نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
سال چهاردهم / شماره دوم / تابستان ۱۴۰۳/ مقاله علمی-پژوهشی: صفحات ۷۳ تا ۹۳

بهبود کمی و کیفی عملکرد کاملینا (*Camelina sativa* L.) با استفاده از کود شیمیایی و زیستی نیتروژنه در تاریخ کاشت‌های مختلف

علی مومنی[۱]، علیرضا یدوی[۲*]، علی مرادی[۳] و اکبر همتی[۴]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۰۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۳۰)

چکیده

به‌منظور تعیین تاریخ کاشت مناسب و بررسی اثر منابع مختلف کود نیتروژنه بر کاملینا در شهرستان اقلید این آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه‌ی بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ اجرا شد. عامل اصلی شامل کودهای مختلف نیتروژنه در ۴ سطح (۱۰۰ درصد شیمیایی (۲۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار)، ۵۰ درصد شیمیایی (۱۲۵ کیلوگرم اوره در هکتار)+ کود زیستی نیتروژنه، ۷۵ درصد شیمیایی (۱۸۷ کیلوگرم اوره در هکتار برای تیمار ۷۵ درصد)+ کود زیستی نیتروژنه و عدم مصرف کود نیتروژنه) بود. عامل فرعی شامل چهار تاریخ کاشت (۲۰ شهریور ، ۴ مهر ، ۲۰ فروردین و ۴ اردیبهشت) بود. نتایج نشان داد که در تاریخ کاشت ۲۰ شهریور، بیشترین ارتفاع بوته (۴۹/۷ سانتی‌متر) حاصل شد اما بیشترین شاخص کلروفیل برگ (۶۹/۰)، درصد روغن دانه (۲۸/۲ درصد) و تعداد خورجین در بوته (۳۹۳ عدد) از تاریخ کاشت ۴ مهر ماه به‌دست آمد. همچنین با کاربرد ۷۵ درصد کود شیمیایی+ کود زیستی نیتروژنه در هر چهار تاریخ کاشت بیشترین عملکرد دانه و عملکرد زیستی حاصل شد که بیشترین آن به‌ترتیب با میانگین‌های ۲۷۹۱ ۶۷۴۹ کیلوگرم در هکتار مربوط به تاریخ کاشت چهار مهرماه بود. همچنین نتایج نشان داد در اکثر صفات مورد بررسی بین تیمار کاربرد ۷۵ کیلوگرم کود شیمیایی+ کود زیستی نیتروژنه و کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. با توجه به نتایج حاصله احتمالاً کاربرد ۷۵ درصد کود شیمیایی نیتروژنه + کود زیستی نیتروژنه و تاریخ‌های کاشت چهارم مهرماه برای کاملینا می‌تواند در منطقه اقلید قابل توصیه باشد.

واژه‌های کلیدی: ازتوباکتر، آزوسپریلیوم، درجه روز رشد، روغن، عملکرد دانه

۱، ۲ و ۳. به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد آگروتکنولوژی، استاد و دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران.
۳. استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، فارس، ایران.
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: Yadavi@yu.ac.ir

مقدمه

با افزایش جمعیت و بهبود سطح تغذیه و جایگزین شدن روغن نباتی به‌جای روغن حیوانی نیاز به توسعه کمی و کیفی دانه‌های روغنی رو به افزایش است (۳۷). گیاه کاملینا (*Camelina sativa*) گیاهی دانه روغنی و از تیره Brassicaceae بوده که منشأ این گیاه جنوب اروپا و جنوب غرب آسیا است. این گیاه به‌دلیل دارا بودن ۵۰ تا ۶۰ درصد اسیدهای چرب غیر اشباع مورد توجه بوده و به جهت دارا بودن اسیدهای چرب امگا ۳ در درمان سرطان مفید است (۴۰). برای حصول حداکثر عملکرد دانه و ترکیب اسیدهای چرب روغن کاملینا، تاریخ کاشت اهمیت ویژه‌ای دارد (۱). کاملینا سازگاری بیشتری به مناطق خنک دارد به‌طوری‌که افزایش دما بیش از ۲۷ درجه‌ی سانتی‌گراد در دوران گلدهی منجر به کاهش گرده‌افشانی می‌شود. افزایش دما در مرحله رسیدگی نیز به‌دلیل ریختن برگ‌ها و بلوغ زودرس ناشی از تنش دما باعث محدودیت منبع دانه می‌شود. کاهش در تعداد گل‌ها، اندازه و تعداد بذر تولید شده در هر خورجینک در اثر تنش دمایی، می‌تواند عملکرد دانه و روغن را کاهش دهد، اما در تاریخ کاشت مناسب، مدت لازم برای رشد محصول وجود دارد و گیاه می‌تواند قبل از گرم شدن هوا، دوره رسیدگی دانه را کامل کند؛ از این رو انتخاب تاریخ کاشت مناسب برای موفقیت تولید کاملینا در یک منطقه حائز اهمیت است (۳۶). سرعت تغییرات فیزیولوژیک گیاه تحت تأثیر درجه حرارت ناشی از تاریخ کاشت قرار می‌گیرد و استفاده از درجه حرارت به‌صورت درجه روز رشد (GDD) تغییرات فیزیولوژیک را بهتر نشان می‌دهد. برای تخمین زدن دوره رشد و نمو گیاهان و ارزیابی اقلیمی به استفاده از درجه روز رشد تأکید می‌شود و این امر موجب اتخاذ به روش صحیحی برای تولید گیاهان زراعی می‌شود (۱۴). احمدیان و مدن دوست (۲) اثر تاریخ کاشت پاییزه (۱۰، ۲۰ و ۳۰ آبان) و زمستانه (اول، ۱۰ و ۲۰ اسفند) را در شهرستان فسا روی گیاه کاملینا مورد بررسی قرار دادند و مشاهده نمودند تاریخ کاشت ۱۰ آبان ماه نسبت به سایر تاریخ‌های کاشت از ارتفاع، قطر ساقه و تعداد شاخه جانبی بیشتری برخوردار بودند. ارسکین و همکاران (۱۱) در مورد سویا گزارش کردند که تأخیر در کاشت باعث کاهش درصد روغن دانه و افزایش پروتئین دانه شد. بلودیس و گیل (۵) در بررسی اثر پنج تاریخ کاشت مختلف بر گیاه کلزا اظهار نمودند که تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، تعداد دانه در بوته و تعداد شاخه در بوته تحت تاثیر تاریخ کاشت قرار گرفت.

افزایش تولید در واحد سطح نیازمند بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه و استفاده صحیح از کودها (مقدار و زمان مصرف) است (۳۸). تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، به‌ویژه نیتروژن یکی از جنبه‌های مدیریت زراعی جهت رسیدن بـه این امر مهم است. گیاه کاملینا نیاز نسبتاً زیادی به نیتروژن دارد ولی عکس‌العمل آن به کود بستگی به شرایط محیطـی از جمله شرایط آب و هوایی منطقه، نوع خاک، رطوبت خاک و ژنوتیپ دارد (۱۶). در ایران مصرف بی‌رویه‌ی کودهای شیمیایی موجب بهم‌خوردن تعادل عناصر غذایی در خاک‌های زراعی شده است، بنابراین تأمین میزان مناسبی از نیازهای کودی گیاه عامل مؤثری در افزایش عملکرد و سودآوری بیشتر برای زارعین و رشد اقتصادی کشور خواهد بود. به‌دلیل تاثیر مقدار و زمان مصرف کود نیتروژن در عملکرد کاملینا تعیین مقادیر مناسب آن‌ها می‌تواند نقش بسیاری در افزایش عملکرد ایفا نماید (۴۰).

گرچه نیاز کاملینا به کوددهی، متوسط تا کم است، اما مطالعات نشان داده بسته به نوع خاک، عملکرد دانه کاملینا با استفاده از کودهای نیتروژنی به میزان قابل‌توجهی افزایش یافته است (۴۰). در یک مطالعه در غرب هیمالیای کشور هند، کاربرد ۱۳/۵ کیلوگرم نیتروژن عملکرد بذر را ۱۵ درصد و درصد روغن دانه را ۱۰ درصد نسبت به عدم کاربرد نیتروژن افزایش داد درحالی‌که افزایش نیتروژن از ۱۳/۵ به ۴۱/۴ کیلوگرم منجر به کاهش قابل‌توجه عملکرد دانه و درصد روغن شد (۲۱). در تحقیقی دیگر کاربرد ۳۴ کیلوگرم نیتروژن در هکتار منجر به افزایش عملکرد دانه و درصد پروتئین بذر شد، درحالی‌که درصد روغن دانه را کاهش داد (۸).

مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی در سال‌های اخیر صرف‌نظر از ایجاد آلودگی‌های زیست محیطی، باعث بروز مشکلاتی در خاک‌های زراعی شده است. پیامدهای زیان‌بار اقتصادی و زیست‌محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی و نیز توجه به قابلیت‌های ذاتی بسیار جالب توجه و متنوع موجودات خاکزی به‌ویژه ریزجانداران، موجب شده که یکی از مهم‌ترین و کاربردی‌ترین زمینه‌های مورد تحقیق در مطالعات علمی روز، تلاش برای تولید کودهای زیستی باشد (۳۳).

کود زیستی نیتروکسین حاوی مؤثرترین باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن آزاد از جنس *Azospirillum* و *Azotobacter* بوده که تعداد سلول زنده آن 10^8 عدد در هر گرم ماده حامل از هر یک از جنس‌های باکتری است. باکتری‌های موجود در کود زیستی نیتروکسین علاوه بر تثبیت نیتروژن هوا و متعادل کردن جذب عناصر اصلی پر مصرف و ریز مغذی مورد نیاز گیاه، با سنتز و ترشح مواد محرک رشد گیاه نظیر هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد مانند اکسین، ترشح اسیدهای آمینه، انواع آنتی بیوتیک‌ها و سیدروفورها، موجب رشد و توسعه ریشه و قسمت‌های هوایی گیاهان و افزایش عملکرد و کیفیت برتر می‌شود (۱۵). در تحقیقی روی کلزا بالاترین عملکرد زیستی (۱۰۴۰۱ کیلوگرم در هکتار) از تیمار کاربرد کود زیستی نیتروکسین و کمترین عملکرد زیستی (۳۸۷۵ کیلوگرم در هکتار) از تیمار شاهد به‌دست آمد (۱۰). در بررسی اثر کود زیستی نیتروکسین بر گیاه محققین نتیجه گرفتند که کمترین میزان عملکرد روغن در تیمارهای بدون کاربرد کود نیتروژن و زیستی به‌دست آمد که نسبت به بالاترین سطح حدود ۵۶ درصد اختلاف نشان داد (۷).

با توجه به مطالب بیان شده و همچنین پتانسیل بالای گیاه کاملینا در تحمل شرایط نامساعد محیطی، ورود این گیاه روغنی جدید با کاربردهای خوراکی، کنجاله و صنعتی در الگوی کشت شهرستان اقلید، می‌تواند نقش مهمی در تأمین روغن خوراکی با کیفیت یا غیرخوراکی کشور ایجاد کند. امروزه با توجه به اینکه نیاز به روغن‌های گیاهی با کیفیت بالا در حال افزایش است، در نتیجه مدیریت کود، یک عامل مهم در کشت گیاهان روغنی است. تحمل بالای کاملینا نسبت به شرایط نامساعد محیطی، باعث شد تا این محصول به‌عنوان یک گزینه مناسب جهت قرار گرفتن در الگوی تناوبی مورد توجه قرار گیرد. از این رو، هدف از انجام این آزمایش، بررسی تأثیر تاریخ کاشت و سطوح مختلف کودهای شیمیایی و زیستی نیتروژنه بر ویژگی‌های رشدی، عملکرد و مقدار روغن گیاه کاملینا در منطقه اقلید است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در ایستگاه تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی اقلید از استان فارس دارای طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۴۲ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۵۵ دقیقه است با ارتفاع ۲۳۷۵ متر از سطح دریا انجام گرفت. آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه‌ی بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. عامل اصلی شامل کودهای مختلف نیتروژنه در ۴ سطح (تامین ۱۰۰ درصد نیتروژن شیمیایی (۲۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار)، ۷۵ درصد نیتروژن شیمیایی (۱۸۷ کیلوگرم اوره در هکتار)+ کود زیستی نیتروژنه (میکروارگانیسم‌های تثبیت‌کننده نیتروژن)، ۵۰ درصد نیتروژن شیمیایی (۱۲۵ کیلوگرم اوره در هکتار) + کود زیستی نیتروژنه) و عدم مصرف کود نیتروژنه (شاهد) بود. عامل فرعی شامل چهار تاریخ کاشت (۲۰ شهریور ماه، ۴ مهر ماه، ۲۰ فروردین ماه و ۴ اردیبهشت ماه) بود. رقم مورد استفاده، سهیل، از ارقام زمستانه مناسب مناطق معتدل سرد و سرد بود. در مرحله‌ی آماده‌سازی زمین، نمونه‌های مرکب از خاک مزرعه از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری به‌صورت تصادفی تهیه شد. نتایج آزمون خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول (۱) ارائه شده است. اطلاعات داده‌های هواشناسی در قالب میانگین درجه حرارت و مجموع بارندگی ماهانه در فصول رویش گیاه از ایستگاه هواشناسی نزدیک به محل آزمایش به‌دست آمد (جدول ۲).

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکو شیمیایی خاک محل آزمایش

بافت خاک	رس	سیلت	شن	کربن آلی	نیتروژن	پتاسیم	فسفر	اسیدیته
	(درصد)					(میلی‌گرم بر کیلوگرم)		
لوم سیلتی	۱۸	۳۴	۴۸	۱/۴۸	۰/۱۴	۳۰۶	۱۰	۸/۲۳

جدول ۲. اطلاعات هواشناسی محل اجرای آزمایش

سال	۱۴۰۱							۱۴۰۲			
ماه	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر
میانگین درجه حرارت (سانتی‌گراد)	۱۶/۷	۲۹	۲۳	۱۷	۱۰	۱۳	۱۹	۲۴	۲۷	۳۴	۳۶
بارندگی (میلی‌متر)	۰	۰	۸	۱۵	۳۹/۵	۱۳/۵	۲	۱/۵	۱۷	۳	۰

پس از تسطیح زمین ابعاد هر یک از کرت‌های آزمایشی (کرت‌های فرعی) معادل ۵×۲ متر تعیین شد. هر کرت شامل ۴ پشته با فاصله ۵۰ سانتی‌متری بود. فاصله بین کرت‌های فرعی ۵۰ سانتی‌متر، فاصله بین کرت‌های اصلی ۱/۵ متر و فاصله بین تکرارها نیز ۳ متر در نظر گرفته شد. در دو طرف هر پشته بذور به‌صورت دو ردیف کاشت روی هر پشته با فاصله ۲۵ سانتی‌متر جهت ایجاد تراکم ۱۲۰ بوته در مترمربع کشت شد. کود نیتروژن از نوع اوره با داشتن ۴۶ درصد نیتروژن به‌صورت سرک در سه مرحله استفاده شد، به‌گونه‌ای که یک سوم آن قبل از کشت، یک سوم در مرحله ۶ تا ۸ برگی و یک سوم دیگر در مرحله ساقه‌دهی کاملینا به کرت‌های مربوط به هر تیمار اضافه شد. در تیمار دارای کود زیستی، بذور کاملینا با کود زیستی تهیه شده از موسسه آب و خاک کرج بذرمال (تلقیح) و سپس کشت شد. باکتری‌های مورد استفاده در کود زیستی نیتروژنه شامل *Azotobacter* sp. و *Azospirillum* sp. بودند. تعداد باکتری در واحد حجم نیز 10^7 و مقدار مصرف کود ۲ سی‌سی در لیتر بود. روی ردیف‌های کاشت بذور در عمق کمتر از ۱ سانتی‌متر و در تاریخ‌های کاشت مختلف کشت شد و اولین آبیاری (به‌صورت غرقابی) بلافاصله بعد از کشت و سایر آبیاری‌ها تا زمان استقرار بوته‌ها هر ۴ روز یکبار بود. در ادامه فصل رشد آبیاری‌ها به‌صورت هفتگی ادامه یافت. در طی فصل رشد و در صورت نیاز، کنترل علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام شد. با استفاده از آمار دمای روزانه از کاشت تا برداشت، میزان درجه روز رشد تجمعی (GDD) هر مرحله از رشد و نمو تمامی تیمارها، با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد.

$$GDD = \sum\left(\frac{(T_{max} - T_{min})}{2}\right) - Tb \qquad (۱)$$

در این رابطه Tmax بیشینه درجه حرارت هوا با حد بالایی ۳۷ درجه سانتی‌گراد، Tmin کمینه درجه حرارت هوا با حد پایین ۵ درجه سانتی‌گراد و Tb درجه حرارت پایه ۵ درجه سانتی‌گراد برای کاملینا بوده است (۳۰). برای اندازه‌گیری ارتفاع بوته، ۱۰ بوته در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک به‌صورت تصادفی انتخاب و میانگین آن‌ها برای هر کرت لحاظ شد. جهت اندازه‌گیری شاخص سبزینگی (SPAD)، در زمان گلدهی از ۱۰ بوته و از هر بوته ۵ برگ انتخاب و میزان سبزینگی با دستگاه SPAD-502 ساخت شرکت مینولتا کشور ژاپن قرائت شد و میانگین آن‌ها به‌عنوان شاخص سبزینگی یادداشت شد. اجزای عملکرد مورد بررسی تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شدند. برای تاریخ کاشت‌های ۲۰ شهریور و ۴ مهر برداشت در تاریخ ۱ تیرماه و برای تیمارهای تاریخ کاشت ۲۰ فروردین و ۴ اردیبهشت نیز در برداشت در ۱۵ تیر ماه صورت گرفت. برای تعیین عملکرد زیستی، عملکرد دانه و شاخص برداشت دو مترمربع از هر واحد آزمایشی با رعایت اثر حاشیه برداشت شد. درصد روغن دانه به‌وسیله دستگاه سوکسله با استفاده از پترولیوم بنزین محاسبه شد (۱۷). در نهایت تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از

نرم‌افزار آماری SAS انجام شد. مقایسه میانگین اثرات اصلی به روش LSD در سطح احتمال ۵ درصد و درصورت معنی‌دار بودن اثر متقابل، برش‌دهی انجام و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از رویه L.S.Means انجام شد.

نتایج و بحث

درجه روز رشد سبز شدن

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد اثر اصلی تاریخ کاشت بر درجه روز رشد سبز شدن کاملینا در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار شد اما اثر اصلی کود نیتروژنه و برهم‌کنش کود نیتروژنه و تاریخ کاشت معنی‌دار نشد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین تاریخ کاشت حاکی از آن است که با تأخیر در کاشت از ۲۰ شهریور ماه به ۴ اردیبهشت ماه از درجه روز رشد سبز شدن کاملینا کاسته شد و گیاهان با تأخیر در کاشت زودتر سبز شدند (جدول ۴). تاریخ کاشت ۲۰ شهریور با ۷۴/۱ درجه سانتی‌گراد از بیشترین و تاریخ کاشت ۴ اردیبهشت با ۱۹/۳ درجه سانتی‌گراد از کمترین درجه روز رشد سبز شدن برخوردار بودند و نتایج نشان داد بین تاریخ‌های کاشت ۴ مهر و ۲۰ فروردین اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴). دلیل کمتر بودن درجه روز رشد سبز شدن در تاریخ کاشت دوم و سوم (۴ مهرماه و ۲۰ فروردین ماه) عمدتاً به‌علت مصادف شدن زمان کاشت و بلافاصله پس از آن با بارندگی‌های پاییزه و بهاره و واکنش بیشتر به تأمین رطوبت بوده است که به نسبت از سرعت جوانه‌زنی و سبز شدن بیشتری برخوردار بودند درحالی‌که در تاریخ کاشت ۲۰ شهریور ماه به‌دلیل کمتر بودن رطوبت و افت دما در طی دوره چند روزه درصد پوشش سبز نسبت به سایر تاریخ‌های کاشت دیرتر مشاهده شده است. به همین دلیل درجه روز رشد در تاریخ کاشت اول (۲۰ شهریور) افزایش یافت. در تاریخ کاشت چهارم (۴ اردیبهشت) که کمترین درجه روز رشد مشاهد شد به‌نظر می‌رسد افزایش دما موجب تسریع در سبز شدن بذرها شده است. در تحقیقات مختلفی سرعت جوانه زنی و سبز شدن بیشتر را در تاریخ کاشت‌هایی که با دمای بالاتر مصادف بوده است، گزارش شده است که به‌صورت میزان درجه روز رشد کمتر سبز شدن نشان داده شده است (۲).

درجه روز رشد گلدهی کامل

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان‌دهنده‌ی معنی‌داری اثر کود نیتروژنه، تاریخ کاشت و برهم‌کنش آن‌ها در سطح احتمال خطای یک درصد بر درجه روز رشد گلدهی کامل بود. نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش تیمارها نشان داد که در تاریخ کاشت ۲۰ شهریور تیمار شاهد و تیمار کاربرد ۵۰ درصد کود شیمیایی + کود زیستی نیتروژنه با میانگین ۸۳۰ درجه سانتی‌گراد از بیشترین درجه روز رشد گلدهی کامل برخوردار بود که با تیمار کاربرد ۷۵ درصد کود شیمیایی + کود زیستی نیتروژنه که کمترین درجه روز رشد گلدهی کامل را داشت اختلاف ۲/۷۳ درصدی نشان داد (شکل ۱- الف). در تاریخ کاشت ۴ مهرماه تیمار شاهد با میانگین ۷۸۵ درجه سانتی‌گراد از بیشترین درجه روز رشد گلدهی کامل برخوردار بود و بین تیمارهای کاربرد ۷۵ درصد کود شیمیایی + کود زیستی نیتروژنه و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۱- الف). در تاریخ کاشت ۲۰ فروردین نیز تیمار کاربرد ۵۰ درصد کود شیمیایی + کود زیستی نیتروژنه با میانگین ۹۳۱ درجه سانتی‌گراد از بیشترین درجه روز رشد گلدهی کامل برخوردار بود. همچنین مشاهده شد در تاریخ کاشت ۴ اردیبهشت تمامی سطوح کودی در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۱- الف). این نتایج نشان می‌دهد که افزایش مصرف کود نیتروژن در هر سه تاریخ کاشت سبب کاهش درجه روز رشد گلدهی کامل می‌شود و همچنین با تأخیر در کاشت به‌دلیل مواجه شدن با دماهای بالاتر طی دوره رشد رویشی نمو گیاه تسریع می‌یابد که تاریخ کاشت ۴ اردیبهشت این مبحث را توجیه می‌کند. چرا که نسبت به سایر تاریخ‌های کاشت با درجه روز رشد کم‌تری گلدهی خود را کامل نموده است.

جدول ۳. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کود نیتروژنه و تاریخ کاشت بر برخی صفات کاملینا

منابع تغییرات	درجه آزادی	درجه روز رشد سبز شدن	درجه روز رشد گلدهی کامل	درجه روز رشد رسیدگی کامل	ارتفاع بوته	شاخص کلروفیل برگ	درصد روغن دانه	تعداد خورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین	وزن هزار دانه
تکرار	۲	۱۴/۱	۲۲۰۵	۶۲۶۱	۲۰/۳	۰/۳۵	۲/۲	۱۱۳۲/۲	۰/۲۴	۰/۰۰۰۴
کود نیتروژنه	۳	۹۱/۱^{ns}	۳۷۵**	۸۳۸۳**	۱۱/۶*	۵۴۳*	۳۰۳**	۱۱۲۳۷**	۰/۰۳^{ns}	۰/۰۲**
خطای عامل اصلی	۶	۹۷/۶	۲۱۱	۵۸۳	۱/۶	۲/۱	۳/۳	۸۹۸	۰/۱	۰/۰۰۱
تاریخ کاشت	۳	۷۱۱۳**	۳۲۹۳۵**	۱۶۱۹۱۲**	۴۲۸**	۵۴۶*	۱۸۰**	۷۸۸۴۵**	۰/۷**	۰/۰۴**
تاریخ کاشت× کود نیتروژنه	۹	۸۵/۵^{ns}	۱۴۶۱۴**	۳۲۸۰۹**	۶/۲^{ns}	۳/۴^{ns}	۲/۱^{ns}	۱۴۹۶^{ns}	۰/۸**	۰/۰۰۲*
خطای عامل فرعی	۲۴	۶۳/۹	۳۸۱	۱۰۵۲۸	۴/۸	۶/۲	۲/۴	۱۰۲۸	۰/۲	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات (درصد)		۲۰/۷	۲/۴	۲/۸	۵/۱	۴/۱	۱/۵	۱۱/۵	۶/۳	۲/۹

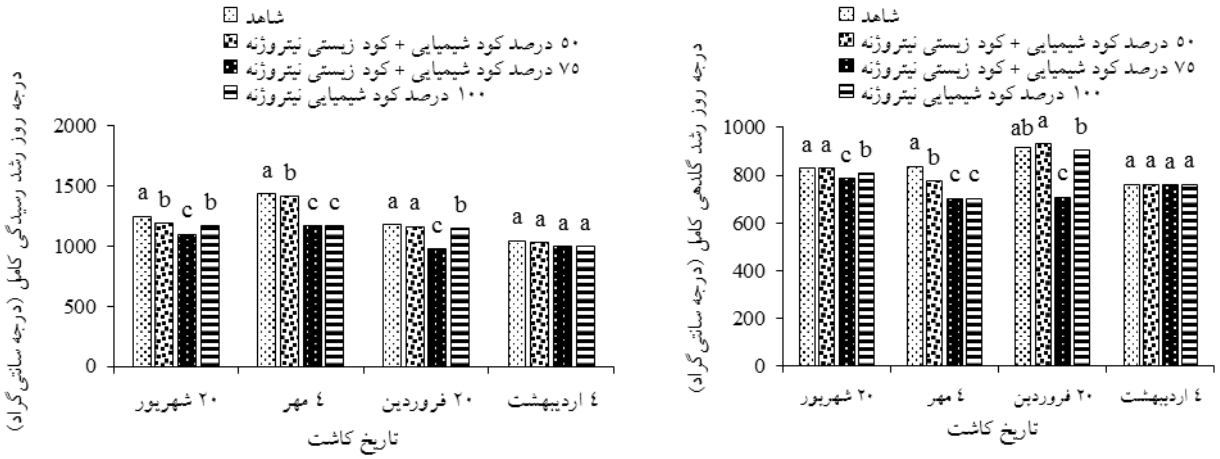
ns، * و ** به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌داری در سطوح خطای احتمال ۵ درصد و ۱ درصد را نشان می‌دهد.

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر اصلی تاریخ کاشت بر درجه روز رشد سبز شدن در کاملینا

عامل‌های آزمایش / تاریخ کاشت	درجه روز رشد سبز شدن (درجه سانتی‌گراد)
۲۰ شهریور	۷۴/۲^{a}
۴ مهر	۳۰/۳^{b}
۲۰ فروردین	۳۰/۰^{b}
۴ اردیبهشت	۱۹/۳^{c}

میانگین‌ها با حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال خطای پنج درصد می‌باشد.

الف **ب**



شکل ۱. مقایسه میانگین برهم‌کنش کود نیتروژن و تاریخ کاشت برای درجه روز رشد گلدهی کامل (الف) و درجه روز رشد رسیدگی کامل (ب) در کاملینا. مقایسه میانگین با استفاده از رویه L.S.Means انجام شده و در هر سطح تاریخ کاشت، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

درجه روز رشد رسیدگی کامل

براساس جدول ۳ تیمارهای کود نیتروژنه و تاریخ کاشت، همچنین برهم‌کنش کود نیتروژنه و تاریخ کاشت بر صفت درجه روز رشد طول دوره گلدهی در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش تیمارها نشان داد که در تاریخ کاشت ۲۰ شهریور تیمار شاهد کود دهی با میانگین ۱۲۴۸ درجه سانتی‌گراد از بیشترین درجه روز رشد رسیدگی کامل برخوردار بود که با تیمار کاربرد ۷۵ درصد کود شیمیایی + کود زیستی نیتروژنه که کمترین درجه روز رشد گلدهی کامل را داشت اختلاف ۱۳/۷ درصدی نشان داد (شکل ۱– ب). در تاریخ کاشت ۴ مهرماه تیمار شاهد با میانگین ۱۴۳۴ درجه سانتی‌گراد از بیشترین درجه روز رشد رسیدگی کامل برخوردار بود و بین تیمارهای کاربرد ۷۵ درصد کود شیمیایی + کود زیستی نیتروژنه و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۱– ب). در تاریخ کاشت ۲۰ فروردین نیز تیمار شاهد با میانگین ۱۱۷۵ درجه سانتی‌گراد از بیشترین درجه روز رشد گلدهی کامل برخوردار بود که با تیمار کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژنه در یک گروه آماری قرار گرفتند. همچنین مشاهده شد در تاریخ کاشت ۴ اردیبهشت تمامی سطوح کودی در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۱– ب). احتمالاً به‌دلیل تأمین نشدن نیاز غذایی در اوایل دوره رشد گیاه کاملینا و همچنین عدم وجود کودهای شیمیایی و زیستی در شاهد باعث طولانی‌تر شدن دوره رشد و به طبع آن بیشتر شدن نیاز حرارتی آن شده است. تاریخ کاشت دیرهنگام نیز به‌دلیل مواجه شدن با دماهای بالاتر طی دوره رشد رویشی، نمو گیاه تسریع می‌یابد که تاریخ کاشت ۴ اردیبهشت نشان‌دهنده آن است چرا که نسبت به سایر تاریخ‌های کاشت با درجه روز رشد کم‌تری رسیدگی خود را کامل نموده است.

ارتفاع بوته

جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد اثر کود نیتروژنه و تاریخ کاشت هر یک به‌تنهایی بر ارتفاع بوته کاملینا در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار شد اما برهم‌کنش آن‌ها معنی‌دار نشد. نتایج مقایسه میانگین اثر کود نیتروژنه نشان داد بیشترین ارتفاع بوته با میانگین ۴۳/۲۰ سانتی‌متر از تیمار کاربرد ۷۵ درصد کود شیمیایی + کود زیستی نیتروژنه و کم‌ترین آن با میانگین ۴۱/۰۰ سانتی‌متر از تیمار عدم کاربرد کود نیتروژنه حاصل شد که با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند. همچنین بین تیمارهای کاربرد ۵۰ درصد کود شیمیایی + کود زیستی نیتروژنه، ۷۵ درصد کود شیمیایی + کود زیستی نیتروژنه و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژنه از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵). در بررسی اثر تاریخ کاشت بر ارتفاع بوته مشخص شد در تاریخ کاشت ۲۰ شهریور ماه با میانگین ۴۳/۲ سانتی‌متر بیشترین ارتفاع بوته حاصل شد که با تاریخ کاشت ۴ اردیبهشت که با میانگین ۳۷/۳ سانتی‌متر کمترین ارتفاع بوته را نشان داد، اختلاف ۲۹ درصدی داشتند (جدول ۵). کاهش ارتفاع گیاه در تاریخ کاشت دیرهنگام، عمدتاً می‌تواند ناشی از کوتاه‌شدن فواصل میان گره‌ها در اثر تغییر طول روز و کوتاه شدن دوره رشد رویشی باشد، از طرفی کشت زودهنگام باعث استقرار مناسب گیاه شده و نهایتاً این امر منجر به افزایش طول بوته می‌شود. ارتفاع گیاه یک صفت ژنتیکی است، اما می‌تواند تحت تأثیر مدیریت‌های خوب مزرعه‌ای و شرایط اقلیمی قرار گیرد (۳).

به نظر می‌رسد تأخیر در کاشت باعث ورود سریع گیاه به فاز زایشی شده، در تاریخ کاشت ۲۰ فروردین و ۴ اردیبهشت گیاه فرصت لازم برای فتوسنتز و اختصاص مواد فتوسنتزی کافی به بخش‌های رویشی را نداشته و صفت ارتفاع بوته به طور معنی‌داری کاهش یافته است. ناظری و همکاران (۲۶) بیان نمودند با تأخیر در کاشت از ارتفاع بوته‌های کلزا کاسته شد آنان علت اصلی این امر را تشدید تنش رطوبتی در کاشت‌های تأخیری ذکر نمودند. با تأخیر در کاشت، ارتفاع بوته به میزان ۵ سانتی‌متر کاهش یافت. مصرف مقادیر بالاتر کودهای شیمیایی با گسترش سطح ریشه و افزایش جذب آب و عناصر از خاک، موجب تحریک رشد رویشی گیاه شده و دوره رویشی را

جدول ۵. مقایسه میانگین اثرات نیتروژن و تاریخ کاشت برای تعداد خورجین در بوته در کاملینا

عامل‌های آزمایش	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	شاخص کلروفیل برگ	روغن دانه (درصد)	تعداد خورجین در بوته
نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)				
عدم مصرف کود نیتروژنه	۴۱/۰^{b}	۵۰/۷^{d}	۲۹/۴^{a}	۲۳۹^{c}
۵۰ درصد کود شیمیایی + کود زیستی نیتروژنه	۴۲/۹^{a}	۶۱/۱^{c}	۲۶/۲^{b}	۲۸۳^{ab}
۷۵ درصد کود شیمیایی + کود زیستی نیتروژنه	۴۳/۲^{a}	۶۴/۱^{b}	۱۸/۵^{d}	۳۱۳^{a}
۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژنه	۴۲/۷^{a}	۶۵/۷^{a}	۲۰/۶^{c}	۲۷۹^{b}
تاریخ کاشت				
۲۰ شهریور	۴۹/۷^{a}	۶۲/۳^{b}	۲۵/۳^{b}	۲۷۸^{b}
۴ مهر	۴۴/۹^{b}	۶۹^{a}	۲۸/۲^{a}	۳۹۳^{a}
۲۰ فروردین	۳۷/۸^{c}	۵۶/۶^{c}	۲۱/۸^{c}	۲۲۴^{c}
۴ اردیبهشت	۳۷/۳^{c}	۵۳/۸^{d}	۱۹/۴^{d}	۲۱۹^{c}

میانگین‌ها با حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال خطای پنج درصد می‌باشد.

افزایش داده و از طریق افزایش سطح برگ و سطح فتوسنتزی گیاه، میزان آسیمیلات‌هایی را که در اختیار گیاه قرار می‌گیرد، افزایش و درنتیجه از طریق تقسیم و طویل شدن سلول‌ها موجب افزایش ارتفاع گیاه می‌شوند (۴).

پژوهشگران، افزایش رشد ناشی از مصرف کودهای زیستی را به اثرات مستقیم این ریزموجودات در تولید ترکیبات مختلف، تسهیل جذب عناصر، افزایش فراهمی عناصر معدنی خاک (مانند تثبیت نیتروژن)، تولید مواد تنظیم‌کننده رشد از قبیل اکسین‌ها، جیبرلین‌ها و یا از طریق ساخت آنزیم‌های دخیل در رشد و نمو گیاه، تولید ترشحات حل‌کننده و کاهش اسیدیته خاک می‌دانند (۳۱). در این پژوهش نیز باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم موجود در کود زیستی احتمالاً از طریق تولید هورمون‌های محرک رشد از جمله اکسین و جیبرلین، منجر به افزایش ارتفاع در کاملینا شدند. اکسین‌ها موجب تقسیمات سلولی بیشتر و جیبرلین و مشتقات آن، سبب افزایش رشد طولی سلول‌ها به‌ویژه میانگره‌های ساقه می‌شوند (۱۹).

شاخص کلروفیل برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده معنی‌داری اثر اصلی کود نیتروژنه و تاریخ کاشت در سطح احتمال خطای یک درصد و عدم معنی‌داری برهم‌کنش کود نیتروژنه و تاریخ کاشت بر شاخص کلروفیل برگ در کاملینا بود (جدول ۳). نتایج اثر اصلی کود نیتروژنه بر شاخص کلروفیل برگ نشان داد با افزایش سطوح کودی مورد استفاده به شاخص کلروفیل برگ افزوده شد. بیشترین و کمترین شاخص کلروفیل به‌ترتیب با میانگین‌های ۶۵/۷ و ۵۰/۷ از تیمارهای کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژنه و تیمار شاهد حاصل شد (جدول ۵).

مقایسه میانگین اثر تاریخ کاشت بر شاخص کلروفیل نیز حاکی از کاهش این صفت با تأخیر در کاشت است. تاریخ کاشت ۴ مهر با میانگین ۶۹ از حداکثر شاخص کلروفیل برگ و تاریخ کاشت ۴ اردیبهشت با میانگین ۵۳/۸ از حداقل شاخص کلروفیل برگ برخوردار بود که اختلاف بین آن‌ها ۲۸/۳ درصد برآورد شد (جدول ۵)

در مورد تأثیر مثبت نیتروژن بر شاخص کلروفیل می‌توان گفت عمده رنگدانه‌های برگ از جمله کلروفیل دارای واحد نیتروژنی هستند و از این رو استفاده از نیتروژن می‌تواند سبب افزایش شاخص کلروفیل در ساختار برگ و ایجاد رنگ تیره در برگ گردد. همچنین بالا بودن میزان سبزینگی با کاربرد کود

نیتروژن، احتمالاً به‌علت وجود رابطه مثبت بین غلظت نیتروژن و مقدار سبزینگی در گیاهان کوددهی شده باشد و کاربرد کود نیتروژن در پژوهش حاضر موجب افزایش محتوای نیتروژن نیز شد. کود شیمیایی نیتروژن باعث می‌شود که میزان نیتروژن در دسترس گیاه افزایش یابد، پس جذب و انتقال آن به برگ‌ها افزایش می‌یابد و درنتیجه سنتز کلروفیل بیشتر می‌شود (۳۹). باکتری‌های محرک رشد توانایی تولید اکسین و قابلیت انحلال فسفات‌های معدنی و تولید سیدروفور را دارند، به‌نظر می‌رسد باکتری‌های محرک رشد با استفاده از سازوکارهای ذکر شده در بالا بردن شاخص کلروفیل برگ مؤثر باشند. باکتری‌های محرک رشد باعث بهبود جذب عناصر غذایی مانند نیتروژن و فسفر و درنتیجه افزایش رشد ریشه می‌شود. افزایش رشد ریشه نیز موجب افزایش تولید کلروفیل از طریق بهبود جذب عناصری مانند منیزیم، منگنز و روی می‌شود (۱۰).

در رابطه با تاثیر تاریخ کاشت نیز احتمالاً تأخیر در کاشت سبب کاهش سطح برگ شده و درنتیجه شاخص کلروفیل در تاریخ کاشت دیرهنگام کاهش یافته است. تأخیر در کاشت، شاخص کلروفیل برگ را کاهش می‌دهد، از سوی دیگر نفوذ نور در کف سایه انداز گیاهی تحت تأثیر رشد رویشی گیاه قرار می‌گیرد که درنتیجه با تأخیر در تاریخ کاشت شاخص سطح برگ و تداوم سطح برگ در دوره زایشی کاهش می‌یابد و در نهایت سبب کاهش جذب تشعشع فعال فتوسنتزی در دوره زایشی می‌شود (۱۹).

درصد روغن دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر اصلی کود نیتروژنه و تاریخ کاشت هر یک به‌تنهایی در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار شد اما برهم‌کنش آن‌ها بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر کود نیتروژنه، نشان از کاهش درصد روغن دانه با افزایش سطوح کودی مورد استفاده داشت. حداکثر درصد روغن دانه (۲۹/۴ درصد) از تیمار عدم کاربرد کود نیتروژنه و حداقل درصد روغن نیز (۱۸/۵ درصد) از کاربرد ۷۵ درصد کود شیمیایی + کود زیستی نیتروژنه حاصل شد (جدول ۵). مقایسه میانگین اثر اصلی تاریخ کاشت نیز نشان داد که با تاخیر در کاشت از کشت پاییزه (زودهنگام) به کشت بهاره (دیرهنگام) از درصد روغن دانه کاسته شد. به‌گونه‌ای که بیشترین درصد روغن دانه از تاریخ کاشت ۴ مهر (۲۸/۱ درصد) و کمترین آن از تاریخ کاشت ۴ اردیبهشت (۱۹/۴ درصد) حاصل شد که تأخیر در کاشت موجب کاهش ۳۱/۲ درصدی در درصد روغن دانه شد (جدول ۵).

از آنجایی که افزایش میزان پروتئین دانه رابطه مستقیم با افزایش مصرف نیتروژن دارد، به‌نظر می‌رسد که با افزایش مقدار نیتروژن، تشکیل پیش‌زمینه‌های پروتئینی نیتروژن‌دار، بیشتر شده و بنابراین تشکیل پروتئین در تهیه مواد فتوسنتزی بیشتر شده و مواد در دسترس برای سنتز اسیدهای چرب کاهش می‌یابند، در نتیجه مواد فتوسنتزی بیشتری به تشکیل پروتئین اختصاص یافته و پتانسیل تولید روغن کاهش خواهد یافت. این عامل به‌طور مشخص در کلزا باعث کاهش میزان درصد روغن دانه می‌شود (۲۷). در پژوهش نصراله‌زاده و احمد (۲۵) نتایج نشان داد که با افزایش مصرف کود اوره درصد روغن دانه کاهش یافت. به‌طوری‌که بیشترین درصد روغن دانه آفتابگردان (۴۶ درصد) در تیمار شاهد بدون کود حاصل شد. باکتری نیتروکسین نیز احتمالاً با در اختیار قرار دادن نیتروژن بیشتر برای گیاه موجب افزایش درصد نیتروژن در دانه می‌شود، که همین عامل موجب افزایش درصد پروتئین در دانه و کاهش درصد روغن دانه می‌شود (۱۹). بررسی‌های یوسف‌پور و همکاران (۳۹) نشان دادند که در تیمار تلقیح شده با باکتری‌های محرک رشد، درصد روغن آفتابگردان نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح) کاهش یافته است. کمترین درصد روغن نیز در استفاده از کودهای زیستی به‌دست آمد (۳۹). به‌نظر می‌رسد در این آزمایش اثرات مثبت کودهای زیستی از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی سبب افزایش فتوسنتز شده و این امر موجب تولید آسیمیلات بیشتر و بهبود رشد شده است و درصد پروتئین افزایش یافته که در نهایت موجب کاهش درصد روغن دانه گیاه

در مقایسه با تیمار عدم تلقیح شده است.

در توجیه نتایج مربوط به تاریخ کاشت نیز بایستی اظهار داشت که تأخیر در کاشت سبب کوتاه شدن فصل رشد و فاصله گرفتن گیاه از شرایط مناسب رشد می‌شود. این عوامل باعث می‌شود که گیاه پتانسیل لازم جهت فرآیندهای متابولیک را نداشته باشد، درنتیجه سنتز متابولیت‌های اولیه و ثانویه در گیاه دچار اختلال شده و بر میزان روغن دانه اثر منفی می‌گذارد (۲۲). همچنین علت کاهش درصد روغن در تاریخ های کاشت آخر را می‌توان به‌دلیل افزایش درجه حرارت در مرحله پرشدن دانه‌ها و کاهش فتوسنتز خالص ذکر کرد. چرا که رسیدگی و برداشت دانه برای این تاریخ کاشت به اواسط تیرماه ختم شد. در این حالت، درصد کمتری از مواد ساخته شده و کربوهیدرات‌ها به روغن تبدیل می‌شوند (۱).

تعداد خورجین در بوته

اثر کود نیتروژنه و تاریخ کاشت هر یک به‌تنهایی در سطح احتمال خطای یک درصد بر تعداد خورجین در بوته معنی‌دار شو ولی برهم‌کنش فاکتورهای آزمایش بر صفت مذکور معنی دار نشد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر کود نیتروژنه بر تعداد خورجین در بوته نشان داد با کاربرد ۷۵ درصد کود شیمیایی + کود زیستی نیتروژنه بیشترین تعداد خورجین در بوته (۳۱۳ عدد) به‌دست آمد که نسبت به تیمارهای عدم کاربرد کود نیتروژنه، کاربرد ۵۰ درصد کود شیمیایی + کود زیستی نیتروژنه و کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی تعداد خورجین در بوته را به‌ترتیب ۳۱/۲، ۱۰/۶ و ۱۲/۲ درصد افزایش داد (جدول ۵). مقایسه میانگین اثر تاریخ کاشت بر تعداد خورجین در بوته نیز نشان داد که تاریخ کاشت ۴ مهرماه از بیشترین تعداد خورجین در بوته (۳۹۳ عدد) و تاریخ کاشت ۴ اردیبهشت از کمترین تعداد خورجین در بوته (۲۱۹ عدد) برخوردار بود که تاخیر در کاشت موجب کاهش ۴۴/۲ درصدی در تعداد خورجین در بوته شد (جدول ۵).

به‌نظر می‌رسد که اثر کود نیتروژن در افزایش رشد معمولاً در تولید تعداد زیاد غلاف در مترمربع است و تأثیر ناچیزی بر اجزایی که دیرتر تشکیل می‌شوند دارد. زیرا به‌دلیل وجود رقابت بین بوته‌ای، کاهش مصرف نیتروژن سبب افزایش درصد ریزش گل‌ها در حین تلقیح یا پس از آن و کوتاه شدن مرحله گلدهی می‌شود، لذا افزایش مصرف نیتروژن به‌دلیل کاهش میزان درصد ریزش گل‌ها و افزایش سطح سبز گیاهی و تعداد شاخه‌های فرعی در گیاه منجر به افزایش تولید مواد فتوسنتزی و تولید غلاف در گیاه در واحد سطح می‌شود (۲۸). در همین راستا، کوچکی و همکاران (۱۹) مشاهده نمودند با کاربرد کود نیتروکسین تعداد غلاف در بوته گیاه کلزای بهاره افزایش ۱۲ درصدی نسبت به تیمار شاهد نشان داد.

تأخیر در کاشت باعث می‌شود که گیاه در شرایط نامساعد محیطی به گل رفته و در اثر گرما، تعدادی از گل‌ها عقیم مانده و ریزش نمایند و گیاه در اثر بالا بودن دمای محیط در مدت زمان کمتری نیاز حرارتی خود را تأمین کند (که با شرایط محیطی منطقه تطبیق دارد)، در این حالت طول دوره گلدهی کوتاه شده و پتانسیل تولید خورجین کاهش می‌یابد (۲۲). ظاهراً با برخورد گیاهان تاریخ کاشت سوم و چهارم (۲۰ فروردین، ۴ اردیبهشت) با شرایط نامساعد محیطی و دماهای بالا میزان تلقیح و درنتیجه تعداد خورجین در بوته کاهش یافته است و یا با کاهش طول دوره رشد رویشی و فتوپریود، تعداد خورجین در بوته کاهش می‌یابد (۲۶). در پژوهش حاضر به‌نظر می‌رسد که فراهمی رطوبت طی دوره‌ی رشد گیاه و تاریخ کاشت زود هنگام، سبب افزایش رشد رویشی و به‌دنبال آن، افزایش تعداد خورجین در بوته شده است و دمای بالا در مرحله گلدهی و کشت دیر هنگام، باعث برخورد گیاه با درجه حرارت‌های بالای انتهای فصل و درنتیجه کاهش تعداد خورجین در بوته شده است. از آن جا که دانه مخزن مواد فتوسنتزی است هرچه تعداد دانه بیشتر باشد ذخیره مواد فتوسنتزی افزایش یافته و منجر به افزایش عملکرد دانه می‌شود اما کاشت دیرهنگام باعث می‌شود طول دوره گلدهی کمتر شده و پتانسیل تولید دانه نیز کاهش یابد. اما استفاده از نیتروژن به سبب تأمین نیتروژن گیاه، تعداد

مقصدهای فتوسنتزی (دانه‌ها) را افزایش می‌دهد و به نوبه خود منجر به انتقال کارآمد فرآورده‌های فتوسنتز در طول تشکیل دانه‌ها می‌شود (۳۸).

تعداد دانه در خورجین

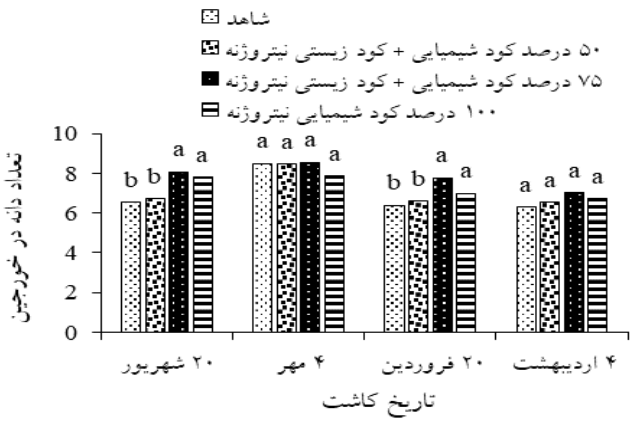
اثر تاریخ کاشت و برهم‌کنش کود نیتروژنه و تاریخ کاشت در سطح احتمال خطای یک درصد بر تعداد دانه در خورجین کاملینا معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش کود نیتروژنه و تاریخ کاشت حاکی از آن است که به‌طور کلی بیشترین تعداد دانه در خورجین در تاریخ کاشت ۴ مهرماه حاصل شد و همچنین در هر چهار تاریخ کاشت، تیمار کودی کاربرد ۷۵ درصد کود شیمیایی + کود زیستی نیتروژنه از بیشترین تعداد دانه در خورجین برخوردار بود (شکل ۲– الف). رابطه مستقیمی بین میزان ماده خشک تولید شده قبل از مرحله گلدهی با تعداد نهایی دانه کاملینا وجود دارد (۳۶). تاخیر در کاشت کاملینا سبب کوتاه شدن مرحله رویشی گیاه شده و در نتیجه گیاه در زمان مناسب به شاخص سطح برگ مطلوب نمی‌رسد. به همین دلیل علاوه بر کاهش میزان ماده خشک تولید شده در مرحله رویشی، گیاه قادر به تولید شیره پرورده کافی برای پر کردن دانه‌های تشکیل شده به‌خصوص دانه‌های موجود در خورجین‌های روی شاخه فرعی نیست و بر این اساس، تعداد نهایی دانه کاهش یافته و از سوی دیگر درصد پوکی دانه در کشت دیر هنگام افزایش می‌یابد (۲۹).

افزایش تعداد دانه در خورجین همراه با افزایش سطح نیتروژن را می‌توان به تأثیر مثبت آن در لقاح و تشکیل دانه به‌دلیل رشد و تغذیه بهینه نسبت داد. نتایج دیگر تحقیقات انجام شده نیز نشان می‌دهد که با افزایش نیتروژن بر تعداد دانه‌های موجود در خورجین افزوده می‌شود، به‌عبارت دیگر، گیاه کاملینا نیتروژن را جهت تولید غلاف و دانه‌های بیشتر مصرف نموده و افزایش این دو جزء از عملکرد، موجب افزایش عملکرد دانه می‌شود (۲۱). نتایج پژوهش نوریانی (۲۷) بر کلزا همسو با نتایج این پژوهش نشان داد با افزایش سطوح نیتروژن تعداد دانه در غلاف افزایش یافت. استفاده از باکتری‌های نیتروکسین، با فراهمی برخی عناصر مهم از جمله نیتروژن و فسفر و ریزمغذی‌ها سبب بهبود صفت تعداد دانه در غلاف می‌شوند (۲۰). مصرف تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی نیتروژنه با فراهمی مداوم عناصر غذایی که در فرایندهای رویشی و زایشی تأثیر مهمی دارند، توانست تعداد دانه در خورجین را تا حد زیادی افزایش دهد. باکتری تثبیت‌کننده نیتروژن از طریق تثبیت نیتروژن و انتقال آن به سلول‌های گیاه، سبب بهبود رشد، افزایش فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی می‌شود که این امر، افزایش تعداد دانه در غلاف کلزا را در پی دارد (۲۰).

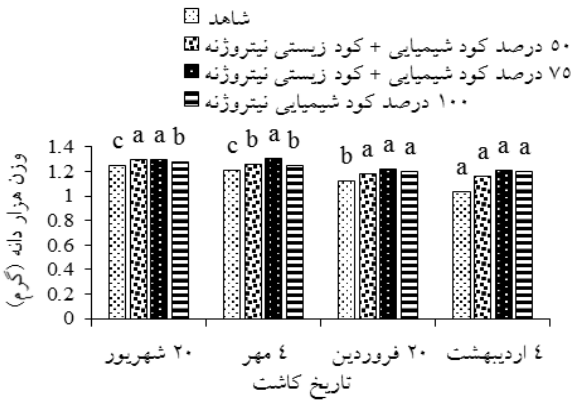
وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی کود نیتروژنه و تاریخ کاشت در سطح احتمال یک درصد و برهم‌کنش کود نیتروژنه و تاریخ کاشت در سطح احتمال خطای پنج درصد بر وزن هزار دانه در کاملینا معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش کود نیتروژنه و تاریخ کاشت نشان داد که در هر چهار تاریخ کاشت (۲۰ شهریور، ۴ مهر، ۲۰ فروردین و ۴ اردیبهشت) کاربرد ۷۵ درصد کود شیمیایی + کود زیستی نیتروژنه بالاترین وزن هزار دانه را داشت و با تأخیر در کاشت از وزن هزار دانه کاسته شد (شکل ۲– ب). در تاریخ کاشت اول و دوم، طول دوره رویشی بوته‌ها بیشتر بوده و بوته‌ها به حداکثر توان رویشی خود رسیده و مواد فتوسنتزی بیشتری از آن‌ها بارور شده و به دانه تبدیل شدند و درنتیجه تعداد دانه افزایش یافت، چنین به‌نظر می‌رسد که در تاریخ‌های کشت دیرهنگام به‌دلیل کوتاه شدن دوره رشد رویشی و کاهش پتانسیل فتوسنتزی گیاه وزن هزار دانه کاهش پیدا کرد (۶). برخی مطالعات نشان داده است که غلاف‌های در حال پر شدن نسبت به غلاف‌های جوان، از نظر دریافت مواد فتوسنتزی در اولویت هستند و مواد فتوسنتزی بیشتری به سمت آن‌ها اختصاص می‌یابد (۴۰). احمدیان و مدن‌دوست (۲) با بررسی کاملینا گزارش کردند که افزایش طول مدت پر شدن دانه در

الف



ب



شکل ۲. مقایسه میانگین برهم‌کنش کود نیتروژن و تاریخ کاشت برای تعداد دانه در خورجین (الف) و وزن هزار دانه (ب) در کاملینا. مقایسه میانگین با استفاده از رویه L.S.Means انجام شده و در هر سطح تاریخ کاشت، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

کاملینا، سبب افزایش وزن صد دانه می‌شود و هر عاملی از قبیل تأخیر در کاشت و یا تنش رطوبت، سبب کاهش طول دوره پر شدن دانه می‌شود و وزن صد دانه را کاهش می‌دهد. وزن هزار دانه مستقیماً تحت تأثیر جریان مواد فتوسنتزی بعد از گرده‌افشانی است. این مواد می‌توانند از فتوسنتز جاری گیاه و یا انتقال مجدد مواد ذخیره شده در ساقه‌ها، برگ‌ها و یا غلاف‌ها تأمین شوند و وزن هزار دانه یکی از اجزای اصلی عملکرد دانه کاملینا بوده و کاهش یا افزایش آن می‌تواند نقش زیادی در کاهش یا افزایش عملکرد دانه داشته باشد (۸). در آزمایش بخشنده و همکاران (۶) اثر نیتروژن بر گیاه کلزا مورد مطالعه قرار گرفت و مشخص شد که در سطوح بالای نیتروژن به‌دلیل افزایش مواد غذایی قابل حصول و بهبود توانایی گیاه در استفاده از شرایط محیطی جهت انجام فتوسنتز، سبب افزایش وزن هزار دانه شده است.

فتحی و همکاران (۱۲) اظهار داشتند که دانه‌های با وزن بالاتر، از طول دوره پر شدن طولانی‌تری نسبت به دانه‌های با وزن کمتر برخوردار هستند. احتمالاً باکتری‌های موجود در کود زیستی نیتروکسین از طریق تثبیت نیتروژن برای گیاه، ابتدا با افزایش شاخص کلروفیل برگ موجب آسیمیلاسیون بیشتر و تولید مواد فتوسنتزی شده و درنتیجه سبب پر شدن و افزایش وزن دانه می‌شوند. در همین راستا نتایج آزمایش سجادی‌نیک و همکاران (۳۱) نشان داد، تلقیح بذر با کود زیستی نیتروکسین افزایش معنی‌دار ۷ درصدی بر وزن هزار دانه‌ی کنجد ایجاد کرده است. همچنین آن‌ها اظهار داشتند نیتروکسین می‌تواند با تشدید فعالیت فتوسنتزی و افزایش عناصر غذایی درون گیاه، تأثیر مثبتی بر وزن هزار دانه داشته باشند.

عملکرد دانه

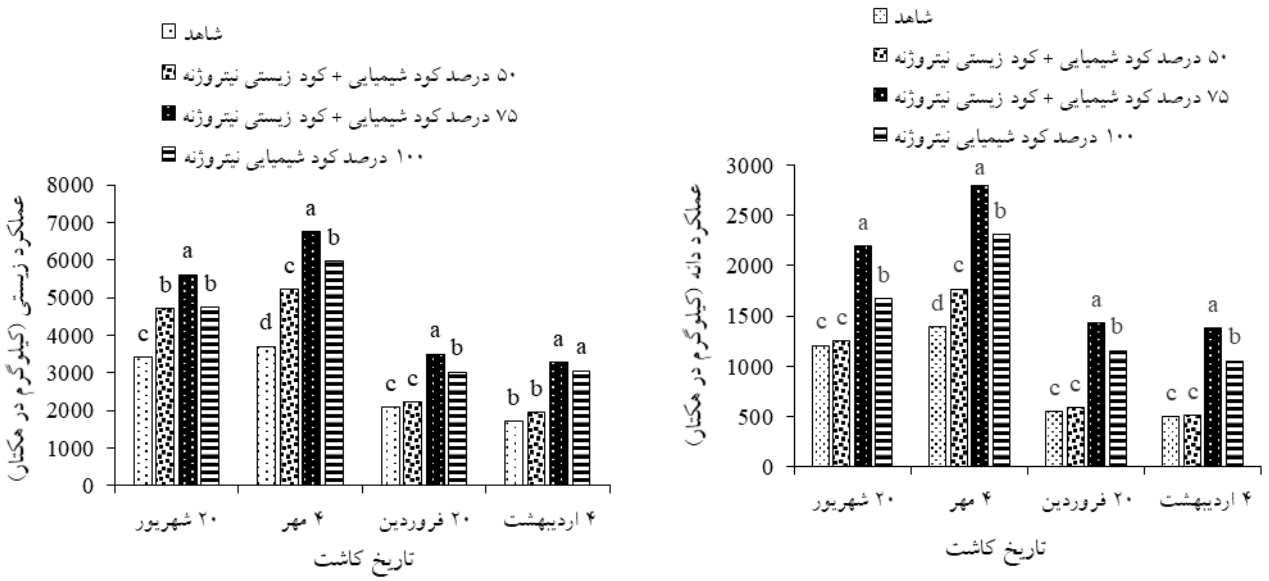
نتایج نشان داد که اثرات کود نیتروژنه، تاریخ کاشت و برهم‌کنش آنها بر عملکرد دانه در سطح احتمال خطای یک درصد در کاملینا معنی‌دار بود (جدول ۶). مقایسه میانگین برهم‌کنش کود نیتروژنه و تاریخ کاشت برای عملکرد دانه کاملینا نشان داد که در تاریخ کاشت‌های ۲۰ شهریور، ۴ مهر، ۲۰ فروردین و ۴ اردیبهشت تیمار کاربرد ۷۵ درصد کود شیمیایی + کود زیستی نیتروژنه به‌ترتیب با میانگین‌های ۲۱۹۶، ۲۷۹۱، ۱۴۳۰ و ۱۳۷۹ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب موجب افزایش ۸۱/۸ درصدی، ۱، ۱/۵ و ۱/۸۷ برابری در عملکرد دانه نسبت به تیمار عدم کاربرد کود نیتروژنه شد (شکل ۳- الف).

جدول ۶. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کود نیتروژنه و تاریخ کاشت بر خصوصیات عملکرد کاملینا

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد زیستی	شاخص برداشت
تکرار	۲	۱۵۵۰۷	۳۲۴۷۹	۰/۶
کود نیتروژنه	۳	۲۲۲۸۴۸۱**	۹۲۹۷۹۹۶**	۹۱۴**
خطای عامل اصلی	۶	۲۳۵۴۵	۸۷۱۰۵	۴/۱
تاریخ کاشت	۳	۳۹۱۷۴۷۲**	۵۴۵۸۵۴۷۲**	۷۱**
تاریخ کاشت× کود نیتروژنه	۹	۲۱۶۶۵۲**	۴۴۹۲۵۷**	۱۰۴**
خطای عامل فرعی	۲۴	۱۹۳۱۰	۸۶۷۳۱	۶/۷
ضریب تغییرات (درصد)		۱۰/۲	۷/۷	۷/۵

ns، *و ** به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌داری در سطوح خطای احتمال ۵ درصد و ۱ درصد را نشان می‌دهد.

الف **ب**



شکل ۳. مقایسه میانگین برهم‌کنش کود نیتروژن و تاریخ کاشت برای عملکرد دانه (الف) و عملکرد زیستی (ب) در کاملینا.
مقایسه میانگین با استفاده از رویه L.S.Means انجام شده و در هر سطح تاریخ کاشت، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

عملکرد دانه در واحد سطح تابعی از تعداد غلاف است و با تأخیر درکشت کلیه صفات مورفولوژیکی گیاه از جمله ارتفاع گیاه، تعداد غلاف در بوته، فاصله غلاف از سطح خاک و تعداد شاخه فرعی کاهش می‌یابد (۲۴). به‌طورکلی بروز گرما طی دوران رشد زایشی، طول دوره پرشدن دانه را کاهش داده و تعداد دانه در غلاف و همچنین وزن دانه افت پیدا می‌کند که درنتیجه آن عملکرد دانه دچار نقصان شدیدی می‌شود (۲۲). می‌توان بیان نمود که با کشت گیاهان در تاریخ مناسب، امکان استفاده مطلوب‌تر از عوامل محیطی و بهبود رشد رویشی و تخصیص مواد فتوسنتزی بیشتر برای دانه، منجر به تولید عملکرد بیشتری می‌شود. در پژوهش حاضر نیز به‌نظر می‌رسد با توجه به عملکرد بالاتر در دانه در تاریخ کاشت ۴ مهر می‌توان

این تاریخ کاشت را برای گیاه کاملینا مطلوب دانست. احمدیان کوشک قاضی و همکاران (۱) در مقایسه تاریخ کاشت‌های بهاره (اسفند و فروردین ماه) و پاییزه (آبان ماه) کاملینا در فسا (استان فارس) نشان داد که بالاترین عملکرد دانه کاملینا در تاریخ کاشت آبان ماه (زودهنگام) به‌دست آمد.

به‌نظر می‌رسد که این افزایش عملکرد دانه به‌دلیل افزایش کارایی کودهای زیستی در حضور کود شیمیایی است. تیمار کود زیستی در مقایسه با تیمار شاهد (عدم کاربرد کود شیمیایی نیتروژن)، به مراتب شرایط مناسب‌تری را برای بهبود فعالیت‌های زیستی داخل خاک مهیا کرده و از طریق جذب مواد غذایی توسط ریشه، موجب افزایش عملکرد دانه شده است (۳۳).

بررسی روند تغییرات عملکرد دانه نشان می‌دهد که با افزایش نیتروژن، عملکرد دانه با کاربرد باکتری نیتروژنه افزایش پیدا کرد. افزایش در عملکرد با افزایش مصرف نیتروژن، به‌دلیل وظایف متعدد این عنصر در فرآیندهای حیاتی گیاه از جمله افزایش رشد رویشی، افزایش فعالیت فتوسنتزی، افزایش در تعداد شاخه جانبی، تعداد غلاف در گیاه، افزایش تولید ماده خشک ذخیره‌ای و درنهایت افزایش عملکرد دانه است (۱۰). در پژوهش مصطفوی‌راد و همکاران (۲۴) نیز بیشترین عملکرد دانه کلزا در تیمار ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و کمترین عملکرد دانه در تیمار ۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به‌دست آمد. نیتروژن از طریق افزایش رشد و تعداد خورجین‌های گیاه (جدول ۵) عملکرد دانه را افزایش می‌دهد.

پژوهشگران نشان دادند که کاربرد باکتری‌های همیار تثبیت‌کننده نیتروژن از طریق تولید هورمون‌های تحریک‌کننده رشد گیاه نیز می‌توانند سبب افزایش عملکرد دانه در گیاهان شوند (۳۵). در واقع کاربرد کودهای زیستی با افزایش جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم، افزایش ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف می‌تواند تاثیر مثبت بر عملکرد دانه داشته باشد. باکتری‌های موجود در کودهای زیستی در محیط ریشه گیاه، توانایی تثبیت نیتروژن، انحلال فسفات و ساخت و ترشح برخی مواد زیستی فعال مانند اکسین‌ها و جیبرلین را دارند که در افزایش رشد و عملکرد محصول نقش مؤثری ایفا می‌کنند (۱۳). در آزمایش نصراله‌زاده و احمد (۲۵) روی آفتابگردان حداکثر عملکرد بذر به میزان ۳۱۷۳ کیلوگرم در هکتار از تیمار آزمایشی با مصرف کود زیستی نیتروکسین به‌دست آمد. همچنین گزارش شد که تلقیح بذر گندم با آزوتوباکتر، عملکرد آن را به میزان ۱/۹۲ تا ۲ درصد در مقایسه با بذور بدون تلقیح افزایش داد.

عملکرد زیستی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات تاریخ کاشت، کود نیتروژنه و برهم‌کنش آنها بر عملکرد زیستی در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۶). مقایسه میانگین برهم‌کنش کود نیتروژنه و تاریخ کاشت نشان داد که بیشترین عملکرد زیستی در هر سطح از تیمار کود نیتروژنه مربوط به تاریخ کاشت ۴ مهر بود (شکل ۳- ب). همچنین در تاریخ کاشت ۲۰ شهریور ماه بیشترین (۵۶۰۷ کیلوگرم در هکتار) و کمترین (۳۴۱۶ کیلوگرم در هکتار) عملکرد زیستی به‌ترتیب از تیمارهای ۷۵ درصد کود شیمیایی + کود زیستی نیتروژنه و شاهد حاصل شد (شکل ۳- ب). در تاریخ کاشت ۴ مهر بیشترین عملکرد زیستی با میانگین ۶۷۵۰ کیلوگرم در هکتار از تیمار ۷۵ درصد کود شیمیایی + کود زیستی نیتروژنه و کمترین آن با میانگین ۳۷۰۸ کیلوگرم در هکتار از تیمار شاهد به‌دست آمد (شکل ۳- ب). در تاریخ کاشت‌های ۲۰ فروردین و ۴ اردیبهشت نیز بیشترین (به‌ترتیب ۳۴۹۶ و ۳۲۶۵ کیلوگرم در هکتار) و کمترین (۲۰۸۷ و ۱۷۱۳ کیلوگرم در هکتار) عملکرد زیستی به‌ترتیب در تیمارهای ۷۵ درصد کود شیمیایی + کود زیستی نیتروژنه و شاهد مشاهده شد. این نتایج همچنین نشان داد که تأخیر در کشت بهاره موجب کاهش عملکرد زیستی شد (شکل ۳- ب).

با توجه به کاهش فاصله سبز شدن تا گلدهی در کشت دیر هنگام، گیاه قبل از رسیدن به رشد رویشی مناسب و شاخص

سطح برگ کافی وارد فاز زایشی شده و کاهش دریافت انرژی نورانی توسط برگ‌ها باعث کاهش بیوماس در کشت‌های تأخیری شده است (۲). در این پژوهش کشت دیر هنگام به دلیل برخورد با دمای بالای آخر فصل در مرحله زایشی باعث کوتاه شدن دوره رشد کاملینا در تاریخ کاشت‌های سوم و چهارم شد. همچنین تاریخ کاشت‌های دیرهنگام دارای ارتفاع کمتر و برخی اجزای عملکرد کمتر نسبت به تاریخ کاشت زودهنگام بود که باعث شد ماده خشک کمتری در این تاریخ کاشت‌ها تولید شود. احمدیان کوشک قاضی و همکاران (۱) در مقایسه تاریخ کاشت‌های بهاره (اسفند و فروردین ماه) و پاییزه (آبان ماه) کاملینا در فسا (استان فارس) نشان داد که بالاترین عملکرد زیستی کاملینا در تاریخ کاشت آبان ماه (زودهنگام) به‌دست آمد.

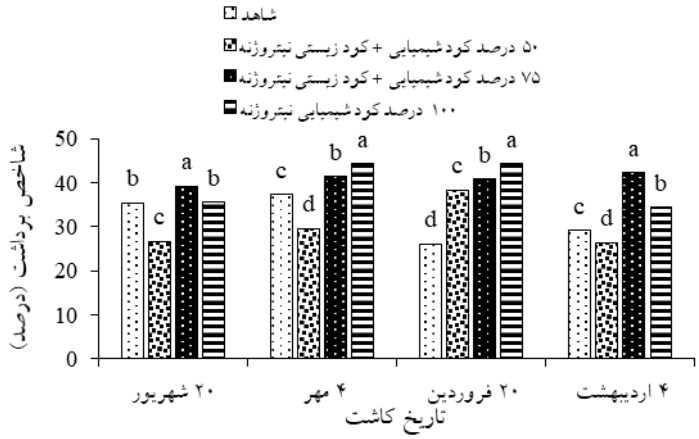
با افزایش مصرف نیتروژن، به‌دلیل تأثیر آن بر گسترش سطح برگ و درنتیجه پوشش‌دهی بهتر سطح مزرعه، کارآیی استفاده از نور افزایش می‌یابد، که خود منجر به افزایش عملکرد زیستی گیاهان می‌شود (۲۳). کاکابوکی و همکاران (۱۸) نشان دادند که تجمع زیست توده به‌صورت خطی و مثبت تحت تأثیر عرضه نیتروژن قرار می‌گیرد و حداکثر تجمع زیست توده در بالاترین سطح از نیتروژن (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد. نتایج مطالعه سیدی و حمزه‌ئی (۳۲) نشان داد که بیشترین میزان عملکرد زیستی در تیمار مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره به‌دست آمد، اما مقدار به‌دست آمده در این تیمار با تیمار مصرف ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار اوره اختلاف معنی‌داری نداشتند.

تلقیح گیاهان با باکتری‌های محرک رشد کارایی استفاده از عناصر غذایی را تغییر داده و باعث افزایش رشد گیاه و افزایش عملکرد زیستی می‌شود (۳۷). در تحقیق دبیقی و همکاران (۹) بالاترین عملکرد زیستی کلزا (۱۰۴۰۱ کیلوگرم در هکتار) از کاربرد کود زیستی نیتروکسین و کمترین عملکرد زیستی (۳۸۷۵ کیلوگرم در هکتار) از تیمار شاهد به‌دست آمد. آن‌ها اظهار نمودند تثبیت زیستی نیتروژن موجب بهبود فعالیت‌های زیستی خاک شده که این باعث افزایش ارتفاع، عملکرد دانه و در نهایت عملکرد زیستی می‌شود (۱۰). همچنین افزایش جذب نیتروژن توسط کودهای زیستی، باعث افزایش پرتوپلاسم و تقسیم سلولی و درنتیجه افزایش اندازه سلول و سطح برگ شده و درنهایت با بالا رفتن فعالیت فتوسنتزی، رشد رویشی در گیاه را تشدید می‌کند (۱۲).

شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد تیمارهای کود نیتروژنه و تاریخ کاشت و برهم‌کنش آن‌ها در سطح احتمال خطای یک درصد بر شاخص برداشت در کاملینا معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش کود نیتروژن و تاریخ کاشت نشان داد که در تاریخ کاشت ۲۰ شهریور و ۴ اردیبهشت تیمار ۷۵ درصد کود شیمیایی + کود زیستی نیتروژنه به‌ترتیب با میانگین‌های ۳۹/۲ و ۴۲/۲ درصد حداکثر شاخص برداشت را ایجاد نمودند (شکل ۴). در تاریخ کشت‌های ۴ مهر و ۲۰ فروردین نیز تیمار کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژنه به‌ترتیب با میانگین‌های ۴۴/۳ و ۴۲/۳ درصد حداکثر شاخص برداشت حاصل شد (شکل ۴). محققان در نتایج بررسی‌های خود گزارش کردند، شاخص برداشت در تاریخ‌های کاشت زودتر به‌دلیل تولید دانه بیشتر، افزایش یافته است (۲۶). به‌نظر می‌رسد گیاهان در تاریخ‌های کشت ۲۰ شهریور و ۴ مهر درصد بیشتری از مواد فتوسنتزی تولید شده را به دانه انتقال داده‌اند و به همین دلیل از شاخص برداشت دانه بیشتری برخوردار شدند. علت این امر را می‌توان شرایط دمایی مناسب‌تر در این تاریخ‌های کشت نسبت به تاریخ کشت سوم و چهارم برای فتوسنتز فعال و انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی به مخازن فیزیولوژیکی (دانه‌ها) مربوط دانست (۱۵). یکی از دلایل کاهش شاخص برداشت در تاریخ‌های کاشت دیرهنگام، داشتن تعداد گل‌آذین کمتر در گیاه است که باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود (۲۲).

افزایش در میزان نیتروژن خاک و فراهم شدن شرایط مناسب جذب آن توسط ریشه گیاه، از طریق افزایش سنتز



شکل ۴. مقایسه میانگین برهم‌کنش کود نیتروژن و تاریخ کاشت برای شاخص برداشت در کاملینا

مقایسه میانگین با استفاده از رویه L.S.Means انجام شده و در هر سطح تاریخ کاشت، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

کلروفیل، مقدار بیشتری از کربوهیدرات‌های فتوسنتزی را برای تولید مریستم‌های آغازنده شاخه فرعی مهیا می‌کند. علاوه بر این هر گاه گیاه بتواند مقدار بیشتری از تشعشع خورشید را جذب نماید، می‌تواند با مقدار بیشتری ذخایر فتوسنتزی در مرحله رویشی وارد فاز زایشی شود، درنتیجه علاوه بر تولید میزان محصول سبز، قادر خواهد بود که مقدار بیشتری از آسیمیلات‌های فتوسنتزی را به دانه منتقل کند و از این طریق باعث افزایش عملکرد و شاخص برداشت دانه شود (۱۳). در این راستا زارعی و همکاران (۴۰) بیان نمودند استفاده مناسب از کود تعداد مقصدهای (دانه‌ها) فرآورده‌های فتوسنتزی حاصل از رشد رویشی کاملینا را افزایش داده که باعث می‌شود فرآورده‌های فتوسنتزی به موقع به دانه‌ها انتقال یافته و درنتیجه شاخص برداشت افزایش یابد (۴۰). نتایج حاصل از پژوهش سیدی و حمزه‌ئی (۳۲) نشان داد که بیشترین شاخص برداشت کلزا (۴۱/۲ درصد) متعلق به مصرف ۸۰ کیلوگرم در هکتار اوره بود و با تیمار ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار اوره اختلاف معنی‌داری نداشت. همچنین با افزایش مصرف کود نیتروژنه (۱۶۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) از میزان شاخص برداشت کاسته شد.

مصرف توأم باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن باعث افزایش جذب عناصر غذایی و رطوبت از خاک شده و درنتیجه با افزایش مواد فتوسنتزی و انتقال آسمیلات به دانه‌ها، شاخص برداشت دانه را افزایش می‌دهد. همچنین ایجاد موازنه در بین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه می‌تواند ضمن رشد رویشی بالا، در افزایش رشد زایشی نیز مؤثر باشد و با ایجاد مقصد فراوان (دانه)، آسمیلات تولیدی حاصل از رشد رویشی به موقع به دانه‌ها انتقال و نهایتاً شاخص برداشت گیاه بالا رود (۳۴).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد کاربرد کود نیتروژنه و تاریخ کاشت ۴ مهر ماه، صفات مورفولوژیکی، اجزای عملکرد و عملکرد دانه کاملینا را تحت تأثیر قرار داد و با افزایش سطوح کود شیمیایی نیتروژن به‌همراه کود زیستی در هر چهار تاریخ کاشت به صفات مورد مطالعه افزوده شد اما از درصد روغن دانه کاسته شد. با تاخیر در کاشت از صفات مورد بررسی کاسته شد. در این آزمایش از درجه روز رشد دوره سبز شدن، گلدهی کامل و رسیدگی کامل با تأخیر در کاشت کاسته شد که بیشترین رابطه را در توجیه تغییرات عملکرد دانه در مقایسه با سایر مراحل نموی داشت. بنابراین احتمالاً در شرایط آب و هوایی اقلید، کاملیناهایی که در زمان بیشتری به مرحله گلدهی کامل و رسیدگی کامل برسند و به‌عبارتی طول دوره سبز شدن تا

رسیدگی کامل در آن‌ها طولانی باشد، از تعداد خورجین در بوته بیشتری برخوردار بوده و به احتمال زیاد دارای عملکرد دانه بالایی خواهند بود. همچنین با توجه به یافته‌های این پژوهش می‌توان گفت، اثر کود زیستی نیتروژنه نیز به‌همراه کود شیمیایی نیتروژنه به مقدار ۷۵ درصد در تاریخ کاشت چهارم مهر ماه بر صفات مورد مطالعه مثبت و در بیشتر موارد معنی‌دار بود و در شرایط کاربرد کود شیمیایی نیتروژن به‌همراه باکتری نیتروکسین صفات مورد مطالعه افزایش یافت. مصرف ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به همراه کود زیستی، در شرایط آزمایش باعث بهبود صفات اقتصادی در کاملینا شد و بیشترین عملکرد دانه و عملکرد زیستی از این سطح تیماری و در تاریخ کاشت چهارم مهرماه حاصل شد. همچنین به‌صورت کلی نتایج حاکی از آن بود که عملکرد دانه در تیمار ۷۵ درصد کود شیمیایی + کود زیستی نیتروژنه بیشتر از کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن به‌تنهایی بود که می‌توان با کاربرد تلفیقی کود شیمیایی و زیستی نیتروژنه از هدرروی ۲۵ درصد نیتروژن جلوگیری نمود. با توجه به ضرورت تولید گیاهان روغنی مانند کاملینا در کشور و لزوم توجه به کشت این گیاهان در نظام‌های کم‌نهاده، بهنظر می‌رسد باکتری‌های محرک رشد می‌توانند در کاهش مصرف کودهای نیتروژنه سهم بسزائی ایفا نماید.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله نویسندگان از دانشگاه یاسوج به جهت فراهم نمودن شرایط انجام این تحقیق سپاسگذاری می‌نمایند.

منابع مورد استفاده

1. Ahmadian Kooshkghazi, M. E., M. Madandoust, F. Mohajeri and D. Kahrizi. 2021. Study of different dates of planting camelina (*Camelina sativa* (L.) CRANTZ). *International Journal of Modern Agriculture* 10: 361-365.
2. Ahmadian Kooshkghazi, M. E. and M. Madandoust. 2022. Effect of planting date on growth, seed yield and oil quality of camelina (*Camelina sativa* L. Crantz). *Iranian Journal of Crop Science* 24: 19 -33. (In Farsi).
3. Alipour, S., M. R. Moradi Telavat, S. A. Siyadat, S. H. Mosavi and A. Karmala Chab. 2016. Effect of planting date and phosphorus fertilizer surface on the morphological characteristics and yield of faba bean (*Vicia faba* L.). *Iranian Journal of Pulses Research* 7: 45-58. (In Farsi).
4. Bakhtiari, M., H. R. Ganjali, A. Mehraban and A. Ebrahimi. 2016. Investigating the effects of nitrogen and phosphorus application on quantitative and qualitative yield of safflower in Sistan region. *New Finding Agriculture* 10: 241-253. (In Farsi).
5. Balodis, O. and Z. Gaile. 2016. Sowing date and rate effect on winter *oilseed rape* (L.) yield components' formation. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B. Natural. Exact Applied Sciences* 70: 384-392.
6. Baskhandeh, A. M., Hamdi A. Shangri, M. Qurina and Q. A. Fathi. 2015. Investigating the effect of planting delay and nitrogen levels on seed yield, morphological traits and chlorophyll index of rapeseed (*Brassica napus* L.) in Ahvaz weather conditions. *Journal of Plant Production Science* 6: 69-75. (In Farsi).
7. Bijni, M., P. Yadollhi, M. R. Asgharipour, S. Soleimani and M. Latifi. 2013. The effect of urea and nitroxin bio-fertilizer on the yield and agricultural characteristics of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Journal of Oilseed Research* 1: 67-78. (In Farsi).
8. 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: 988-993.
9. Dabighi, Kh., A. Fateh and A. Ayneband. 2015. Effect of different green manure crops and nitrogen sources on grain yield, oil content and some qualitative traits of canola (*Brassica napus*) var. 401. *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi)* 9: 137-154. (In Farsi).
10. Erskine, W., A. Sarker and S. Kumari. 2016. Lentil breeding. pp. 317-324, In: C. W. Wrigley, H. Corke, K. Seetharaman, J. M. Faubion (Eds.), Encyclopedia of Food Grains. Elsevier, Oxford.
11. Esitken, A., H. E. Yildiz, S. Ercisli, M. F. Donmez, M. Turan and A. Gunes. 2010. Effect of plant growth promoting bacteria on yield, growth and nutrient content of organically grown strawberry. *Sientia Horticulturae* 124: 62-66.
12. Fathi, Q., A. Bani-Saeidi, A. Siadat and F. Ebrahimpour. 2002. Effect of different levels of nitrogen and plant density on grain yield of rapseed cultivar PF 7045 in Khuzestan conditions. *Scientific Journal of Agriculture* 25: 43-

57. (In Farsi).
13. Ghamkhar, K., J. Croser, N. Aryamanesh, M. Campbell, N. Kon'kova and C. Francis. 2019. Camelina (*Camelina sativa* (L.) Crantz) as an alternative oilseed: molecular and eco geographic analysis. *Genome* 53: 558 -567.
14. Ghanbari, M., A. Mokhtassi Bidgoli and P. Talebi Siah Saran. 2019. The effect of bio-fertilizers on yield component, yield, protein, and oil in soybean (*Glycine max* Merrill) under different irrigation regimes. *Journal of Plant Environmental Physiology* 13(4): 1-15. (In Farsi).
15. Hosseini, S. M. A., A. Taslimi, Y. A. Karmi and A. Dastfal. 2019. The effect of nitrogen bio-fertilizers on yield and yield components of two wheat cultivars (Chamran and Shiroodi). *Iranian Journal of Soil and Water Research* 50: 1927-1936. (In Farsi).
16. Jankowski, K. J., M. Sokólski and B. Kordan. 2019. Camelina: Yield and quality response to nitrogen and sulfur fertilization in Poland. *Industrial Crops and Production* 141: 111776.
17. Johnson, C. M. and A. Ulrich. 1959. Analytical Methods for Use in Plant Analysis. California Agriculture Experimental Study Bulling, California.
18. Kakabouki, I. P., D. Hela, I. Roussis, P. Papastylianou, A. F. Sentras and D. J. Bilalis. 2018. Influence of fertilization and soil tillage on nitrogen uptake and utilization efficiency of quinoa crop (*Chenopodium quinoa* Wild.). *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 18: 220-235.
19. Koocheki, A., M. Nasiri-Mahlati, R. Moradi and H. Mansouri. 2013. Optimizing water, nitrogen fertilizer and density in rapeseed cultivation using central compound design. *Journal of Agroecology* 1: 1-16. (In Farsi).
20. Koocheki, A. R., A. Rouhi and F. Noorbakhsh. 2015. The effect of biological fertilizers on yield, yield components and seed oil contents of three cultivars of canola (*Brassica napus* L.). *Journal of Agroecology* 7: 168-178. (In Farsi).
21. Kumari, A., P. K. Joshi, M. Mohsin, M. C. Ar ya and Z. Ahmed. 2015. Studies on effect of spacing and nitrogen on false flax (*Camelina sativa* cv. calena) under central western Himalayas of India. *The Bioscan* 10: 1321-1326.
22. Mohagheghi, A. and M. A. Aboutalebian. 2016. Study of sowing date and seed priming effect on seed yield, its components and some of agronomic and qualitative properties of two spring canola cultivars in Hamedan. *Iranian Journal of Field Crop Research* 12: 516-525. (In Farsi).
23. Montemuro, F., M. Maiorana, D. Ferri and G. Convertini. 2006. Nitrogen indicators, uptake and utilization efficiency in a maize and barley rotation cropped at different levels and source of N fertilization. *Field Crops Research* 99: 114-124.
24. Mostafavi Rad, M., F. Shariati and S. Mostafavi Rad. 2012. Evaluation of sowing date influence on quantitative and qualitative yield in four rapeseed cultivars adapted to cold regions in Arak. *Iranian Journal of Crop Production* 5: 159-167. (In Farsi)
25. Nasrollahzadeh, A. and Gh. Ahmad. 2018. The effect of application using nitragin and nitroxin bio-fertilizers on reduce the use of nitrogen chemical fertilizer in sunflower cultivation (*Helianthus annuus* L.). *Environment Conservation Journal* 19: 39-46.
26. Nazeri, P., A. H. Shirani Rad, S. A. ValadAbadi, M. Mirakhori and E. Hadidi Masoule. 2019. The effect of planting date and late season drought stress on eco-physiological characteristics of the new varieties of canola (*Brassica napus* L.). *Journal of Agroecology* 1: 261-276. (In Farsi).
27. Nouriani, H., 2015. Investigating the effect of different levels of nitrogen on yield, yield components and some quality characteristics of two varieties of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Journal of Crop Production and Processing* 5: 233-240. (In Farsi).
28. Rabiei, M. and P. Tousi Kehal. 2011. Effects of nitrogen and potassium fertilizer levels on nitrogen use efficiency and yield of rapeseed (*Brassica napus* L.) as a second crop after rice in Gilan region. *Iranian Journal of Field Crop Sciences* 42: 605-615. (In Farsi).
29. Raei, R., M. Sayyadi Ahmadabad, K. Ghassemi-Golezani and S. Ghassemi. 2020. The effect of biological and chemical nitrogen fertilizers on pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and black mustard (*Brassica nigra* L.) intercropping. *Agricultural Science Sustainable Production* 30: 21-40. (In Farsi).
30. Russele, M. P., W. W. Wilhelm, R. A. Olson and J. F. Powrer. 1984. Growth analysis based on degree days. *Crop Science* 24: 28-32.
31. Sajjadinik, R., A. R. Yadvi, H. R. Balochi and H. Faraji. 2011. Effect of chemical (urea), organic (vermicompost) and biological (nitroxin) fertilizers on quantity and quality yield of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 22: 87-101. (In Farsi).
32. Seyedi, M. and J. Hamzaei. 2021. Investigating the growth and yield of rapeseed under the influence of nitrogen fertilizer in rotation with corn and peas. *Journal of Plant Production*. 28: 81-91. (In Farsi).
33. Singh, D., Sh. Yadav and S. Kumar. 2022. Effect of integrated use of nitrogen and bio-fertilizer on growth of cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata L.). *The Pharma Innovation* 11: 942-944.
34. Stajkovic, O., D. Delic, D. Josic, D. Kuzmanovic, N. Rasulic and J. Knezevic-Vukcevic. 2011. Improvement of common bean growth by co-inoculation with Rhizobium and plant growth-promoting bacteria. *Romanian*

Biotechnology Letters 16: 5919-5926.
35. Tawhidi Moghadam, H. R., F. Ghoshaqi, A. Zakari and H. Hadi. 2008. Evaluation of Azospirillum, Azotobacter with nitrogen chemical fertilizer utilization on yield of fodder maize (*Zea mays* L.). *Dynamic Agriculture*. 5: 349-355.
36. Urbaniak, S. D., C. D. Caldwell, V. D. Zheljazkov, R. Lada and L. Luan. 2008. The effect of cultivar and applied nitrogen on the performance of *Camelina sativa* L. in the Maritime Provinces of Canada. *Canadian Journal of plant science* 88: 111-119.
37. Yantai, G., K. N. Harker, H. R. Kutcher, R. H. Gulden, B. Irvine, W. E. May and J. T. O'Donovan. 2015. Canola seed yield and phenological responses to plant density. *Canadian Journal of Plant Science* 96: 151-159.
38. Yousaf, M., X. Li, Z. Zhang, T. Ren, R. Cong, S. T. Ata-Ul-Karim, S. Fahad, A. N. Shah and J. Lu. 2016. Nitrogen fertilizer management for enhancing crop productivity and nitrogen use efficiency in a rice-oilseed rape rotation system in China. *Frontiers Plant Science* 7: 1496.
39. Yusufpour, Z., A. Yadavi, H. Balouchi and H. Faraji. 2013. Evaluation of some physiological, morphological and phonological characteristics in Sunflower (*Helianthus annuus* L.) influenced by biological and chemical sources of nitrogen and phosphorus. *Journal of Agroecology* 6: 508-519. (In Farsi).
40. Zarei, Sh., H. Hassibi, D. Kahrizi and S. M. Safieddin Ardebili. 2021. Effect of nitrogen application on camelina (*Camelina sativa*) oil seed yield and yield components at different planting dates. *Field Crop Research* 19: 311-325. (In Farsi).

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 14, No. 2, Summer 2024, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Improving the Quantity and Quality of Camelina (*Camelina sativa* L.) Yield by Chemical and Biological Nitrogen Fertilizers in Different Planting Dates

Ali momeni[1], Alireza Yadavi[2*], Ali Moradi[3], Akbar Hemmati[4]

1, 2 and 3. M.Sc. Student of AgroTechnology, Professor and Associate Professor, Respectively, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Yasouj, Yasouj, Iran
4. Assistant Professor, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center
*: Corresponding Author, Email: Yadavi@yu.ac.ir

(Received: September 30-2024; Accepted: May 19-2024)

Extended Abstract

Introduction

With the increase in population and improvement in diet diversity, there is a growing need for the quantitative and qualitative development of oil seeds. Camelina (*Camelina sativa*), an oil seed plant from the Brassicaceae family, is an ideal candidate as it contains 50 to 60% unsaturated fatty acids and omega-3 fatty acids, and has the ability to thrive in adverse environmental conditions. By introducing this new oil plant into cultivation programs, it can significantly contribute to the production of high-quality edible or non-edible oil in the developing countries such as Iran. However, achieving maximum grain yield and appropriate fatty acid composition in camelina oil relies heavily on selecting the appropriate planting date. Additionally, providing necessary nutrients, particularly nitrogen, to the plants is a key aspect of agricultural management to achieve desired quality and quantity of crop products. This research aims to investigate the impact of planting date and different levels of chemical and biological nitrogen fertilizers on the growth characteristics, yield, and oil content of camelina plants in the Eghlid, south of Iran.

Materials and Methods

This research was conducted in the cropping year of 2021-2022 at the Eghlid Agricultural Research Station in Fars province, south of Iran (Long. 52 42, Lat. 30 55, and Alt. 2375 m above sea level). The experiment was performed as a split-plot design based on a randomized complete block design with three replications. The main plots included different nitrogen fertilizers at four levels: 100% chemical nitrogen (250 kg/ha urea), 75% chemical nitrogen (187 kg/ha urea) + nitrogen biofertilizer, 50% chemical nitrogen (125 kg/ha urea) + nitrogen biofertilizer, and non-use of nitrogen fertilizer (control). The sub-plots included four planting dates: September 11, 2021, September 26, 2021, April 9, 2022, and April 24, 2022. The experimental plots (sub-plots) were determined to be 5 x 2 meters. Each plot consisted of 4 stacks with a distance of 50 cm between them. The distance between sub-plots was 50 cm, the distance between main plots was 150 cm, and the distance between replications (blocks) was 300 cm. On both sides of each stack, seeds were planted in two rows with a distance of 25 cm to achieve a density of 120 plants/m^2. One-thirds of the urea nitrogen fertilizer was added to the plots of each treatment before planting, one-thirds at the 6-

8 leaf stage, and the remaining third at the stemming stage of camelina. In the biofertilizer treatment, the camelina seeds were inoculated with biofertilizer containing *Azotobacter* sp. and *Azospirillum* sp. before being sown. The cumulative growth degree days of seedling emergence, flowering, and ripening, as well as plant height, chlorophyll index, grain yield, yield components and seed oil percentage were evaluated.

Results and Discussion

With delaying planting from September 11, 2021, to April 24, 2022, the GDD (Growing Degree Days) for camelina emergence decreased, additionally, a delay in planting led to a shorter growth period until full flowering of the camelina plants. Planting in September 26, 2021, led to the longest growth period until full maturity of the camelina plants, while spring planting resulted in a decreased length of the growth period until maturity. The highest plant height (43 cm) was achieved in the presence of 75% chemical fertilizer + biofertilizer nitrogen and the lowest (41 cm) was in the absence of nitrogen fertilizer application. The planting date of September 11, 2021 and April 24, 2022 showed the highest (43 cm) and lowest (37 cm) plant height of camelina. The decrease in plant height during the late planting date was primarily due to the decrease in internode elongation as a result of changes in day length and a shorter vegetative growth period. The highest chlorophyll index (66) was achieved by using 100% nitrogen chemical fertilizer, while the lowest chlorophyll index (52) was observed in the control, lack of fertilizer application. This trait decreased when the planting was delayed. The delay in planting led to a decrease in leaf area, resulting in a decrease in the chlorophyll index during the late planting date. No application of nitrogen fertilizer had the highest seed oil percentage (29.4%), while the application of 75% chemical fertilizer + biofertilizer nitrogen resulted in the lowest oil percentage (18.5%). The delay in planting from early autumn to late spring led to a decrease in the seed oil percentage. This decrease can be attributed to increase in nitrogen content, which promotes the formation of nitrogenous protein precursors. Consequently, more photoassimilates are allocated to protein formation, reducing the available photoassimilates for fatty acid synthesis and, ultimately, limiting oil production capacity. The decrease in oil percentage observed in the most delayed planting dates is likely due to the increase in temperature during the seed filling stage and the reduction in net photosynthesis.

Mean comparison of the interaction between nitrogen fertilizer and planting date on camelina grain yield showed that applying 75% chemical fertilizer + biofertilizer nitrogen, compared to no nitrogen fertilizer, on planting dates of September 11, 2021, September 26, 2021, April 9, 2022, and April 24, 2022, increased grain yield of camelina by 80, 100, 150, and 190 percent, respectively.

Conclusions

The Findings show that in the Eghlid region, autumn-sown camellia out-yields spring-sown one. Additionally, by using a combination of 75% chemical fertilizer and nitrogen biofertilizer, a higher grain yield is achieved compared to using 100% nitrogen chemical fertilizer alone. Considering the importance of production of oilseed plants, like camellia, in Iran and the need for sustainable plant production programs, it appears that growth-promoting bacteria can play a significant role in reducing the need for nitrogen fertilizers.