

ارزیابی اثرات تاریخ کاشت و کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد کاملینا (*Camelina sativa* L.) تحت شرایط اقلیمی کرمانشاه

Evaluation of the effects of sowing date and nitrogen fertilizer on yield and yield components of *Camelina* (*Camelina sativa* L.) in Kermanshah climatic conditions

محسن پاشایی^۱، فرزاد مندنی^{۲*}، دانیال کهریزی^۳

۱. دانشجویی کارشناسی ارشد آگرواکولوژی، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. (نگارنده مسئول)
۲. دانشیار اکولوژی گیاهان زراعی، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
۳. استاد مهندسی ژنتیک و ژنتیک مولکولی، گروه بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۰۸ - شناسانه برنمود رقمی: 10.22092/aj.2025.362244.1646

چکیده

پاشایی، م.، مندنی، ف.، کهریزی، د.، ارزیابی اثرات تاریخ کاشت و کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد کاملینا (*Camelina sativa* L.) تحت شرایط اقلیمی کرمانشاه
نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۷ - شماره ۱ - پیاپی ۱۴۲ بهار ۱۴۰۳ صفحه: ۲۴-۰۱

به منظور بررسی تأثیر تاریخ کاشت و کود نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد و تولید روغن گیاه کاملینا در شرایط دیم، آزمایشی به صورت کرت های خرد شده در قالب بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ انجام شد. فاکتور اصلی تاریخ کاشت (سوم آبان، ۱۸ آبان و ۳۰ آبان ماه) و فاکتور فرعی کود نیتروژن (۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار) بود. صفات مورد ارزیابی شامل ثبت مراحل نمو گیاه (روزت، ساقه رفتن، گل دهی، غلاف بندی و رسیدگی فیزیولوژیک)، عملکرد، اجزای عملکرد و میزان تولید روغن بود. نتایج نشان داد که کمترین طول دوره مراحل نمو در تاریخ کاشت اواسط آبان ماه مشاهده شده و در سایر تاریخ کاشت ها طول دوره نمو افزایش یافت. بیشترین میزان عملکرد دانه (۴۵۹ کیلوگرم در هکتار) در تاریخ کاشت اواسط آبان ماه مشاهده شد. در حالی که بالاترین تعداد غلاف در بوته (۵۲/۸ درصد افزایش) متعلق به تاریخ کاشت اوایل آبان ماه بود. به جز مراحل نمو سایر صفات مورد بررسی تحت تأثیر میزان مصرف کود نیتروژن قرار گرفت. بیشترین میزان عملکرد دانه، عملکرد وزن خشک کل و عملکرد روغن در تیمار حداکثر میزان مصرف کود نیتروژن بود که نسبت به شرایط عدم مصرف کود نیتروژن به ترتیب ۳۷/۴، ۳۱/۴ و ۱۶/۵ درصد بالاتر بود. به طور کلی نتایج این مطالعه نشان داد که بیشترین عملکرد کاملینا به لحاظ صفات اندازه گیری شده در تاریخ کاشت های ۳ آبان و ۱۸ آبان و صرف نظر از مسائل زیست محیطی در شرایط کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار مشاهده شد.

واژه های کلیدی: شاخص برداشت، عملکرد روغن، عملکرد وزن خشک کل، وزن هزار دانه.

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: f.mondani@razi.ac.ir

مقدمه

گیاه کاملینا^۱ به عنوان یک محصول زراعی دانه روغنی جدید است که در طول تاریخ برای مصارف مختلف مانند روغن چراغ، پخت و پز، خوراک دام و به عنوان روان کننده استفاده می شد. در دهه ۱۹۴۰ با افزایش تولید گیاهان دانه های روغنی دیگر، علاقه به گیاه کاملینا کاهش یافت. با این حال، در سال های اخیر، کاملینا به عنوان یک گیاه دانه ها روغنی کم نهاده و پایدار تجدید حیات را تجربه کرده است (Ehrensing & Guy, 2008). گیاه کاملینا دارای خصوصیات زراعی منحصربه فردی نظیر نیاز اندک به عناصر غذایی، کنترل علف های هرز، مقاومت بالا به تنش خشکی و هجوم آفات بیماری های گیاهی است (Wysocki *et al.*, 2013). کاملینا مانند کلزا و خردل از خانواده شب بوئیان^۲ است. کاملینا یک گیاه یک ساله است که ارتفاع آن تا حدود ۹۰ سانتی متر افزایش می یابد و دارای ساقه های چوبی صاف یا کرک دار است و برگ هایی به شکل پیکان، نوک تیز و به طول ۵ تا ۸ سانتی متر با لبه های صاف است. گل ها کوچک، زرد کمرنگ یا مایل به سبز با چهار گلبرگ است که عمدتاً خود گرده افشانی می کنند. غلاف های بذر گلابی مانند به طول ۶ تا ۱۴ میلی متر است که ۸ تا ۱۰ بذر زرد یا زرد مایل به قهوه ای را نگه داری می کنند و در هر گرم دانه حدود ۳۰۰۰ دانه با محتوای روغن ۳۵ تا ۴۵ درصد بر اساس ماده خشک وجود دارد (Manore & Yohanns, 2019). همچنین کاملینا

به دماهای بالا در زمان گلدهی نیز مقاومت دارد و می تواند به عنوان یک محصول پوششی مورد استفاده قرار گیرد. کشت آن در انواع خاک ها حتی خاک هایی با بافت سبک و شنی و خاک هایی که دارای عناصر غذایی پایین هستند نیز به خوبی امکان پذیر است (Dobre & Jurcoane, 2011). کاملینا از زمان کاشت تا بلوغ چرخه زندگی کوتاهی بین ۸۵ تا ۱۱۰ روز دارد که به آن امکان می دهد به خوبی در توالی های تناوبی قرار بگیرد (Johnson *et al.*, 2019). به دوره نوری حساس است و در روزهای طولانی در بهار به سرعت گل می دهد (Ehrensing & Guy, 2008).

کاملینا نسبت به دانه های روغنی دیگر مانند کلزا و آفتابگردان نیاز آبی کمتری دارد و به دلیل توانایی افزایش سریع عمق ریشه در طول رشد، نسبتاً مقاوم به خشکی در نظر گرفته می شود (Hunsaker *et al.*, 2013). تحقیقات نشان داده است که کاملینا در مناطق نیمه خشک مانند مونتانا، می تواند بیش از دو برابر آب از خاک نسبت به گندم خارج کند (Gesch & Cermak, 2011). عملکرد آب کاملینا بر اساس عملکرد دانه در واحد آب تبخیر شده به ۱۲ کیلو گرم در هکتار در میلی متر گزارش شده است که از سایر دانه های روغنی و غلات بهتر است (Connor & Hall, 1997). عملکرد دانه کاملینا تابعی از بوته در سطح، غلاف در بوته، دانه در غلاف و وزن هر دانه است. تراکم گیاه از ۲۰۰ تا ۴۰۰ بوته در متر مربع متغیر است، اما کاملینا می تواند به خوبی تراکم های متنوع را با انعطاف پذیری در تعداد غلاف های گیاه و تعداد دانه ها در غلاف

۱. *Camelina sativa*.L

۲. Brassicaceae

دارای انعطاف زیادی است به طوری که طبق گزارشات، عملکرد در فاصله‌های ۱۲ تا ۲۴ سانتی‌متری یکسان و بدون تفاوت بوده است (Hunsaker *et al.*, 2013). کنترل علف‌های هرز کمک می‌کنند درحالی‌که فاصله‌های باریک‌تر مقدار عملکرد دانه را به حداکثر می‌رساند و با علف‌های هرز رقابت می‌کند. مقدار بذر کمتر از ۶ تا ۱۱ کیلوگرم در هکتار در ردیف‌های بزرگ‌تر کافی است درحالی‌که مقدار بالاتر تا ۱۶ کیلوگرم در هکتار ممکن است در تولید زیست‌توده بیشتر استفاده شود (Johnson *et al.*, 2019).

عملکرد مناسب و مطلوب هر گیاهی وابسته به فراهمی عوامل محیطی در محدوده تحمل و بردباری گیاه است. در بین عوامل محیطی، عوامل وابسته به خاک نظیر عناصر غذایی نقش بسزایی در استفاده مطلوب‌تر گیاه از سایر فاکتورهای اقلیمی نظیر نور و رطوبت دارد که در نهایت منجر به شکل‌گیری عملکرد مطلوب توسط گیاه می‌شود. در بین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، نیتروژن نقش بسیار مهمی دارد، به گونه‌ای که کمبود این عنصر از محدود مطلوب منجر به افت شدید عملکرد گیاه شده و بیش‌بود آن نیز خطرات زیست‌محیطی بسیاری را به همراه دارد. بنابراین اطلاع از نحوه پاسخ محصولات زراعی مختلف به‌ویژه گیاهان جدیدی نظیر کاملینا به فراهمی نیتروژن بسیار مهم می‌باشد. در آزمایشی که به منظور بررسی تأثیر سطوح کود نیتروژن بر عملکرد و ویژگی‌های عملکردی گیاه کاملینا انجام شده بود نشان داده شد که با افزایش میزان نیتروژن تعداد شاخه و خورجین‌های گیاه به‌طور

جبران کند (Hunsaker *et al.*, 2013) تراکم بهینه برای کاشت گیاه کاملینا بسته به شرایط محیطی و تنوع از ۱۵۰ تا ۴۰۰ بوته در مترمربع متغیر است. در ایالت مونتانا که دارای اقلیمی نیمه‌خشک است تحت شرایط دیم، تراکم گیاه توصیه‌شده ۲۰۰-۲۷۰ بوته در متر مربع است (McVay & Lamb, 2008). بارندگی کافی، عملکرد دانه کاملینا تا ۳۵۰ بوته در مترمربع افزایش یافت اما در تراکم‌های بالاتر کاهش یافت (Solis *et al.*, 2013).

تعداد غلاف در هر بوته تحت تأثیر شرایط رشدی و پتانسیل ژنتیکی است و در گزارشات مختلف از ۷ تا ۲۰ غلاف در بوته متغیر است. غلاف‌ها دارای ۸ تا ۱۲ دانه هستند اما ممکن است تحت شرایط تنش سقط شوند. اندازه هر بذر و روغن تا حد زیادی وابسته به صفات ژنتیکی هستند اما می‌توانند با شرایط فصلی متفاوت باشند. عملکرد معمولی بذر کاملینا در شرایط دیم ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ کیلوگرم در هکتار است که با آبیاری یا در شرایط رطوبتی مناسب، عملکرد دانه به بیش از ۳۰۰۰ کیلوگرم در هکتار نیز می‌رسد (Solis *et al.*, 2013).

عمق کاشت توصیه‌شده بین ۶ تا ۱۲ میلی‌متر است (Johnson *et al.*, 2019). کاملینا در عمق‌های بیشتر نیز توانایی سبز شدن دارد اما در عمق‌های کمتر قابلیت سبز شدن بیشتر می‌شود. رطوبت کافی خاک برای جوانه‌زنی و رشد اولیه مورد نیاز است و کاشت کاملینا زودتر از سایر محصولات بهاره باعث کاهش تبخیر و کاهش فشار علف‌های هرز می‌شود (McVay & Lamb, 2008). کاملینا نسبت به فاصله ردیف‌ها

قابل توجهی افزایش یافت و همچنین میزان عملکرد دانه (۳/۲ تن در هکتار) با اعمال ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به شدت افزایش یافت و میزان مطلوب نیتروژن ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شده بود (Manore & Yohanns, 2019). در تحقیقی دیگر گزارش شد که پاسخ گیاه کاملینا به مقدار نیتروژن مثبت است به طوری که عملکرد دانه با افزایش کاربرد نیتروژن تا حدود ۹۰ درصد افزایش یافته و این گیاه به حدود ۱۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار برای تولید ۱۰۰ کیلوگرم دانه نیاز دارد (Wysocki et al., 2013). در مطالعه‌ای باهدف تعیین اثرات نیتروژن بر رشد و عملکرد گیاه کاملینا گزارش شد که افزایش نیتروژن منجر به بهبود ارتفاع گیاه، عملکرد پروتئین و عملکرد دانه شد، اما مقدار روغن دانه حدود ۷/۲ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت (Sintim et al., 2015). تحقیقات اخیر نشان می‌دهد که کاملینا ممکن است به سطوح بالاتر نیتروژن پاسخ مثبت دهد، بدون اینکه ماندگاری یا اثرات نامطلوب داشته باشد. در یک مطالعه در پنج سایت در شمال غربی اقیانوس آرام ایالات متحده، عملکرد دانه تا ۱۶۸ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت، که در محیط‌های مختلف به طور متوسط حدود ۱۳۴ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. میزان نیتروژن بالا (۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) عملکرد را ۱۳ تا ۳۴ درصد نسبت به مقدار پایین ۶۷ کیلوگرم نیتروژن در هکتار افزایش داد. کود نیتروژن هم دانه در غلاف و هم وزن بذریه را افزایش داد. نویسندگان به این نتیجه رسیدند که ممکن است مقدار نیتروژن بالاتر برای کاملینا با

رطوبت کافی خاک ضروری باشد (Pan et al., 2016). در آزمایش مزرعه‌ای در کانادا، عملکرد دانه کاملینا با ۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بسته به رقم، به طور قابل توجهی افزایش و عملکرد دانه با افزایش بیش از ۶۷ کیلوگرم نیتروژن تا ۳۰ درصد افزایش یافت. تنظیم نیتروژن بر اساس میزان بذریه، رطوبت خاک، پتانسیل عملکرد می‌تواند بازده اقتصادی را به حداکثر برساند (Hixson et al., 2016). این حال، مطالعات دیگر نشان داده‌اند که نیتروژن بیش از حد می‌تواند رشد رویشی را بدون بهبود عملکرد دانه، به ویژه تحت شرایط تنش خشکی، تحریک کند (Obeng et al., 2020).

از دیگر عوامل محیطی مؤثر بر تولید محصولات زراعی تاریخ کاشت می‌باشد، زیرا کشت هر گیاهی در تاریخ مطلوب منجر به استفاده هرچه بهتر از سایر عوامل محیطی تأثیرگذار بر فرآیند تولید می‌شود. در تحقیقی که به منظور بررسی اثرات تاریخ کاشت و رقم را بر عملکرد دانه و کیفیت روغن گیاه کاملینا انجام شده بود مشخص گردید که کاشت در ماه آوریل عملکرد دانه را در مقایسه با تاریخ کاشت اواسط مارس ۳۴ درصد افزایش داد، اما کاشت در اواسط مارس باعث افزایش غلظت روغن، اسیدهای چرب اشباع نشده و اسید لینولیک شد (Obeng et al., 2019). در تحقیق مذکور گزارش شد که تاریخ کاشت اثر معنی‌داری بر وزن هزار دانه نداشته و غلظت اسیدهای چرب اشباع در تاریخ کاشت آوریل افزایش یافت. تاریخ کاشت بر صفات ریخت‌شناسی، فنولوژی و تولید سوخت بیودیزل گیاه کاملینا

جدول ۱- میانگین شاخص های هواشناسی در طی دوره رشد کاملینا

Table 1. The average meteorological indicators during the camelina growing season

ماه Month	آبان November	آذر December	دی January	بهمن February	اسفند March	فروردین April	اردیبهشت May	خرداد June
مجموع بارش Total rainfall (mm)	52.5	111.9	19.4	39.2	146.3	91.7	40	0.01
میانگین دما Average temperature (°C)	10.1	5.9	4.4	3.7	9.7	11.2	17.7	25.3
میانگین تبخیر Average evaporation (mm)	2.1	0	0	0	0	2.1	6	11.6

از اراضی کشاورزی به خصوص دیم‌زارها، این مطالعه باهدف ارزیابی نقش تاریخ کاشت و میزان کاربرد کود نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد و تولید روغن گیاه کاملینا به‌عنوان یک محصول زراعی جدید برای اراضی دیم صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه (با عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۱۹ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۳۱۹ متر از سطح دریا) در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ انجام شد. براساس تقسیم‌بندی اقلیمی دوما رتن این منطقه جزو اقلیم سرد و نیمه‌خشک قرار دارد. منطقه موردنظر دارای متوسط بارندگی سالیانه ۴۴۴/۷ میلی‌متر، متوسط درجه حرارت سالیانه ۱۴/۳ درجه سانتی‌گراد و حداکثر و حداقل درجه حرارت مطلق سالیانه به ترتیب ۴۴/۱ و ۲۷- درجه سانتی‌گراد است. آمار و اطلاعات هواشناسی به‌کاررفته در طول اجرای آزمایش در جدول ۱ نشان داده‌شده است. به منظور تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی

نیز تأثیر زیادی دارد، به‌گونه‌ای که با تأخیر در کاشت صفات مذکور کاهش یافتند (Neupane et al., 2019). در مطالعه دیگری گزارش شد که بیشترین میزان عملکرد دانه و روغن گیاه گلرنگ به ترتیب به میزان ۳۷۲۲ و ۸۳۷ کیلوگرم در هکتار در تاریخ کاشت ۲۰ آبان به دست آمد و با تأخیر در کاشت صفات مذکور به‌شدت کاهش نشان دادند (Aboodeh et al., 2020). در تحقیقی که باهدف اثر مکان‌های مختلف کاشت بر گیاه کاملینا انجام شد، نتایج نشان داد که اقلیم‌های متفاوت می‌تواند بر پروفایل اسیدهای چرب اثر بگذارد (Raziei et al., 2020). گیاه کاملینا با توجه به خصوصیات اکولوژیکی خاص توانایی مقاومت بالا در برابر تنش‌های خشکی و شوری، قابلیت رشد در خاک‌های فقیر و شرایط سخت محیطی را دارد. این ویژگی منحصربه‌فرد، کاملینا را به گزینه‌ای مطلوب برای کشاورزی پایدار در برابر تغییر اقلیم و خشک‌سالی تبدیل کرده است. از طرفی با توجه به شرایط جوی ایران، پتانسیل قابل توجهی برای گسترش تولید دانه‌های روغنی در ایران دارد (Ghidoli et al., 2023). بنابراین با توجه به اهمیت موضوع خودکفایی در تولید روغن برای کشور و همچنین استفاده کارآمدتر

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 2. Physical and chemical properties of soil at the experimental location

عمق Depth (cm)	بافت Texture	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	وزن مخصوص ظاهری Bulk density (g cm ⁻³)	ماده آلی Organic matter (%)	آهک CaO (ppm)	نترات NO ₃ ⁻ (ppm)	پتاسیم K (ppm)	فسفر P (ppm)	اسیدیته pH
0-30	لومی سیلتی Silty loam	25.2	59.4	15.4	1.08	1.1	29.5	19.9	470	11	7.3

آماده سازی زمین نیز شخم توسط گاو آهن قلمی انجام شد. کنترل علف های هرز شامل وجین دستی بود که در تمام طول دوره رشد گیاه انجام شد. در طول فصل رشد از هیچ گونه آفت کش و علف کشی استفاده نشد.

برداشت در هر تاریخ کاشت (خردادماه) با توجه به زمان رسیدگی فیزیولوژیک گیاه (قهوه ای شدن ۹۰ درصد غلاف ها) صورت گرفت. بدین منظور از هر کرت پس از حذف اثرات حاشیه ای مساحتی به اندازه ۲ متر مربع (به صورت کف بر) برداشت گردید و سپس نمونه ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی گراد آون خشک شدند. برای اندازه گیری صفات تعداد شاخه فرعی و شاخه فرعی فرعی و تعداد غلاف در بوته پنج بوته به صورت تصادفی از هر کرت برداشت شد و سپس این صفات به صورت میانگینی از ۵ بوته که از مساحت ۲۵۰ سانتیمتر مربع برداشت شده بود، ثبت شدند. اندازه گیری تعداد دانه در غلاف نیز با شمارش دانه های موجود در غلاف بوته های برداشته شده صورت گرفت و بعد از شمارش تعداد دانه در آن ها، به صورت میانگین ثبت گردید. برای سنجش وزن هزار دانه نیز از دستگاه بذرشمار استفاده شد. بدین منظور تعداد ۵ نمونه ۱۰۰۰ عددی برای هر تیمار به وسیله دستگاه شمارش شد و سپس با ترازو سنجش وزن صورت گرفت. به منظور اندازه گیری عملکرد کل و

خاک نمونه ای از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری تهیه و به منظور بررسی مورد آزمایش قرار گرفت (جدول ۲).

تیمارهای آزمایش شامل سه تاریخ کاشت اوایل آبان ماه، اواسط آبان ماه و اواخر آبان ماه به عنوان عامل اصلی و چهار سطح کاربرد صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به عنوان عامل فرعی بودند اعمال تاریخ کاشت بر اساس وقوع بارندگی مؤثر در منطقه صورت گرفت (سوم آبان، ۱۸ آبان و ۳۰ آبان به ترتیب، ۱۶، ۱۹ و ۲۰ میلیمتر) و منبع تأمین عنصر نیتروژن نیز کود اوره ۴۶ درصد بود. فرآیند کود دهی در سه نوبت و در انتهای مرحله چهار برگی، انتهای مرحله طویل شدن ساقه و ابتدای مرحله پر شدن دانه ها به صورت سرک و با دست پاشی انجام پذیرفت. از رقم سهیل (به نژاد شده توسط دکتر دانیال کهریزی در سال ۱۳۹۶) که از شرکت دانش بنیان بیستون شفا تهیه گردیده بود به عنوان بذر مصرفی استفاده شد. هر کرت فرعی شامل ۱۰ ردیف کاشت به فاصله ۲۵ سانتی متر و به طول ۵ متر در نظر گرفته شد. جهت جلوگیری از آبهویی نیتروژن فاصله بین کرت های اصلی و فرعی به ترتیب ۲ و ۱/۵ متر بود. مقدار بذر استفاده شده ۱۴/۴ کیلوگرم در هکتار و کاشت آن نیز به صورت دستی صورت پذیرفت. تراکم مطلوب مزرعه ۲۰۰ بوته در مترمربع بود (Bobrecka et al., 2017). جهت

شاخص برداشت قبل از جدا کردن دانه‌ها از بوته وزن محصول به عنوان عملکرد وزن خشک کل اندازه‌گیری شد و به همین صورت وزن دانه، کاه و کلش و شاخص برداشت نیز اندازه‌گیری گردید. برای تعیین درصد روغن دانه نیز از دستگاه سوکسله استفاده شد (Soxhlet, 1879). همچنین عملکرد روغن دانه نیز از حاصل ضرب درصد روغن در عملکرد دانه به دست آمد. در انتها برای تجزیه و تحلیل داده‌های مستخرج از این بررسی از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ استفاده شد. داده‌ها به وسیله آنالیز واریانس (ANOVA) تحلیل و میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد از نظر آماری مقایسه شده‌اند. برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار اکسل نسخه ۲۰۱۶ استفاده شد.

نتایج و بحث

تعداد شاخه

اثر تاریخ کاشت و کاربرد کود نیتروژن بر تعداد شاخه فرعی در بوته معنی‌دار ولی برهمکنش آن‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۳).

بیشترین تعداد شاخه فرعی (۷/۴) در تاریخ کاشت سوم آبان و کمترین آن (۴/۴) در تاریخ کشت ۱۸ آبان مشاهده شده نشان‌دهنده افزایش ۶۸/۲ درصدی در بالاترین مقدار نسبت به پایین‌ترین مقدار است (جدول ۴). بیشترین تعداد شاخه فرعی (۶/۹) مربوط به تیمار ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و کمترین آن (۵/۲) مربوط به تیمار شاهد بود که نشان‌دهنده افزایش ۳۲/۷ درصدی در بالاترین مقدار نسبت به پایین‌ترین مقدار می‌باشد (جدول ۴). نتایج همچنین نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر تعداد

شاخه فرعی فرعی معنی‌دار بود، این در حالی بود که اثر کود نیتروژن و برهمکنش تاریخ کاشت و کود نیتروژن بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). بیشترین تعداد شاخه فرعی فرعی به میزان ۳/۴ در تاریخ کاشت اول و کمترین آن به مقدار ۰/۹ در تاریخ کشت دوم و سوم مشاهده شد، به گونه‌ای که تاریخ کاشت سوم آبان منجر به ۲۷۷/۸ درصد افزایش در این صفت نسبت به دیرترین تاریخ کاشت (۱۸ و ۳۰ آبان) گردید (جدول ۴).

میزان مناسب کود نیتروژن تأثیر قابل توجهی بر تعداد شاخه‌های فرعی گیاه کاملینا دارد. این تأثیر قابل مشاهده در مطالعات مشابه قابل تأیید است، به گونه‌ای که استفاده از کود نیتروژن می‌تواند تعداد شاخه‌های فرعی و غلاف‌ها در گیاه را در شرایط محیطی مختلف افزایش دهد (de Jong *et al.*, 2014, Duan *et al.*, 2020). این حال، تعداد شاخه‌های زیاد می‌تواند منجر به مشکلات بارگیری شود. این امر اهمیت مدیریت هماهنگ تاریخ کاشت، میزان کود نیتروژن و الگوی رشد را در راستای بهینه‌سازی تعداد شاخه‌ها و کاهش اتلاف در مراحل بارگیری را آشکار می‌سازد (Kato *et al.*, 2019, Raza *et al.*, 2023).

تعداد شاخه دارای هم‌افزایی مثبتی با مقدار کاربرد کود نیتروژن است، زیرا به نظر می‌رسد که نیتروژن می‌تواند منجر به بهبود تولید و رشد اندام‌های هوایی گیاه از جمله تعداد شاخه‌های فرعی گیاه شود. در مطالعه‌ای نشان داده شد که تعداد شاخه فرعی تحت اثر مصرف کود نیتروژن قرار گرفت، به گونه‌ای که با افزایش

جدول ۳- تجزیه واریانس اجزای عملکرد اندازه گیری شده کاملینا
Table 3. Variance analysis for the measured yield components of camelina

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	تعداد شاخه		تعداد شاخه		تعداد غلاف		تعداد دانه		عملکرد وزن خشک کل		عملکرد دانه		شاخص برداشت		درصد روغن		عملکرد روغن	
		وزن هزار دانه 1000-seed weight	تعداد شاخه Number of sub branches per plant	فرعی در بوته فرعی در بوته	تعداد شاخه Number of sub branches per plant	تعداد غلاف در بوته	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	تعداد دانه در غلاف	عملکرد وزن خشک کل Total dry weight yield	عملکرد وزن خشک کل Total dry weight yield	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest index	شاخص برداشت Harvest index	درصد روغن Oil percentage	درصد روغن Oil percentage	عملکرد روغن Oil yield	عملکرد روغن Oil yield
بلوک (B)	2	0.002 ^{ns}	1.93 ^{ns}	1.89 ^{ns}	3727.3 ^{**}	2 ^{ns}	2498139 [*]	39522 ^{ns}	14.05 ^{ns}	2.29 ^{ns}	485.08 ^{ns}								
تاریخ کاشت Sowing date (S)	2	0.594 ^{**}	31.9 ^{**}	26.6 ^{**}	10355.9 ^{**}	7.9 ^{**}	4125868 [*]	72456 ^{**}	8.5 ^{ns}	94.13 [*]	63656.6 [*]								
تکرار تاریخ کاشت (خطای اصلی) R×S	4	0.059	1.21	3.1	975.3	3.7	2152915	41715	14.5	58	1589.2								
نیتروژن Nitrogen (N)	3	0.114 ^{**}	8.17 ^{**}	4.6 ^{ns}	5295.6 ^{**}	15.99 ^{**}	1486764 ^{ns}	87335 ^{**}	38.9 ^{ns}	44.7 ^{ns}	5168.6 [*]								
نیتروژن × تاریخ کاشت N×S	6	0.063 [*]	1.99 ^{ns}	3.35 ^{ns}	1657.2 ^{ns}	1.39 ^{ns}	4327741 ^{**}	38206 ^{ns}	26.6 ^{ns}	7.1 ^{ns}	550.3 ^{ns}								
خطای فرعی Sub error	18	0.017	1.3	2.8	756.8	1.1	689759.9	139131	12.2	26.4	1227.2								
ضریب تغییرات CV (%)		11.8	21	28	24	12	25.8	22.7	27	16	43								

ns, * and **: non-significant, significant at the probability levels of $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$, respectively.

ns, * and **: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

میزان کاربرد کود تعداد شاخه فرعی نیز افزایش یافت (Manore & Yohanns, 2019). همچنین مشخص شد که افزایش میزان مصرف نیتروژن می تواند موجب افزایش ارتفاع بوته و تعداد شاخه در گیاه کاملینا شود (Jankowski *et al.*, 2019). تاریخ های کاشت زود هنگام به عنوان

یک عامل مؤثر باعث افزایش تعداد شاخه های فرعی در طول رشد رویشی قبل از خواب زمستانی در گیاه کاملینا می گردد (Kandel *et al.*, 2016). افزایش تعداد شاخه های فرعی، باعث افزایش تعداد غلاف ها در بوته میشود. همچنین تاریخ های کاشت دیر هنگام ممکن

جدول ۴- مقایسه میانگین اجزای عملکرد گیاه کاملینا در شرایط دیم

Table 4. Mean comparison for yield components of camelina under dryland conditions

تیمار	وزن هزار دانه	تعداد شاخه فرعی در بوته	تعداد شاخه فرعی در بوته	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	تعداد دانه در غلاف	کل وزن خشک	عملکرد دانه	شاخص برداشت	درصد روغن	عملکرد روغن
Treatment	Seed weight (gr)	Number of sub branches per plant	Number of sub branches per plant	Number of pods per plant	Number of seeds in pod	Number of seeds in pod	Total dry weight yield (kg he ⁻¹)	Seed yield (kg he ⁻¹)	Harvest index (%)	Oil percentage	Oil yield (kg he ⁻¹)
آبان ۳	1 ^b	7.4 ^a	3.4 ^a	145.8 ^a	9.8 ^a	3231.3 ^a	396.3 ^a	12.7 ^a	22.3 ^a		89.5 ^b
October 25											
آبان ۱۸	1.3 ^a	4.4 ^b	0.87 ^b	94.5 ^b	8.6 ^b	3797.5 ^a	459.3 ^b	13.4 ^a	19.4 ^b		96.4 ^a
تاریخ کاشت											
Sowing date											
آبان ۳۰	0.970 ^b	4.8 ^b	0.87 ^b	95.4 ^b	8.2 ^b	2625 ^a	304.5 ^a	11.7 ^a	16.7 ^c		53.5 ^c
November 21											
شاهد	1.2 ^a	5.28 ^b	1.6 ^a	96 ^b	7.8 ^b	2725 ^b	333.7 ^b	12.2 ^{ab}	21.5 ^a		75.7 ^b
نیتروژن											
Control	1 ^{ab}	5.28 ^b	1.48 ^a	110 ^b	8.4 ^b	3633.3 ^a	332.4 ^b	10.4 ^b	18.5 ^a		78.6 ^b
50 Kg	1.2 ^a	5.0 ^b	1.0 ^a	94.8 ^b	8.5 ^b	2541.1 ^b	346.3 ^b	14.2 ^a	21 ^a		73.7 ^b
100 Kg	0.976 ^b	6.95 ^a	2.7 ^a	146.8 ^a	10.8 ^a	3972.2 ^a	534.1 ^a	12.7 ^{ab}	16.8 ^a		91.1 ^a
150 Kg											

در هر ستون میانگین هایی که دارای حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی دار نمی باشند.

According to Duncan's test, the means with similar letters in each column are not significantly different at the probability level of $p \leq 0.05$.

است به دلیل محدودیت در رشد رویشی قبل از شروع فرآیند تولید مثل، که ناشی از عوامل فتوپریودی است، منجر به محدود شدن تعداد شاخه‌های فرعی گردد (Kandel *et al.*, 2016). اثرات معنی دار انواع تاریخ‌های کاشت بر تعداد شاخه فرعی نیز در تحقیقات دیگر روی گیاه کاملینا گزارش شده است (Neupane *et al.*,

2019)). تاریخ کاشت مناسب و اثرات نیتروژن در مجموعه داده ارائه شده با درک ثابت عوامل کلیدی مؤثر بر توسعه مورفولوژیک مطابقت دارد. استراتژیهای زراعی قادرند از ظرفیت تعداد شاخه‌های فرعی و فرعی فرعی برای بهبود عملکرد دانه و روغن گیاه کاملینا استفاده کنند (Stasnik *et al.*, 2022, Yang *et al.*, 2017).

تعداد غلاف در بوته

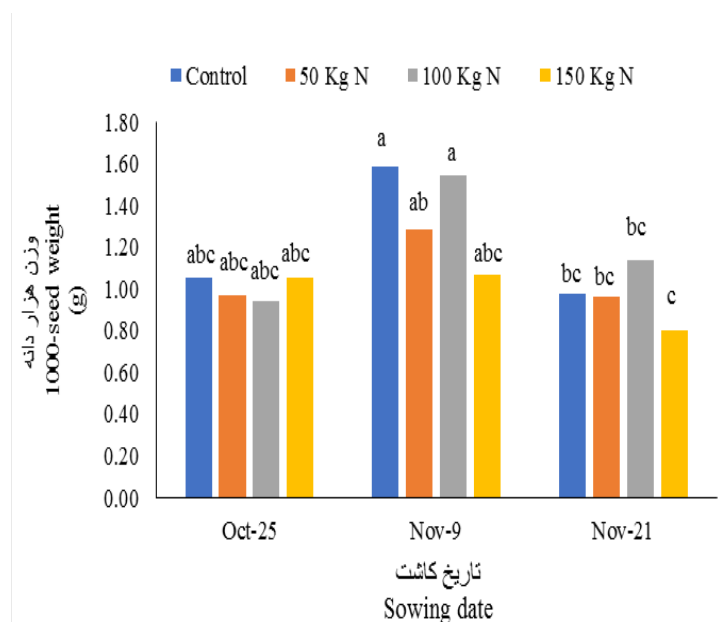
تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر تاریخ کاشت و مصرف کود نیتروژن قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین (۱۴۵/۸) و کمترین (۹۵/۴) تعداد غلاف در بوته به ترتیب مربوط تاریخ کاشت سوم آبان و ۱۸ آبان بود که نشان‌دهنده افزایش ۵۳/۱ درصدی در بیشترین مقدار نسبت به کمترین مقدار است (جدول ۴). بیشترین تعداد غلاف در بوته به مقدار ۱۴۶/۸ در تیمار کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار و کمترین آن به مقدار ۹۴/۸ مربوط به تیمار کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار بود که بیان‌کننده افزایش ۵۵ درصدی در بالاترین مقدار نسبت به پایین‌ترین مقدار است (جدول ۴). توسعه غلاف و خورجین از عوامل اصلی تعیین‌کننده پتانسیل عملکرد دانه گیاه کاملینا است. داده‌های ارائه‌شده نشان می‌دهد که هم تاریخ کاشت و هم میزان کود نیتروژن مصرفی، تأثیر معنی‌داری بر تعداد غلاف در بوته داشته اند. این نتایج با پژوهشهای پیشین که نشان‌دهنده اهمیت تنظیم تاریخ کاشت و مدیریت کود نیتروژن به منظور بهینه‌سازی عملکرد گیاه کاملینا هستند، همخوانی دارد (El-Sherbeny *et al.*, 2023; Wang *et al.*, 2023).

به نظر می‌رسد کاربرد کود نیتروژن از طریق بهبود تعداد شاخه‌های فرعی گیاه کاملینا منجر به ایجاد شرایطی جهت تشکیل غلاف‌ها شد که این موضوع در نهایت افزایش تعداد غلاف در بوته را به همراه داشت (Jiang & Caldwell, 2015; Nouriyani, 2016). در مطالعه‌ای گزارش شد که تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر تاریخ

کاشت قرار گرفت اما این اثر در سال‌های مختلف و ارقام مختلف متفاوت بود (Neupane *et al.*, 2019). در آزمایشی دیگر نیز بیان شد که پتانسیل تولید تعداد غلاف در بوته وابستگی زیادی به شرایط محیطی دارد، به گونه‌ای که تأخیر در کاشت و گرمای انتهای فصل رشد منجر به محدودیت‌های فیزیولوژیکی در طول دوره گلدهی می‌گردد که مرتبط با رشد ضعیف گیاه و توسعه محدود برگ می‌باشند، لذا عرضه مواد پرورده به انتهای گل‌آذین را محدود کرده و تعداد غلاف در بوته کاهش پیدا می‌کند (Diepenbrock, 2000). در مطالعه‌ای دیگر بیان شد که تأخیر در کاشت باعث کاهش تعداد شاخه و غلاف شده و در نهایت پتانسیل تشکیل و تعداد غلاف و دانه را محدود می‌نماید. تعداد غلاف‌ها ارتباط نزدیکی با عملکرد دانه در گیاه کاملینا دارد که بیانگر اهمیت بهینه‌سازی تاریخ‌های کاشت می‌باشد. بنابراین، یافته‌های مطالعات گذشته به روشنی نشان می‌دهند که انتخاب تاریخ کاشت مناسب جهت توسعه رویشی کافی و تسهیل شاخه زایی و تشکیل غلاف، نقش بسزایی در دستیابی به حداکثر عملکرد دانه در گیاه کاملینا دارد (Urbanik *et al.*, 2008).

تعداد دانه در غلاف

اثر تاریخ کاشت بر تعداد دانه در غلاف معنی‌دار بود (جدول ۳)، به طوری که بیشترین میزان آن (۹/۸) در تاریخ کاشت اول و کمترین آن (۸/۲) در تاریخ کشت سوم مشاهده شد که نشان‌دهنده کاهش ۱۶/۳ درصدی در پایین‌ترین مقدار نسبت به بالاترین مقدار است (جدول ۴).



شکل ۱- اثر متقابل تاریخ کاشت و میزان کود مصرفی بر وزن هزار دانه کاملینا
 Fig. 1. Interaction effect of sowing date and application of nitrogen fertilizer on 1000-seed weight of camellia

Yohanns, 2019). همچنین در تاریخ کاشت‌های زودهنگام تعداد دانه در غلاف بالاتر از سایر تاریخ کاشت‌ها بود (Neupaneet *et al.*, 2019). به نظر می‌رسد که ایجاد تنش در مرحله گلدهی از طریق محدودیت در فراهمی ترکیبات فتوسنتزی در مرحله رویشی گیاه بر باروری گلچه‌ها تأثیر گذاشته و سبب کاهش گلچه و در نهایت کاهش تعداد دانه در غلاف می‌شود (Moravveji *et al.*, 2017). در مطالعاتی دیگر بیان شد که تاریخ کاشت زودتر، مرحله پر شدن دانه را با شرایط بهینه هم‌زمان می‌کند و امکان حداکثر سازی تعداد دانه در هر غلاف را فراهم می‌آورد. در مقابل، تاخیر در کاشت باعث کوتاه شدن فاز رویشی و کاهش عرضه مواد فتوسنتزی طی مرحله پر شدن دانه می‌شود. همچنین فشردگی فازهای رشد بهاره می‌تواند منجر به قرار گرفتن مرحله رسیدگی دانه در معرض تنش‌های رطوبتی و دمایی شده و در نتیجه تعداد دانه

تعداد دانه در غلاف همچنین به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر کاربرد کود نیتروژن قرار گرفت، اما برهمکنش تاریخ کاشت و کود نیتروژن بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). بیشترین (۱۰/۸) و کمترین (۷/۸) تعداد دانه در غلاف به ترتیب در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار و شاهد مشاهده شد که نشان‌دهنده افزایش ۳۸/۵ درصدی در بالاترین مقدار نسبت به پایین‌ترین مقدار می‌باشد. به نظر می‌رسد عدم برخورد به دماهای بالای فصل رشد در زمان تشکیل دانه‌ها در تاریخ کاشت اول در مقایسه با دیگر تاریخ کاشت‌ها و همچنین تغذیه بهتر گیاه در شرایط کاربرد مقادیر بالاتر نیتروژن منجر به بهبود تعداد دانه در غلاف گردید. در تحقیقی بر روی گیاه کاملینا بیان شد که تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر افزایش میزان کود نیتروژن قرار گرفت و با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم کود در هکتار تعداد دانه در غلاف به ۱۱ دانه افزایش یافت (Manore &

تشکیل شده کاهش یابد (Dalal et al., 2015).
(Wang et al., 2022)

وزن هزار دانه

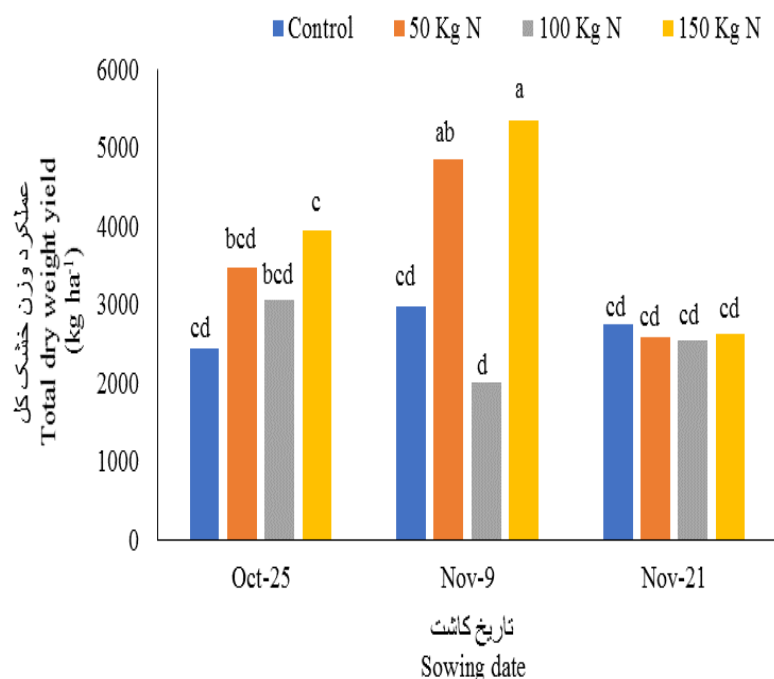
نتایج نشان داد که اثرات تاریخ کاشت، مصرف کود نیتروژن و برهمکنش آن‌ها بر وزن هزار دانه معنی دار بود (جدول ۳). بیشترین وزن هزار دانه به مقدار ۱/۵۸ گرم در تاریخ کشت ۱۸ آبان و شرایط عدم مصرف نیتروژن و کمترین آن به میزان ۰/۸ گرم در تاریخ کاشت ۳۰ آبان و ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار مشاهده شد. این یافته‌ها نشان می‌دهند که وزن هزار دانه در پایین‌ترین سطح نسبت به بالاترین سطح ۹۷/۵ درصد کاهش یافته است. به عبارت دیگر، نتایج به دست آمده، کاهش چشمگیر وزن هزار دانه را در شرایط تأخیر در کاشت و مصرف بیش از حد کود نیتروژن نشان می‌دهد (شکل ۱).

وزن هزار دانه آخرین جزء عملکرد است که در گیاه شکل می‌گیرد، طبیعی است که هر قدر دانه زودتر تشکیل گردد و بیشتر روی بوته بماند، فرصت بیشتری برای انباشت مواد ذخیره‌ای وجود خواهد داشت. از طرفی به نظر می‌رسد که یکی دیگر از دلایل کاهش وزن هزار دانه در تاریخ کاشت ۳۰ آبان این باشد که وقوع تنش کمبود رطوبت (در اواخر اردیبهشت و اوایل خرداد زمان پر شدن دانه‌ها بوده است که در تاریخ کاشت ۳۰ آبان این مرحله با دماهای بالا در این تاریخ برخورد کرد و تاریخ-های تاریخ کاشت دیگر این مرحله در دماهای پایین‌تر گذراندند) موجب کاهش جذب آب و املاح و در نتیجه کاهش فتوسنتز برگ و تولید ترکیبات فتوسنتزی شده است. در کشت‌های

تأخیری، دوره پر شدن دانه با درجه حرارت‌های بالای محیط همراه بوده و گرما مانع از پر شدن بهینه دانه‌ها می‌شود (Moradbeigi et al., 2019). در آزمایشی دیگر گزارش شد که وزن هزار دانه به دلیل نوع رقم و یا تفاوت محیط تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار نگرفت (Obeng et al., 2019). گزارش شده است که وزن هزار دانه با افزایش نیتروژن تا حدی افزایش یافت، ولی با افزایش مقدار بیشتر آن وزن هزار دانه کاهش یافت (Jankowski et al., 2019). به نظر می‌رسد کمبود نیتروژن در مراحل اولیه رشد می‌تواند رشد برگ را به تأخیر اندازد در نتیجه آن جریان مواد فتوسنتزی به سوی گل و غلاف با مشکل مواجه شده و باعث کاهش مقادیر اجزای عملکرد از جمله وزن هزار دانه شود (Dashadi et al., 2020).

عملکرد وزن خشک کل

نتایج این بررسی نشان داد که اثر تاریخ کاشت، کود و برهمکنش آن‌ها بر عملکرد وزن خشک کل معنی دار بود (جدول ۳). نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد وزن خشک کل (۵۳۵۰ کیلوگرم در هکتار) متعلق به تاریخ کاشت ۱۸ آبان و کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار که باعث افزایش ۶۲ درصدی عملکرد وزن خشک نسبت به تاریخ کاشت ۱۸ آبان و کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار (۲۰۰۶ کیلوگرم در هکتار) بود. این یافته‌ها نشان می‌دهند که تنظیم بهینه تاریخ کاشت و میزان کود دهی نیتروژن می‌تواند سبب افزایش چشمگیر عملکرد وزن خشک کل گیاه کاملینا شود (شکل ۲). در مطالعاتی بیان



شکل ۲. اثر متقابل تاریخ کاشت و کود مصرفی بر عملکرد وزن خشک کل کاملینا

Fig. 2. Interaction effect of sowing date and application of nitrogen fertilizer on Total dry weight yield of camellia

و انباشت زیست توده پس از رشد مجدد در بهار را فراهم می کنند. تأخیر در کاشت، این دوره رشد را کاهش داده و در نتیجه بازدهی را محدود می کند (Ibrahim *et al.*, 2022, Sharma, 2020). در گزارشی دیگر (Koirala & Neff, 2020) نیز عملکرد وزن خشک کل تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار گرفت، به گونه ای که در تاریخ کاشت مطلوب به علت فرصت زمانی مناسبی که در اختیار گیاه قرار می گیرد عملکرد وزن خشک کل نیز افزایش یافت (Ghasemian, 2019).

عملکرد دانه

عملکرد دانه تحت اثر تاریخ کاشت و کاربرد کود نیتروژن قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین (۴۵۹/۳) کیلوگرم در هکتار و کمترین (۳۰۴/۵) کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه به ترتیب در

شد که با افزایش میزان کود مصرفی، عملکرد وزن خشک کل افزایش یافت (Soleimanzade *et al.*, 2013). در مطالعه ای دیگر بیان شد که در دسترس بودن نیتروژن نیز برای توسعه سطح برگ و شاخه دهی گیاه کاملینا و بهبود جذب نور و دی اکسید کربن حیاتی است و با افزایش میزان فاکتورهای موثر بر عملکرد می تواند میزان زیست توده بالای سطح خاک را افزایش دهد. با این حال، نیتروژن بیش از حد می تواند رویش بیش از حد را ایجاد کند بدون اینکه منجر به بهبود زیست توده و عملکرد قابل برداشت شود (Enjalbert *et al.*, 2013). تاریخ های کاشت های زودهنگام در بازه های توصیه شده، از طریق توسعه مطلوب ساختار رویشی قبل از مرحله روزت، منجر به بهبود وزن خشک کل می شوند. افزایش زیست توده بالای سطح خاک در پاییز، ظرفیت بیشتری برای جذب کربن

تاریخ کاشت ۱۸ آبان و ۳۰ آبان مشاهده شد که به موجب آن عملکرد دانه ۳۳ درصد افزایش یافت (جدول ۴). به نظر میرسد که در تاریخ های کاشت مطلوب به دلیل بهره مندی بیشتر گیاه از شرایط محیطی و همچنین عدم برخورد مراحل انتهایی رشد با دماهای بالا موجب افزایش میزان عملکرد دانه شد (Sayyahfar et al., 2010). نامبردگان همچنین اظهار داشتند که در تاریخ های کاشت اولیه گیاه پیش از ورود به دماهای پایین فصول سرد، مراحل نموی خود را برای مقاومت در برابر سرما (مرحله روزت) تکمیل کرده و کمتر در خطر دماهای کشنده قرار می گیرد که با یافته های این آزمایش منطبق بود. نتایج همچنین نشان داد که با افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن عملکرد دانه گیاه از ۳۳۷/۷ کیلو گرم در هکتار در تیمار عدم مصرف کود نیتروژن به ۵۳۴/۱ گرم در هکتار در تیمار کاربرد ۱۵۰ کیلو گرم اوره در هکتار بهبود یافته که نشان دهنده افزایش ۵۳ درصدی بیشترین مقدار نسبت به پایینترین مقدار است (جدول ۴). مطالعات متعددی نشان داده اند که مصرف کود نیتروژن تا حد مشخصی می تواند منجر به افزایش عملکرد دانه در گیاه کاملینا شود. دلیل این امر آن است که نیتروژن با تحریک رشد رویشی، سبب افزایش سطح برگ و در نتیجه ظرفیت فتوسنتز و تولید ماده خشک بیشتر می شود که می تواند منجر به افزایش عملکرد دانه گردد. با این حال، مصرف بیش از حد نیتروژن اثر معکوس داشته و با القای رشد رویشی بی رویه، از انتقال مطلوب مواد فتوسنتزی به اندام های زایشی و دانه ها جلوگیری می کند. بنابراین، تعیین محدوده

بهینه کود دهی نیتروژن برای تأمین نیاز گیاه و جلوگیری از مصرف بیش از حد آن، نقش کلیدی در حفظ و ارتقای عملکرد دانه دارد. همچنین، تنظیم صحیح کود نیتروژن با سایر عوامل مدیریتی مانند تاریخ کاشت می تواند در بهینه سازی عملکرد مؤثر باشد (Dalal et al., 2015). همچنین کود نیتروژن از طریق اثر برافزایش اجزای عملکرد نظیر تعداد دانه در غلاف، تعداد خورجین و تعداد شاخه فرعی در گیاه کاملینا موجب بهبود عملکرد دانه میشود که با نتایج این تحقیق همخوانی داشت (Manore & Yohanns, 2019). محققین دیگر نیز گزارش کردند که افزایش میزان نیتروژن موجب افزایش عملکرد دانه در گیاه کاملینا شده است (Bronson et al., 2019; Malhi et al., 2014).

شاخص برداشت

نتایج این تحقیق نشان داد که اثر تاریخ کاشت، کاربرد کود نیتروژن و اثرات متقابل آنها بر شاخص برداشت گیاه کاملینا معنی دار نبود (جدول ۳). عدم تأثیر معنی دار این دو عامل بر شاخص برداشت در مطالعات دیگری نیز بر گیاهانی همچون گندم گزارش شده است. دلیل احتمالی این موضوع، تأثیر هم زمان تاریخ کاشت و کود نیتروژن بر هر دو جزء عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک و در نتیجه حفظ نسبت این دو مؤلفه به یکدیگر (شاخص برداشت) در تیمارهای مختلف است. به عبارت دیگر، تغییرات ناشی از اعمال تیمارها تا حد زیادی در عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به طور هم زمان اعمال شده و منجر به حفظ شاخص برداشت می گردد. تحقیقات دیگر باید تعاملات

بین عوامل ژنتیکی، محیطی و مدیریتی را که بر روابط جذب منبع و مخزن و الگوهای تخصیص ماده خشک در کاملینا تأثیر می‌گذارند، بررسی کند درک عمیق‌تر از این فرآیندها بهینه‌سازی یکپارچه بهره‌وری رویشی و زایشی را تسهیل می‌کند. (Salama *et al.*, 2021) محققین دیگر نیز بیان نمودند که شاخص برداشت تحت تأثیر هیچ کدام از فاکتورهای اعمالی مانند آبیاری، نیتروژن، سال و اثرات متقابل آن‌ها قرار نگرفت (Amiri-Darban *et al.*, 2020; Sintim *et al.*, 2015). با این وجود در آزمایشی دیگر تاریخ کاشت اثر معنی‌داری روی شاخص برداشت داشت (Ghasemian Ardestani *et al.*, 2019). گزارش شده است شاخص برداشت در گیاه کلزا به شدت تحت تأثیر تغییرات محیطی قرارداد، به‌طوری‌که در شرایط آب و هوایی مناسب مقدار آن افزایش و در شرایط نامناسب محیطی مقدار آن کاهش یافت (Fallah Heki *et al.*, 2011). همچنین تأخیر در زمان کاشت تأثیر بسیار زیادی بر تقسیم ماده خشک گیاهی به مخازن اقتصادی بوته دارد و موجب عدم کارایی انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها و در نتیجه کاهش شاخص برداشت می‌گردد.

درصد روغن

تأثیر تاریخ کاشت بر درصد روغن معنی‌دار بود (جدول ۳)، به‌طوری‌که بیشترین درصد روغن در تاریخ کاشت سوم آبان و کمترین مقدار آن در تاریخ کاشت ۳۰ آبان مشاهده شد (جدول ۴). درصد روغن در تاریخ کاشت سوم آبان ۵/۶ درصد بیشتر از آخرین تاریخ کاشت بود. کاربرد کود نیتروژن و برهمکنش تاریخ

کاشت و کاربرد کود نیتروژن بر درصد روغن دانه کاملینا تأثیر معنی‌دار نداشت (جدول ۳). به نظر می‌رسد در تاریخ کاشت مطلوب به علت بهره‌مندی گیاه از شرایط محیطی بهینه رشد و همچنین مطابقت دوره پر شدن دانه با دماهای مطلوب رشد، درصد روغن دانه کاملینا در مقایسه با تاریخ کاشتهای دیگر بهبود یافت. در مطالعه-ای دیگر مشخص گردید که تاریخ کاشت تأثیر معنی‌داری بر درصد روغن گیاه کاملینا داشت، به گونه‌ای که کشت گیاه در تاریخ اواسط مارس به میزان ۷ درصد روغن را نسبت به سایر تاریخ کاشت‌ها افزایش داد که دلایل مختلفی از قبیل (۱) تاریخ کاشت اولیه، محصول را در معرض دماهای سردتر و طول روز طولانی‌تر در طی مراحل گلدهی و پر شدن دانه قرار می‌دهد، شرایط سردتر بلوغ را کند می‌کند و دوره بیوستز و تجمع روغن فعال در دانه‌های در حال رشد را طولانی می‌کند، (۲) تأخیر در گلدهی با کاشت زودرس، دوره طولانی‌تری را برای کاملینا فراهم می‌کند تا نور خورشید را جذب کند و ترکیبات فتوسنتزی تولید کند که به عنوان ذخایر روغن به دانه‌ها تقسیم می‌شوند، (۳) در تاریخ کاشتهای اولیه کاملینا دارای سیستم ریشه‌ای قوی‌تری برای دسترسی به رطوبت خاک و مواد مغذی مورد نیاز برای رشد میشود و محتوی روغن بذر بیشتر می‌شود همچنین کند شدن رشد با کاشت زودرس منجر به رقابت کمتر بین دانه‌ها برای جذب مواد میشود و امکان تقسیم بهتر روغن به دانه‌های بیشتری را فراهم می‌کند (Obenga *et al.*, 2019). همچنین گزارش شده است که تاریخ کاشت بر درصد روغن گلرنگ اثر معنی-

جدول ۵- تجزیه همبستگی اجزای عملکرد اندازه گیری شده کابلینا
Table 5. Correlation analysis of the measured yield components in camelina

متغیرها Variables	وزن هزاردانه 1000-seed weight	تعداد شاخه فرعی در بوته Number of sub branches per plant	تعداد شاخه فرعی در بوته Number of sub branches per plant	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	وزن خشکی کل Total dry weight	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد روغن Oil yield	درصد روغن Oil percentage
وزن هزار دانه 1000-seed weight										
تعداد شاخه فرعی در بوته Number of sub branches per plant	-0.381*									
تعداد شاخه فرعی در بوته Number of sub branches per plant										
تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant		-0.193	0.715**							
تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant										
تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod		-0.207	0.838*	0.821**						
تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod										
عملکرد وزن خشکی کل Total dry weight yield	-0.004	0.096	0.183	0.214	0.26					

داری داشت، به گونه ای که در تاریخ کاشت ۲۰ آبان ماه به علت برخورد دوره تلقیح و رسیدگی دانه ها با دمای مطلوب و زمان بیشتر برای پر شدن دانه ها و سنتز روغن از هیدرات های کربن درصد روغن افزایش یافت (Aboodeh *et al.*, 2020).

عملکرد روغن

عملکرد روغن به طور معنی داری تحت اثر تاریخ کاشت و کاربرد کود نیتروژن

قرار گرفت، اما برهمکنش این عوامل بر این صفت معنی دار نبود (جدول ۳). بیشترین (۹۶/۴ کیلوگرم در هکتار) میزان عملکرد روغن مربوط به تاریخ کشت ۱۸ آبان (۵۲ درصد افزایش) و کمترین (۵۳/۵ کیلوگرم در هکتار) آن مربوط به تاریخ کشت ۳۰ آبان بود (جدول ۴). کاشت در تاریخهای توصیه شده، مراحل رشد را توسعه داده، تعداد شاخه ها، غلاف در گیاه و قابلیت تولید دانه را افزایش می دهد که

طی مرحله پر شدن دانه‌ها در آخر فصل رشد، کاهش تولید مواد فتوسنتزی و در نتیجه کاهش عملکرد دانه و در نهایت کاهش عملکرد روغن نسبت به سایر تاریخ کاشت مطلوب را در پی داشت. در تحقیقی دیگر بیان شد که تاریخ کاشت اثر معنی‌داری بر روی میزان روغن گیاه کاملینا دارد (Obeng *et al.*, 2019). همچنین گزارش شده است که محتوای روغن در گیاه کاملینا تحت تأثیر مقدار کود نیتروژن قرار نگرفت که ممکن است به دلیل اثر بیشتر کود نیتروژن بر مقدار پروتئین گیاه باشد (Sintim *et al.*, 2015). محققان عنوان کردند که علاوه بر تأثیر مثبت کود نیتروژن بر عملکرد روغن، این کود می‌تواند بر ترکیب و کیفیت روغن دانه نیز موثر باشد. کود نیتروژن از طریق تامین نیتروژن مورد نیاز برای ساخت اسیدهای آمینه و پروتئین، باعث افزایش نسبت پروتئین به روغن در دانه می‌شود. این مسئله منجر به کاهش نسبت روغن به پروتئین و اختلال در تعادل بین این دو ماده مهم در دانه خواهد شد.

همبستگی صفات

نتایج تجزیه همبستگی صفات اندازه‌گیری شده نشان داد که الگوهای همبستگی معنی‌داری بین اجزای مختلف عملکرد گیاه کاملینا وجود دارد (جدول ۵). ضرایب همبستگی بالای ۰/۷ بین تعداد شاخه فرعی و شاخه فرعی فرعی و غلاف در بوته، نشان‌دهنده ارتباط مستقیم و قوی بین این صفات است. تعداد شاخه‌های فرعی در بوته با اکثر اجزای عملکرد از جمله شاخه‌های فرعی فرعی، غلاف در بوته، دانه در غلاف، عملکرد دانه و عملکرد روغن

* and **, significant at the probability levels of $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$, respectively

عملکرد دانه	Seed yield	شاخص برداشت	Harvest index	عملکرد روغن	Oil yield	درصد روغن	Oil percentage
0.12	0.202	0.171	0.339*	0.300	0.676**		
0.235	0.115	0.034	0.149	0.103	0.059	0.584**	
0.249	0.125	0.102	0.213	0.104	0.632*	0.775**	0.668**
0.065	0.6	0.951	0.792	0.326	0.161	0.853	0.079
							0.003

*** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد

به طور کلی عملکرد روغن را بهبود می‌بخشد (Berti *et al.*, 2015). علاوه بر این با افزایش میزان مصرف کود نیتروژن عملکرد روغن نیز بهبود یافت، به گونه‌ای که بیشترین میزان عملکرد روغن در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن مشاهده شد. مقدار روغن دانه همبستگی زیادی با عملکرد دانه و تاریخ کاشت مناسب دارد که در نتیجه آن مقدار عملکرد دانه افزایش یافته و میزان عملکرد روغن نیز افزایش می‌یابد که دلیل آن این است که تأخیر در کاشت گیاه به علت کاهش رشد گیاه، برخورد با دماهای بالای در

تاریخ کاشت اواسط آبان به دست آمد. همچنین صفات مذکور با افزایش کاربرد کود نیتروژن به تدریج بهبود یافتند. به طور کلی می توان نتیجه گرفت که در شرایط دیم چون تاریخ کاشت به زمان بارندگی فصلی وابسته است، نمی توان با قاطعیت یک تاریخ کاشت را بیان کرد.

همبستگی مثبت و معنی دار داشت. این یافته ها با مطالعات قبلی که نشان داده اند تعداد شاخه فرعی یک عامل تعیین کننده مهم عملکرد در کاملینا بود، همخوانی دارد. (Urbanik *et al.*, 2008) بنابراین می توان نتیجه گرفت که شاخه های فرعی، می تواند به طور غیرمستقیم منجر به افزایش شاخه های فرعی و تولید غلاف و در نتیجه بهبود عملکرد دانه و روغن در کاملینا شود. همچنین، عملکرد کل زیست توده با عملکرد دانه و روغن همبستگی مثبت دارد که نشان دهنده نقش مهم انباشت زیست توده در تولید مواد فتوسنتزی برای منتقل شدن به ساختارهای زایشی و عملکرد بالاتر است. از سوی دیگر، عدم وجود همبستگی معنی دار بین وزن هزار دانه و عملکرد دانه نشان دهنده این مطلب است که صرفاً داشتن دانه های بزرگ تر به تنهایی نمی تواند منجر به افزایش عملکرد شود. این یافته با نتایج مشابه در سایر گیاهان روغنی مانند کلزا همخوانی داشت. (Diepenbrock, 2000) بنابراین برای بهینه سازی عملکرد کاملینا، انتخاب هم زمان صفات مرتبط با عملکرد مانند شاخه دهی و تجمع زیست توده در کنار افزایش اندازه دانه ضروری به نظر می رسد.

نتیجه گیری

نتایج این بررسی نشان داد که بیشتر صفات مورد بررسی در تاریخ کاشت اواسط آبان ماه و در شرایط افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن مشاهده شد. با فاصله گرفتن از تاریخ کاشت مطلوب اکثر صفات کاهش نشان دادند، به نحوی که بیشترین مقادیر اندازه گیری شده عملکرد دانه، عملکرد وزن خشک کل و عملکرد روغن

References

- Aboodeh, H., Moradi Telavat, M., Moshattati, A., and Mousavi, S. 2020. The response of morphology, yield and yield components of spring safflower genotypes to different sowing dates. *Journal of Crop Production and Processing*, 9(4), 215-227. (In Persian with English Summary). URL: <http://jcpp.iut.ac.ir/article-1-2806-fa.html>
- Amiri-Darban, N., Nourmohammadi, G., Rad, A.H.S., Mirhadi, S.M.J., and Heravan, I.M. 2020. Potassium sulfate and ammonium sulfate affect quality and quantity of camelina oil grown with different irrigation regimes. *Industrial Crops and Products*, 148: 112308. doi: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112308>
- Bobrecka-Jamro, M.C. 2017. The effects of varied plant density and nitrogen fertilization on quantity and quality yield of *Camelina sativa* L. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 29(12): 988-993. doi: <https://doi.org/10.9755/ejfa.2017.v29.i12.1569>
- Bronson, K.F., Hunsaker, D.J., and Thorp, K.R. 2019. Nitrogen fertilizer and irrigation effects on seed yield and oil in camelina. *Agronomy Journal*, 111(4), 1712-1719. doi: <https://doi.org/10.2134/agronj2018.10.0644>
- Connor, D.J., and Hall, A.J. 1997. Sunflower physiology. *Sunflower technology and production*, 35: 113-182.
- Dalal, J., Lopez, H., Vasani, N.B., Hu, Z., Swift, J.E., Yalamanchili, R., Dvora, M., Lin, X., Xie, D., Qu, R., and Sederoff, H.W. 2015. A photorespiratory bypass increases plant growth and seed yield in biofuel crop *Camelina sativa*. *Biotechnology for Biofuels*, 8:1-22. Doi 10.1186/s13068-015-0357-1.
- Dashadi, M., Godarzi, S., and Abdulah, A. 2020. The effect of irrigation period and N-fertilizer on yield of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 13(3), 793-803. doi: <https://doi.org/10.22077/escs.2020.2203.1551>
- De Jong, M., George, G., Ongaro, V., Williamson, L., Willetts, B., Ljung, K., McCulloch, H., and Leyser, O. 2014. Auxin and strigolactone signaling are required for modulation of Arabidopsis shoot branching by nitrogen supply.

- Plant Physiology*, 166: 384-95.
- Diepenbrock, W. 2000. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. *Field crops research*, 67(1), 35-49. doi:[https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(00\)00082-4](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(00)00082-4)
- Dobre, P., and Jurcoane, Ș. 2011. Camelina crop-opportunities for a sustainable agriculture. *Scientific Papers-Series A, Agronomy*, 54: 420-424.
- Duan, Z., Ito, K., and Tominaga, M. 2020. Heterologous transformation of *Camelina sativa* with high-speed chimeric myosin XI-2 promotes plant growth and leads to increased seed yield. *Plant Biotechnology (Tokyo)*, 37: 253-259.
- Ehrensing, D.T., and Guy, S.O. 2008. Oilseed crops: camelina. *Oregon State University Extension Service EM*, 8953.
- El-Sherbeny, T.M.S., Mousa, A.M., and Zhran, M.A. 2023. Response of peanut (*Arachis hypogaea* L.) plant to bio-fertilizer and plant residues in sandy soil. *Environmental Geochemistry and Health*, 45: 253-265.
- Enjalbert, J., Zheng, S., Johnson, J.J., Mullen, J.L., Byrne, P.F., and McKay, J.K. 2013. Brassicaceae germplasm diversity for agronomic and seed quality traits under drought stress. *Industrial Crops and Products*, 47: 176-185.
- Fallah Heki, M.H., Yadavi, A.R., Movahhedi Dehnavi, M., and Balouchi, H.R. 2011. Evaluation of oil, protein and grain yield of canola cultivars in different planting date in yasouj region. *Electronic Journal of Crop Production*, 4(2): 207-222. (In Persian with English Summary). URL: <https://sid.ir/paper/134943/en>
- Gesch, R.W., and Cermak, S.C. 2011. Sowing date and tillage effects on fall-seeded camelina in the northern corn belt. *Agronomy journal*, 103(4), 980-987.
- Ghasemian Ardestani, H., Jahan, M., and Shirani Rad, A.H. 2019. Evaluation of morphological traits, yield and yield components of selected varieties of canola in autumn and winter cultivation under different irrigation regimes. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 12(1), 153-163. doi: <https://doi.org/10.22077/escs.2018.1257.1257>
- Ghidoli, M., Ponzoni, E., Araniti, F., Miglio, D., and Pilu, R. 2023. Genetic improvement of *Camelina sativa* (L.) Crantz: Opportunities and Challenges.

- Plants (Basel), 12.
- Hixson, S.M., Parrish, C.C., Anderson, D.M., Weller, C.L., Remsberg, J.L., Breitbach, Z.S., Sintim, H.Y., Zheljaskov, V.D., Buehring, N.W., Jennings, J.A., MacDonald, J.C., and Walia, M.K. 2016. Management of camelina for seed and biofuel in Saskatchewan. *Canadian Journal of Plant Science*, 96(4), 602-618.
- Hunsaker, D.J., French, A.N., and Thorp, K.R. 2013. Camelina water use and seed yield response to irrigation scheduling in an arid environment. *Irrigation Science*, 31: 911-929.
- Jankowski, K.J., Sokolski, M., and Kordan, B. 2019. Camelina: yield and quality response to nitrogen and sulfur fertilization in Poland. *Industrial Crops and Products*, 141: 111776. doi:<https://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111776>
- Jiang, Y., and Caldwell, C.D. 2016. Effect of nitrogen fertilization on camelina seed yield, yield components, and downy mildew infection. *Canadian Journal of Plant Science*, 96(1), 17-26. doi:<https://doi.org/10.1139/cjps-2014-0348>
- Johnson, J.M., Gesch, R.W., and Barbour, N.W. 2019. Spring camelina N rate: balancing agronomics and environmental risk in United States Corn Belt. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 65(5), 640-653.
- Kandel, Y.R., Wise, K.A., Bradley, C.A., Tenuta, A.U., and Mueller, D.S. 2016. Effect of planting date, seed treatment, and cultivar on plant population, sudden death syndrome, and yield of soybean. *Plant Disease*, 100: 1735-1743. <https://doi.org/10.1094/PDIS-02-16-0146-RE>
- Kato, S., Sayama, T., Taguchi-Shiobara, F., Kikuchi, A., Ishimoto, M., and Cober, E. 2019. Effect of change from a determinate to a semi-determinate growth habit on the yield and lodging resistance of soybeans in the northeast region of Japan. *Breeding Science*, 69: 151-159.
- Malhi, S.S., Johnson, E.N., Hall, L.M., May, W.E., Phelps, S., and Nybo, B. 2014. Effect of nitrogen fertilizer application on seed yield, N uptake, and seed quality of Camelina sativa. *Canadian Journal of Soil Science*, 94: 35-47. doi:<https://doi.org/10.4141/cjss2012-086>

- Manore, D., and Yohanns, A. 2019. Evaluating growth, seed yield and yield attributes of Camelina (*Camelina sativa* L) in response to seeding rate and nitrogen fertilizer levels under irrigation condition, Southern Ethiopia. *Agriculture, Forestry and Fisheries*, 8: 31-35.
- Moradbeigi, L., Gholami, A., Shiranirad, A.H., Abbasdokht, H., and Asghari, H.R. 2019. Effect of drought stress and delay cultivation on grain yield, oil yield and fatty acids composition in canola. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production (Journal of Agricultural Science)*, 29(2), 135-151. (In Persian with English Summary). URL: <https://sid.ir/paper/180720/en>
- Moravveji, S., Zamani, G.R., Kafi, M., and Alizadeh, Z. 2017. Effect of different salinity levels on yield and yield components of spring canola cultivars (*Brassica napus* L.) and Indian mustard (*B. juncea* L.). *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 10(3), 445-457. doi:<https://doi.org/10.22077/escs.2017.302.1062>
- Neupane, D., Solomon, J.K., Mclellon, E., Davison, J., and Lawry, T. 2020. Camelina production parameters response to different irrigation regimes. *Industrial Crops and Products*, 148: 112286. doi:<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112286>
- Nouriyani, H. 2015. Effect of different nitrogen levels on yield, yield components and some quality characteristics of two cultivars of rapeseed (*Brassica napus* L.). Isfahan University of Technology- *Journal of Crop Production and Processi*, 5(16), 233-241. (In Persian) URL: <http://jc.pp.iut.ac.ir/article-1-2376-fa.html>
- Obeng, E., Obour, A.K., Nelson, N.O., Ciampitti, I.A., and Wang, D. 2020. Nitrogen and sulfur application effects on camelina seed yield, fatty acid composition, and nutrient removal. *Canadian Journal of Plant Science*, 101(3), 353-365.
- Obeng, E., Obour, A.K., Nelson, N.O., Moreno, J.A., Ciampitti, I.A., Wang, D., and Durrett, T.P., 2019. Seed yield and oil quality as affected by Camelina cultivar and planting date. *Journal of Crop Improvement*, 33(2), 202-222. doi:<https://doi.org/10.1080/15427528.2019.1566186>
- Pan, X., Siloto, R.M., Wickramaratna, A.D., Mietkiewska, E., and Weselake,

- R.J. 2016. Toward the development of camelina as a sustainable biofuel feedstock: Agronomic performance, seed oil content and oil properties of camelina sativa in western Canada. *Industrial Crops and Products*, 94: 672-679.
- Raza, A., Asghar, M.A., Javed, H.H., Ullah, A., Cheng, B., Xu, M., Wang, W., Liu, C., Rahman, A., Iqbal, T., Saleem, K., Liu, W., and Yang, W. 2023. Optimum nitrogen improved stem breaking resistance of intercropped soybean by modifying the stem anatomical structure and lignin metabolism. *Plant Physiology and Biochemistry*, 199: 107720. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2023.107720>.
- Raziei, Z., Kahrizi, D., and Rostami-Ahmadvandi, H. 2018. Effects of climate on fatty acid profile in Camelina sativa. *Cellular and Molecular Biology*, 64(5), 91-96.
- Salama, H.S.A., Nawar, A.I., Khalil, H.E., and Shaalan, A.M. 2021. Improvement of maize productivity and N use efficiency in a no-tillage irrigated farming system: Effect of cropping sequence and fertilization management. *Plants*, 10: 1-20. <https://doi.org/10.3390/plants10071459>
- Sayyahfar, M., Moaiedi, F., Mousavi, S.K., Zeidali, E. 2010. Response of safflower (*Cartharrus tinectorius* L.) to sowing dates in Khorramabad climatic conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 8(4), 686-697. (In Persian with English Summary).
- Sharma Koirala, P., and Neff, M.M. 2020. Improving seed size, seed weight and seedling emergence in Camelina sativa by overexpressing the Atsob3-6 gene variant. *Transgenic Research*, 29: 409-418.
- Sintim, H.Y., Zheljazkov, V.D., Obour, A.K., y Garcia, A.G., and Foulke, T.K. 2015. Influence of nitrogen and sulfur application on camelina performance under dryland conditions. *Industrial Crops and Products*, 70: 253-259. doi:<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.03.062>
- Soleimanzade, H., Khaliliaqdam, N., and Mir mahmudi, T. 2013. Effects of nitrogen fertilizer on yield and agronomical traits of safflower varieties in Moghan region. *Journal of Research in Crop Sciences*, 5(19), 29-40. (In Persian with

- English Summary). URL: <https://sid.ir/paper/167930/en>.
- Solis, A., Vidal, I., Paulino, L., Johnson, B.L., and Berti, M.T. 2013. Camelina seed yield response to nitrogen, sulfur, and phosphorus fertilizer in South Central Chile. *Industrial Crops and Products*, 44: 132-138.
- Soxhlet, F.V. 1879. Die gewichtsanalytische bestimmung des milchfettes. *Dingler's Polytechnisches Journal*, 232: 461-465.
- Stasnik, P., Grosskinsky, D.K., and Jonak, C. 2022. Physiological and phenotypic characterization of diverse Camelina sativa lines in response to waterlogging. *Plant Physiol Biochem*, 183: 120-127.
- Urbaniak, S.D., Caldwell, C.D., Zheljaskov, V.D., Lada, R.R., and Luan, L. 2008. The effect of seeding rate, seeding date and seeder type on the performance of Camelina sativa L. in the Maritime Provinces of Canada. *Canadian Journal of Plant Science*, 88: 501-508.
- Wang, C., Yang, J., Chen, W., Zhao, X., and Wang, Z. 2023. Contribution of the leaf and silique photosynthesis to the seeds yield and quality of oilseed rape (*Brassica napus L.*) in reproductive stage. *Science Report*, 13: 4721. Doi: 10.1038/s41598-023-31872-6.
- Wang, Y., Yu, J., Gao, Y., Li, Z., Kim, D. S., Chen, M., Fan, Y., Zhang, H., Yan, X., and Zhang, C. J. 2022. Agronomic evaluation of shade tolerance of 16 spring *Camelina sativa* (L.) Crantz genotypes under different artificial shade levels using a modified membership function. *Frontiers in Plant Science*, 13:1-15.
- Wysocki, D.J., Chastain, T.G., Schillinger, W.F., Guy, S.O., and Karow, R.S. 2013. Camelina: Seed yield response to applied nitrogen and sulfur. *Field Crops Research*, 145: 60-66. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.02.009>
- Yang, H., Zhang, X., Chen, B., Meng, Y., Wang, Y., Zhao, W., and Zhou, Z. 2017. Integrated Management Strategies Increase Cottonseed, Oil and Protein Production: The Key Role of Carbohydrate Metabolism. *Frontiers in Plant Science*, 8: 1-19.

Evaluation of the effects of sowing date and nitrogen fertilizer on yield and yield components of Camelina (*Camelina sativa* L.) in Kermanshah climatic conditions

Mohsen Pashaei¹, Farzad Mondani^{*2}, Danial Kahrizi³

1. Msc Student of Agroecology, Department of Plant Production and Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran. . (Corresponding author)
2. Associated Professor of Crop Ecology, Department of Plant Production and Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran.
3. Professor of Molecular Genetics and Genetic Engineering, Department of Biotechnology, Faculty of Agriculture, TarbiatModares University, Tehran, Iran.

Received: May 2023 Accepted: August 2025- DOI: 10.22092/aj.2025.362244.1646

Extended Abstract

Pashaei, M., Mondani, F., Kahrizi, D., Evaluation of the effects of sowing date and nitrogen fertilizer on yield and yield components of Camelina (*Camelina sativa* L.) in Kermanshah climatic conditions
Applied Research in Field Crops Vol 37, No.1, 2024, 1-3: 1-24(in Persian)

Introduction:

The production of adequate food is a crucial national and security objective for every country. Achieving this goal requires adopting appropriate measures such as increasing the efficiency of agricultural production systems through suitable policies, utilizing new varieties adapted to current conditions, and utilizing unconventional water resources. Camelina, a new oilseed crop, has unique agricultural properties, including low nutrient requirements, resistance to weeds, and high tolerance to drought stress, pests, and plant diseases (Ehrensing & Guy, ۲۰۰۸). Providing environmental factors within the plant's tolerance and resilience range is essential for achieving a desirable and suitable yield. Nitrogen is among the vital nutrients that significantly affect crop yield. Its deficiency can lead to a severe reduction in yield, while an excess poses significant environmental risks. Sowing date is another environmental factor that affects agricultural production. By sowing each crop at the optimal time, better utilization of other effective environmental factors

Email address of the corresponding author: f.mondani@razi.ac.ir

on the seed yield can be achieved. Hence, this study aimed to evaluate the effects of sowing date and nitrogen fertilizer application on the yield, yield components, and oil production of Camelina as a new agricultural crop, considering the importance of self-sufficiency in oil production for the country and efficient use of agricultural lands in dryland condition.

Materials & Methods:

This experiment was conducted as split plot layout based on a completely randomized block design with three replications at the research farm of Razi University of Kermanshah during the cropping season of 2018-2019. The main factor was sowing date (October 25, November 9 and November 21), and the sub-factor was nitrogen fertilizer (including 0, 50, 100, 150 kg ha⁻¹). The evaluated traits included plant growth stages, seed yield, yield components, and oil production. The sowing dates were determined based on effective rainfall, and the nitrogen source was 46% urea fertilizer. Fertilization was carried out three times: at the end of the four-leaf stage, at the end of the stem elongation stage, and at the beginning of the grain filling stage. The studied traits included yield and its components, total dry weight yield, harvest index, and grain oil yield. The data were analyzed using ANOVA and the means were compared using the Duncan test.

Results & Discussion:

The study findings indicated that the shortest growth period was observed for the sowing date of November 9, whereas the growth period increased for other sowing dates. Notably, the highest seed yield (459 kg ha⁻¹) was obtained from the November 9 sowing date, while the highest number of pods per plant (a 52.8% increase) was associated with the October 25 sowing date. Except for growth stages, other traits were significantly affected by the amount of nitrogen fertilizer. Our findings demonstrated that the treatment with maximum nitrogen fertilizer application led to the highest seed yield, total dry weight yield, and oil yield of camelina, which were 37.4%, 31.4%, and 16.5% greater than the control (without fertilizer), respectively. It appears that optimal sowing dates lead to an improvement in yield-related traits and their components due to the plant's greater utilization of environmental conditions and minimized exposure to high temperatures during the

final stages of growth. High temperatures at the end of the growing season can cause physiological limitations, especially during the flowering period, and subsequently lead to limitations in the supply of photosynthetic assimilates and weak plant growth (Moravveji *et al.*, 2017). Various studies have shown that nitrogen fertilizer also improves grain yield components such as the number of seeds per pod, and number of sub and sub sub branches, and 1000-grain weight, ultimately leading to improved grain yield and oil yield (Manore & Yohanns, 2019), which is consistent with the results of this study.

Conclusion:

It can be concluded that in dry conditions where the sowing date depends on seasonal rainfall, a specific sowing date can not be determined with certainty.

Keywords: 1000-seed weight, Harvest index, Oil yield, Total dry weight yield

References:

- Ehrensing, D.T., and Guy, S.O. 2008. Oilseed crops: camelina. *Oregon State University Extension Service EM*, 8953.
- Manore, D., and Yohanns, A. 2019. Evaluating growth, seed yield and yield attributes of Camelina (*Camelina sativa* L) in response to seeding rate and nitrogen fertilizer levels under irrigation condition, Southern Ethiopia. *Agriculture, Forestry and Fisheries*, 8: 31-35.
- Moravveji, S., Zamani, G.R., Kafi, M., and Alizadeh, Z. 2017. Effect of different salinity levels on yield and yield components of spring canola cultivars (*Brassica napus* L.) and Indian mustard (*B. juncea* L.). *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 10(3), 445-457. doi:<https://doi.org/10.22077/escs.2017.302.1062>