

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

امیر حسین شیرانی راد*^۱ و نادیا صفوی فرد^۲

۱- استاد، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

۲- دکتری زراعت، موسسه تحقیقات، اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

مسئول مکاتبه: E-mail: shirani.rad@gmail.com

تلفن همراه: ۰۹۱۲۲۶۴۹۰۶۱

چکیده

بررسی نقش عوامل زراعی در راستای بهبود خصوصیات کمی و کیفی دانه‌های روغنی از اهمیت بالایی برخوردار است. به منظور بهینه‌سازی ترکیب اسیدهای چرب و عملکرد دانه بالا در گیاه کاملینا (*Camelina sativa L.*)، آزمایشی دو ساله (۹۸-۱۳۹۶) به صورت اسپلینت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در کرج اجرا گردید 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 محلول پاشی HUMAX 95-WSG با غلظت ۳ در هزار در دو مرحله چهار برگگی 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 متر مربع و در شرایط کاربرد اسید هیومیک با میانگین ۲۴۸۵ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. علاوه بر این کاربرد اسید هیومیک در تاریخ کاشت تأخیری ۱۵ آبان ماه و تراکم ۴۰ بوته در متر مربع نسبت به عدم کاربرد آن، بالاترین تأثیر مثبت را بر وزن هزار دانه و عملکرد دانه به ترتیب 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 متر مربع، بیشترین درصد افزایش اسید اولئیک (۸۹/۰ 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 گردید. از این رو استفاده از اسید هیومیک در زراعت کاملینا به‌ویژه در مواردی که کشت آن به تأخیر می‌افتد، توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: کاملینا، عملکرد دانه، اسید چرب، گلوکوزینولات

مقدمه

ارزش و اهمیت غذایی دانه‌های روغنی از نظر تأمین کالری و انرژی مورد نیاز انسان در بین محصولات کشاورزی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. 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) (حسینی و همکاران (۲۲)) و تهیه مواد آرایشی بهداشتی (گومز مونی‌دیرو و همکاران (۱۶)) برخوردار است. دوره رشدی این گیاه کوتاه بوده و بین ۸۵ تا ۱۰۰ روز می‌باشد. 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

نشریه تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی

درصد روغن (۴۰٪) و پروتئین (۳۰٪) در دانه‌های این گیاه در سطح بالاتر و میزان گلوکوزینولات کمتر می‌باشد (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٪ 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 این رو 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 می‌باشد، 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 کاشت پاییزه به دلیل آن که 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 دیر هنگام باعث افزایش درصد اسید اولئیک و لینولئیک گردید، در حالی که درصد اسید لینولئیک 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 می‌باشد، به طوری که ترکیب مناسبی از عوامل محیطی برای حصول حداکثر کمیت و کیفیت تأمین شود. حسین و همکاران (۲۱) گزارش کردند 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 می‌باشند و بر و همکاران (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 این رو 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 این رو استفاده از روش‌هایی که گیاه تحت هر شرایطی بتواند حداکثر توانایی خود را بروز دهد، از راهکارهای

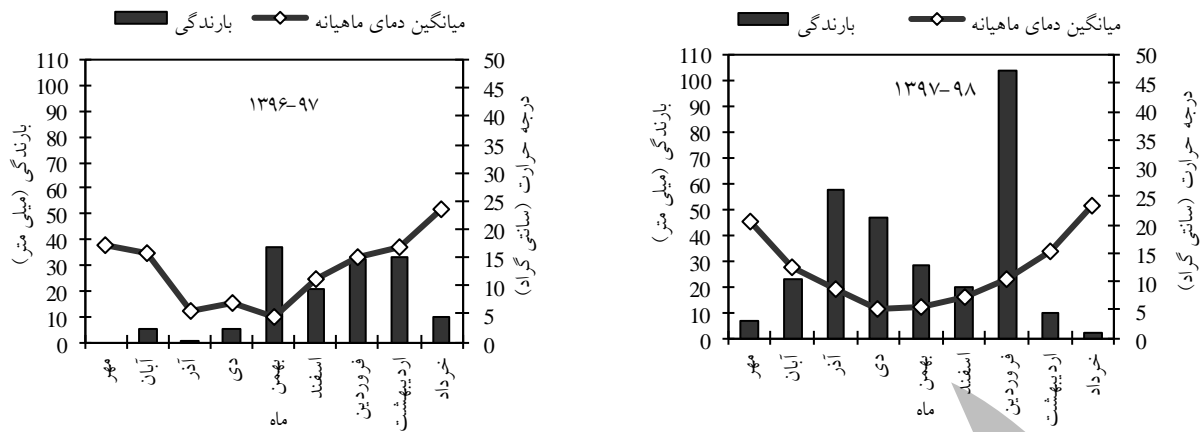
نشریه تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی

مدیریت اثرات محیطی می‌باشد. 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 ۶° و ۵۱° شرقی و عرض جغرافیایی ۵۹° و ۳۵° شمالی و ارتفاع ۱۳۱۳ متر از سطح دریا انجام شد. در این راستا، از آزمایش اسپلینت 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 به‌صورت 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 متر مربع و اسید هیومیک در دو سطح شامل عدم کاربرد (محلول پاشی با آب خالص) و کاربرد اسید هیومیک HUMAX 95-WSG آمریکایی (به‌صورت محلول‌پاشی با غلظت ۳ در هزار در دو مرحله چهار برگی و ساقه‌دهی) 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 می‌باشد 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. به‌طور کلی 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 می‌باشد، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بود (شکل ۱). مشخصات خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

نشریه تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی



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 ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی متری

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

هر کرت آزمایشی شامل شش خط به طول شش متر، فاصله خطوط ۳۰ سانتی متر از هم بود که دو خط کناری به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. فاصله بوته‌ها روی خطوط کاشت در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع ۸/۴ سانتی متر، در تراکم ۵۰ بوته در متر مربع ۶/۷ سانتی متر و در تراکم ۶۰ بوته در متر مربع ۵/۶ سانتی متر 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 به ترتیب سولفات پتاسیم و سوپر فسفات تریپل به صورت پایه همزمان با آماده‌سازی بستر بذر و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره (۱۰۰ کیلوگرم در مرحله دو برگه و ۱۵۰ کیلوگرم در مرحله ساقه‌دهی) به صورت سرک مصرف شد که در تاریخ کاشت اول (۱۵ مهرماه) در سال اول و دوم به ترتیب در ۶ و ۱۰ اسفند، در تاریخ کاشت دوم (۳۰ مهرماه) در سال اول و دوم به ترتیب در ۱۱ و ۱۶ اسفند و در تاریخ کاشت سوم (۱۵ آبان ماه) در سال اول و دوم به ترتیب در ۱۹ و ۲۶ اسفند ماه مصرف شد. کلیه عملیات مربوط به داشت به جز کوددهی به صورت یکسان و براساس عرف منطقه انجام گردید. 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 به طور تصادفی از چهار خط میانی انتخاب و صفات تعداد خورجینک در بوته، تعداد دانه در خورجینک و وزن هزار دانه

این مقاله نهایی نیست و پس از ویراستاری تغییراتی خواهد داشت.

نشریه تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی

اندازه‌گیری شد. این مرحله (رسیدگی فیزیولوژیکی) در سال اول از یکم تا نهم خرداد و در سال دوم از پنجم تا چهاردهم خرداد ماه متفاوت بود. به‌منظور تعیین عملکرد دانه، بوته‌های موجود در مساحت $4/8$ متر مربع از هر کرت آزمایشی به‌طور جداگانه کف‌بر شدند و پس از خشک شدن در هوای آزاد، بوته‌های مربوطه داخل کمابین مخصوص برداشت کرت‌های آزمایشی قرار داده شد و دانه‌های جدا شده با ترازوی دقیق توزین و عملکرد دانه بر مبنای رطوبت 12 درصد محاسبه گردید. از هر کرت یک نمونه 5 گرمی دانه انتخاب و درصد روغن آن توسط دستگاه (Nuclear Magnetic Resonance) NMR (مدل minispec mq20، کشور آلمان) تعیین شد (۲۴). برای اندازه‌گیری اسیدهای چرب موجود در روغن دانه از دستگاه کروماتوگرافی گازی (Varian CP-3800) استفاده گردید (۶). میزان گلوکوزینولات دانه توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (Varian Cary ۱۰۰-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 پنج درصد انجام گرفت. مقایسه میانگین اثر متقابل با استفاده از رویه برش‌دهی انجام گردید.

نتایج و بحث

اثر سال بر تعداد دانه در خورجینک در سطح 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 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، 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، 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 40 و 50 بوته در متر مربع، (به‌ترتیب با $790/9$ و $719/5$ خورجینک در بوته) نسبت به عدم کاربرد آن برتری معنی‌دار داشت، اما تأثیر مثبت آن بر این صفت در تراکم 40 بوته در متر مربع (با $6/4$ درصد افزایش) نسبت به تراکم 50 بوته در متر مربع (با $3/3$ درصد افزایش) بیشتر بود. کاربرد اسید هیومیک در تاریخ کاشت نسبتاً تأخیری 30 مهرماه، در تراکم‌های 40 ، 50 و 60 بوته در متر مربع (به‌ترتیب با $504/1$ ، 644 و $594/7$ خورجینک در بوته) در مقایسه با عدم کاربرد آن به‌ترتیب سبب افزایش معنی‌دار $5/4$ ، $3/4$ و $11/4$ درصدی این صفت شد. علاوه بر این تأثیر مثبت کاربرد

این مقاله نهایی نیست و پس از ویراستاری تغییراتی خواهد داشت.

نشریه تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی

اسید هیومیک در تاریخ کاشت تأخیری ۱۵ آبان ماه نسبت به عدم کاربرد آن بر این صفت در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع با ۴/۵ درصد افزایش (۳۷۹/۱ خورجینک در بوته) کمتر از تراکم ۵۰ بوته در متر مربع با ۶/۸ درصد افزایش (۴۲۹/۴ خورجینک در بوته) بود (جدول ۳). در پژوهش احمد واریچ و همکاران (۴) بررسی اثر تاریخ کاشت و ژنوتیپ بر عملکرد کاملینا گزارش شد که عملکرد دانه این گیاه در زمان‌های مختلف کاشت به شدت 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، به طوری که کاهش تعداد خورجینک موجب کاهش تعداد دانه و عملکرد دانه در گیاه شده است. نتایج تحقیق گائوراها و راثو (۱۴) نشان داد که بین تعداد خورجینک در بوته و عملکرد دانه کاملینا همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود دارد. جانکوسکی 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 خورجینک‌ها 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 (۴).

تعداد دانه در خورجینک

کاربرد اسید هیومیک در تاریخ کاشت معمول ۱۵ مهرماه، در تراکم‌های ۴۰، ۵۰ و ۶۰ بوته در متر مربع به ترتیب با ۱۵/۶، ۱۴/۱ و ۱۳ عدد دانه در خورجینک همراه بود و نسبت به عدم کاربرد آن به ترتیب سبب افزایش معنی‌دار ۶/۱، ۴/۴ و ۲/۳ درصدی این صفت شد. در حالی که در تاریخ کاشت ۳۰ مهرماه، کاربرد اسید هیومیک در تراکم‌های ۴۰، ۵۰ و ۶۰ بوته در متر مربع به ترتیب با ۱۰/۹، ۱۲/۴ و ۱۱/۷ عدد دانه در خورجینک همراه بود و نسبت به عدم کاربرد آن به ترتیب باعث افزایش معنی‌دار ۲/۸، ۳/۳ و ۳/۵ درصدی این صفت شد. اگرچه در تاریخ کاشت تأخیری ۱۵ آبان ماه، 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 متر مربع 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 می‌گردد. باتوجه به اینکه دانه مخزن مواد فتوسنتزی است بنابراین هرچه تعداد دانه بیشتر باشد ذخیره مواد فتوسنتزی افزایش یافته و منجر به افزایش عملکرد می‌گردد در حالی که 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 در صدد جبران آن برمی‌آیند و از آنجا که وزن هزار دانه، کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد آنجلینی و همکاران (۵)، لذا تغییرات در تعداد

دانه در خورجینک تأثیر زیادی بر عملکرد نهایی گیاهان روغنی خواهد داشت. تعداد دانه در خورجینک در گیاه کاملینا بین ۱۰-۲۰

عدد می باشد (۲۵).

پایگاه نشریات
پایگاه نشریات

نشریه تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی

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	تعداد خورجینک		وزن هزار دانه	عملکرد دانه	روغن دانه	اسید پالمیتیک	اسید اولئیک	اسید لینولئیک	اسید لینولئیک	اسید		گلوکوزینولات
		تعداد دانه در خورجینک	در بوته								اسید ایکوزنوئیک	اسید اروسیک	
سال	۱	۷۵۳۱/۰۷**	۱۴۱۳۶/۱۷*	۴۵۲/۵۵۸**	۱۸۰۲۳۸**	۲۸۵۵۹**	۱۱۳۷۰**	۵۰۳۷/۲۶ ^{ns}	۳۵۰۲۶**	۱۳۰۸۶**	۱۰۷۰۰**	۹۵۹۵/۲۱**	۱۳۳۷۶ ^{ns}
تکرار سال	۴	۱۴۷/۷	۱۲۴۸/۸۰	۸۷۳۴۵	۶۶۹۴	۳۴۱	۱۴۶	۹۶۷/۵۶	۱۶۰/۹۳	۴۳/۷۲۶	۱۲۱	۳۰/۴۹	۲۱۲۴
تاریخ کاشت	۲	۸۲۶۴۱۲/۹۶**	۲۰۴۸۰۲۴/۵۴**	۳۰۴۰۳/۷۶۳**	۱۰۳۴۵۲۸۴**	۴۵۵۲۶۸**	۲۷۸۵۱۹**	۱۷۸۱۳۸۲**	۱۹۲۳۲۳**	۲۸۴۷۰۷**	۷۷۱۹۴۳**	۳۸۱۳۸۴**	۳۴۸۴۸۸۱**
سال×تاریخ کاشت	۲	۱۸۱/۱۴ ^{ns}	۲۰۰/۷۶ ^{ns}	۱۱/۶۸۹ ^{ns}	۶۱۶۸ ^{ns}	۱۱ ^{ns}	۱/۶۴۱۵ ^{ns}	۵/۵۶ ^{ns}	۰/۵۵ ^{ns}	۲/۸۴۰ ^{ns}	۲/۱۲۳ ^{ns}	۱۹/۶۱ ^{ns}	۳۵۵ ^{ns}
خطای اول	۸	۶۴/۳۲	۱۷۰/۰۳	۹/۰۹۷	۲۰۷۳	۲۲۵	۳۳/۸۱۹۵	۵۷۷/۷۴	۱۵۸/۸۵	۱۸۳/۲۶۶	۶۱/۴۷۷	۲۰/۷۱	۱۴۰
تراکم بوته	۲	۱۶۳۸۵/۲۳**	۷۰۳۱/۱۳**	۳۵۹/۳۳۳**	۱۷۵۷۸۵**	۵۹۳۶**	۳۸۹۴**	۶۸۷۵۳/۵۰**	۵۴۲/۹۰*	۱۲۰۲**	۱۱۸۲۶**	۷۳۳۸**	۳۵۱۳۹**
اسید هیومیک	۱	۲۰۶۰۸/۹۴**	۵۶۲۳۳/۹۵**	۸۱۰/۱۶۳**	۳۲۸۹۰۴**	۱۷۱۴۵**	۹۱۱۰**	۴۷۵۳۳/۱۲**	۵۰۷۶/۱۲**	۸۱۳۱**	۱۷۱۷۰**	۸۸۶۲**	۷۰۲۳۶**
سال×تراکم بوته	۲	۳/۵۱ ^{ns}	۰/۶۸ ^{ns}	۰/۱۳۸ ^{ns}	۹۹ ^{ns}	۰/۱۴ ^{ns}	۰/۰۴۳۳ ^{ns}	۰/۰۶۸ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۲۱۵ ^{ns}	۰/۰۵۳ ^{ns}	۰/۴۹ ^{ns}	۳/۵۸۵ ^{ns}
سال×اسید هیومیک	۱	۴/۳۶ ^{ns}	۵/۵۱ ^{ns}	۰/۳۱۱ ^{ns}	۱۹۷ ^{ns}	۰/۴۲ ^{ns}	۰/۰۴۸۱ ^{ns}	۰/۲۶ ^{ns}	۰/۱۱ ^{ns}	۰/۱۵ ^{ns}	۰/۱۰۳ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۷/۱۶۶ ^{ns}
تاریخ کاشت×تراکم بوته	۴	۴۵۱۳۱/۱۳**	۱۴۹۹۰۷/۴۷**	۱۸۳۵/۷۶۶**	۸۶۱۴۵۴**	۳۱۵۲۴**	۱۷۲۷۶**	۸۲۸۳۳**	۸۷۱۳/۲۹**	۲۱۳۸۴**	۳۹۷۸۱**	۱۳۷۱۴**	۱۴۶۲۵۲**
تاریخ کاشت×اسید هیومیک	۲	۶۹۳/۸۱**	۱۳۶۳/۹۱**	۳۵/۸۷۴**	۱۳۶۴۸**	۴۵ ^{ns}	۱۴۲**	۳۳۹۲/۵۹**	۲۵۷/۶۴ ^{ns}	۴۶۱ ^{ns}	۲۱/۹۱۳ ^{ns}	۶۷/۰۱*	۲۷۲۵**
تراکم بوته×اسید هیومیک	۲	۸۶/۳۲ ^{ns}	۱۱۷/۱۲ ^{ns}	۹/۹۸۰*	۲۳۰۷۵**	۱۳۵۴**	۵۴۶**	۲۴۶۵/۵۴**	۴۱/۷۲ ^{ns}	۵۲۸ ^{ns}	۸۷/۱۲۲*	۴۷۸/۹۳**	۶۶/۲۴۸ ^{ns}
سال×تاریخ کاشت×تراکم بوته	۴	۹/۸۲ ^{ns}	۱۴/۶۹ ^{ns}	۰/۷۰۵ ^{ns}	۵۱۶ ^{ns}	۰/۷۸ ^{ns}	۰/۰۵۴۱ ^{ns}	۰/۵۳ ^{ns}	۰/۱۱ ^{ns}	۰/۰۵۴ ^{ns}	۰/۰۹۱ ^{ns}	۰/۳۲ ^{ns}	۱۴/۹۲۲ ^{ns}
سال×تاریخ کاشت×اسید هیومیک	۲	۰/۱۶ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۰۱۳ ^{ns}	۸ ^{ns}	۰/۰۰۰۷ ^{ns}	۰/۰۰۰۷ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۰۱۵ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۲۷۸ ^{ns}
سال×تراکم بوته×اسید هیومیک	۲	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۱۴ ^{ns}	۰/۰۱۶۰ ^{ns}	۰/۰۱۶۰ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۱۴ ^{ns}	۰/۰۳۵ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۰۷ ^{ns}
تاریخ کاشت×تراکم بوته×اسید هیومیک	۴	۱۲۶۸/۵۶**	۱۰۹۷/۵۵**	۵/۲۴۰**	۸۵۶۵**	۸۵۴**	۱۹۵**	۱۰۴۴/۸۶**	۵۵۴/۷۵**	۲۴۳/۴۱۱**	۲۶۱/۱۹۸**	۱۵۰/۶۶**	۲۶۳**
سال×تاریخ کاشت×تراکم بوته×اسید هیومیک	۴	۰/۲۸ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}	۵ ^{ns}	۰/۰۲۱ ^{ns}	۰/۰۰۹۴ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۸ ^{ns}	۰/۰۰۵ ^{ns}	۰/۰۰۸ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۰۲۷ ^{ns}
خطای دوم	۶۰	۵۶/۸۹	۱۵۷/۷۵	۲/۵۰۹	۱۳۵۷	۱۶۸	۲۱	۴۶۳/۹۰	۱۴۹/۱۷	۵۶/۳۵۵	۱۷/۷۳۲	۵/۷۶	۱۰۹
ضریب تغییرات (درصد)		۱۱/۴۲	۱۰/۱۲	۱۰/۵۱	۱۲/۱۹	۴/۳۹	۳/۶۴	۳/۹۹	۴/۵۴	۲/۴۵	۱/۳۱	۱/۳۲	۲/۹۴

ns: غیر معنی دار، * و ** به ترتیب معنی دار 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	۷۴۲/۷ b	۱۴/۷ b	۱/۳۹ b	۲۳۱۹ b	۳۳/۹۱ b	۶/۱۸ a	۲۳/۷۵ b
	۵۰	کاربرد	۷۹۰/۹ a	۱۵/۶ a	۱/۴۷ a	۲۴۸۵ a	۳۴/۵۲ a	۵/۸۱ b	۲۴/۳۶ a
	LSD		۱۹/۸۲	۰/۳۳	۰/۰۴	۱۰۳/۲۴	۰/۴۰	۰/۱۸	۰/۵۰
	۶۰	عدم کاربرد	۶۹۶/۳ b	۱۳/۵ b	۱/۲۹ a	۲۱۱۳ b	۳۳/۵۴ a	۶/۴۴ a	۲۳/۵۰ a
	۵۰	کاربرد	۷۱۹/۵ a	۱۴/۱ a	۱/۳۲ a	۲۲۲۸ a	۳۳/۷۱ a	۶/۳۳ a	۲۳/۶۱ a
	LSD		۱۷/۲۹	۰/۲۵	۰/۰۴	۹۹/۰۲	۰/۲۸	۰/۱۷	۰/۱۲
۳۰ مهر ماه	۴۰	عدم کاربرد	۶۷۰/۸ a	۱۲/۷ b	۱/۲۱ b	۲۰۱۵ a	۳۳/۴۱ a	۶/۶۰ a	۲۳/۲۹ a
	۵۰	کاربرد	۶۸۳/۱ a	۱۳/۰ a	۱/۲۶ a	۲۰۴۶ a	۳۳/۴۶ a	۶/۵۴ a	۲۳/۳۹ a
	LSD		۱۷/۴۱	۰/۲۶	۰/۰۴	۸۱/۳۳	۰/۲۶	۰/۱۷	۰/۱۱
	۶۰	عدم کاربرد	۴۷۸/۲ b	۱۰/۶ b	۰/۹۶ b	۱۵۲۱ a	۳۲/۲۶ a	۷/۴۱ a	۲۰/۹۳ b
	۴۰	کاربرد	۵۰۴/۱ a	۱۰/۹ a	۰/۹۹ a	۱۵۶۹ a	۳۲/۴۵ a	۷/۲۵ a	۲۱/۲۵ a
	LSD		۱۴/۶۸	۰/۱۷	۰/۰۳	۶۴/۶۵	۰/۲۶	۰/۱۷	۰/۱۸
۱۵ آبان ماه	۴۰	عدم کاربرد	۶۲۲/۳ b	۱۲/۰ b	۱/۱۱ b	۱۸۱۲ b	۳۳/۰۷ a	۶/۹۱ a	۲۲/۳۶ b
	۵۰	کاربرد	۶۴۴/۰ a	۱۲/۴ a	۱/۱۶ a	۱۹۵۳ a	۳۳/۳۴ a	۶/۷۷ a	۲۲/۷۲ a
	LSD		۱۶/۴۲	۰/۲۱	۰/۰۳	۸۵/۴۱	۰/۲۷	۰/۱۷	۰/۲۱
	۶۰	عدم کاربرد	۵۳۳/۵ b	۱۱/۳ b	۱/۰۴ a	۱۶۳۷ a	۳۲/۶۴ a	۷/۱۴ a	۲۱/۵۷ b
	۴۰	کاربرد	۵۹۴/۷ a	۱۱/۷ a	۱/۰۷ a	۱۶۷۳ a	۳۲/۸۸ a	۷/۰۱ a	۲۱/۹۵ a
	LSD		۱۶/۹۷	۰/۱۷	۰/۰۳	۶۸/۴۷	۰/۲۷	۰/۱۶	۰/۱۵
۱۵ آبان ماه	۴۰	عدم کاربرد	۳۶۲/۵ b	۸/۳ b	۰/۵۶ b	۷۱۸ b	۳۰/۸۶ b	۸/۶۴ a	۱۷/۵۶ b
	۵۰	کاربرد	۳۷۹/۱ a	۸/۶ a	۰/۶۶ a	۹۵۳ a	۳۱/۲۱ a	۸/۳۶ b	۱۸/۴۵ a
	LSD		۹/۳۰	۰/۱۷	۰/۰۲	۴۲/۸۶	۰/۲۷	۰/۱۷	۰/۱۷
	۶۰	عدم کاربرد	۴۰۱/۷ b	۸/۹ b	۰/۷۱ b	۱۰۴۲ b	۳۱/۳۷ a	۸/۱۷ a	۱۹/۰۵ b
	۴۰	کاربرد	۴۲۹/۴ a	۹/۳ a	۰/۷۸ a	۱۱۷۱ a	۳۱/۶۳ a	۷/۹۴ b	۱۹/۷۰ a
	LSD		۱۳/۶۷	۰/۱۸	۰/۰۲	۴۴/۰۹	۰/۲۶	۰/۱۶	۰/۱۰
۱۵ آبان ماه	۶۰	عدم کاربرد	۴۴۸/۷ a	۹/۸ b	۰/۸۴ b	۱۴۰۰ b	۳۱/۹۳ a	۷/۷۵ a	۲۰/۰۸ b
	۴۰	کاربرد	۴۶۰/۶ a	۱۰/۳ a	۰/۹۰ a	۱۴۹۲ a	۳۲/۰۷ a	۷/۵۸ b	۲۰/۴۵ a
	LSD		۱۲/۹۷	۰/۱۹	۰/۰۳	۷۳/۹۳	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.

وزن هزار دانه

اگرچه کاربرد اسید هیومیک در تاریخ کاشت معمول ۱۵ مهرماه، در تراکم‌های ۴۰ و ۶۰ بوته در متر مربع به ترتیب 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 متر مربع (با ۵/۷ درصد افزایش) نسبت به تراکم ۶۰ بوته در متر مربع (با ۴/۱ درصد افزایش) بیشتر بود. در حالی‌که در تاریخ کاشت ۳۰ مهرماه، تأثیر مثبت کاربرد اسید هیومیک نسبت به عدم کاربرد آن در تراکم ۵۰ بوته در متر مربع (با ۴/۵ درصد افزایش) در مقایسه با تراکم ۴۰ بوته در متر مربع (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 متر مربع به ترتیب با ۰/۶۶، ۰/۷۸ و ۰/۹۰ گرم نسبت به عدم کاربرد آن به-

ترتیب سبب افزایش ۱۷/۸، ۹/۸ و ۷/۱ درصدی وزن هزار دانه گردید (جدول ۳). کاتار و همکاران a (۲۷) گزارش کردند که تاریخ-های مختلف کاشت بر وزن هزار دانه کاملینا (۰/۶۲ - ۰/۲۲ گرم) تأثیر معنی دار داشت. آنجلینی و همکاران (۵) وزن هزار دانه را به-عنوان 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 احمد و همکاران (۳)، شناسایی عوامل مؤثر بر افزایش میزان این صفت جهت حصول عملکرد دانه و روغن دانه مناسب و پایدار امری ضروری می‌باشد. میانگین وزن هزار دانه کاملینا ۱ گرم می‌باشد و در محدوده بین ۰/۳ تا ۲ گرم متغیر است (۴۷). نتایج تحقیق احمد واریج و همکاران (۴) نشان داد که بین عملکرد دانه با وزن هزار دانه همبستگی مثبت و معنی داری وجود داشت.

عملکرد دانه

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در تاریخ کاشت معمول ۱۵ مهرماه، در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع 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 متر مربع، کاربرد اسید هیومیک نسبت به عدم کاربرد آن برتری معنی دار داشت، اما تأثیر مثبت آن بر عملکرد دانه در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع (با ۷/۱ درصد افزایش) نسبت به تراکم ۵۰ بوته در متر مربع (با ۵/۴ درصد افزایش)، بیشتر بود. کاربرد اسید هیومیک در تاریخ کاشت نسبتاً تأخیری ۳۰ مهرماه فقط در تراکم ۵۰ بوته در متر مربع (با میانگین ۱۹۵۳ کیلوگرم در هکتار) سبب افزایش ۷/۷ درصدی عملکرد دانه نسبت به عدم کاربرد آن (با میانگین ۱۸۱۲ کیلوگرم در هکتار) گردید. عملکرد دانه در شرایط کاربرد اسید هیومیک در تاریخ کاشت تأخیری ۱۵ آبان ماه، در تراکم‌های ۴۰، ۵۰ و ۶۰ بوته در متر مربع به ترتیب برابر با ۹۵۳، ۱۱۷۱ و ۱۴۹۲ کیلوگرم در هکتار بود که به ترتیب سبب افزایش معنی دار ۳۲/۷، ۱۲/۳ و ۶/۵ درصدی عملکرد دانه نسبت به عدم کاربرد آن شد (جدول ۳). برتی و همکاران (۹) 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 مدیترانه-ای شیلی سبب افزایش معنی دار این صفات گردید. 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 شرط-های لازم برای دستیابی به عملکرد بالا در کاملینا، تأمین شرایط مطلوب به منظور تولید مواد فتوسنتزی در بالاترین حد کارایی 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 معنی دار نشان داد، زیرا سبب بهبود اجزای عملکرد دانه در شرایط مورد آزمون گردید.

درصد روغن دانه

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین درصد روغن دانه در تاریخ کاشت ۱۵ مهرماه، در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع در شرایط کاربرد اسید هیومیک (۳۴/۵۲ درصد) و عدم کاربرد اسید هیومیک (۳۳/۹۱ درصد) حاصل شد و کاربرد اسید هیومیک سبب افزایش معنی‌دار ۰/۶۱ درصدی روغن دانه در مقایسه با عدم کاربرد آن گردید. کاربرد اسید هیومیک در تاریخ کاشت تأخیری ۱۵ آبان ماه و در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع با میانگین ۳۱/۲۱ درصد نسبت به عدم کاربرد آن با میانگین ۳۰/۸۶ درصد با ۰/۳۵ درصد افزایش روغن دانه، برتری معنی‌دار نشان داد. همچنین کمترین میزان این صفت (۳۰/۸۶ درصد) مربوط به تاریخ کاشت ۱۵ آبان ماه و تراکم ۴۰ بوته در متر مربع 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 ۳۲/۸۴ درصد) بیشتر از سال اول (با میانگین ۳۲/۵۲ 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 می‌باشد) در مقایسه با سال اول کمتر بود. پالویستا 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 محیطی از جمله دما قرار می‌گیرد، به نحوی که افزایش دما ناشی از کاشت دیرهنگام موجب کاهش درصد روغن می‌گردد (۳۸). کاملینا سازگاری بیشتری به مناطق خنک دارد به طوری که 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 به دلیل 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 ابنگ و همکاران (۳۵) نیز تأثیر درجه حرارت و تاریخ کاشت را بر کیفیت روغن کاملینا تأیید 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 متر مربع، 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) گردید. کاربرد اسید هیومیک فقط در تاریخ کاشت تأخیری ۱۵ آبان ماه در کلیه تراکم‌های ۴۰، ۵۰ و ۶۰ بوته در متر مربع به ترتیب 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 می‌باشد.

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، به طوری که بیشترین میزان اسید اولئیک در تاریخ کاشت ۱۵ مهرماه و تراکم ۴۰ بوته در متر مربع در شرایط کاربرد و عدم کاربرد به ترتیب ۲۴/۳۶ و ۲۳/۷۵ درصد بود و کاربرد اسید هیومیک سبب افزایش ۰/۶۱ درصدی این اسید چرب در مقایسه با عدم کاربرد آن گردید. کاربرد اسید هیومیک در تاریخ کاشت نسبتاً تأخیری ۳۰ مهر ماه در تراکم‌های ۴۰، ۵۰ و ۶۰ بوته در متر مربع به ترتیب سبب افزایش معنی‌دار ۰/۳۲، ۰/۳۶ و ۰/۳۸ درصدی اسید اولئیک، و در تاریخ کاشت تأخیری ۱۵ آبان ماه به ترتیب 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 متر مربع، بالاترین درصد افزایش اسید اولئیک (۰/۸۹ درصد) را نسبت به عدم کاربرد آن در کلیه تیمارهای مورد آزمون به خود اختصاص داد (جدول ۳). کاملینا سرشار از اسیدهای چرب اولئیک، لینولئیک و لینولنیک می‌باشد (۲۳). اینگ و همکاران (۳۵) مشاهده کردند که در درجه حرارت‌های بالا میزان اسیدهای چرب اولئیک (C18:1) و لینولنیک (C18:2) افزایش یافت، در حالی که در درجه حرارت پایین مقادیر اسیدهای چرب آلفا لینولنیک (C18:3) و ایکوزنویک (C20:1) کاهش یافت.

اسید لینولنیک

نتایج مقایسه میانگین درصد اسید لینولنیک 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 متر مربع در شرایط کاربرد و عدم کاربرد به ترتیب ۲۳/۶۱ و ۲۳/۲۳ درصد مشاهده شد و کاربرد اسید هیومیک سبب افزایش معنی‌دار ۰/۳۸ درصدی این اسید چرب در مقایسه با عدم کاربرد آن گردید. کاربرد اسید هیومیک در تاریخ کاشت نسبتاً تأخیری ۳۰ مهر ماه در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع با میانگین ۲۲/۲۴ درصد سبب افزایش معنی‌دار ۰/۱۳ درصدی، و در تاریخ کاشت تأخیری ۱۵ آبان ماه، در دو تراکم ۵۰ و ۶۰ بوته در متر مربع به ترتیب با میانگین ۲۱/۶۸ و ۲۱/۹۸ درصد باعث بهبود معنی‌دار اسید لینولنیک به ترتیب 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 متر مربع، بالاترین درصد افزایش اسید لینولنیک (امگا ۶) را نسبت به عدم کاربرد آن نشان داد (جدول ۴). عوامل زیادی بر تغییر محتوای اسید اولئیک، لینولنیک و لینولنیک روغن دانه کاملینا تأثیر می‌گذارند. به عنوان مثال، کاتار و همکاران b (۲۸) گزارش دادند که محتوای اسید

اولئیک (۱۷/۵۹-۱۶/۰۳ درصد)، لینولئیک (۲۳/۳۶-۱۸/۴۵ درصد) و لینولنیک (۳۲/۲۶-۲۴/۳۲ درصد) در دانه کاملینا بسته به زمان کاشت متفاوت است. محتوای روغن، پروفایل اسیدهای چرب و سایر ویژگی‌های تغذیه‌ای کاملینا همگی می‌توانند تحت تأثیر عواملی مانند رقم، آب و هوا، روش فراوری و سایر عوامل زراعی باشند (۳۹).

جدول ۴- 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	اسید لینولئیک (درصد)	اسید لینولنیک (درصد)	اسید ایکوزنوئیک (درصد)	اسید اروسیک (درصد)	گلوکوزینولات (میکرو مول در گرم کنجاله)
۱۵ مهر ماه	۴۰	عدم کاربرد	۲۳/۲۳ b	۳۱/۱۵ a	۱۱/۴۵ a	۲/۳۸ a	۷/۰۵ a
	۵۰	کاربرد	۲۳/۶۱ a	۳۱/۵۷ a	۱۱/۰۸ b	۲/۰۶ b	۶/۳۶ b
	LSD		۰/۳۲	۰/۴۴	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۱۲
۳۰ مهر ماه	۴۰	عدم کاربرد	۲۲/۸۵ a	۳۰/۴۰ a	۱۲/۲۲ a	۲/۶۶ a	۹/۱۶ a
	۵۰	کاربرد	۲۲/۱۶ a	۳۰/۸۵ a	۱۱/۶۶ b	۲/۴۶ a	۷/۵۱ b
	LSD		۰/۲۹	۰/۱۷	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۲۴
۱۵ آبان ماه	۴۰	عدم کاربرد	۲۲/۱۱ b	۲۹/۴۵ b	۱۳/۸۳ a	۳/۷۸ a	۱۲/۷۲ a
	۵۰	کاربرد	۲۲/۲۴ a	۲۹/۷۱ a	۱۳/۶۳ b	۳/۵۴ b	۱۲/۰۴ b
	LSD		۰/۱۱	۰/۱۸	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۲۰
۱۵ آبان ماه	۴۰	عدم کاربرد	۲۲/۵۳ a	۳۰/۱۷ a	۱۲/۷۷ a	۳/۱۰ a	۱۰/۴۸ a
	۵۰	کاربرد	۲۲/۶۸ a	۳۰/۳۰ a	۱۲/۵۲ b	۲/۹۱ b	۹/۸۲ b
	LSD		۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۱۹
۱۵ آبان ماه	۴۰	عدم کاربرد	۲۱/۵۲ a	۲۸/۸۳ a	۱۵/۳۱ a	۴/۹۹ a	۱۴/۶۶ a
	۵۰	کاربرد	۲۱/۵۵ a	۲۸/۹۵ a	۱۵/۰۴ b	۴/۷۶ b	۱۴/۴۱ b
	LSD		۰/۱۴	۰/۱۹	۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۲۴
۱۵ آبان ماه	۴۰	عدم کاربرد	۲۱/۵۷ b	۲۹/۰۴ a	۱۴/۸۱ a	۴/۵۶ a	۱۴/۱۶ a
	۵۰	کاربرد	۲۱/۶۸ a	۲۹/۰۶ a	۱۴/۵۲ b	۴/۳۹ b	۱۳/۸۹ b
	LSD		۰/۱۰	۰/۱۸	۰/۱۶	۰/۱۷	۰/۲۳
۱۵ آبان ماه	۴۰	عدم کاربرد	۲۱/۸۰ b	۲۹/۲۱ a	۱۴/۲۷ a	۴/۲۳ a	۱۳/۶۲ a
	۵۰	کاربرد	۲۱/۹۸ a	۲۹/۳۵ a	۱۴/۰۳ b	۴/۰۳ b	۱۳/۲۲ 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.

اسید لینولنیک

نتایج حاصل نشان داد که کاربرد اسید هیومیک در تاریخ کاشت ۱۵ مهرماه و در تراکم ۵۰ بوته در متر مربع با میانگین ۳۰/۸۵ درصد نسبت به عدم کاربرد آن با میانگین ۳۰/۶۶ درصد، برتری معنی‌دار ۰/۱۹ درصدی اسید لینولنیک (امگا ۳) را به‌خود اختصاص داد، در حالی‌که کاربرد این ماده در تاریخ کاشت ۳۰ مهرماه و در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع، با میانگین ۲۹/۷۱ درصد نسبت به عدم کاربرد آن با میانگین ۲۹/۴۵ درصد، افزایش معنی‌دار ۰/۲۶ درصدی را نشان داد (جدول ۴). برتی و همکاران (۸) دریافتند که میزان اسید

لینولیک در گیاهان دانه روغنی با درجه حرارت در طول دوره رشد بذر متفاوت می‌باشد. میزان بالای اسید لینولیک باعث تحمل دماهای پایین در کاملینا می‌شود (۱۰). ولمن و همکاران (۴۷) گزارش کردند که دمای پایین و بارندگی زیاد در طی مرحله پرشدن دانه می‌تواند سبب افزایش درصد اسید لینولیک در کاملینا گردد. روغن گیاهی کاملینا به دلیل غلظت بالای اسید آلفا لینولیک منبع مهمی از اسید چرب امگا ۳ می‌باشد (۴۱).

اسید ایکوزنوئیک

کاربرد اسید هیومیک در تاریخ کاشت معمول ۱۵ مهر ماه، در تراکم‌های ۴۰ و ۵۰ بوته در متر مربع به ترتیب با میانگین ۱۱/۰۸ و ۱۱/۶۶ درصد نسبت به عدم کاربرد آن سبب کاهش معنی‌دار اسید ایکوزنوئیک به ترتیب ۰/۳۷ و ۰/۲۲ درصد گردید. همچنین کاربرد این ماده در تاریخ کاشت نسبتاً تأخیری ۳۰ مهر ماه، در تراکم‌های ۴۰، ۵۰ و ۶۰ بوته در متر مربع به ترتیب با میانگین ۱۲/۵۲، ۱۳/۶۳ و ۱۳/۰۶ درصد نسبت به عدم کاربرد آن باعث افت معنی‌دار این اسید چرب به ترتیب با ۰/۲۰، ۰/۲۵ و ۰/۳۱ درصد شد. علاوه بر این، کاربرد اسید هیومیک در تاریخ کاشت تأخیری ۱۵ آبان ماه، در تراکم‌های ۴۰، ۵۰ و ۶۰ بوته در متر مربع به ترتیب با میانگین ۱۵/۰۴، ۱۴/۵۲ و ۱۴/۰۳ درصد نسبت به عدم کاربرد آن به ترتیب سبب کاهش معنی‌دار ۰/۲۷، ۰/۲۹ و ۰/۲۴ درصدی اسید ایکوزنوئیک گردید. بنابراین کاربرد اسید هیومیک در تاریخ کاشت تأخیری ۱۵ آبان ماه و تراکم ۴۰ بوته در متر مربع با کاهش ۰/۳۷ درصدی اسید ایکوزنوئیک نسبت به عدم کاربرد آن، بالاترین میزان کاهش این اسید چرب تک غیراشباع را در کلیه تیمارهای مورد آزمون به خود 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 (۳-۵ درصد) است و مهم‌ترین اسیدهای چرب غیراشباع شامل اولئیک (۲۰-۱۵ درصد)، لینولیک (۲۰-۱۵ درصد)، لینولیک (۴۵-۳۵ درصد) و ایکوزنوئیک (۱۸-۱۵ درصد) می‌باشد. همچنین 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 (VLCFAs) (Very long chain fatty acids) دسته‌بندی می‌شود (۲۰). نتایج حاصل نشان داد که کاربرد اسید هیومیک در تاریخ کاشت ۱۵ مهرماه، در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع 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 متر مربع به ترتیب با میانگین ۳/۵۴ و ۲/۹۱ درصد نسبت به عدم کاربرد آن به ترتیب سبب کاهش معنی‌دار ۰/۲۴ و ۰/۱۹ درصدی اسید اروسیک گردید. همچنین کاربرد این ماده در تاریخ کاشت ۱۵ آبان ماه، در تراکم‌های ۴۰، ۵۰ و ۶۰ بوته در متر مربع به ترتیب

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 متر مربع 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 به دلیل افزایش دما کاهش یافته است (۳۷). در اتحادیه اروپا، حداکثر غلظت مجاز اسید اروسیک در روغن‌های گیاهی خوراکی ۵ درصد است (۱۱). با این حال، اسید اروسیک یک ماده خام با ارزش در تولیدات صنعتی می‌باشد (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 متر مربع، کاربرد اسید هیومیک (۶/۳۶ میکرو مول در گرم کنجاله) نسبت به عدم کاربرد آن (۷/۰۵ میکرو مول در گرم کنجاله) سبب کاهش معنی‌دار ۹/۷ درصدی گلوکوزینولات گردید. همچنین کاربرد اسید هیومیک در تاریخ کاشت معمول ۱۵ مهرماه، در تراکم‌های ۵۰ و ۶۰ بوته در متر مربع، به ترتیب سبب کاهش ۸/۰۶ و ۹/۱۶ درصدی گلوکوزینولات نسبت به عدم کاربرد آن شد. کاربرد اسید هیومیک در تاریخ کاشت نسبتاً تأخیری ۳۰ مهرماه، در تراکم‌های ۴۰، ۵۰ و ۶۰ بوته در متر مربع به ترتیب باعث افت معنی‌دار ۵/۳، ۶/۲ و ۶/۴ درصدی گلوکوزینولات نسبت به عدم کاربرد آن گردید. کاربرد اسید هیومیک در تاریخ کاشت تأخیری ۱۵ آبان‌ماه، در تراکم‌های ۴۰، ۵۰ و ۶۰ بوته در متر مربع به ترتیب 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 تریپاتی و میسرا (۴۴) و در حال حاضر، بیش از ۱۴۰ گلوکوزینولات مختلف شناخته شده است (۱۲). 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 میکرو مول 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 (۷). بنابراین، طیف وسیعی از محتوای گلوکوزینولات را می‌توان در کاملینا یافت.

نتیجه‌گیری

اگرچه کاربرد اسید هیومیک در دامنه تاریخ کاشت ۱۵ مهرماه تا ۱۵ آبان‌ماه و در تراکم‌های ۴۰ تا ۶۰ بوته در متر مربع، 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 آبان‌ماه در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع، بیشترین میزان افزایش وزن هزار دانه (۱۷/۸ درصد)، عملکرد دانه (۳۲/۷ درصد) و اسید

چرب اولئیک (۸۹/۰ 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 گردید. بنابراین استفاده از اسید هیومیک در زراعت کاملینا به‌ویژه در مواردی که کشت آن به تأخیر می‌افتد، توصیه می‌شود.

References

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. 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.
3. 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. DOI 10.1007/s42729-021-00470-8.
4. 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. DOI:10.32604/phyton.2020.08734
5. 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. DOI: 10.3390/agronomy10121929.
6. 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.
7. 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. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.07.018>
8. 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.
9. 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.
10. 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 quality traits under drought stress. *Industrial Crops and Products* 47: 176-185.
11. 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. in: L 184/1, (Ed.) O.J.o.t.E. Union, Vol. 696/2014 Official Journal of the European Union.
12. European Food Safety Authority. 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. *EFSA Journal* 590: 1-76.
13. Francis, A. and S. I. Warwick. 2009. The biology of canadian weeds. 142. *Camelina alyssum* (Mill.) Thell.; *C. microcarpa* Andr. 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* 58-60.
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. [CrossRef]

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. Kosir. 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 Research* 18(3): 2060-2068. DOI: 10.15159/AR.20.178
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 agronomic properties of false flax (*Camelina sativa* L. Crantz) at different sowing times [dissertation]. Konya: *University of Selcuk* (in Turkish).
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*.
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 Persian).
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*. <https://doi.org/10.1080/15427528.2019.1566186>
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. *Agron Journal* 109: 947–956. <https://doi.org/10.2134/agronj2016.05.0256>.
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. [CrossRef]
45. Urbaniak, S. D., C. D. Caldwell, V. D. Zheljzkov, 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. Lubyaynov, 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. Zibae-Nezhad, M. J., M. Khosravi, N. Baniasadi and Z. Daneshvar. 2008. Omega-3 fatty acid content in various tissues of different Persian Gulf fish. *International Cardiovascular Research Journal* 2(1): 24-31.

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

Amir Hossein Shirani Rad^{1*} and Nadia Safavi Fard²

1- Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

2- Agronomy Ph.D. Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

*Corresponding Author E-mail: shirani.rad@gmail.com

Abstract

Investigating the role of agronomic factors is very important to improving the quantitative and qualitative characteristics of oilseeds. In order to optimize the composition of fatty acids and high 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 (7 Oct, 22 Oct and 6 Nov) in main plots and plant density (40, 50 and 60 plants.m²) and humic acid including 0 (non-application) and application HUMAX 95-WSG with a concentration of 3_{0.00} in two stages of 4 leaves and stem elongation were considered in sub-plots. Results showed that the highest grain yield with an average of 2485 kg.ha⁻¹ was obtained on 7 Oct, at 40 plants m⁻² density and application of humic acid. In addition, application of humic acid in delayed planting date (November 6) and 40 plants m⁻² density showed the highest positive effect on 1000-seed weight and grain yield (With an increase of 17.8 and 32.7% respectively) compared to non-application. Also, application of humic acid in delayed planting date (6 Nov) and 40 plants.m⁻² density showed the highest percentage increase of oleic acid (0.89%) compared to non-application. Furthermore application of humic acid in all normal (7 Oct), relatively late (22 Oct) and late (6 Nov) planting dates, caused a significant decrease of erucic acid and glucosinolate compared to non-application. Therefore, it is recommended to application of humic acid in camelina cultivation, especially in cases where its cultivation is delayed.

Keywords: Camelina, Fatty acid, Glucosinolate, Grain yield