a}	۹/۳^{a}	۰/۷۸^{a}	۱۱۷۱^{a}	۳۱/۶^{a}	۷/۹۴^{b}	۱۹/۷^{a}
	LSD		۱۳/۶	۰/۱۸	۰/۰۲	۴۴/۱	۰/۲۶	۰/۱۶	۰/۱۰
	۶۰	عدم کاربرد	۴۴۸^{a}	۹/۸^{b}	۰/۸۴^{b}	۱۴۰۰^{b}	۳۱/۹^{a}	۷/۷۵^{a}	۲۰/۱^{b}
		کاربرد	۴۶۰^{a}	۱۰/۳^{a}	۰/۹۰^{a}	۱۴۹۲^{a}	۳۲/۱^{a}	۷/۵۸^{b}	۲۰/۴^{a}
	LSD		۱۲/۹	۰/۱۹	۰/۰۳	۷۳/۹	۰/۲۶	۰/۱۶	۰/۱۸

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال پنج درصد هستند.

کاربرد اسید هیومیک در کلیه تراکم‌های بوته مورد آزمون نسبت به عدم کاربرد آن از لحاظ تعداد دانه در خورجینک برتری معنی‌دار نشان داد، اما تأثیر مثبت آن بر این صفت در تراکم ۶۰ بوته در مترمربع با افزایش ۵/۱ درصدی بیشتر بود (جدول ۳). استفاده از اسید هیومیک با آزادسازی و جذب بهتر عناصر تثبیت شده توسط گیاه، تعداد مقصدهای فتوسنتزی (دانه‌ها) را افزایش می‌دهد و به نوبه خود منجر به انتقال کارآمد فرآورده‌های فتوسنتز در طول تشکیل دانه‌ها می‌شود. باتوجه به اینکه دانه مخزن مواد فتوسنتزی است بنابراین هرچه تعداد دانه بیشتر باشد ذخیره مواد فتوسنتزی افزایش یافته و منجر به افزایش عملکرد می‌شود درحالی‌که کاشت دیرهنگام باعث می‌شود طول دوره گلدهی کمتر شده و پتانسیل تولید دانه کاهش یابد (۳۴).

در این رابطه گزارش شده است که در صورت کاهش یکی از اجزای عملکرد، اجزای دیگر درصدد جبران آن برمی‌آیند و از آنجا که وزن هزار دانه، کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد (۶)، لذا تغییرات در تعداد دانه در خورجینک تأثیر زیادی بر عملکرد نهایی گیاهان روغنی خواهد داشت. تعداد دانه در خورجینک در گیاه کاملینا بین ۲۰-۱۰ عدد می باشد (۲۵).

وزن هزار دانه

اگرچه کاربرد اسید هیومیک در تاریخ کاشت معمول ۱۵ مهرماه، در تراکم‌های ۴۰ و ۶۰ بوته در مترمربع به‌ترتیب با ۱/۴۷ و ۱/۲۶ گرم نسبت به عدم کاربرد آن از لحاظ وزن هزار دانه برتری معنی‌دار نشان داد، اما تأثیر مثبت آن بر این صفت در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع (با ۵/۷ درصد افزایش) نسبت به تراکم ۶۰ بوته در مترمربع (با ۴/۱ درصد افزایش) بیشتر بود. درحالی‌که در تاریخ کاشت ۳۰ مهرماه، تأثیر مثبت کاربرد اسید هیومیک نسبت به عدم کاربرد آن در تراکم ۵۰ بوته در مترمربع (با ۴/۵ درصد افزایش) در مقایسه با تراکم ۴۰ بوته در مترمربع (با ۳/۱ درصد افزایش) بالاتر بود. علاوه بر این‌ها، کاربرد اسید هیومیک در تاریخ کاشت تأخیری ۱۵ آبان ماه در تراکم‌های ۴۰، ۵۰ و ۶۰ بوته در مترمربع به‌ترتیب با ۰/۶۶، ۰/۷۸ و ۰/۹۰ گرم نسبت به عدم کاربرد آن به‌ترتیب سبب افزایش ۱۷/۸، ۹/۸ و ۷/۱ درصدی وزن هزار دانه شد (جدول ۳). کاتار و همکاران (۲۶) گزارش کردند که تاریخ‌های مختلف کاشت بر وزن هزار دانه کاملینا (۰/۶۲- ۰/۲۲ گرم) تأثیر معنی‌دار داشت. آنجلینی و همکاران (۶) وزن هزار دانه را به‌عنوان دومین عامل تأثیرگذار (پس از تعداد خورجین در واحد سطح) بر عملکرد دانه کاملینا معرفی کردند و بیان کردند که عملکرد دانه توسط مواد فتوسنتزی قابل دسترس طی مرحله پرشدن دانه و تعداد دانه‌های رقابت کننده تعیین می‌شود. لذا باتوجه به اینکه وزن هزار دانه یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد در گیاهان زراعی است (۲)، شناسایی عوامل مؤثر بر افزایش میزان این صفت جهت حصول عملکرد دانه و روغن دانه مناسب و پایدار امری ضروری است. میانگین وزن هزار دانه کاملینا ۱ بوده و در محدوده بین ۰/۳ تا ۲ گرم متغیر است (۴۷). نتایج تحقیق احمد واریچ و همکاران (۳) نشان داد که بین عملکرد دانه با وزن هزار دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت.

عملکرد دانه

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در تاریخ کاشت معمول ۱۵ مهرماه، در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع در شرایط کاربرد اسید هیومیک (۲۴۸۵ کیلوگرم در هکتار) و در شرایط عدم کاربرد اسید هیومیک (۲۳۱۹ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد. اگرچه در تاریخ کاشت ۱۵ مهرماه، در تراکم‌های ۴۰ و ۵۰ بوته در مترمربع، کاربرد اسید هیومیک نسبت به عدم کاربرد آن برتری معنی‌دار داشت، اما تأثیر مثبت آن بر عملکرد دانه در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع (با ۷/۱ درصد افزایش) نسبت به تراکم ۵۰ بوته در مترمربع (با ۵/۴ درصد افزایش)، بیشتر بود. کاربرد اسید هیومیک در تاریخ کاشت نسبتاً تأخیری ۳۰ مهرماه فقط در تراکم ۵۰ بوته در مترمربع (با میانگین ۱۹۵۳ کیلوگرم در هکتار) سبب افزایش ۷/۷ درصدی عملکرد دانه نسبت به عدم کاربرد آن (با میانگین ۱۸۱۲ کیلوگرم در هکتار) شد. عملکرد دانه در شرایط کاربرد اسید هیومیک در تاریخ کاشت تأخیری ۱۵ آبان ماه، در تراکم‌های ۴۰، ۵۰ و ۶۰ بوته در مترمربع به‌ترتیب برابر با ۹۵۳، ۱۱۷۱ و ۱۴۹۲ کیلوگرم در هکتار بود که به‌ترتیب سبب افزایش معنی‌دار ۳۲/۷، ۱۲/۳ و ۶/۵ درصدی عملکرد دانه نسبت به عدم کاربرد آن شد (جدول ۳). برتی و همکاران (۱۰) اثر تاریخ کاشت بر زیست توده و عملکرد دانه کاملینا را گزارش کردند. آن‌ها مشاهده کردند که کشت این گیاه در اوایل پاییز در آب و هوای مدیترانه‌ای شیلی سبب افزایش معنی‌دار این صفات شد. مک کارتی و همکاران (۳۳) نشان دادند که هیومات‌ها جذب مواد غذایی را افزایش می‌دهند و سبب بهبود ساختار خاک و افزایش عملکرد و کیفیت محصولات مختلف می‌شوند. بنابراین یکی از پیش

شرط‌های لازم برای دست‌یابی به عملکرد بالا در کاملینا، تأمین شرایط مطلوب به‌منظور تولید مواد فتوسنتزی در بالاترین حد کارآیی آن است (۲۶). براساس نتایج پژوهش حاضر، کاربرد اسید هیومیک بر عملکرد دانه کاملینا در تاریخ‌های مختلف کاشت و تراکم‌های مختلف بوته نسبت به عدم کاربرد آن، برتری معنی‌دار نشان داد، زیرا سبب بهبود اجزای عملکرد دانه در شرایط مورد آزمون شد.

درصد روغن دانه

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین درصد روغن دانه در تاریخ کاشت ۱۵ مهرماه، در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع در شرایط کاربرد اسید هیومیک (۳۴/۵ درصد) و عدم کاربرد اسید هیومیک (۳۳/۹ درصد) حاصل شد و کاربرد اسید هیومیک سبب افزایش معنی‌دار ۰/۶۱ درصدی روغن دانه در مقایسه با عدم کاربرد آن شد. کاربرد اسید هیومیک در تاریخ کاشت تأخیری ۱۵ آبان ماه و در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع با میانگین ۳۱/۲ درصد نسبت به عدم کاربرد آن با میانگین ۳۰/۸ درصد با ۰/۳۵ درصد افزایش روغن دانه، برتری معنی‌دار نشان داد. همچنین کمترین میزان این صفت (۳۰/۸ درصد) مربوط به تاریخ کاشت ۱۵ آبان ماه و تراکم ۴۰ بوته در مترمربع در شرایط عدم کاربرد اسید هیومیک بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر ساده سال نشان داد که محتوای روغن در سال دوم (با میانگین ۳۲/۸ درصد) بیشتر از سال اول (با میانگین ۳۲/۵ درصد) بود. زیرا میانگین دمای هوا در طول دوره رشد کاملینا در سال دوم (به‌ویژه در ماه‌های اسفند و فروردین که مقارن با دوره گلدهی و خورجین‌دهی کاملینا بود) در مقایسه با سال اول کمتر بود. پاولیستا و همکاران (۳۷) بیان کردند که اثر سال بر خصوصیات کمی و کیفی روغن کاملینا تحت تأثیر اقلیم معنی‌دار است. درصد روغن دانه صفتی ژنتیکی است که تا حدودی تحت تأثیر عوامل محیط از جمله دما قرار می‌گیرد، به نحوی که افزایش دما ناشی از کاشت دیرهنگام موجب کاهش درصد روغن می‌شود (۳۸). کاملینا سازگاری بیشتری به مناطق خنک دارد به‌طوری‌که افزایش دما بیش از ۲۷ درجه سانتی‌گراد در دوران گلدهی منجر به کاهش گرده افشانی و تلقیح گل‌ها می‌شود. افزایش دما در مرحله رسیدگی نیز به‌دلیل ریختن برگ‌ها و بلوغ زودرسی ناشی از تنش دما باعث محدودیت منبع دانه می‌شود، کاهش در تعداد گل‌ها، اندازه و تعداد بذر تولید شده در هر خورجینک در اثر تنش دمایی می‌تواند عملکرد دانه و روغن را کاهش دهد اما در تاریخ کاشت مناسب مدت لازم برای رشد محصول وجود دارد و گیاه می‌تواند قبل از گرم شدن دمای هوا، دوره رسیدگی دانه را کامل کند؛ از این رو انتخاب تاریخ کاشت مناسب برای موفقیت تولید کاملینا در یک منطقه حائز اهمیت است (۴۵). مطالعات اوبنگ و همکاران (۳۵) نیز تأثیر درجه حرارت و تاریخ کاشت را بر کیفیت روغن کاملینا تأئید کرد. زانیتی و همکاران (۵۱) نشان دادند که غلظت روغن کاملینا در شرایط دمای سردتر بیشتر است.

اسید پالمیتیک

در تاریخ کاشت ۱۵ مهرماه و در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع، کاربرد اسید هیومیک (با میانگین ۵/۸۱ درصد) نسبت به عدم کاربرد آن (با میانگین ۶/۱۸ درصد) سبب کاهش معنی‌دار ۰/۳۷ درصدی اسید پالمیتیک (C16:0) شد. کاربرد اسید هیومیک فقط در تاریخ کاشت تأخیری ۱۵ آبان ماه در کلیه تراکم‌های ۴۰، ۵۰ و ۶۰ بوته در مترمربع به‌ترتیب سبب کاهش ۰/۲۸، ۰/۲۳ و ۰/۱۷ درصدی اسید پالمیتیک نسبت به عدم کاربرد آن شد (جدول ۳). سیپالووا و همکاران (۴۳) گزارش کردند که محتوای اسید پالمیتیک روغن کاملینا بین ۱۱–۶/۹۰ درصد متغیر است.

اسید اولئیک

درصد اسید چرب غیراشباع اولئیک در تاریخ‌های مختلف کاشت و سطوح مختلف تراکم بوته در شرایط کاربرد و عدم کاربرد اسید هیومیک متفاوت بود، به‌طوری‌که بیشترین میزان اسید اولئیک در تاریخ کاشت ۱۵ مهرماه و تراکم ۴۰ بوته در مترمربع در شرایط

کاربرد و عدم کاربرد به‌ترتیب ۲۴/۳ و ۲۳/۷ درصد بود و کاربرد اسید هیومیک سبب افزایش ۰/۶۱ درصدی این اسید چرب در مقایسه با عدم کاربرد آن شد. کاربرد اسید هیومیک در تاریخ کاشت نسبتاً تأخیری ۳۰ مهر ماه در تراکم‌های ۴۰، ۵۰ و ۶۰ بوته در مترمربع به‌ترتیب سبب افزایش معنی‌دار ۰/۳۲، ۰/۳۶ و ۰/۳۸ درصدی اسید اولئیک، و در تاریخ کاشت تأخیری ۱۵ آبان ماه به‌ترتیب باعث بهبود معنی‌دار ۰/۸۹، ۰/۶۵ و ۰/۳۷ درصدی این صفت نسبت به عدم کاربرد آن شد. بنابراین کاربرد اسید هیومیک در تاریخ کاشت تأخیری ۱۵ آبان ماه و تراکم ۴۰ بوته در مترمربع، بالاترین درصد افزایش اسید اولئیک (۰/۸۹ درصد) را نسبت به عدم کاربرد آن در کلیه تیمارهای مورد آزمون به‌خود اختصاص داد (جدول ۳). کاملینا سرشار از اسیدهای چرب اولئیک، لینولئیک و لینولنیک است (۲۳). اوبنگ و همکاران (۳۵) مشاهده کردند که در درجه حرارت‌های بالا میزان اسیدهای چرب اولئیک (C18:1) و لینولئیک (C18:2) افزایش یافت، درحالی‌که در درجه حرارت پایین مقادیر اسیدهای چرب آلفا لینولنیک (C18:3) و ایکوزنوئیک (C20:1) کاهش یافت.

اسید لینولئیک

نتایج مقایسه میانگین درصد اسید لینولئیک در تاریخ‌های مختلف کاشت و سطوح مختلف تراکم بوته در شرایط کاربرد و عدم کاربرد اسید هیومیک نشان داد که بیشترین میزان این اسید چرب در تاریخ کاشت ۱۵ مهرماه و تراکم ۴۰ بوته در مترمربع در شرایط کاربرد و عدم کاربرد به‌ترتیب ۲۳/۶ و ۲۳/۲ درصد مشاهده شد و کاربرد اسید هیومیک سبب افزایش معنی‌دار ۰/۳۸ درصدی این اسید چرب در مقایسه با عدم کاربرد آن شد. کاربرد اسید هیومیک در تاریخ کاشت نسبتاً تأخیری ۳۰ مهر ماه در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع با میانگین ۲۲/۲ درصد سبب افزایش معنی‌دار ۰/۱۳ درصدی، و در تاریخ کاشت تأخیری ۱۵ آبان ماه، در دو تراکم ۵۰ و ۶۰ بوته در مترمربع به‌ترتیب با میانگین ۲۱/۶ و ۲۱/۹ درصد باعث بهبود معنی‌دار اسید لینولئیک به‌ترتیب ۰/۱۱ و ۰/۱۸ درصد در مقایسه با عدم کاربرد آن شد. بنابراین کاربرد اسید هیومیک در تاریخ کاشت معمول ۱۵ مهر ماه و تراکم ۴۰ بوته در مترمربع، بالاترین درصد افزایش اسید لینولئیک (امگا ۶) را نسبت به عدم کاربرد آن نشان داد (جدول ۴). عوامل زیادی بر تغییر محتوای اسید اولئیک، لینولئیک و لینولنیک روغن دانه کاملینا تأثیر می‌گذارند. به‌عنوان مثال، کاتار و همکاران (۲۸) گزارش دادند که محتوای اسید اولئیک (۲/۶-۱۶/۰ درصد)، لینولئیک (۲۳/۳- ۱۸/۴ درصد) و لینولنیک (۳/۲-۲۴/۳۲ درصد) در دانه کاملینا بسته به زمان کاشت متفاوت است. محتوای روغن، پروفایل اسیدهای چرب و سایر ویژگی‌های تغذیه‌ای کاملینا همگی، تحت تأثیر عواملی مانند رقم، آب و هوا، روش فرآوری و سایر عوامل زراعی قرار می‌گیرند (۳۹).

اسید لینولنیک

نتایج حاصل نشان داد که کاربرد اسید هیومیک در تاریخ کاشت ۱۵ مهرماه و در تراکم ۵۰ بوته در مترمربع با میانگین ۳۰/۸ درصد نسبت به عدم کاربرد آن با میانگین ۳۰/۶ درصد، برتری معنی‌دار ۰/۱۹ درصدی اسید لینولنیک (امگا ۳) را به‌خود اختصاص داد، درحالی‌که کاربرد این ماده در تاریخ کاشت ۳۰ مهرماه و در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع، با میانگین ۲۹/۷ درصد نسبت به عدم کاربرد آن با میانگین ۲۹/۴ درصد، افزایش معنی‌دار ۰/۲۶ درصدی را نشان داد (جدول ۴). برتی و همکاران (۹) دریافتند که میزان اسید لینولنیک در گیاهان دانه روغنی با درجه حرارت در طول دوره رشد بذر متفاوت است. میزان بالای اسید لینولنیک باعث تحمل دماهای پایین در کاملینا می‌شود (۱۱). ولمن و همکاران (۴۷) گزارش کردند که دمای پایین و بارندگی زیاد در طی مرحله پرشدن دانه می‌تواند سبب افزایش درصد اسید لینولنیک در کاملینا شود. روغن گیاهی کاملینا به‌دلیل غلظت بالای اسید آلفا لینولنیک منبع مهمی از اسید چرب امگا ۳ است (۴۱).

اسید ایکوزنوئیک

کاربرد اسید هیومیک در تاریخ کاشت معمول ۱۵ مهر ماه، در تراکم‌های ۴۰ و ۵۰ بوته در مترمربع به‌ترتیب با میانگین ۱۱/۱ و

جدول ۴. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت×تراکم بوته×اسید هیومیک بر برخی صفات مورد مطالعه

تاریخ کاشت	تراکم بوته (بوته در مترمربع)	اسید هیومیک	اسید لینولئیک (درصد)	اسید لینولنیک (درصد)	اسید ایکوزنوئیک (درصد)	اسید اروسیک (درصد)	گلوکوزینولات (میکرو مول در گرم کنجاله)
۱۵ مهر ماه	۴۰	عدم کاربرد	۲۳/۲^{b}	۳۱/۱^{a}	۱۱/۴^{a}	۲/۳۸^{a}	۷/۰۵^{a}
		کاربرد	۲۳/۶^{a}	۳۱/۵^{a}	۱۱/۱^{b}	۲/۰۶^{b}	۶/۳۶^{b}
		LSD	۰/۳۲	۰/۴۴	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۱۲
	۵۰	عدم کاربرد	۲۳/۱^{a}	۳۰/۶^{b}	۱۱/۸^{a}	۲/۵۱^{a}	۸/۰۶^{a}
		کاربرد	۲۳/۱^{a}	۳۰/۸^{a}	۱۱/۶^{b}	۲/۴۶^{a}	۷/۵۱^{b}
		LSD	۰/۲۹	۰/۱۷	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۲۴
	۶۰	عدم کاربرد	۲۲/۸^{a}	۳۰/۴^{a}	۱۲/۲^{a}	۲/۶۶^{a}	۹/۱۶^{a}
		کاربرد	۲۲/۹^{a}	۳۰/۵^{a}	۱۲/۱^{a}	۲/۵۸^{a}	۸/۵۸^{b}
		LSD	۰/۲۷	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۱۸
۳۰ مهر ماه	۴۰	عدم کاربرد	۲۲/۱^{b}	۲۹/۴^{b}	۱۳/۸^{a}	۳/۷۸^{a}	۱۲/۷^{a}
		کاربرد	۲۲/۲^{a}	۲۹/۷^{a}	۱۳/۶^{b}	۳/۵۴^{b}	۱۲/۰۴^{b}
		LSD	۰/۱۱	۰/۱۸	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۲۰
	۵۰	عدم کاربرد	۲۲/۵^{a}	۳۰/۱^{a}	۱۲/۷^{a}	۳/۱۰^{a}	۱۰/۵^{a}
		کاربرد	۲۲/۷^{a}	۳۰/۳^{a}	۱۲/۵^{b}	۲/۹۱^{b}	۹/۸۲^{b}
		LSD	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۱۹
	۶۰	عدم کاربرد	۲۲/۳^{a}	۲۹/۸^{a}	۱۳/۳^{a}	۳/۳۹^{a}	۱۱/۵^{a}
		کاربرد	۲۲/۴^{a}	۳۰/۰^{a}	۱۳/۱^{b}	۳/۲۴^{a}	۱۱/۰^{b}
		LSD	۰/۱۶	۰/۱۸	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۱۸
۱۵ آبان ماه	۴۰	عدم کاربرد	۲۱/۵^{a}	۲۸/۸^{a}	۱۵/۳^{a}	۴/۹۹^{a}	۱۴/۶^{a}
		کاربرد	۲۱/۵^{a}	۲۸/۹^{a}	۱۵/۰^{b}	۴/۷۶^{b}	۱۴/۴^{b}
		LSD	۰/۱۴	۰/۱۹	۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۲۴
	۵۰	عدم کاربرد	۲۱/۵^{b}	۲۹/۰^{a}	۱۴/۸^{a}	۴/۵۶^{a}	۱۴/۲^{a}
		کاربرد	۲۱/۶^{a}	۲۹/۱^{a}	۱۴/۵^{b}	۴/۳۹^{b}	۱۳/۹^{b}
		LSD	۰/۱۰	۰/۱۸	۰/۱۶	۰/۱۷	۰/۲۳
	۶۰	عدم کاربرد	۲۱/۸^{b}	۲۹/۲^{a}	۱۴/۲^{a}	۴/۲۳^{a}	۱۳/۶^{a}
		کاربرد	۲۱/۹^{a}	۲۹/۳^{a}	۱۴/۰^{b}	۴/۰۳^{b}	۱۳/۲^{b}
		LSD	۰/۱۵	۰/۱۸	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۲۲

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال پنج درصد هستند.

۱۱/۶ درصد نسبت به عدم کاربرد آن سبب کاهش معنی‌دار اسید ایکوزنوئیک به‌ترتیب ۰/۳۷ و ۰/۲۲ درصد شد. همچنین کاربرد این ماده در تاریخ کاشت نسبتاً تأخیری ۳۰ مهر ماه، در تراکم‌های ۴۰، ۵۰ و ۶۰ بوته در مترمربع به‌ترتیب با میانگین ۱۳/۶، ۱۲/۵ و ۱۳/۱ درصد نسبت به عدم کاربرد آن باعث افت معنی‌دار این اسید چرب به‌ترتیب با ۰/۲۰، ۰/۲۵ و ۰/۳۱ درصد شد. علاوه براین، کاربرد اسید هیومیک در تاریخ کاشت تأخیری ۱۵ آبان ماه، در تراکم‌های ۴۰، ۵۰ و ۶۰ بوته در

مترمربع به‌ترتیب با میانگین ۱۵/۰، ۱۴/۵ و ۱۴/۰ درصد نسبت به عدم کاربرد آن به‌ترتیب سبب کاهش معنی‌دار ۰/۲۷، ۰/۲۹ و ۰/۲۴ درصدی اسید ایکوزنوئیک شد. بنابراین کاربرد اسید هیومیک در تاریخ کاشت تأخیری ۱۵ آبان ماه و تراکم ۴۰ بوته در مترمربع با کاهش ۰/۳۷ درصدی اسید ایکوزنوئیک نسبت به عدم کاربرد آن، بالاترین میزان کاهش این اسید چرب را در کلیه تیمارهای مورد آزمون به‌خود اختصاص داد (جدول ۴). روغن کاملینا حاوی حدود ۱۰-۵ درصد اسیدهای چرب اشباع (SFA) و ۹۵-۹۰ درصد اسیدهای چرب غیراشباع (UFA) است. مهم‌ترین اسیدهای چرب اشباع در کاملینا اسید پالمیتیک (۸-۵ درصد) و اسید استئاریک (۵-۳ درصد) و مهم‌ترین اسیدهای چرب غیراشباع شامل اولئیک (۲۰-۱۵ درصد)، لینولئیک (۲۰-۱۵ درصد)، لینولنیک (۴۵-۳۵ درصد) و ایکوزنوئیک (۱۸-۱۵ درصد) هستند. همچنین این گیاه حاوی مقدار کمی اسید اروسیک (۴- ۲ درصد) است (۱۷).

اسید اروسیک

اسید اروسیک (C22:1) اسید چرب ۲۲ کربنه تک غیراشباع (MUFA) است که جزء اسیدهای چرب با زنجیره بسیار بلند (Very long chain fatty acids) (VLCFAs) دسته‌بندی می‌شود (۲۰). نتایج حاصل نشان داد که کاربرد اسید هیومیک در تاریخ کاشت ۱۵ مهرماه، در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع با میانگین ۲/۰۶ درصد نسبت به عدم کاربرد آن با میانگین ۲/۳۸ درصد، سبب کاهش معنی‌دار ۰/۳۲ درصدی اسید اروسیک شد. کاربرد اسید هیومیک در تاریخ کاشت ۳۰ مهرماه، در تراکم‌های ۴۰ و ۵۰ بوته در مترمربع به‌ترتیب با میانگین ۳/۵۴ و ۲/۹۱ درصد نسبت به عدم کاربرد آن به‌ترتیب سبب کاهش معنی‌دار ۰/۲۴ و ۰/۱۹ درصدی اسید اروسیک شد. همچنین کاربرد این ماده در تاریخ کاشت ۱۵ آبان ماه، در تراکم‌های ۴۰، ۵۰ و ۶۰ بوته در مترمربع به‌ترتیب باعث افت معنی‌دار ۰/۲۳، ۰/۱۷ و ۰/۲۰ درصدی این اسید چرب نسبت به عدم کاربرد آن شد. بنابراین کاربرد اسید هیومیک در تاریخ کاشت معمول ۱۵ مهرماه و تراکم ۴۰ بوته در مترمربع با کاهش ۰/۳۲ درصدی، نسبت به عدم کاربرد آن، بیشترین میزان کاهش اسید اروسیک را در کلیه تیمارهای مورد آزمون نشان داد (جدول ۴). یانیو و همکاران (۵۰) گزارش کردند که میزان سنتز اسید اروسیک در طول دوره رشد دانه تحت تأثیر رژیم دمایی قرار می‌گیرد. در یک مطالعه گزارش شد که محتوای اسید اروسیک به‌دلیل افزایش دما کاهش یافته است (۳۷). در اتحادیه اروپا، حداکثر غلظت مجاز اسید اروسیک در روغن‌های گیاهی خوراکی ۵ درصد است (۱۲). با این حال، اسید اروسیک یک ماده خام با ارزش در تولیدات صنعتی است (۳۱).

گلوکوزینولات

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت×تراکم بوته×اسید هیومیک نشان داد که در تاریخ کاشت ۱۵ مهرماه در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع، کاربرد اسید هیومیک (۶/۳۶ میکرومول در گرم کنجاله) نسبت به عدم کاربرد آن (۷/۰۵ میکرومول در گرم کنجاله) سبب کاهش معنی‌دار ۹/۷ درصدی گلوکوزینولات شد. همچنین کاربرد اسید هیومیک در تاریخ کاشت معمول ۱۵ مهر ماه، در تراکم‌های ۵۰ و ۶۰ بوته در مترمربع، به‌ترتیب سبب کاهش ۸/۰۶ و ۹/۱۶ درصدی گلوکوزینولات نسبت به عدم کاربرد آن شد. کاربرد اسید هیومیک در تاریخ کاشت نسبتاً تأخیری ۳۰ مهر ماه، در تراکم‌های ۴۰، ۵۰ و ۶۰ بوته در مترمربع به‌ترتیب باعث افت معنی‌دار ۵/۳، ۶/۲ و ۶/۴ درصدی گلوکوزینولات نسبت به عدم کاربرد آن شد. کاربرد اسید هیومیک در تاریخ کاشت تأخیری ۱۵ آبان ماه، در تراکم‌های ۴۰، ۵۰ و ۶۰ بوته در مترمربع به‌ترتیب سبب کاهش معنی‌دار ۱/۷، ۱/۹ و ۲/۹ درصدی میزان گلوکوزینولات نسبت به عدم کاربرد آن شد (جدول ۴). گلوکوزینولات‌ها مواد طبیعی موجود در گیاهان خانواده Brassicaceae هستند (۴۴) و در حال حاضر، بیش از ۱۴۰ گلوکوزینولات مختلف شناخته شده است (۵). مطالعات گا و همکاران (۱۸) نشان داده است که شرایط آب و هوایی تأثیر مهمی بر غلظت گلوکوزینولات‌ها دارد. میزان

گلوکوزینولات دانه کاملینا بین ۱۳/۲ تا ۳۶/۲ میکرومول بر گرم کنجاله گزارش شده است (۴۲). غلظت گلوکوزینولات در کاملینا به عوامل زیادی از جمله ژنوتیپ، شرایط آب و هوایی، نوع خاک، کوددهی و میزان گوگرد در خاک بستگی دارد (۸). بنابراین، طیف وسیعی از محتوای گلوکوزینولات را می‌توان در کاملینا یافت.

نتیجه‌گیری

اگرچه کاربرد اسید هیومیک در دامنه تاریخ کاشت ۱۵ مهر ماه تا ۱۵ آبان ماه و در تراکم‌های ۴۰ تا ۶۰ بوته در مترمربع، سبب بهبود عملکرد دانه و اجزای آن و همچنین اسید چرب اولئیک دانه روغنی کاملینا نسبت به عدم کاربرد آن شد، اما در تاریخ کاشت تأخیری ۱۵ آبان ماه در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع، بیشترین میزان افزایش وزن هزار دانه (۱۷/۸ درصد)، عملکرد دانه (۳۲/۷ درصد) و اسید چرب اولئیک (۰/۸۹ درصد) را نسبت به عدم کاربرد آن نشان داد. همچنین کاربرد اسید هیومیک در کلیه تاریخ‌های کاشت معمول (۱۵ مهرماه)، نسبتاً تأخیری (۳۰ مهرماه) و تأخیری (۱۵ آبان ماه) سبب کاهش معنی‌دار اسید اروسیک و گلوکوزینولات نسبت به عدم کاربرد آن شد. بنابراین استفاده از اسید هیومیک در زراعت کاملینا به‌ویژه در مواردی که کشت آن به تأخیر می‌افتد، توصیه می‌شود.

منابع مورد استفاده

1. Abramovic, H. and V. Abram. 2005. Physico-chemical properties, composition and oxidative stability of *Camelina sativa* oil. *Food technology and biotechnology* 43(1): 63-70.
2. Ahmad, M., E. A. Waraich and A. Tanveer. 2021. Foliar applied thiourea improved physiological traits and yield of Camelina and Canola under normal and heat stress conditions. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 21: 1666-1678.
3. Ahmad Warich, E., Z. Ahmad, Z. Ahmad, R. Ahmad, M. Erman, F. Cig and A. E. Sabagh. 2020. Alterations in growth and yield of Camelina induced by different planting densities under water deficit stress. *International Journal of Experimental Botany* 89(3): 587-597.
4. Albayrak, S., M. Türk and O. Yüksel. 2011. Effect of row spacing and seeding rate on Hungarian vetch yield and quality. *Turkish Journal of Field Crops* 16(1): 54-58.
5. Alexander, J., G. A. Auðunsson, D. Benford, A. Cockburn, J. P. Cravedi, E. Dogliotti, A. D. Domenico, M. L. Férnandez-Cruz, P. Fürst, J. Fink-Gremmels, C. L. Galli, P. Grandjean, J. Gzyl, G. Heinemeyer, N. Johansson, A. Mutti, J. Schlatter, R. V. Leeuwen, C. V. Peteghem and P. Verger. 2008. Opinion of the scientific panel on contaminants in the food chain on a request from the european commission on glucosinolates as undesirable substances in animal feed. *European Food Safety Authority* 590: 1-76.
6. Angelini, L. G., L. Abou Chehade, L. Foschi and S. Tavarini. 2020. Performance and potentiality of Camelina (*Camelina sativa* L. Crantz) genotypes in response to sowing date under mediterranean environment. *Agronomy* 10(12): 1929-1937.
7. Azadmard-Damirchi, S., G. P. Savage and P. C. Dutta. 2005. Sterol fractions in hazelnut and virgin olive oils and 4: 40-dimethylsterols as possible markers for detection of adulteration of virgin olive oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 82: 717-725.
8. Berhow, M. A., U. Polat, J. A. Glinski, M. Glensk, S. F. Vaughn, T. Isbell, I. Ayala-Diaz, L. Marek and C. Gardner. 2013. Optimized analysis and quantification of glucosinolates from *Camelina sativa* seeds by reverse-phase liquid chromatography. *Industrial Crops and Products* 43: 119-125.
9. Berti, M., R. Gesch, C. Eynck, J. Anderson and S. Cermak. 2016. Camelina uses, genetics, genomics, production, and management. *Industrial Crops and Products* 94: 690-710.
10. Berti, M., R. Wilckens, S. Fischer, A. Solis and B. Johnson. 2011. Seeding date influence on camelina seed yield, yield components, and oil content in Chile. *Industrial Crops and Products* 34: 1358-1365.
11. Enjalbert, J. N., S. Zheng, J. J. Johnson, J. L. Mullen, P. F. Byrne and J. K. McKay. 2013. Brassicaceae germplasm diversity for agronomic and seed *q*uality traits under drought stress. *Industrial Crops and Products* 47: 176-185.
12. European Commission. 2014. Commission regulation (EU) No 696/2014 of 24 June 2014 amending regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels of erucic acid in vegetable oils and fats and foods containing vegetable oils and fats. Official Journal of the European Union 696: 1-2.

13. Francis, A. and S. I. Warwick. 2009. The biology of canadian weeds. 142. *Camelina alyssum*(Mill.) Thell.; *C. microcarpa* Andrz. ex DC.; *C. sativa* (L.) Crantz. *Canadian Journal of Plant Science* 89(4): 791-810.
14. Gauraha, D. and S. S. Rao. 2011. Association analysis for yield and its characters in linseed (*Linum usitatissimum* L.). Research. *Journal of Agricultural Sciences* 2(2): 258-260.
15. Gesch, R. W. and S. C. Cermak. 2011. Sowing date and tillage effects on fall-seeded camelina in the Northern Cornbelt. *Agronomy Journal* 103: 980-987.
16. Gomez-Monedero, B., F. Bimbela, J. Arauzo, J. Faria and M. P Ruiz. 2015. Pyrolysis of red eucalyptus, camelina straw, and wheat straw in an ablative reactor. *Energy & Fuels* 29(3): 1766-1775.
17. Gore, M. and O. Kurt. 2017. Determination of crude oil content and fatty acid composition of different false flax [*Camelina sativa* (L.) Crantz.] genotypes. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Journal of Nature Science* 20: 201-205.
18. Gu, Z., Q. Guo and Y. Gu. 2012. Factors influencing glucoraphanin and sulforaphane formation in Brassica plants: A review. *Journal of Integrative Agriculture* 11(11): 1804-1816.
19. Harinder, P. S. Makkar., P. Siddhuraju and K. Becker. 2007. Plant secondary metabolites. *Humana Press* 393- 1-122.
20. Haslam, T. M. and L. Kunst. 2013. Extending the story of very-long-chain fatty acid elongation. *Plant Science* 210: 93-107.
21. Hossain, Z., E. N. Johnson, L. Wang, R. E. Blackshaw, H. Cutforth and Y. Gan. 2019. Plant establishment, yield and yield components of Brassicaceae oilseeds as potential biofuel feedstock. *Industrial Crops and Products* 141: 111800.
22. Hoseini, S., G. Najafi, B. Ghobadian, T. Yusaf and M. Ebadi. 2018. The effects of Camelina "Soheil" as a novel biodiesel fuel on the performance and emission characteristics of diesel engine. *Applied Sciences* 8(6): 1010.
23. Hrastar, R. and I. J. Kosır. 2011. *Camelina sativa* (L.) Crantz as an alternative oilseed. *Journal of Hmeljarski bilten* 18: 85-92.
24. ISO 5511:1992. Oilseeds-Determination of oil content-Method using continuous-wave low-resolution nuclear magnetic resonance spectrometry (Rapid method).
25. Jankowski, K. J., M. Sokólski, B. Kordan. 2019. Camelina: yield and quality response to nitrogen and sulfur fertilization in Poland. *Industrial Crops and Products* 141: 111776. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111776
26. Kakabouki, A., S. Folina, C. H. Karydogianni and A. Efthimiadou. 2020. The effect of nitrogen fertilization on root characteristics of *Camelina sativa* L. in greenhouse pots. *Agronomy Researc*h 18(3): 2060-2068.
27. Katar, D., Y. Arslan and I. Subasi. 2012a. Effects of different Sowing dates on yield and yield components of false flax (*Camelina sativa* (L.) Crantz under Ankara condition. *Journal of Agricultural Faculty of Ataturk University* 43(1): 23-27
28. Katar, D., Y. Arslan and I. Subasi. 2012b. Determination of effect of different sowing dates on oil content and fatty acid composition in Camelina (*Camelina sativa* (L.) Crantz) under Ankara Ecological Condition. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty* 9(3): 84-90.
29. Kirkhus, B., A. R. Lundon, J. E. Haugen, G. Vogt, G. I. Borge and B. I. Henriksen. 2013. Effects of environmental factors on edible oil quality of organically grown *Camelina sativa*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 61: 3179-3185.
30. Koc, N. 2014. Determination of yield and some agronomical characteristics on false flax (*Camelina sativa* (L.) Crantz.)'which sown in different times. MSc thesis. Selçuk University, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Konya.
31. Lazzeri, L., O. Leoni, L. S. Conte and S. Palmieri. 1994. Some technological characteristics and potential uses of *Crambe abyssinica* products. *Industrial Crops and Products* 3(12): 103–112.
32. Leclère, M., A. R. Lorent, M. H. Jeuffroy, A. Butier, C. Chatain and C. Loyce. 2021. Diagnosis of camelina seed yield and quality across an on-farm experimental network. *European Journal of Agronomy* 122: 126190.
33. MacCarthy, P., C. E. Clapp, R. L. Malcom and P. R. Bloom. 2001. Humic Substances in Soil and Crop Sciences: Selected Readings. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America, Chicago.
34. Mohagheghi, A. and M. A. Aboutalebian. 2014. Study of sowing date and seed priming effect on seed yield, its Components and some of agronomic and qualitative properties of two spring canola cultivars in Hamedan. *Iranian Journal of Field Crops Research* 12(3): 516-525. (in Farsi).
35. Obeng, E., A. K. Obour, N. O. Nelson, J. A. Moreno, I. A. Ciampitti, D. Wang and T. P. Durrett. 2019. Seed yield and oil quality as affected by Camelina cultivar and planting date. *Journal of Crop Improvement* 33(2): 1-21.
36. Obour, A. K., E. Obeng, Y. A. Mohammed, I. A. Ciampitti, T. P. Durrett, J. A. Aznar-Moreno and C. Chengci. 2017. Camelina seed yield and fatty acids as influenced by genotype and environment. *Agronomy Journal* 109: 947-956.
37. Pavlista, A. D., T. A. Isbell, D. D. Baltensperger and G. W. Hergert. 2011. Planting date and development of spring-

seeded irrigated canola, brown mustard and camelina. *Industrial Crops and Products* 33: 451-456.
38. Ratajczak, K., H. Sulewska and G. Szymańska. 2017. New winter oilseed rape varieties– seed quality and morphological traits depending on sowing date and rate. *Plant Production Science* 20(3): 262-272.
39. Raziei, Z., D. Kahrizi and H. Rostami-Ahmadvandi. 2018. Effects of climate on fatty acid profile in *Camelina sativa*. *Cellular and Molecular Biology* 64(5): 91-96.
40. Righini, D., F. Zanettia, E. Martínez-Forceb, M. Mandriolia, T. G. Gallina-Toschia and A. Montia. 2019. Shifting sowing of camelina from spring to autumn enhances the oil quality for bio-based applications in response to temperature and seed carbon stock. *Industrial Crops and Products* 137:66-73.
41. Ruxton, C., S. C. Reed, M. J. A. Simpson and K. J. Millington. 2007. The health benefits of omega-3 polyunsaturated fatty acids: a review of the evidence. *Journal of Human Nutrition and Dietetics* 20: 275-285.
42. Schuster, A. and W. Friedt. 1998. *Camelina sativa*: old face - new prospects. *EucarpiaCruciferae Newsletter* 17: 6-7.
43. Sipalova, M., T. Losak, J. Hkusek, J. Vollmann, J. Hude, R. Filipcik, M. Macek and S. Kracmar. 2011. Fatty acid composition of *Camelina sativa* as affected by combined nitrogen and sulphur fertilisation. *African Journal of Agricultural Research* 16(6): 3919-3923.
44. Tripathi, M. K. and A. S. Mishra. 2007. Glucosinolates in animal nutrition: A review. *Animal Feed Science and Technology* 132: 1-27.
45. Urbaniak, S. D., C. D. Caldwell, V. D. Zheljazkov, R. Lada and L. Luan. 2008. The effect of cultivar and applied nitrogen on the performance of *Camelina sativa* L. in the Maritime Provinces of Canada. *Canadian Journal of plant science* 88(1): 111-119.
46. Vollmann, J. and C. Eynck. 2015. Camelina as a sustainable oilseed crop: contributions of plant breeding and genetic engineering. *Biotechnology Journal* 10(4): 525-535.
47. Vollmann, J., T. Moritz, C. Kargl, S. Baumgartner and H. Wagentristl. 2007. Agronomic evaluation of camelina genotypes selected for seed quality characteristics. *Industrial Crops and Products* 26(3): 270-277.
48. Weber, J., Y. Chen, E. Jamroz and T. Miano. 2018. Preface: humic substances in the environment. *Journal of Soils and Sediments* 18(8): 2665-2667.
49. Yakhin, O. I., A. A. Lubyanov, I. A. Yakhin and P. H. Brown. 2017. Biostimulants in plant science: a global perspective. *Frontiers in Plant Science* 7: 2049.
50. Yaniv, Z., D. Schafferman and M. Zur. 1995. The effect of temperature on oil quality and yield parameters of high- and low-erusic acid cruciferae seeds (rape and mustard). *Industrial Crops and Products* 3: 247-252.
51. Zanetti, F., C. Eynck, M. Christou, M. Krzyżaniak, D. Righini, E. Alexopoulou, M. J. Stolarski, E. N. Van Loo, D. Puttick and A. Monti. 2017. Agronomic performance and seed quality attributes of camelina (*Camelina Sativa* L. Crantz) in multi-environment trials across Europe and Canada. *Industrial Crops and Products* 107: 602-608.
52. Zibaee-Nezhad, M. J., M. Khosravi, N. Baniasadi and Z. Daneshvar1. 2008. Omega-3 fatty acid content in various tissues of different Persian Gulf fish. *International Cardiovascular Research Journal* 2(1): 24-31.

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 14, No. 1, Spring 2024, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Study on the Effects of Planting Date and Density and Humic Acid on Quantitative and Qualitative Traits of Camelina Oil-seed Plant

A. H. Shirani Rad[1*] and N. Safavi Fard[2]

(Received: April 05-2022; Accepted: December 07-2023)

Abstract

Investigating the role of agronomic factors is very important in improving the quantitative and qualitative characteristics of oilseeds. In order to determine the composition of fatty acids and grain yield in camelina (*Camelina sativa* L.), a two-year experiment (2017-19) was conducted in Karaj, Iran. The experiment was carried out as a split plot-factorial in a randomized complete block design with three replications, where the planting date (7th Oct., 22nd Oct., and 6th Nov.) in main plots and planting density (40, 50 and 60 plants m^{-2}) and humic acid (including non-application and application of 0.003 HUMAX 95-WSG) in two stages of 4-leaves and stem elongation were considered in sub-plots. The highest grain yield with an average of 2485 kg ha^{-1} was obtained on 7th Oct., at 40 plants m^{-2} and application of humic acid. In addition, application of humic acid in delayed planting date (6^{th} Nov.) and 40 plants m^{-2} showed the highest positive effect on 1000-grain weight and grain yield (wit increases of 17.8 and 32.7%, respectively) compared to non-application. Also, application of humic acid in delayed planting date (6^{th} Nov.) and 40 plants m^{-2} showed the highest percentage increase of oleic acid (0.9%) compared to non-application. Furthermore, application of humic acid in all normal (7th Oct.), relatively late (22nd Oct.) and late (6th Nov.) planting dates, caused a significant decrease of erucic acid and glucosinolate concentrations compared to non-application. Therefore, application of humic acid is beneficial to camelina growth and grain yield, particularly when sown in a delayed date.

Keywords: Fatty acid, Glucosinolate, Grain yield, Oil content

1 And 2. Professor and Ph.D. of Agronomy, Respectively, Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
*: Corresponding Author, Email: shirani.rad@gmail.com