مقاله پژوهشی

تأثیر کاربرد همزمان بیوچار و ورمی‌کمپوست بر رشد و عملکرد دانه گیاه روغنی کاملینا (*Camelina sativa*) به‌صورت دیم‌کاری در استان آذربایجان شرقی

سعید حضرتی[1*]، کاظم ذاکر[1]، فرهاد حبیب‌زاده[2] و امیررضا صادقی بختوری[1]

[1] گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

[2] گروه ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

(تاریخ دریافت:۱۴۰۰/۱۲/۲۲، تاریخ پذیرش نهایی:۱۴۰۱/۰۳/۰۹)

چکیده

در این پژوهش، کاربرد هم‌زمان مقادیر صفر، ۵ و ۱۰ تن در هکتار کود آلی ورمی‌کمپوست و بیوچار بر رشد و عملکرد دانه گیاه روغنی کاملینا به‌صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در استان آذربایجان شرقی بررسی گردید. بیشترین عملکرد روغن (۱۰۷۳ کیلوگرم در هکتار) با کاربرد ۱۰ تن ورمی‌کمپوست در هکتار+۱۰ تن بیوچار در هکتار بدست آمد که نسبت به شاهد، به میزان ۱۸/۸ درصد بر عملکرد روغن کاملینا افزود. این افزایش ناشی از افزایش درصد روغن (۳۸/۲۷ درصد) و عملکرد دانه (۲۸۰۵ کیلوگرم در هکتار) بود. بیشترین شاخص برداشت در تیمار ۱۰ تن ورمی‌کمپوست در هکتار+۱۰ تن بیوچار در هکتار، بیشترین عملکرد زیست‌توده در تیمار ۱۰ تن ورمی‌کمپوست در هکتار+۵ تن بیوچار در هکتار و بیشترین تعداد دانه در خورجین در ۵ تن ورمی‌کمپوست در هکتار+۱۰ تن بیوچار در هکتار بدست آمد. افزایش تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در هر خورجین با کاربرد بیوچار و ورمی‌کمپوست، بر عملکرد دانه افزود. در این بررسی، کاربرد ۵ تن بیوچار و ۱۰ تن ورمی‌کمپوست میزان اسیدهای چرب اشباع را کاهش (۴۲ درصد) ولی اسیدهای چرب غیراشباع پلیمریک را افزایش داد (۷/۲۷ درصد). با توجه به نتایج، کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و بیوچار جهت بهبود عملکرد گیاه کاملینا تحت شرایط دیم پیشنهاد گردیده و با توجه به اینکه بیشترین عملکرد دانه و روغن در بالاترین سطح کودی استفاده شده بدست آمد، لذا پژوهش‌های تکمیلی برای تعیین بهترین سطح کودی توصیه می‌شود.

کلمات کلیدی: اسیدهای چرب، رطوبت، عملکرد روغن، کودهای آلی

مقدمه

کاملینا یک دانه روغنی از خانواده شب‌بویان (Brassicaceae) با نام علمی *Camelina sativa* است که علاوه بر مصارف خوراکی و درمانی، در صنعت به‌عنوان سوخت زیستی نیز کاربرد دارد (Mondor and Hernandez-Alvarez, 2022). این گیاه احتیاجات آبی بسیار کمتر و مقاومت به سرمای بهاره بیشتری نسبت به سایر گیاهان دانه روغنی به‌خصوص کلزا دارد. ارزش ویژه کاملینا در محتوای روغن دانه با ۵۰ تا ۶۰ درصد از اسیدهای چرب غیراشباع است. از طرفی محتوای

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: saeid.hazrati@azaruniv.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.5.2]

آنتی‌اکسیدان طبیعی توکوفرول نیز در روغن دانه کاملینا قابل توجه است (Imbrea *et al.*, 2011; Yang *et al.*, 2016).

کودهای آلی از منابع مطلوب مواد غذایی برای حاصلخیزی خاک هستند. این کودها عناصر غذایی را به‌طور آهسته و پیوسته آزاد نموده و در اختیار گیاه قرار می‌دهند و فعالیت‌های میکروبی خاک را نیز افزایش می‌دهند. علاوه بر آن، کودهای آلی سیستم کشت را با باز چرخ بهتر مواد غذایی و بهبود شرایط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک بهبود می‌بخشند (Hamma *et al.*, 2012). ورمی‌کمپوست یکی از غنی‌ترین کودهای آلی بیولوژیک شناخته‌شده در دنیا است. کاربرد ورمی‌کمپوست در بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک تأثیر بسزایی دارد. این ماده آلی اصلاح‌کننده خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی خاک است و علاوه بر وزن مخصوص کم، فاقد هر گونه بو، میکروارگانیسم‌های پاتوژن، باکتری‌های غیرهوازی، قارچ‌ها و بذر علف‌های هرز است (Gopi, 2017; Basha and Elgendy, 2020). کاربرد ورمی‌کمپوست، میزان رشد و عملکرد را در بسیاری از گیاهان زراعی افزایش می‌دهد. دلیل محتمل برای افزایش عملکرد تحت‌تأثیر کاربرد این کودها، فراهم‌سازی مقدار کافی مواد غذایی و رطوبت توسط ورمی‌کمپوست برای گیاهان است. افزایش کاربرد این کود آلی منجر به افزایش میزان نفوذ آب به خاک و قدرت نگهداری آب خاک می‌شود؛ درنتیجه روی رشد، عملکرد و کیفیت محصولات زراعی به‌خصوص تحت شرایط دیم و کم‌آبی می‌تواند نقش بسیار مثبتی داشته باشد (Naderi and Ghadiri, 2013). یک پژوهش نشان داد که کاربرد ورمی‌کمپوست، عملکرد دانه و درصد روغن کلزا را به‌ترتیب ۹ و ۳ درصد افزایش داد (صمدزاده قلعه‌جوقی و همکاران، ۱۳۹۷).

ماده آلی بیوچار در یک محیط بدون اکسیژن تولید می‌شوند. این ماده آلی پایدار بوده و از نظر مواد غذایی غنی هستند و در خاک می‌توانند برای هزاران سال باقی بمانند (Amin *et al.*, 2016). بیوچار دارای سطح ویژه بالا، میکرو ساختار متخلخل و گروه‌های عملکردی زیادی در سطح دارند که می‌توانند شرایط مطلوب بیشتری را برای میکروب‌ها فرآهم آورند (Milla *et al.*, 2013). علاوه بر آن، مقدار و تنوع ساختاری میکروب‌های خاکی می‌تواند بعد از کاربرد بیوچار تغییر یابد (Li *et al.*, 2018). اضافه نمودن بیوچار به خاک می‌تواند نیروی تولید و کارآیی گیاهان زراعی مانند گندم، ذرت، خیار، لوبیا، گوجه‌فرنگی، توت‌فرنگی و فلفل را افزایش دهد (De Tender *et al.*, 2016). مطالعه تأثیر کاربرد بیوچار در کلزا تحت شرایط دیم نشان داد که تعداد دانه در خورجین (۲۲ درصد) و عملکرد دانه کلزا (۴۶/۵۹ درصد) افزایش می‌یابد (Tian *et al.*, 2020). بررسی دیگری نیز نشان داد که کاربرد بیوچار، زیست‌توده (۳۳ درصد) و عملکرد دانه کلزا (۱۶/۶ درصد) را افزایش می‌دهد (Liao *et al.*, 2020). نتایج یک پژوهش بر گیاه گلرنگ نشان داد که کاربرد بیوچار به میزان ۱۰ تن در هکتار، بر عملکرد دانه (۲۲/۴ درصد) و روغن گیاه گلرنگ (۲۱/۶ درصد) می‌افزاید (ساجدی و ساجدی، ۱۳۹۹).

کاربرد توأم کودهای آلی و بیوچار، می‌تواند موجب بهبود رشد گیاه در مقایسه با کاربرد جداگانه آنها گردد. نتایج یک تحقیق در مورد اثر کاربرد ورمی‌کمپوست و بیوچار بر خصوصیات مرفوفیزیولوژیکی گیاه کینوا در شرایط تنش خشکی نشان داد که استفاده از مقادیر ۱۰ تن در هکتار بیوچار+ ورمی‌کمپوست در دور آبیاری ۱۳۰ میلی‌متر از تشتک تبخیر موجب افزایش کلروفیل کل، شاخص سطح برگ و کاهش مقدار پرولین در مقایسه با شاهد با دور آبیاری یکسان شد. می‌توان این‌گونه استنباط نمود که کاربرد کود آلی بیوچار+ ورمی‌کمپوست از طریق افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و همچنین عناصر غذایی خاک باعث بهبود رشدونمو گیاه در شرایط تنش خشکی می‌شود (محکمی و همکاران، ۱۴۰۰).

با توجه به مطالعات انجام‌گرفته، کاربرد ورمی‌کمپوست و بیوچار با تأثیری که بر خصوصیات خاک می‌گذارد موجب افزایش نگهداری رطوبت و نگهداری مواد غذایی و فعالیت بیولوژیکی خاک می‌گردد، و درنهایت، موجب بهبود رشد و عملکرد محصول در سیستم‌های کشت مختلف می‌شود. بنابراین، هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی تأثیر کاربرد

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.5.2]

جدول ۱- نتیجه آزمون خاک محل آزمایش

هدایت الکتریکی Ec (dS/m)	واکنش خاک (pH)	درصد مواد خنثی‌شونده	کربن آلی	نیتروژن کل	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	بافت خاک
			درصد		میلی‌گرم بر کیلوگرم		
۱/۴۲	۸/۱۷	۱۰/۸	۱/۲۹	۰/۱۲	۵۱/۸۵	۱۰۸۵	سیلت لومی

ورمی‌کمپوست و بیوچار بر رشد و عملکرد گیاه کاملینا تحت شرایط دیم‌کاری بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش طی سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان (مزرعه پژوهشی) اجرا گردید. این منطقه با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۸۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۹۳ دقیقه شرقی، در ارتفاع ۱۳۱۸/۸ متری از سطح دریای آزاد قرار دارد. براساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن، منطقه دارای اقلیم نیمه‌خشک سرد است. میانگین دمای سالانه ۱۰ درجه سلسیوس، میانگین حداکثر دمای سالانه ۱۶ درجه سلسیوس و میانگین حداقل دمای سالیانه ۲/۲ درجه سلسیوس است. میانگین بارندگی سالانه این ناحیه ۲۷۱/۳ میلی‌متر است.

جهت تجزیه خاک محل اجرای طرح، یک نمونه خاک از شش نقطه مزرعه از اعماق ۳۰-۰ سانتی‌متر تهیه و به آزمایشگاه ارسال گردید. پس از تجزیه، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک به شرح زیر تعیین شد (جدول ۱).

تحقیق حاضر به‌صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتور اول، ورمی‌کمپوست در سه سطح (مقادیر صفر، ۵ و ۱۰ تن در هکتار) و فاکتور دوم، کود بیوچار در سه سطح (مقادیر صفر، ۵ و ۱۰ تن در هکتار) بود. بیوچار و ورمی‌کمپوست قبل از کاشت، توسط ادوات دستی با خاک مخلوط گردیدند.

برای تهیه زمین ابتدا با استفاده از گاو آهن برگردان‌دار عملیات شخم و سپس دیسک‌زنی عمود بر هم دوبار انجام گردید. ابعاد هر کرت، ۱/۵ در ۲ متر و هر کرت شامل پنج خط کشت بود. فاصله هر کرت با کرت مجاور ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین هر تکرار، یک متر بود. در تاریخ ۱۳۹۹/۹/۱۹ بذور کاملینا که از دانشگاه رازی کرمانشاه (شرکت دانش بنیان) تهیه گردید، در ردیف‌های کاشتی که به فاصله ۲۵ سانتی‌متری از هم قرار داشتند و در عمق ۰/۵ سانتی‌متری پشته کاشته شد. پس از کاشت و استقرار بوته‌ها و به‌دنبال خروج از مرحله روزت، اقدام به تنک (تا رسیدن به تراکم ۵۰۰ بوته در متر مربع) و وجین گردید. اولین وجین در تاریخ ۱۴۰۰/۰۱/۲۲ انجام شد. عملیات وجین تا پایان رشد رویشی ادامه یافت.

برای اندازه‌گیری صفات، پس از رسیدگی فیزیولوژیک عملیات برداشت در تاریخ ۱۴۰۰/۰۳/۲۵ آغاز و پس از حذف ردیف‌های کناری هر کرت، تعداد ۱۰ بوته تحت رقابت از ردیف میانی با برداشت و به تفکیک هر کرت جهت اندازه‌گیری‌های لازم به آزمایشگاه منتقل گردید. ارتفاع بوته‌ها و تعداد شاخه‌های جانبی در زمان برداشت در ۱۰ بوته از هر کرت شمارش شد. سپس میانگین اعداد مدنظر قرار گرفت.

جهت محاسبه وزن خشک اندام هوایی (همراه با اندام‌های زایشی)، ۱۰ نمونه گیاهی خردشده و در داخل پاکت‌های کاغذی قرار داده شد. سپس پاکت‌ها در داخل آون الکتریکی با دمای ۷۵ درجه سانتیگراد به‌مدت ۴۸ ساعت نگه داشته شد. پس از ۴۸ ساعت، نمونه‌ها از پاکت خارج شده و توزین شد. تعداد خورجین، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه در زمان برداشت در ۱۰ بوته از هر کرت تعیین شد. برداشت نهایی از مساحتی معادل یک متر مربع از بوته‌های موجود در ردیف دوم کاشت از هر کرت انجام گردید. سپس دانه‌ها جدا شده و وزن دانه‌ها در بوته‌های یک متر مربع اندازه‌گیری شد.

پس از برداشت، این صفت با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Angelini *et al.*, 2020):

+ عملکرد اقتصادی / عملکرد اقتصادی = شاخص برداشت

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.5.2]

۱۰۰ × وزن خشک اندام هوایی

استخراج روغن با استفاده از حلال دی‌اتیل اتر صورت گرفت (Zahedifard *et al.*, 2014). برای محاسبه عملکرد روغن، درصد روغن در عملکرد دانه ضرب شده و عدد حاصل به‌عنوان عملکرد روغن در تک بوته در محاسبات آماری استفاده شد.

برای اندازه‌گیری ترکیب اسیدهای چرب، از نمونه روغن بدست آمده، ۰/۰۵ گرم توزین شد و به آن ۵ میلی‌لیتر سود متانولی ۲ درصد و ۲ میلی‌گرم پنتادکانوئیک اسید (Pentadecanoic acid) به‌عنوان استاندارد داخلی اضافه گردید و به‌مدت ۱۰ دقیقه درون یک بشر حاوی آب در حال جوش حرارت داده شد. سپس ۲/۱۸ میلی‌لیتر بور تری فلورید متانولی به آن اضافه شد و عمل رفلاکس به‌مدت ۲ تا ۳ دقیقه دیگر ادامه یافت. در ادامه ۱/۵ میلی‌لیتر هگزان به نمونه اضافه و کمی تکان داده شد تا اسیدهای چرب، مشتق‌سازی شده (متیل استر شده) در آن حل شوند؛ سپس برای رسوب‌دادن مولکول‌های گلیسرول، ۱ میلی‌لیتر نمک اشباع سدیم کلرید (۳۰۰ گرم در لیتر) به محلول اضافه و مخلوط حاصل به‌شدت تکان داده شد. در پایان برای آب‌گیری از نمونه‌های اسید چرب، ۱ میلی‌لیتر از فاز رویی جدا و به‌همراه ۰/۵ گرم سدیم سولفات (به‌عنوان ماده جاذب رطوبت) به‌وسیله سانتریفیوژ با ۲۵۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۲ تا ۵ دقیقه قرار داده شده، سپس فاز رویی به دستگاه GC تزریق شد (Metcalf *et al.*, 1996).

به‌منظور آنالیز متیل استراسیدهای چرب، از دستگاه گاز کروماتوگرافی ساخت شرکت Varian مدل ۶۸۹۰ مجهز به ستون مویینی سیلیکایی BPX70 (SGE, Austin, USA) با طول ۳۰ متر و قطر ۰/۲۲ میلی‌متر با ضخامت فیلم ۰/۲۵ میکرومتر استفاده شد. دمای اولیه ۱۵۸ درجه سانتی‌گراد بود و با افزایش ۲ درجه سانتی‌گراد در دقیقه به ۲۱۰ درجه سانتی‌گراد رسید و در این دما ۲۰ دقیقه نگهداری شد. دمای دریچه تزریق ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد و دمای آشکارساز ۲۴۰ سانتی‌گراد و سرعت جریان گاز حامل (هلیم) ۱/۲ میلی‌لیتر بر دقیقه بود. همچنین تزریق به GC به روش Split انجام گرفت (Azadmard-Damirchi and Dutta, 2008).

قبل از تجزیه آماری، تست نرمال‌بودن داده‌ها انجام و سپس تجزیه و تحلیل آماری داده‌های بدست آمده از اندازه‌گیری صفات موردنظر با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: اثر اصلی تیمار کاربرد کمپوست بر صفت ارتفاع بوته در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود، ولی تیمار بیوچار و برهم‌کنش، تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته‌های کاملینا نداشت (جدول ۲). بیشترین ارتفاع بوته‌ها (۴۴/۵ سانتی‌متر) در تیمار کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست بدست آمد، ولی تیمار کاربرد ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته‌های کاملینا نداشت (شکل ۱).

تعداد خورجین در بوته: اثر اصلی تیمار کاربرد بیوچار بر صفت تعداد خورجین در بوته در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود، ولی تیمار ورمی‌کمپوست و برهم‌کنش، تأثیری بر تعداد خورجین در بوته کاملینا نداشت (جدول ۲). تیمار کاربرد ۱۰ تن در هکتار بیوچار اثر افزایشی معنی‌داری بر تعداد خورجین (۸۸/۲ عدد) در بوته کاملینا داشت (شکل ۲).

تعداد دانه در خورجین: اثرات اصلی و برهم‌کنش ورمی‌کمپوست و بیوچار بر صفت تعداد دانه در خورجین در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). بیشترین تعداد دانه در خورجین با ۸/۴ عدد در تیمار کاربرد ۵ تن ورمی‌کمپوست در هکتار+۵ تن بیوچار در هکتار بدست آمد. پس از این تیمار، بیشترین تعداد دانه در خورجین با ۸/۲ عدد متعلق به تیمار کاربرد ۱۰ تن ورمی‌کمپوست در هکتار+۱۰ تن بیوچار در هکتار بود. کمترین تعداد دانه در خورجین نیز با ۷/۹ عدد در تیمار شاهد حاصل شد (شکل ۳). نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که کاربرد ترکیبی بیوچار و ورمی‌کمپوست بیشترین تأثیر را بر تعداد دانه در خورجین

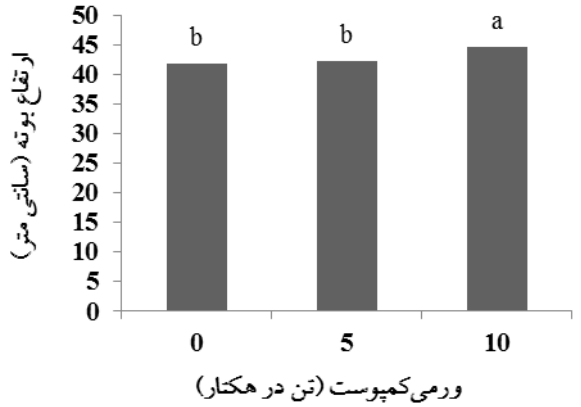
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.5.2]

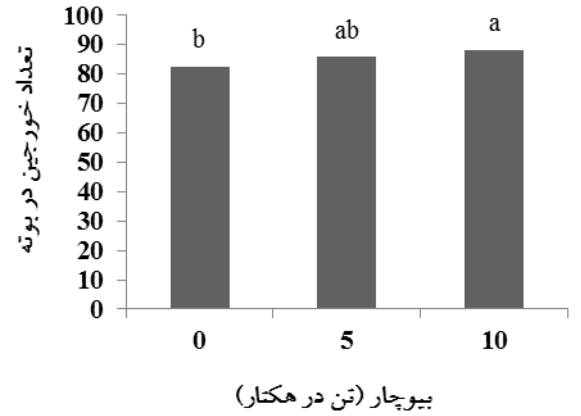
جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در گیاه روغنی کاملینا

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد خورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین	وزن هزاردانه	زیست‌توده	عملکرد دانه	شاخص برداشت	درصد روغن	عملکرد روغن
تکرار	۲	۵/۴۷۱	۶/۲۷	۰/۰۰۰۱۳	۰/۰۱	۴۰۸۲/۳۷	۱۸۰۹/۱۵	۰/۲	۱/۸۳	۶۲۵/۹
ورمی‌کمپوست (A)	۲	۱۹۵/۵۰۳*	۶۱/۶۱ ^{ns}	۰/۰۳۴**	۰/۰۱ ^{ns}	۳۷۳۷۸/۳۷**	۱۴۳۶۰**	۰/۵۳ ^{ns}	۱۳/۸۱**	۱۹۳۲۵**
بیوچار (B)	۲	۳/۱۳۴ ^{ns}	۷۱/۵*	۰/۱۴**	۰/۰۱ ^{ns}	۱۰۲۸۹۸/۳۷**	۴۵۶۹۰**	۱/۷۶**	۷/۷۳**	۲۳۳۳۶**
(A)×(B)	۴	۱/۱۳۸ ^{ns}	۳/۶۳ ^{ns}	۰/۰۳۸**	۰/۰۱ ^{ns}	۱۶۱۳۰/۳۷ *	۸۵۶۲**	۰/۹۳**	۵/۱۳**	۳۰۷۵*
خطا آزمایشی	۱۶	۴/۷۰۷	۱۹/۸۷	۰/۰۰۱	۰/۰۱۴	۴۴۵۴/۳۷	۵۸۴	۰/۱۸	۰/۹۲	۹۸۸۷
ضریب تغییرات		۵/۰۷	۵/۲۱	۰/۳۹	۱۰/۳	۰/۸۳	۰/۹	۱/۲۸	۲/۶	۳/۱۷

ns، * و **: به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم‌معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد



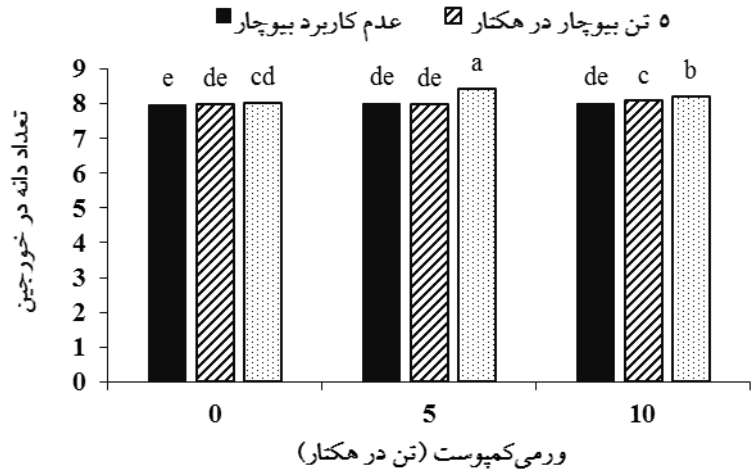
شکل ۱- مقایسه میانگین‌های ارتفاع بوته کاملینا تحت تأثیر تیمار کود ورمی‌کمپوست (حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال۵ درصد)



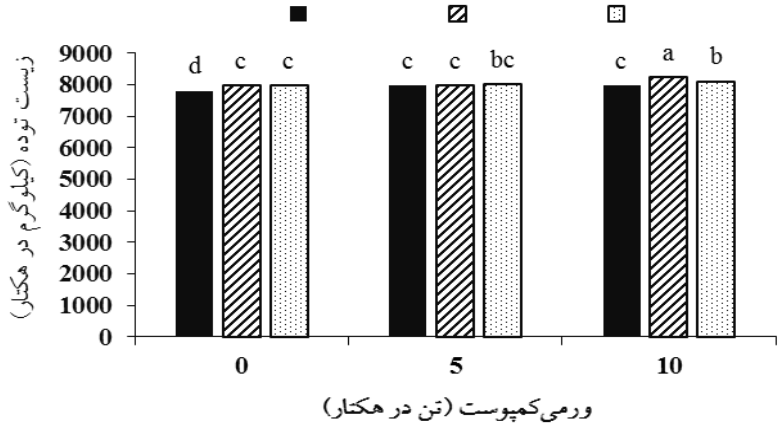
شکل ۲- مقایسه میانگین‌های تعداد خورجین در بوته کاملینا تحت تأثیر تیمار بیوچار (حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد)

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.5.2]



شکل ۳- مقایسه میانگین‌های تعداد دانه در خورجین کاملینا تحت تأثیر کاربرد همزمان کود ورمی‌کمپوست و بیوچار (حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد)



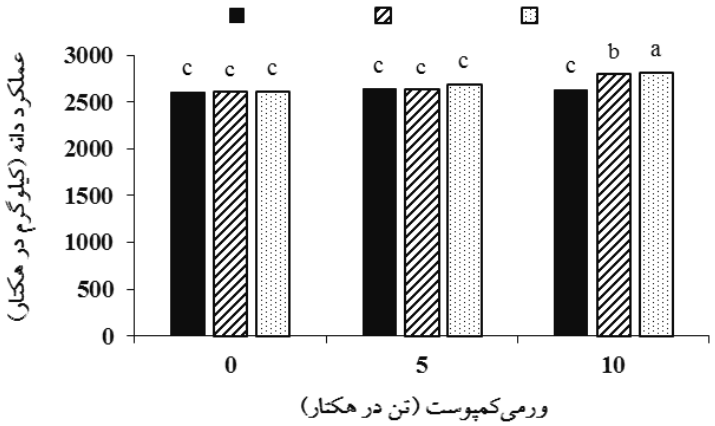
شکل ۴- مقایسه میانگین‌های زیست‌توده کاملینا تحت تأثیر تیمار کود ورمی‌کمپوست و بیوچار (حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد)

دارد. کاربرد هر یک از این کودها به تنهایی نیز اثر افزایشی معنی‌داری را بر تعداد دانه در خورجین داشت.

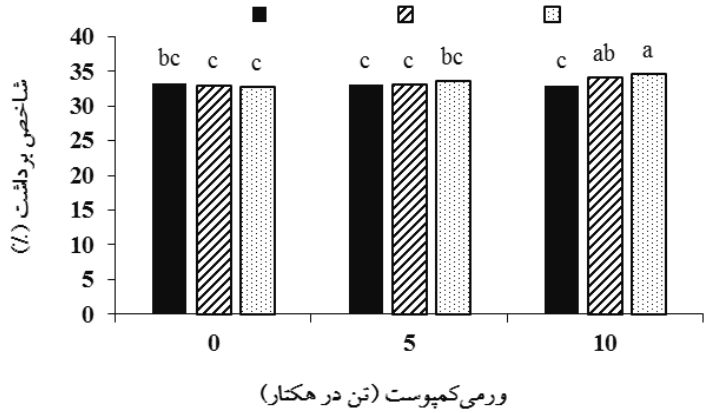
زیست‌توده: اثرات اصلی ورمی‌کمپوست و بیوچار در سطح احتمال یک درصد و برهم‌کنش آنها بر صفت زیست‌توده در سطح احتمال ۵ درصد اثر معنی‌داری داشتند (جدول ۲). بیشترین زیست‌توده (۸۲۳۴ کیلوگرم در هکتار) در تیمار کاربرد ۱۰ تن ورمی‌کمپوست در هکتار+۵ تن بیوچار در هکتار بدست آمد. پس از این تیمار، کاربرد ۱۰ تن ورمی‌کمپوست در هکتار+۱۰ تن بیوچار در هکتار بیشترین زیست‌توده را به خود اختصاص داد. کاربرد انفرادی ورمی‌کمپوست و بیوچار نیز افزایش معنی‌داری را در مقدار زیست‌توده کاملینا باعث شد، ولی بین کاربرد مقادیر ۵ و ۱۰ تن در هکتار اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۴).

عملکرد دانه: اثرات اصلی و برهم‌کنش تیمارهای کاربرد کمپوست و بیوچار بر صفت عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه (۲۸۰۵

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-21]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.5.2]



شکل ۵- مقایسه میانگین‌های عملکرد دانه کاملینا تحت تأثیر تیمار کود ورمی‌کمپوست و بیوچار (حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد)



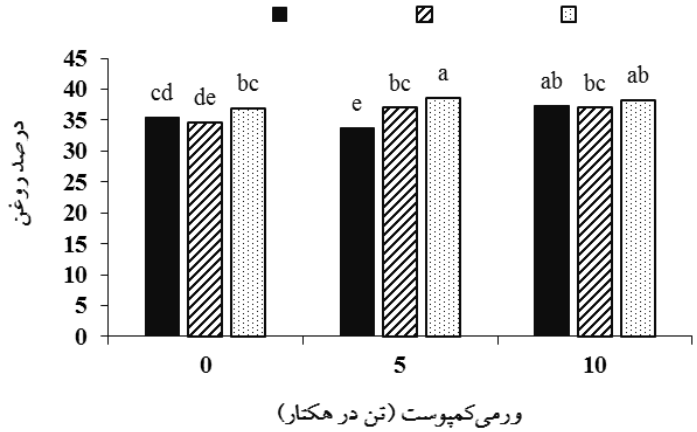
شکل ۶- مقایسه میانگین‌های شاخص برداشت کاملینا تحت تأثیر تیمار بیوچار و ورمی‌کمپوست (حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد)

و ۲۸۰۱ کیلوگرم در هکتار) به‌ترتیب متعلق به تیمارهای کاربرد ۱۰ تن ورمی‌کمپوست در هکتار+۱۰ تن بیوچار در هکتار و کاربرد ۱۰ تن ورمی‌کمپوست در هکتار+۵ تن بیوچار در هکتار بود (شکل ۵). بین دو تیمار ۵ و ۱۰ تن در هکتار بیوچار و ورمی‌کمپوست از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

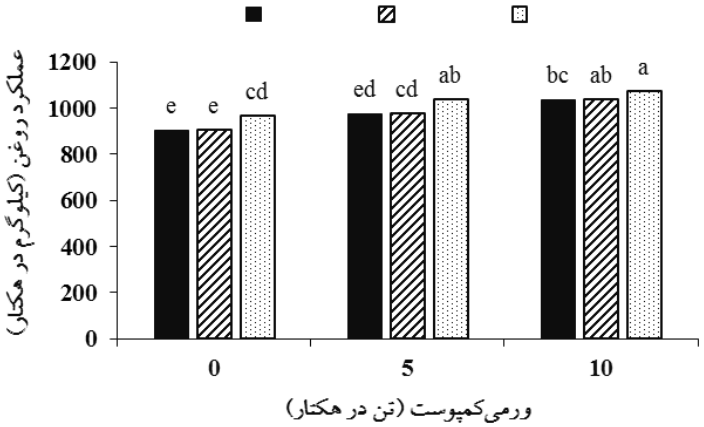
شاخص برداشت: اثر اصلی بیوچار و برهم‌کنش کاربرد کمپوست و بیوچار بر صفت شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). در بین تیمارهای مورد مطالعه، تنها تیمار کاربرد ۱۰ تن ورمی‌کمپوست در هکتار+۱۰ تن بیوچار در هکتار افزایش معنی‌داری را در شاخص برداشت کاملینا موجب شد، ولی سایر تیمارها تأثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت کاملینا نداشتند (شکل ۶).

درصد روغن: اثرات اصلی و برهم‌کنش کاربرد ورمی‌کمپوست و بیوچار بر درصد روغن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). بیشترین درصد روغن (۳۸/۶۶ درصد) با کاربرد ۵ تن ورمی‌کمپوست در هکتار+۱۰ تن بیوچار در هکتار بدست آمد. پس از این تیمار، تیمارهای کاربرد ۱۰ تن ورمی‌کمپوست در هکتار+۱۰ تن بیوچار در هکتار درصد روغن کاملینا داشت، این در حالی است که کمترین آن نیز با ۳۳/۷ درصد، با کاربرد ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست بدست آمد (شکل ۷). در این مطالعه کاربرد

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-21]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.5.2]



شکل ۷- مقایسه میانگین درصد روغن کاملینا تحت تأثیر تیمار کود ورمی‌کمپوست و بیوچار (حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد)



شکل ۸- مقایسه میانگین عملکرد روغن کاملینا تحت تأثیر تیمار کود ورمی‌کمپوست و بیوچار (حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد)

ترکیبی ورمی‌کمپوست و بیوچار بیشترین اثر افزایشی را بر درصد روغن داشت.

عملکرد روغن: اثرات اصلی ورمی‌کمپوست و بیوچار در سطح احتمال یک درصد و برهم‌کنش آنها بر صفت عملکرد روغن در سطح احتمال ۵ درصد اثر معنی‌داری داشتند (جدول ۲). بیشترین عملکرد روغن (۱۰۷۳ کیلوگرم در هکتار) با کاربرد ۱۰ تن ورمی‌کمپوست در هکتار+۱۰ تن بیوچار در هکتار بدست آمد. پس از این تیمار، تیمارهای کاربرد ۱۰ تن ورمی‌کمپوست در هکتار+۵ تن بیوچار در هکتار و کاربرد ۵ تن ورمی‌کمپوست در هکتار+۱۰ تن بیوچار در هکتار بیشترین عملکرد روغن را به خود اختصاص دادند. کمترین عملکرد روغن (۹۰۳ کیلوگرم در هکتار) از تیمار شاهد و کاربرد ۵ تن بیوچار در هکتار بدست آمد (شکل ۸).

ترکیب اسیدهای چرب روغن: آنالیز اسیدهای چرب روغن کاملینا ۱۴ اسید چرب را شناسایی نمود. اسیدهای چرب اشباع در روغن دانه کاملینا شامل اسید میریستیک، اسید پالمیتیک، اسید استئاریک و اسید بهینیک بود. در این بررسی، کاربرد بیوچار و ورمی‌کمپوست میزان اسید چرب میریستیک را کاهش داد. بیشترین میزان کاهش در کاربرد ۱۰ تن ورمی‌کمپوست و ۱۰ تن بیوچار حاصل شد، به‌طوریکه این تیمار به میزان ۶۶ درصد از میزان اسید میریستیک کاست. میزان اسیدهای پالمیتیک و پالمیتولئیک نیز تحت تأثیر کاربرد بیوچار

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-21]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.5.2]

جدول ۳- اسیدهای چرب روغن کاملینا تحت تأثیر تیمارهای مورد بررسی

اسیدهای چرب	شاهد	۵ تن بیوچار	۱۰ تن بیوچار	۵ تن ورمی کمپوست	۵ تن بیوچار+۵ تن بیوچار	۱۰ تن ورمی کمپوست	۱۰ تن بیوچار ۵ تن ورمی کمپوست	۵ تن بیوچار ۱۰ تن ورمی کمپوست	۱۰ تن ورمی‌کمپوست ۱۰ تن بیوچار
اسید میریستیک	۲/۱۰	۲/۱۰	۱/۶۰	۱/۱۰	۱/۵۰	۱/۱۰	۱/۰۲	۰/۸۷	۰/۷۰
اسید پالمیتیک	۶/۵۰	۶/۳۰	۵/۷۰	۱۴/۹۰	۵۰/۴۰	۵/۰۰	۴/۳۰	۴/۳۰	۴/۱۰
اسید پالمیتولئیک	۰/۳۸	۰/۳۵	۰/۱۶	۰/۱۹	۰/۲۰	۰/۱۸	۰/۱۹	۰/۲۲	۰/۱۹
اسید استئاریک	۳/۱۰	۳/۲۰	۳/۰۰	۲/۹۰	۳/۱۰	۳/۰۰	۲/۸۶	۲/۸۲	۲/۷۰
اسید اولئیک	۱۴/۵۰	۱۴/۷۰	۱۶/۱۰	۱۶/۴۰	۱۵/۸۰	۱۶/۸۰	۱۷/۱۰	۱۷/۹۰	۱۸/۵۰
اسید لینولئیک	۱۷/۱۰	۱۶/۵۰	۱۸/۰۰	۱۸/۵۰	۱۸/۷۰	۱۸/۹۰	۱۹/۳۰	۱۷/۸۰	۱۸/۷۰
اسید لینولنیک	۳۰/۴۰	۳۰/۷۰	۳۲/۵۰	۳۴/۰۰	۳۳/۲۰	۳۴/۷۰	۳۴/۱۰	۳۲/۸۰	۳۴/۵۰
اسید ایکوزانوئیک	۲/۱۰	۲/۰۰	۱/۹۰	۱/۸۷	۱/۸۰	۱/۸۴	۱/۷۸	۱/۶۹	۱/۸۰
اسید ایکوزادینوئیک	۱۵/۰۰	۱۴/۸۰	۱۳/۵۰	۱۳/۴۰	۱۳/۰۰	۱۲/۱۰	۱۲/۰۰	۱۳/۱۲	۱۲/۰۱
اسید ایکوزاتریانوئیک	۲/۱۰	۲/۲۰	۱/۸۰	۱/۷۵	۱/۷۶	۱/۲۰	۱/۵۰	۱/۶۱	۱/۵۰
اسید آراشیدونیک	۱/۱۰	۱	۱/۰۱	۰/۹۸	۰/۹۰	۰/۹۲	۰/۷۶	۰/۹۰	۱
اسید بهینیک	۰/۳۸	۰/۳۹	۰/۳۵	۰/۳۱	۰/۳۲	۰/۷۹	۳/۲۴	۰/۳۰	۰/۳۰
اسید اروسیک	۴/۱۰	۴/۳۰	۴/۰۰	۳/۲۰	۳/۱۰	۳/۱۰	۴/۱۰	۳/۷۸	۳/۴۰
اسید دوکوزاهگزانوئیک	۰/۴۰	۰/۵۰	۰/۳۰	۰/۴۶	۰/۴۲	۰/۳۴	۰/۴۴	۰/۳۲	۰/۴۱
کل	۹۹/۲۵	۹۹/۰۴	۹۹/۹۲	۹۹/۹۶	۹۹/۲۰	۹۹/۹۷	۹۹/۷۳	۹۸/۴۲	۹۹/۸۱
اسیدهای چرب اشباع	۱۲/۱۰	۱۱/۷۱	۹/۱۵	۸/۸۷	۹/۳۶	۹/۴۹	۸/۸۸	۷/۰۲	۸/۰۴
اسیدهای چرب غیراشباع	۸۶/۲۱	۸۷/۰۶	۹۰/۸۵	۹۱/۱۳	۹۰/۶۴	۹۰/۵۱	۹۱/۱۲۳	۹۲/۹۷	۹۱/۹۶

و ورمی‌کمپوست کاهش یافت. در مورد میزان اسید پالمیتیک، بیشترین میزان کاهش با کاربرد ۱۰ تن ورمی‌کمپوست و۱۰ تن بیوچار حاصل شد و این صفت را به میزان ۳۶/۹ درصد در مقایسه با شاهد کاهش داد، درحالیکه بیشترین میزان کاهش در اسید پالمیتولئیک با ۵۷ درصد مربوط به تیمار کاربرد ۱۰ تن بیوچار بود. در این بررسی میزان اسید استئاریک به میزان کمتری تحت تأثیر کاربرد بیوچار و کمپوست قرار گرفت. بیشترین کاهش در این صفت با ۱۲/۹ درصد متعلق به ۱۰ تن ورمی‌کمپوست و ۱۰ تن بیوچار بود (جدول ۳).

اسیدهای چرب غیراشباع در روغن کاملینا شامل ۱۰ نوع اسید چرب از جمله اسید پالمیتولئیک، اسید اولئیک، اسید لینولئیک، اسید لینولنیک، اسید ایکوزانوئیک، اسید ایکوزادینوئیک، اسید ایکوزاتریانوئیک، اسید آراشیدونیک، اسید اروسیک و دوکوزاپنتانوئیک بودند. میزان اسید اولئیک، اسید لینولئیک و اسید لینولنیک با کاربرد ورمی‌کمپوست و بیوچار افزایش یافت. بیشترین میزان افزایش اسید اولئیک و اسید لینولئیک در کاربرد همزمان ۱۰ تن ورمی‌کمپوست و ۱۰ تن بیوچار مشاهده شد. این تیمار اسید اولئیک و اسید لینولئیک روغن کاملینا را به‌ترتیب به میزان ۲۷/۵ و ۹/۳ درصد افزایش داد، درحالیکه بیشترین میزان اسید لینولئیک با کاربرد ۱۰ تن ورمی‌کمپوست بدست آمد. در این تیمار میزان اسید لینولئیک در مقایسه با شاهد به میزان ۱۴/۱ درصد بیشتر بود (جدول ۳).

براساس نتایج بدست آمده از این مطالعه، میزان اسید ایکوزانوئیک، اسید ایکوزادینوئیک، اسید ایکوزاتریونیک، اسید آراشیدونیک، اسید بهینیک و اسید اروسیک تحت تأثیر کاربرد کودهای بیوچار و ورمی‌کمپوست کاهش یافت. بیشترین کاهش در میزان اسید ایکوزانوئیک در تیمار ۵ تن بیوچار و ۱۰ تن ورمی‌کمپوست بدست آمد، درحالیکه بیشترین میزان کاهش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-21]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.5.2]

در اسید ایکوزادینوئیک، اسید ایکوزاتریانوئیک، اسید آراشیدونیک و اسید بهینیک در تیمار ۱۰ تن بیوچار و ۵ تن ورمی‌کمپوست مشاهده شد. بیشترین میزان کاهش در اسید اروسیک نیز متعلق به تیمار ۱۰ تن ورمی‌کمپوست و ۱۰ تن بیوچار بود. در کل نتایج بدست آمده از این بررسی نشان داد که کاربرد بیوچار و ورمی‌کمپوست میزان اسیدهای چرب غیراشباع را کاهش داد ولی میزان اسیدهای چرب غیراشباع پلیمریک را افزایش داد. با این حال، میزان اسیدهای چرب غیراشباع مونو چندان تحت تأثیر تیمارهای مورد بررسی تغییری نیافت (جدول ۳).

در تحقیق حاضر میزان عملکرد دانه و روغن به‌طور قابل توجهی با کاربرد ورمی‌کمپوست و بیوچار افزایش پیدا کرد، لذا می‌توان نتیجه‌گیری کرد که احتمالاً با توجه به خصوصیات این دو ماده آلی (Sohi *et al*., 2010; Basha and Elgendy, 2020)، با تأثیر بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، همچنین فراهمی رطوبت و مواد غذایی و تأثیر بر فعالیت بیولوژیکی خاک منجر به افزایش رشد تمام بخش‌های گیاه از جمله ارتفاع، تعداد خورجین، تعداد دانه در خورجین، افزایش تولید مواد ذخیره‌ای گردیده که درنهایت منجر به افزایش عملکرد زیست‌توده و دانه در گیاه کاملینا شده است. براساس نتایج، در سطوح پایین بیوچار، کاربرد ورمی‌کمپوست تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه (در مقایسه با شاهد) نداشت اما در سطح ۵ و ۱۰ تن بیوچار، کاربرد ۱۰ تن ورمی‌کمپوست میزان عملکرد دانه را ۷ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. در تحقیقات متعددی تأثیر مثبت کودهای آلی بر رشد و عملکرد گیاهان به اثبات رسیده است. نتایج بررسی حاضر، اهمیت ماده آلی (بیوچار و ورمی‌کمپوست) را در بهبود رشد و عملکرد گیاه کاملینا تحت شرایط دیم مورد تأکید قرار می‌دهد. پژوهشگران اظهار داشتند که افزایش ماده آلی خاک، شرایط رشدی ریشه‌ها را در گیاه بهبود بخشیده و جذب آب و مواد غذایی را توسط ریشه‌ها افزایش می‌دهد و بنابراین، منجر به افزایش رشد شده و درنهایت عملکرد را افزایش می‌دهد (Naderi and Ghadiri, 2013). در پژوهشی مشابهی کاربرد بیوچار باعث افزایش وزن خشک اندام‌هوایی ریحان گردید (Abdipour *et al.*, 2019).

تعدادی از تحقیقات نشان داده‌اند که کاربرد کود دامی و ورمی‌کمپوست تحت بعضی از شرایط، رشد و عملکرد گیاه زراعی را بیشتر از کودهای شیمیایی افزایش می‌دهند (Naderi and Ghadiri, 2013). در مطالعه‌ای منعم و همکاران (۱۳۹۷) نشان دادند که کاربرد ورمی‌کمپوست تعداد دانه را در خورجین کلزا افزایش می‌دهد. تعداد واحدهای زایا در گیاهان تحت تأثیر حضور اسمیلات‌ها و به‌تبع آن تغییرات هورمونی گیاه که بر قدرت منبع و مخزن تأثیر می‌گذارد، قرار می‌گیرد (Irving *et al.*, 2015).

شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک بدست می‌آید. این مؤلفه‌ها، هر کدام تعیین کننده دیگری هستند. شاخص برداشت رابطه مستقیمی با عملکرد دانه و رابطه معکوس با عملکرد بیولوژیک دارد. کاهش عملکرد بیولوژیک مربوط به کاهش عملکرد دانه و عملکرد کاه و کلش است. همانطور که نتایج نشان داد در تیماری که بیشترین میزان عملکرد دانه حاصل شد، در همان تیمار بیشترین میزان شاخص برداشت نیز بدست آمد (شکل‌های ۵ و ۶). نتایج نشان داد که کابرد همزمان کود ورمی‌کمپوست و بیوچار تحت شرایط دیم با از طریق افزایش ارتفاع گیاه، تعداد خورجین، تعداد بذر در خورجین و تسریع در رشدونمو منجر به افزایش عملکرد دانه، کاه و کلش کاملینا و درنهایت افزایش شاخص برداشت گردید. تیمارهایی که موجب افزایش میزان رشد رویشی مانند ارتفاع بوته شدند، ضمن بهبود اجزای عملکرد دانه، سهم دانه از زیست‌توده (شاخص برداشت) را ارتقاء بخشیدند و عملکرد دانه و شاخص برداشت را افزایش دادند. بررسی‌های انجام‌شده توسط سایر محققان نیز نشان می‌دهد که کاربرد بیوچار و ورمی‌کمپوست شاخص برداشت را در گیاهان به‌واسطه افزایش میزان رشد و عملکرد دانه افزایش می‌دهد. زاهدی‌فرد و همکاران (Zahedifard *et al.*, 2014) تأثیر کاربرد ورمی‌کمپوست را بر کلزا مورد مطالعه قرار داده و مشاهده

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.5.2]

نمودند که کاربرد ورمی‌کمپوست شاخص برداشت دانه کلزا را افزایش می‌دهد. در بررسی دیگری (Imran and Khan, 2015) نیز افزایش شاخص برداشت کلزا با کاربرد بیوچار بدست آمد.

در مطالعه حاضر، کاربرد هم‌زمان ورمی‌کمپوست و بیوچار منجر به افزایش درصد روغن شد ولی کاربرد انفرادی بیوچار تأثیر معنی‌داری بر درصد روغن کاملینا نداشت. در بررسی مشابهی زاهدی فرد و همکاران (Zahedifard *et al.*, 2014) تأثیر کاربرد ورمی‌کمپوست را بر خصوصیات رشدی و عملکرد گیاه کلزا مورد بررسی قرار داده و گزارش نمودند که کاربرد ورمی‌کمپوست میزان روغن کلزا را به میزان ۴۱ درصد افزایش می‌دهد. منعم و همکاران (۱۳۹۷) نیز تأثیر مثبت ورمی‌کمپوست را بر تولید روغن کلزا مشاهده نمودند. ذخیره روغن در دانه‌ها از طریق فعالیت آنزیم‌های ویژه‌ای انجام می‌گیرد و بررسی‌ها نشان داده که فعالیت این آنزیم‌ها به‌شدت تحت تأثیر حضور مواد آلی در خاک قرار می‌گیرد (Larbi Ayisi and Zhao, 2017). مطالعات متعدد نشان داده که بیوچار غنی از مواد معدنی است (Cayuela *et al.*, 2014) ولی در هر حال در مطلوب نبودن شرایط خاک، این مواد غیرقابل جذب هستند. اما کاربرد بیوچار و ورمی‌کمپوست می‌تواند با بهبود شرایط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک بر میزان جذب مواد معدنی توسط ریشه‌های گیاهان بیفزاید (Adhikary, 2012)، که این موضوع درنهایت باعث دسترسی بیشتر دانه‌ها به مواد معدنی و درنتیجه افزایش فعالیت آنزیم‌های تولیدکننده روغن می‌شود.

عملکرد روغن در واحد سطح تحت تأثیر دو عامل عملکرد دانه و درصد روغن است؛ همانطور که نتایج نشان داد، این دو عامل به شدت تحت تأثیر کاربرد بیوچار و ورمی‌کمپوست قرار گرفت. به‌طوریکه بیشترین میزان این دو صفت در تیمارهایی حاصل گردید که بالاترین میزان ورمی‌کمپوست و بیوچار بکار گرفته شد (شکل‌های ۵ و ۷)؛ همچنین در همین تیمار بیشترین میزان عملکرد روغن حاصل شد که می‌توان چنین تفسیر نمود که کاربرد کودهای آلی ورمی‌کمپوست و بیوچار میزان عملکرد دانه و درصد روغن را افزایش داد که درنهایت موجب افزایش معنی‌دار عملکرد روغن در گیاه کاملینا گردید. کابرد کود ورمی‌کمپوست و بیوچار با فراهمی مواد غذایی به‌خصوص نیتروژن و همچنین رطوبت در طول دوره رشد گیاه موجب افزایش طول دوره پرشدن دانه و درنهایت موجب افزایش قابل توجه عملکرد روغن می‌شود. چرا که تولید روغن در گیاهان به شدت وابسته به حضور مواد غذایی و رطوبت خاک در طول دوره پرشدن دانه است (Almasi, 2021). با کاربرد کودهای آلی مانند ورمی‌کمپوست، رشد ریشه‌ها و شرایط خاک برای جذب مواد غذایی بهبود می‌یابد و درنتیجه میزان تولید روغن می‌تواند افزایش یابد (Trisilawati *et al.*, 2020). زاهدی‌فرد و همکاران (Zahedifard *et al.*, 2014) نیز تأثیر کاربرد ورمی‌کمپوست را بر عملکرد روغن کلزا مورد مطالعه قرار دادند. این پژوهشگران نشان دادند که کاربرد ورمی‌کمپوست به میزان ۱۹ درصد بر عملکرد روغن گیاه کلزا می‌افزاید. ساجدی و ساجدی (۱۳۹۹) نیز نشان دادند که کاربرد بیوچار به میزان ۱۰ تن در هکتار بر عملکرد روغن گیاه گلرنگ می‌افزاید.

فاکتورهای متعددی مثل نوع واریته، خاک، اقلیم، تغذیه و فاکتورهای گیاهی ترکیب اسیدهای چرب در روغن‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Ceh *et al.*, 2020). گزارش گردیده که کمپوست و بیوچار با تأثیر بر افزایش رشد، زمینه افزایش اسیمیلات فتوسنتزی برای بهبود کمیت و کیفیت روغن را فراهم می‌کند (Schmidt *et al.*, 2021). بنابراین، درنهایت می‌توانند باعث افزایش میزان اسیدهای چرب شوند. با توجه به اینکه قسمت عمده روغن دانه کاملینا از اسیدهای چرب غیراشباع تشکیل می‌شود، در این پژوهش به‌نفع اسیدهای چرب غیراشباع تمام شده است. در همین راستا نتایج تحقیقی بر گیاه کاملینا نشان داد که کاربرد کود دامی بیشترین تأثیر مثبت را بر اسید پالمتیک، اولئیک و آراشیدیک داشت؛ همچنین موجب کاهش میزان اسید اروسیک گردید که با توجه به مضر بودن آن برای سلامتی انسان، می‌تواند مهم باشد (خلعت‌بری و همکاران، ۱۳۹۷). براساس نتایج سایر پژوهش‌ها، کابرد کودهای آلی به‌خصوص ورمی‌کمپوست روی سایر گیاهان

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.5.2]

روغنی آفتابگردان (اکبری و همکاران، ۱۳۸۹) و کنجد (رضوانی مقدم و همکاران، ۱۳۹۳) و با توجه به نتایج این آزمایش می‌توان اظهار داشت که فراهمی هر چه بیشتر عناصر غذایی در خاک، ضمن افزایش عملکرد روغن، احتمالاً با کاهش درصد اسیدهای چرب اشباع و نیز افزایش درصد اسیدهای چرب غیراشباع منجر به بهبود ارزش کیفی روغن می‌شود.

نتیجه‌گیری نهایی

در این مطالعه، تأثیر مثبت و معنی‌دار کاربرد همزمان مواد آلی (کمپوست و بیوچار) بر رشد، عملکرد و کیفیت روغن گیاه کاملینا مشاهده گردید. نتایج تحقیق حاضر حاکی از آن است کاربرد ورمی‌کمپوست بر ارتفاع بوته، تعداد دانه در هر خورجین، وزن خشک بوته، عملکرد دانه، درصد روغن و عملکرد روغن اثر معنی‌داری و مثبت داشت. کاربرد بیوچار نیز بر صفت‌های تعداد شاخه جانبی، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در هر خورجین، وزن خشک بوته، عملکرد دانه و عملکرد روغن اثر معنی‌داری و مثبت داشت. بر-هم‌کنش تیمارهای بیوچار در ورمی‌کمپوست در صفات تعداد دانه در خورجین، زیست‌توده، عملکرد دانه، شاخص برداشت، درصد روغن و عملکرد روغن معنی‌دار شد. کاربرد بیوچار و ورمی‌کمپوست میزان اسیدهای چرب اشباع را کاهش داد، درحالیکه بر میزان اسیدهای چرب غیراشباع پلیمریک افزوده شد؛ ولی میزان اسیدهای چرب غیراشباع مونو چندان تحت تأثیر تیمارهای مورد بررسی تغییری نیافت. میزان اسیدهای چرب میریستیک، پالمیتیک، استئاریک، ایکوزانوئیک، ایکوزادینوئیک، آراشیدونیک، بهینیک، اروسیک و دوکوزاهگزانوئیک کاهش و میزان اسیدهای چرب اولئیک، لینولئیک و لینولنیک افزایش یافت. بیشترین میزان افزایش مربوط به اسید اولئیک بود. لذا با توجه به اهمیت مواد آلی ورمی‌کمپوست و بیوچار در خاک و استفاده از آنها به‌عنوان راه‌حلی مفید و اقتصادی درجهت بهبود کیفیت خاک و کاهش مسکلات زیست‌محیطی و درنتیجه تولید بیشتر محصول و افزایش کیفیت (کاهش میزان اسیدهای چرب اشباع و افزایش میزان اسیدهای چرب غیراشباع پلیمریک) روغن گیاه کاملینا تحت شرایط دیم توصیه می‌گردد.

منابع

خلعت‌بری مکرم، ف.، چقازردی، ح. ر.، کهریزی، د. و رستمی احمدوندی، ح. (۱۳۹۷) تأثیر کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد کمی وکیفی روغن در گیاه دارویی- روغنی کاملینا. پژوهش‌های زراعی در حاشیه کویر ۱۵: ۲۰۱-۱۹۳.

ساجدی، ع. و ساجدی، ن. ع. (۱۳۹۹) تأثیر کاربرد بیوچار، پرایمینگ و محلول‌پاشی با آب و سالیسیلیک اسید بر عملکرد و صفات فیزیولوژیکی گلرنگ در شرایط دیم. تنش‌های محیطی در علوم زراعی ۵: ۱۶۹-۱۵۵.

صمدزاده قلعه جوقی، ا.، مجیدی هروان، ا.، شیرانی‌راد، ا. و نورمحمدی، ق. (۱۳۹۷) اثر کاربرد کود ورمی‌کمپوست بر صفات فیزیولوژیک ژنوتیپ های کلزا در دو تاریخ کاشت. نشریه علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی ۱۲: ۲۸۷-۲۶۹.

محکمی، ع.، یزدان‌پناه، ن. و سعیدنژاد، ا. ح. (۱۴۰۰) اثر کاربرد ورمی‌کمپوست و بیوچار بر خصوصیات مرفوفیزیولوژیک کینوا در شرایط تنش خشکی. تحقیقات آب و خاک ایران.

منعم، ر.، پازکی، ع. و عبدزاد گوهری، و. (۱۳۹۷) اثر کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد و سطوح ورمی‌کمپوست بر عملکرد کمی و کیفی کلزای پاییزه. نشریه علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی ۴: ۶۳۰-۶۱۵.

اکبری، پ.، قلاوند، ا. و مدرس ثانوی، س. ع. م. (۱۳۸۹) تأثیر سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای (آلی، شیمیایی، تلفیقی) و باکتری‌های افزاینده رشد (PGPR) برعملکرد دانه، روغن و اسیدهای چرب آفتابگردان. علوم و صنایع غذایی ایران ۷: ۱۰-۱.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.5.2]

رضوانی مقدم، پ.، امیری، م. و سیدی، س. (۱۳۹۳) اثر مصرف کودهای آلی و زیستی بر عملکرد، میزان روغن و ترکیب اسیدهای چرب روغن کنجد (*Sesamum indicum* L.). مجله علوم زراعی ایران ۱۶: ۲۲۱-۲۰۹.

Abdipour, M., Hosseinifarahi, M. and Najafian, S. (2019) Effects of humic acid and cow manure biochar (cmb) in culture medium on growth and mineral concentrations of basil plant. International Journal of Horticultural Science and Technology 6: 27-38.

Adhikary, S. (2012) Vermicompost, the story of organic gold: A review. Agricultural Sciences 3: 905-917.

Almasi, F. (2021) Organic fertilizer effects on morphological and biochemical traits and yield in coriander (*Coriandrum sativum* L.) as an industrial and medicinal plant. Agrotechniques in Industrial Crops 1: 19-23.

Amin, F. R, Huang, Y., He, Y. F., Zhang, R. H., Liu, G. Q. and Chen, C. (2016) Biochar applications and modern techniques for characterization. Clean Technologies and Environmental Policy 5: 1-17.

Angelini, L. G., Abou Chehade, L., Foschi, L. and Tavarini, S. (2020) Performance and potentiality of camelina (*Camelina sativa* L. Crantz) genotypes in response to sowing date under Mediterranean environment. Agronomy 10: 1929.

Azadmard-Damirchi, S. and Dutta, P. C. (2008) Stability of minor lipid components with emphasis on phytosterols during chemical interesterification of a blend of refined olive oil and palm stearin. Journal of the American Oil Chemists' Society 85: 13-21.

Basha, M. and Elgendy, A. S. (2020) Vermicomposting of organic waste: literature review. https://www.semanticscholar.org/paper/Vermicomposting-of-Organic-Waste-%3A-Literature-Basha-Elgendyb.

Cayuela, M., Van Zwieten, L., Singh, B., Jeffery, S., Roig, A. and Sanchez-Monedero, M. A. (2014) Biochar's role in mitigating soil nitrous oxide emissions: A review and meta-analysis. Agriculture, Ecosystems and Environment 191: 5-16.

Ceh, B., Straus, S., Hladnik, A. and Kusar, A. (2020) Impact of linseed variety, location and production year on seed yield, oil content and its composition. Agronomy 10: 1770.

De Tender, C., Haegeman, A., Vandecasteele, B., Clement, L., Cremelie, P., Dawyndt, P. and Debode, J. (2016) Dynamics in the strawberry rhizosphere microbiome in response to biochar and Botrytis cinerea leaf infection. Frontiers in Microbiology 7: 2062.

Gopi, P. (2017) Vermitechnology, a scenario of sustainable agriculture a mini review. Vistas 6: 51-56.

Hamma, I. L., Ibrahim, U. and Haruna, M. (2012) Effect of poultry manure on the growth and yield of cucumber (*Cucumis sativum* L.) in samaru, Zaria. Nigerian Journal of Agriculture, Food and Environment 8: 94-98.

Imbrea, F., Jurcoane, S., Halmajan, H. V., Duda, M. and Botos, L. (2011) *Camelina sativa*: A new source of vegetal oils. Romanian Biotechnological Letters 16: 6263-6270.

Imran, G. and Khan, A. (2015) Biochar application and shoot cutting duration (days) influenced growth, yield and yield contributing parameters of *Brassica napus* L. Journal of Biology, Agriculture and Healthcare 5: 56-67.

Irving, L. J. (2015) Carbon assimilation, biomass partitioning and productivity in grasses. Agriculture 5: 1116-1134.

Larbi Ayisi, C. and Zhao, J. (2017) Fatty acid composition, lipogenic enzyme activities and mrna expression of genes involved in the lipid metabolism of nile tilapia fed with palm oil. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 17: 405-415.

Li, Z., Delvaux, B., Yans, J. N., Dufour, D., Houben, J. T. and Cornelis, K. (2018) Phytolith-rich biochar increases cotton biomass and silicon-mineralomass in a highly weathered soil. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 181: 537-546.

Liao, J., Liu, X., Hu, A., Song, H., Chen, X. and Zhang, Z. (2020) Effects of biochar-based controlled release nitrogen fertilizer on nitrogen-use efficiency of oilseed rape (*Brassica napus* L.). Scientific Reports 10: 110-124.

Metcalf, L. C., Shmitz, A. A. and Pelka, J. R. (1996) Rapid preparation of methyl esters from lipid for gas, chromatography analysis. Analytical Chemistry 38: 514-515.

Milla, O.V., Rivera, E. B., Huang, W. J., Chien, C. C. and Wang, Y. M. (2013) Agronomic properties and characterization of rice husk and wood biochars and their effect on the growth of water spinach in a field-test. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 2: 251-266.

Mondor, M. and Hernandez-Alvarez, A. J. (2022) *Camelina sativa* composition, attributes, and applications: A review. European Journal of Lipid Science and Technology 124: 2100035.

Naderi, R. and Ghadiri, H. (2013) Nitrogen, manure and municipal compost effect on yield and photosynthetic characteristic of corn under weedy condition. Journal of Biological and Environmental Sciences 7: 141-151.

Schmidt, H. P., Kammann, C., Hagemann, N., Leifeld, J., Bucheli, T. D., Sanchez Monedero, M. A. and Cayuela, M. L. (2021) Biochar in agriculture–A systematic review of 26 global meta-analyses. GCB Bioenergy 13: 1708-1730.

Sohi, S. P., Krull, E., Lopez-Capel, E. and Bol, R. (2010) A review of biochar and its use and function in soil. Advances in Agronomy 105: 47-82.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.5.2]

Tian, X., Li, Z., Wang, L., Wang, Y. and Li, B. (2020) Biochar and slow release urea effects on root morphology, grain yield, nitrogen uptake and utilization in *Brassica napus*. International Journal of Agriculture and Biology 23: 653-660.

Trisilawati, O., Rizal, M. and Pribadi, E. (2020) Organic cultivation of medicinal crops in the efforts to support the sustainable availability of Jamu raw materials. 1st International Conference on Sustainable Plantation.

Yang, J., Caldwell, C., Corscadden, K., He, Q. S. and Li, J. (2016) An evaluation of biodiesel production from *Camelina sativa* grown in Nova Scotia. Industrial Crops and Products 81: 162-168.

Zahedifard, M., Sharafzadeh, S., Zolfibavariani, M. and Zare, M. (2014) Influence of nitrogen and vermicompost on grain and oil yield of rapeseed CV. RGS003. Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences 3: 54-57.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.5.2]

Effect of simultaneous application of biochar and vermicompost on the growth and grain yield of camelina (*Camelina sativa*) oil plant under rainfed condition in East Azarbaijan province

Saeid Hazrati[1]*, Kazem Zaker[1], Farhad Habibzadeh[2], Amirreza Sadeghi Bakhtevari[1]

[1] Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran
[2] Department of Genetics and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran
(Received: 13/03/2022, Accepted: 30/05/2022)

Abstract

In the current research, the simultaneous application of 0, 5 and 10 tons per hectare of vermicompost organic fertilizer and biochar on growth and grain yield of *Camelina sativa* as a factorial experiment based on a randomized complete block design with three replications in East Azarbaijan province (crop year 2020-2021) was evaluated. The highest oil yield (1073 kg/ha) was obtained in the application of 10 tons of vermicompost and 10 tons of biochar per hectare, which increased the yield of camelina oil by 18.8% compared to the control. This increase was due to the increase in oil content (38.27%) and grain yield (2805 kg / ha). The highest harvest index in the treatment of 10 tons of vermicompost per hectare + 10 tons of biochar per hectare, the highest biological yield in the treatment of 10 tons of vermicompost per hectare + 5 tons of biochar per hectare and the highest number of seeds per silique were obtained in 5 tons of vermicompost per hectare + 10 tons of biochar per hectare. Increasing the number of siliques per plant and the number of seeds per silique by using biochar and vermicompost ramped up the grain yield. In this study, the use of 5 tons of biochar and 10 tons of vermicompost reduced the amount of saturated fatty acids (42%), but, at the some time, the amount of polymeric unsaturated fatty acids was increased (7.27%). According to the results, the application of 10 tons per hectare of vermicompost and biochar is recommended to improve economic yield of camelina plant under rainfed conditions, and considering the highest grain and oil yield was obtained at the highest level of fertilizer used, so additional research is recommended to determine the best level of fertilizer.

Keywords: Fatty acids, Moisture, Oil yield, Organic fertilizers

Corresponding author, Email: saeid.hazrati@azaruniv.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.5.2]