

Impact of Biological and Chemical Fertilizers on some Morphophysiological Traits and Yield of Canola (*Brassica napus* L.)

Yaghoub Raei^{1*}, Sara Azarnejad², Safar Nasrollahzadeh¹, Younes Kheirizadeh-Arough¹

Received: 02 October 2023 Accepted: 08 February 2024

1- Department of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

2- MSc. Graduate of Agroecology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

* Corresponding Author; E-mail: yaegoob@yahoo.com

Abstract

Background & Objectives: One of the crops of the *Brassicaceae* family, which is regarded as one of the most significant oil plants in the world because of its oil content and ideal fatty acid composition, is canola. Nitrogen is one of the most crucial components that play a role in the synthesis of amino acids, proteins, nucleic acids, enzymes, chlorophyll, vitamins, secondary metabolites and ATP. Chemical fertilizers used carelessly cause a number of environmental problems, such as groundwater contamination, insect and microbe extinction, and decreased soil fertility. Using biological fertilizers is a crucial step in minimizing the use of chemical fertilizers and preventing the adverse impact caused with their application. Due to its wide range of adaptability to most of the country's climatic conditions, canola, one of the most significant oilseed plants in development, has enormous value in reducing dependence on the import of edible oil. Nevertheless, using biological fertilizers will also significantly reduce the negative environmental effects caused by the excessive use of synthetic inputs, particularly commercial fertilizers, in addition to reducing the use of chemical fertilizers. Due to these reasons, the current study was conducted to determine the best combination for nitrogen with biofertilizers in regards to yield, yield components, and percentage of canola oil.

Materials and methods: The experiment was conducted as a factorial based on randomized complete blocks design with three replications in a farm located in Marand city of East Azarbaijan province in 2019. Experimental treatments include chemical fertilizer at three levels (no application of fertilizer as a control and application of 125 and 250 kg ha⁻¹ of urea) and bifertilizers at four levels (without biofertilizers as a control, application of Azoto barvar-1, Phosphate barvar-2 and the combined of Azotobarvar-1 + Phosphate barvar-2).

Results: Application of different levels of urea fertilizer increased plant height, leaf area, and number of pods per plant, number of seeds per pod, harvest index, chlorophyll index, plant dry weight, oil percentage, and green cover percentage of canola. However, it had non-significant effect on oil yield. On the other hand, the application of bifertilizers improved plant dry weight, oil percentage and oil yield, but did not have a significant effect on the other studied traits. The interaction effect between chemical fertilizer and biofertilizer had significant effect on the number of seeds and yield of the plant. The highest number of seeds per plant and grain yield was obtained at the combination of biofertilizers with the application of 250 kg ha⁻¹ of urea. Combined use of Azotobarvar-1 + Phosphate barvar-2 biofertilizers with the consumption of 125 and 250 kg ha⁻¹ of urea improved the yield by 42.9% and 81.4%, respectively.

Conclusion: Based on the results of this study, the combined application of Azotobarvar-1 + Phosphate barvar-2 biofertilizers along with nitrogen fertilizer due to the improvement of yield, yield components and oil content can be recommended for profitable of canola production in fields.

Keywords: Azotobarvar-1, Nitrogen, Oil, Phosphate barvar-2, Yield

اثر کودهای زیستی و شیمیایی بر برخی صفات مورفولوژیکی و عملکرد کلزا (*Brassica napus L.*)

یعقوب راعی^{۱*}، سارا آذرینژاد^۲، صفر نصراله زاده^۱، یونس خیری زاده آروق^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۷/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۹

۱- گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد آگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

* مسئول مکاتبه: E-mail: yaegoob@yahoo.com

چکیده

مقدمه و هدف: کلزا یکی از گیاهان زراعی خانواده براسیکاسه می باشد که به دلیل میزان روغن و ترکیب مناسب اسیدهای چرب به عنوان یکی از مهم ترین گیاهان روغنی در دنیا شناخته می شود. نیتروژن یکی از عناصر پرمصرف مهم است که در تشکیل اسیدهای آمینه، پروتئین ها، اسیدهای نوکلئیک، آنزیم ها، کلروفیل، ویتامین ها، متابولیت های ثانویه و ATP نقش دارد. استفاده بی رویه از کودهای شیمیایی منجر به آسیب های زیست محیطی گوناگونی از جمله آلودگی آب های زیرزمینی، از بین رفتن میکروارگانیسم ها و حشرات مفید و کاهش حاصلخیزی خاک می گردد. یکی از روش های مهم در راستای کاهش استفاده از کودهای شیمیایی و جلوگیری از صدمات ناشی از کاربرد آن ها استفاده از کودهای زیستی می باشد. کلزا یکی از گیاهان دانه روغنی مهم در حال توسعه به دلیل سازگاری وسیع به بخش اعظمی از شرایط اقلیمی کشور، اهمیت بالایی را در کاهش وابستگی به واردات روغن خوراکی دارا است. از طرفی کاربرد کودهای زیستی علاوه بر کاهش مصرف کودهای شیمیایی، در تقلیل اثرات سوء زیست محیطی ناشی از مصرف بی رویه نهاده های سنتتیک به ویژه کودهای تجارتي نیز اثرات قابل ملاحظه ای خواهد داشت. این عوامل موجب گردید تا پژوهش حاضر با هدف تعیین مناسب ترین ترکیب کود زیستی با نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن کلزا اجرا گردد.

مواد و روش ها: آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه ای در شهرستان مرند استان آذربایجان شرقی در سال زراعی ۱۳۹۹ اجرا گردید. تیمارهای مورد بررسی شامل کود شیمیایی در سه سطح (عدم مصرف کود به عنوان شاهد، مصرف ۱۲۵ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره) و کودهای زیستی در چهار سطح (عدم کاربرد کود زیستی به عنوان شاهد، کاربرد ازتوبارور ۱، کاربرد فسفات بارور ۲، کاربرد توأم ازتوبارور ۱ + فسفات بارور ۲) بودند.

یافته ها: کاربرد سطوح مختلف کود اوره سبب افزایش ارتفاع بوته، سطح برگ، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، شاخص برداشت، شاخص کلروفیل، وزن خشک بوته، درصد روغن و درصد پوشش سبز کلزا گردید. با این وجود بر عملکرد روغن تأثیر معنی داری را نداشت. از طرفی مصرف کودهای زیستی موجب بهبود وزن خشک بوته، درصد و عملکرد روغن گردید، ولی بر روی سایر صفات مورد بررسی تأثیر معنی داری نداشت. اثر متقابل کود شیمیایی در کود زیستی نیز بر شاخص های تعداد دانه در بوته و عملکرد بوته تأثیرگذار بود. به طوری که بیشترین تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه از ترکیب تیماری کاربرد توأم کودهای زیستی به همراه استفاده از ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره به دست آمد.

کاربرد تلفیقی کودهای زیستی از توبرور ۱+ فسفات بارور ۲ توأم با مصرف ۱۲۵ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در مقایسه با شاهد میزان عملکرد را به ترتیب ۴۲/۹ و ۸۱/۴ درصد بهبود بخشید.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، کاربرد توأم کودهای زیستی از توبرور ۱ و فسفات بارور ۲ در تلفیق با کود نیتروژنه به دلیل بهبود عملکرد، اجزای عملکرد و محتوای روغن می‌تواند برای سودمندی تولید گیاه کلزا در مزارع توصیه شود.

واژه‌های کلیدی: از توبرور ۱، روغن، عملکرد، فسفات بارور ۲، نیتروژن

مقدمه

دانه‌های روغنی به واسطه تأمین اسیدهای چرب ضروری برای انسان و دام یکی از مهم‌ترین منابع غذایی در جهان به شمار می‌روند. یکی از این دانه‌های روغنی کلزا می‌باشد که پس از سویا و نخل به عنوان سومین گیاه دانه روغنی مورد کشت قرار می‌گیرد (خردمند و همکاران ۲۰۱۴). برگ‌ها و ساقه‌های کلزا به دلیل دارا بودن فیبر کم و پروتئین زیاد می‌تواند در تغذیه دام مورد استفاده قرار گیرد (بانولس و همکاران ۲۰۰۲). روغن این گیاه محتوی کم‌ترین میزان اسیدهای چرب اشباع و مقدار زیادی اسید اولئیک به عنوان اسید چرب غیراشباع است که با دارا بودن ترکیبات فعال زیستی مانند پلی‌فنول‌ها، فیتواسترول‌ها، توکوفرول و سایر آنتی‌اکسیدانت‌ها نقش مهمی در جلوگیری از برخی بیماری‌های مزمن مانند بیماری‌های قلبی، سرطان، آرتروز و پیری دارد (سزیدوسکا-سزرنیاک و همکاران ۲۰۱۰؛ مارهوک و همکاران ۲۰۱۹). از طرفی روغن این گیاه به دلیل مقادیر کم اسید اروسیک در آن به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد (محمدزاده و نائینی ۲۰۰۷). پروتئین دانه این گیاه با دارا بودن مقدار قابل توجهی از اسید آمینه‌های ضروری از قبیل لیزین، متیونین و سیستئین از ارزش غذایی بالایی برخوردار است (مارهوک و همکاران ۲۰۱۹).

کاربرد اصولی کودها و بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه سبب افزایش تولید در واحد سطح خواهد شد. نیتروژن یکی از عناصر پرمصرف می‌باشد که در ساختار رنگدانه‌ها، متابولیت‌های ثانویه، اسیدهای نوکلئیک و پروتئین‌ها نقش دارد (ابراهیم و همکاران ۲۰۱۸). این

عنصر نقش کلیدی در متابولیسم و تولید انرژی گیاهان دارد و عملکرد دانه، دوام سطح برگ، شاخص سطح برگ و میزان فتوسنتز گیاهان را افزایش می‌دهد. با این حال مصرف بیش از حد آن نیز نه تنها باعث آلودگی محیط زیست می‌شود، بلکه کاهش عملکرد دانه را در پی خواهد داشت (ارشد و همکاران ۲۰۱۳). مطالعات گوناگون تأثیر مثبت نیتروژن در افزایش عملکرد و اجزای عملکرد کلزا را نشان داده‌اند (لین و همکاران ۲۰۲۰؛ ژو و همکاران ۲۰۲۰). فسفر نقش مهمی را در متابولیسم گیاه مانند توسعه ریشه، فتوسنتز، انتقال مواد غذایی درون گیاه، ساختار دیواره سلولی و اندام‌های زایشی گیاه (شکری- واحد و همکاران ۲۰۱۲)، مقاومت به تنش‌ها (زمانی و همکاران ۲۰۱۴)، تشکیل و انتقال کربوهیدرات‌ها، گلدی و تشکیل میوه (آلهی و همکاران ۲۰۱۴) بر عهده دارد و کمبود آن به عنوان یکی از عوامل محدود کننده رشد و عملکرد گیاهان زراعی به شمار می‌رود (شکری واحد و همکاران ۲۰۱۲). عمران و همکاران (۲۰۲۳) اظهار داشتند که کاربرد فسفر سبب افزایش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد روغن و وزن هزار دانه گیاه کلزا گردید.

مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی در طول زمان باعث آسیب‌های زیست محیطی گوناگونی از قبیل تخریب و تغییر کیفیت خاک و کاهش حاصلخیزی آن، آلودگی منابع آبی، از بین رفتن میکروارگانیسم‌های مفید، ورود آلودگی به زنجیره‌های غذایی، کاهش کیفیت محصولات کشاورزی و جلوگیری از عملکرد طبیعی اکوسیستم می‌گردد (ناگاناندا و همکاران ۲۰۱۰؛ الیسی و همکاران ۲۰۱۴). کودهای زیستی یک جایگزین مناسب برای

(۲۰۱۴) بیان داشتند که کاربرد باکتری‌های محرک رشد محتوای کلروفیل گلرنگ را افزایش داد. اهمیت کلزا به عنوان یکی از منابع مهم تأمین روغن مورد نیاز کشور و نیز لزوم تأمین نیتروژن و فسفر در بهبود عملکرد کمی و کیفی کلزا از یک سو و نقش کودهای زیستی در کاهش مصرف کودهای شیمیایی و بهبود رشد و عملکرد گیاهان زراعی از سوی دیگر موجب شد تا این پژوهش با هدف بررسی تأثیر کود شیمیایی نیتروژن و کودهای زیستی از توبرور ۱ و فسفات بارور ۲ بر برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی گیاه کلزا اجرا گردد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۹ در مزرعه‌ای در شهرستان مرند استان آذربایجان شرقی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی دوما رتن، منطقه دارای اقلیم نیمه خشک سرد است. این منطقه دارای عرض جغرافیایی ۴۳ درجه و ۳۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۷۷ درجه و ۴۵ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۳۳۴ متر از سطح دریا است. میانگین دمای سالانه ۱۴/۹ درجه سلسیوس، میانگین حداکثر دمای سالانه ۲۰/۹ درجه سلسیوس، میانگین حداقل دمای سالانه ۹/۱ درجه سلسیوس و میانگین بارندگی سالانه‌ی این ناحیه ۲۰۹/۵ میلی‌متر است، pH خاک‌های منطقه در محدوده‌ی قلیایی تا متوسط قرار دارد و خطر شوری قابل ملاحظه‌ای در سطح الارض خاک‌ها وجود ندارد. مشخصات فیزیکی- شیمیایی خاک در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری در جدول ۱ آورده شده است.

کودهای شیمیایی هستند که سبب افزایش رشد و عملکرد گیاه، بهبود خصوصیات خاک (اوجها و همکاران ۲۰۱۶)، کاهش هزینه‌های کودی و انتشار گازهای گلخانه‌ای (حسینی و همکاران ۲۰۱۴) و جلوگیری از صدمات زیست محیطی ناشی از کاربرد کودهای شیمیایی می‌گردند (بارمن و همکاران ۲۰۱۷). یکی از مناسب‌ترین این کودها باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاهی هستند که به صورت بذرمال و یا به صورت ترکیب با خاک مصرف می‌شوند و رشد گیاهان را به طور مستقیم و غیرمستقیم بهبود می‌بخشند (شویبتیز و همکاران ۲۰۱۴). اثر مستقیم آن‌ها می‌تواند از طریق تثبیت نیتروژن، محلول‌سازی فسفر نامحلول خاک، تولید سیانید هیدروژن، تولید فیتوهورمون‌هایی مانند اکسین، سیتوکسین و جیبرلین و کاهش تولید اتیلن باشد (کینس و همکاران ۲۰۱۸). اثر غیرمستقیم باکتری‌ها بر رشد گیاهان از طریق کاهش اثرات زیان‌بار پاتوژن‌ها از طریق تولید آنتی‌بیوتیک‌ها، آزادسازی سایدروفورها، سنتز متابولیت‌های ضدقارچی و کاهش تأثیر تنش‌های زیستی و غیرزیستی است (ایتلیما و همکاران ۲۰۱۸). صباغ و همکاران (۲۰۱۵) گزارش نمودند که کاربرد کود شیمیایی و زیستی نیتروژنه موجب بهبود عملکرد و خصوصیات رشدی کلزا گردید. دهمرده (۲۰۱۳) بیان داشت که کود زیستی فسفر بارور ۲ موجب افزایش تعداد خورجین، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و ارتفاع بوته کلزا گردید. کولاچی و همکاران (۲۰۱۶) نیز نشان دادند که کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی باعث افزایش رشد، عملکرد و اجزای عملکرد دانه کلزا می‌شود. افزایش عملکرد دانه، درصد روغن دانه، میزان پروتئین دانه و عملکرد روغن دانه کلزا با کاربرد کودهای زیستی به اثبات رسیده است (کیانی و همکاران ۲۰۱۳). اعتمادی و همکاران

جدول ۲- مشخصات فیزیکی- شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

عمق (cm)	pH گل اشباع	هدایت الکتریکی (dS/m)	کربن آلی (%)	کلسیم معادل (%)	نیتروژن کل (%)	عناصر قابل جذب (mg.kg ⁻¹)					
						P	K	Zn	Fe	Mn	Cu
۰-۳۰	۷/۷	۱/۱	۱/۳	۸/۶	۰/۰۳۹	۱۱	۴۸۵	۱/۰۸	۹/۹	۱۴/۴	۳/۷۵
						رس	سیلت	شن			
						۱۶	۲۵	۵۹			

در زمان رسیدگی به منظور تعیین اجزای عملکرد، نیم مترمربع از هر واحد آزمایشی برداشت گردید و از بین بوته‌های برداشت شده، تعداد ۵ بوته به صورت تصادفی انتخاب گردید و ارتفاع بوته، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و تعداد دانه در بوته‌های انتخابی اندازه‌گیری و میانگین داده‌های حاصل از آن‌ها به عنوان ارزش آن صفت در جدول تجزیه واریانس منظور گردید. وزن خشک بوته از طریق توزین وزن خشک شده ۵ بوته در آون الکتریکی با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۲۴ ساعت توسط ترازو تعیین و میانگین آن‌ها ثبت شد. برای اندازه‌گیری سطح برگ از هر کرت در اواسط مرحله‌ی گلدهی (کد فنولوژی ۶۰ بر اساس مقیاس BBCH) ۵ بوته نمونه‌برداری و سپس تمامی برگ‌های بوته‌ها جدا گردید و اندازه‌گیری سطح برگ با استفاده از رابطه سطح و وزن برگ‌ها انجام شد. بدین منظور بعد از توزین برگ‌ها، دیسک‌هایی با استفاده از لوله مسی با مساحت دهانه مشخص تهیه و توزین گردید. با استفاده از داده‌های مربوط به وزن کل برگ‌ها، وزن دیسک‌ها و مساحت دیسک‌ها و با ایجاد تناسب، مساحت برگ‌ها محاسبه شد (عدل ۲۰۰۷؛ صادقی و میری ۲۰۲۲). برای اندازه‌گیری درصد پوشش سبز از چارچوبی به ابعاد ۵۰ × ۵۰ سانتی‌متر استفاده گردید. سطح داخلی این چارچوب به وسیله ریسمانی به ۱۰۰ قسمت مساوی تقسیم و چهار پایه متحرک نیز در گوشه‌های آن تعبیه شده بود که این وسیله در داخل هر واحد آزمایشی طوری قرار داده می‌شد که با مشاهده پوشش گیاهی از قسمت فوقانی آن، ارزیابی امکان‌پذیر باشد. به هریک از تقسیمات صدتایی چارچوب که حداقل نصف آن با سطح سبز گیاه اصلی پر شده بود، نمره یک و در غیر این صورت نمره صفر داده می‌شد. مجموع تعداد خانه‌های پر، درصد پوشش سبز را مشخص کرد (یعقوبیان و همکاران ۲۰۱۸). شاخص کلروفیل در مرحله آغاز گلدهی با استفاده از دستگاه کلروفیل سنچ (SPAD) در بالاترین برگ ۵ بوته اندازه‌گیری شد و از میانگین داده‌ها در محاسبات آماری استفاده شد. در زمان برداشت نهایی، خورجین بوته‌های موجود در مساحتی معادل یک متر

تیمارهای آزمایشی شامل کود شیمیایی در سه سطح (عدم مصرف کود به عنوان شاهد، مصرف ۱۲۵ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره) و کودهای زیستی در چهار سطح (عدم کاربرد کود زیستی به عنوان شاهد، کاربرد ازتوبارور ۱، کاربرد فسفات بارور ۲ و کاربرد توأم ازتوبارور ۱ + فسفات بارور ۲) بودند. نیتروژن از منبع اوره (حاوی ۴۶٪ نیتروژن) تأمین گردید. عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک و تسطیح بود. هر کرت آزمایشی شامل سه ردیف (جوی و پشته) کاشت به طول ۳ متر و عرض ۲ متر بود. فاصله بین کرت‌های مجاور در یک بلوک نیم متر و فاصله بین بلوک‌ها ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. بذرها در اوایل بهار پس از ضد عفونی به فاصله ۴ سانتی‌متر در هر ردیف در عمق ۲-۱ سانتی-متری کاشت شدند. بلافاصله پس از کاشت آبیاری صورت گرفت و آبیاری‌های بعدی براساس نیاز گیاهان انجام پذیرفت. مبارزه با علف‌های هرز به صورت دستی و به‌طور مداوم انجام گردید. کودهای زیستی از شرکت زیست فناور سبز تهیه گردیدند و هر کدام از آن‌ها حاوی ۱۰ تا ۱۰۷ گرم از جمعیت باکتری در یک گرم از محصول هستند و طبق دستور شرکت سازنده به روش تلقیح با بذر با توجه به دستورالعمل مندرج در بسته‌بندی شرکتی آن‌ها استفاده شد. کود زیستی فسفات بارور ۲ حاوی دو نوع باکتری حل‌کننده فسفات از گونه‌های پانتوآ آگلومرانس (سویه P25) و سودوموناس پوتیدا (سویه P13) می‌باشد که به ترتیب با کاربرد دو سازوکار ترشح اسیدهای آلی و اسید فسفاتاز باعث تجزیه ترکیبات فسفره نامحلول و در نتیجه قابل جذب شدن آن برای گیاه می‌گردند (توحیدی‌نیا و همکاران ۲۰۱۳). کود زیستی ازتوبارور ۱ دارای باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن است و توانایی ساخت و ترشح مواد بیولوژیکی فعال از قبیل اسید نیکوتینیک، اسید پنتوتنیک، بیوتین، ویتامین‌های B، اکسین، جیبرلین و غیره را در محیط ریشه گیاه دارا هست که این مواد محرک رشد در توسعه سیستم ریشه-ای گیاه نقش اساسی دارند و با بهبود جذب آب و عناصر غذایی، عملکرد گیاهان زراعی و خصوصیات خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهند (شاتا و همکاران ۲۰۰۷).

مربع برداشت و پس از خرمن‌کوبی وزن دانه‌های حاصل بعد از هوا خشک کردن به عنوان عملکرد دانه در واحد سطح در نظر گرفته شد.

شاخص برداشت

شاخص برداشت با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد (نتانوس و کوتروباس ۲۰۰۲).

$$\text{رابطه ۱]} \quad 100 \times \text{عملکرد بیولوژیک} / \text{عملکرد دانه} = \text{شاخص برداشت}$$

سنجش درصد روغن

جهت اندازه‌گیری درصد روغن ۵ گرم دانه کلزا داخل کاغذ صافی وزن گردید، سپس کاغذ صافی تا شده و در داخل قسمت استخراج کننده دستگاه سوکسله قرار گرفت. از حلال هگزن، بترولیوم اتری یا دی اتیل اتر استفاده شد. به این صورت که آنقدر حلال اضافه گردید تا یک مرتبه از قسمت استخراج شونده تخلیه شود. سپس جریان آب را برقرار کرده و حداقل ۳ ساعت حرارت داده شد تا عمل استخراج تکمیل شود. در نهایت کاغذ صافی حاوی نمونه داخل آون خشک و توزین گردید. درصد روغن با استفاده از رابطه (۲) محاسبه گردید (کوبساده و همکاران ۲۰۰۸). عملکرد روغن نیز از حاصلضرب عملکرد دانه در درصد روغن محاسبه گردید.

رابطه ۲]
$$\text{درصد روغن} = \frac{W_2 - W_1}{W_2}$$
 در این رابطه W_2 وزن کاغذ صافی و نمونه در ابتدای کار و W_1 وزن کاغذ صافی و نمونه در انتهای کار

محاسبات آماری

قبل از تجزیه آماری، تست نرمال بودن داده‌ها و یکنواختی واریانس‌ها انجام شد. برای تجزیه‌های آماری از نرم‌افزار MSTAT-C استفاده گردید و میانگین داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C و بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه گردیدند. برای ترسیم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات (جدول ۲)، ارتفاع بوته تحت تأثیر سطوح کود شیمیایی قرار گرفت، ولی این صفت تحت تأثیر کاربرد کود زیستی قرار نگرفت. بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها

مشخص گردید که بیش‌ترین ارتفاع بوته (۷۳/۸ سانتی-متر) از تیمار کاربرد ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره و کم-ترین آن نیز متعلق به تیمار شاهد (۵۶/۴ سانتی-متر) بود (جدول ۳). نتایج نشان داد که کاربرد ۱۲۵ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی اوره ارتفاع بوته را در مقایسه با شاهد به ترتیب ۱۶/۱ و ۳۰/۸ درصد افزایش داد (جدول ۳). اوزر (۲۰۰۳) گزارش داد که ارتفاع بوته کلزا با کاربرد کود نیتروژن افزایش می‌یابد. بررسی‌ها نشان داده است که کاربرد کود نیتروژنه، در کنار کودهای فسفر و پتاسیم میزان فتوسنتز گیاهان را افزایش می‌دهد (زینگ و وو ۲۰۱۴) و از آنجایی که رشد طولی ساقه وابسته به انتقال آسمیلات‌ها از برگ به ساقه‌ها است (پورتر و همکاران ۲۰۱۱)، بنابراین با افزایش میزان فتوسنتز بر رشد طولی ساقه کلزا افزوده می‌شود. همچنین عنوان شده است که نیتروژن به دلیل افزایش رشد رویشی و افزایش تقسیم سلولی، سبب افزایش ارتفاع بوته می‌شود (حمزه‌ای و همکاران ۲۰۱۵).

سطح برگ و درصد پوشش سبز

جدول تجزیه واریانس نشان داد که سطح برگ و درصد پوشش سبز به طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر اصلی کودهای شیمیایی قرار گرفت، ولی کود زیستی تأثیر معنی‌داری بر این شاخص‌های کلزا نداشت (جدول ۲). بر اساس نتایج حاصل، بین تیمارهای عدم کاربرد کود شیمیایی و کاربرد ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره از نظر سطح برگ اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت، تیمار کاربرد ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره سبب افزایش سطح برگ کلزا به میزان ۳۸/۱ درصد گردید (جدول ۳). بر این اساس بیش‌ترین سطح برگ (۴۵۶/۷ سانتی-متر مربع) تحت شرایط کاربرد ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی و کم‌ترین این شاخص

و ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار اوره (به ترتیب ۷۶/۳۲ و ۷۲/۸۶ درصد) و حداقل آن در تیمار عدم کاربرد کود

در حالت عدم کاربرد کود (۳۳۰/۷ سانتی متر مربع) مشاهده گردید (جدول ۳). همچنین مقایسه میانگین‌ها نشان داد که حداکثر درصد پوشش سبز در کاربرد ۲۵۰

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تیمارهای کودی بر صفات رشدی، اجزای عملکرد، عملکرد و محتوای روغن کلزا

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	سطح برگ	درصد پوشش سبز	وزن خشک بوته	تعداد خورجین	تعداد دانه در بوته	وزن هزار دانه	شاخص برداشت	شاخص محتوای کلروفیل	عملکرد دانه	درصد روغن	عملکرد روغن
تکرار	۲	۸۸/۰۹	۱۱۵۱۸/۶۷	۲۲/۹۴	۱/۲۰۴	۱۲۷/۲۳	۲۸۹۳۶۴/۲۷	۰/۱۵	۲۲/۳۴	۰/۵۲	۵/۵۷۴	۱/۲۰۲	۰/۰۲
کود شیمیایی (A)	۲	۹۰۸/۹۷ **	۵۲۸۷۳/۸۳ **	۲۴/۳۴ **	۷۴/۲۶ **	۲۷۹۷/۸۶ **	۶۰۰۷۷۳۴/۵۷ **	۰/۰۲۸ ns	۶۴/۶۹ *	۲۸/۰۹ **	۳/۱۸۸ **	۴۲/۶۱ *	۰/۰۲۵ ns
کود زیستی (B)	۲	۲۴۲/۵۴ ns	۱۰۰۸۶/۰۷ ns	۱۱۹/۶۸ ns	۴۵/۴۱ **	۵۸۲/۴۷ ns	۱۳۵۷۲۷/۲۹ **	۰/۰۵ ns	۴۹/۲ ns	۶/۶ ns	۰/۴۲۳ **	۵۵/۹۳ **	۰/۰۴۹ *
A × B	۶	۲۹۲/۸ ns	۱۲۱۲۸/۴۵ ns	۳/۵۵ ns	۲/۷۹ ns	۲۱۸/۹۷ ns	۶۳۳۲۵/۶۹ *	۰/۰۹ ns	۳۹/۵ ns	۵/۵۸ ns	۰/۴۱۳ **	۶/۷۱ ns	۰/۰۲۸ ns
خطا	۲۲	۱۲۷/۴۵	۵۲۸۸/۲۵	۴۲/۳	۴/۸۵	۲۰۵/۷۹	۱۹۵۸۴۳/۴۶	۰/۰۴	۱۷/۵	۳/۰۶	۰/۰۱۲	۷/۶۹	۰/۰۱۳
ضریب تغییرات (%)	-	۱۷/۳	۱۹/۲۳	۹/۰۱	۱۳/۹۸	۸/۹۲	۱۶/۱۶	۱۹/۳	۱۲/۲۶	۶/۱۲	۳/۲۶	۷/۷۳	۱۰/۵۴

ns و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد است.

سبب افزایش شاخص سطح برگ و در نتیجه درصد پوشش سبز گیاهی می‌شود.

تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین

اثر اصلی کود زیستی بر تعداد دانه در خورجین کلزا غیرمعنی‌دار بود، در صورتی که اثر اصلی کودهای شیمیایی تأثیر معنی‌داری را بر این صفت باعث گردید (جدول ۲). در دو تیمار کاربرد ۱۲۵ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره تعداد خورجین در بوته به ترتیب ۱۶۱/۵ و ۱۷۵/۸ عدد بود که در مقایسه با عدم کاربرد کود شیمیایی (۱۴۵/۳ عدد) به ترتیب به میزان ۱۱/۱ و ۲۱ درصد بیش‌تر بود (جدول ۳). همچنین مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره، دارای بالاترین تعداد دانه در خورجین بود که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری را با کاربرد ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار نشان نداد (جدول ۳). عدم کاربرد کود (شاهد) نیز پایین‌ترین تعداد دانه در خورجین (۱۳/۷۶ عدد) را به خود اختصاص داد (جدول ۳). نتایج نشان داد که کاربرد ۱۲۵ و ۲۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار در مقایسه با شاهد تعداد دانه در بوته را به ترتیب ۲۴/۹ و ۴۲/۲ درصد بهبود بخشید (جدول ۳). تعداد خورجین در بوته مشخصه تعیین‌کننده پتانسیل عملکرد کلزا است، زیرا خورجین‌ها از یک طرف در برگیرنده تعداد دانه‌ها و از طرف دیگر

(۶۷/۳۲ درصد) مشاهده گردید (جدول ۳). کاربرد ۱۲۵ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در مقایسه با عدم کاربرد کود درصد پوشش سبز گیاه کلزا را به ترتیب ۸/۲ و ۱۳/۳ درصد افزایش داد (جدول ۳) که می‌توان دلیل آن را به افزایش ارتفاع بوته و رشد رویشی بهتر گیاه و نیز افزایش سطح برگ گیاه تحت تأثیر کاربرد کود نیتروژن نسبت داد که در نتیجه موجب بهبود سطح پوشش سبز در مزرعه گردیده است. در پژوهشی مشخص گردید که کاربرد کود نیتروژنی تأثیر قابل ملاحظه‌ای را بر افزایش سطح برگ گیاهان دارد و کمبود آن از طریق تسریع پیری برگ‌ها و کاهش تعداد برگ‌های تولیدی سبب کاهش سطح برگ می‌شود (اکمل و همکاران ۲۰۱۰). از طرفی نیتروژن به واسطه افزایش تقسیم سلولی و افزایش رشد سلول‌های برگ می‌تواند موجب افزایش سطح برگ می‌شود (اوزتورک ۲۰۱۰). احمد و همکاران (۲۰۱۷) اظهار داشتند که کود نیتروژنی با افزایش تولید اجزای سلولی و پتانسیل آبی گیاه، رشد سلول‌های برگ و در نتیجه سطح برگ و درصد پوشش سبز گیاه ذرت را افزایش می‌دهد (احمد و همکاران ۲۰۱۷). مقصودی و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و توسعه بیشتر سیستم ریشه‌ای گیاه جهت جذب عناصر غذایی و همچنین بهبود حاصلخیزی خاک در شرایط استفاده از کودهای شیمیایی و زیستی

تأمین‌کننده مواد فتوسنتزی مورد نیاز دانه‌ها و تعیین‌کننده وزن آن‌ها هستند (آدامز و گرافیوس ۲۰۰۱). زانگ و سدوم (۲۰۰۵) بیان داشتند که افزایش کاربرد نیتروژن سبب افزایش تعداد خورجین در بوته گردید. ایشان بیان داشتند که کمبود نیتروژن سبب افزایش درصد ریزش گل‌ها در حین تلقیح و یا پس از آن سبب کوتاه شدن مرحله‌ی گلدهی شده و از این طریق سبب کاهش تعداد خورجین در بوته می‌شود. اوزتورک (۲۰۱۰) و مدنی و همکاران (۲۰۱۱) مشاهده نمودند که تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین با کاربرد کود شیمیایی افزایش می‌یابد. بین و همکاران (۲۰۱۵) نیز گزارش

نمودند که تعداد خورجین با کاربرد کود شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم افزایش پیدا کرد. عجم‌نوروزی و میرزایی (۲۰۰۷) نشان دادند که افزایش مصرف نیتروژن از طریق دسترسی بهتر نیتروژن و کاهش رقابت در پر شدن دانه‌ها سبب افزایش تعداد دانه در خورجین می‌گردد. کاربرد نیتروژن، به دلیل افزایش سطح سبز گیاهی و تعداد شاخه فرعی در کلزا، منجر به افزایش تولید مواد فتوسنتزی و باروری گل‌ها و در نتیجه افزایش تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین می‌شود (بایبوردی ۲۰۱۰).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر سطوح کود اوره بر برخی صفات گیاه کلزا

سطح اوره	ارتفاع بوته (cm)	سطح برگ (cm ²)	تعداد خورجین در بوته (no/plant)	تعداد دانه در خورجین (no/m ²)	شاخص برداشت (%)	شاخص کلروفیل	درصد پوشش سبز (%)
شاهد	۵۶/۴۳ b	۳۳۰/۷ b	۱۴۵/۳ c	۱۳/۷۶ b	۳۱/۵۴ b	۲۷/۳۳ b	۶۷/۳۲ b
۱۲۵ کیلوگرم در هکتار	۶۵/۵۵ ab	۲۵۷/۶ b	۱۶۱/۵ b	۱۷/۱۹ a	۲۴/۸۱ ab	۲۸/۱۷ ab	۷۲/۸۶ a
۲۵۰ کیلوگرم در هکتار	۷۳/۸۳ a	۴۵۶/۷ a	۱۷۵/۸ a	۱۹/۵۸ a	۳۶/۰۳ a	۳۰/۳ a	۷۶/۳۲ a

میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشند.

شاخص برداشت و شاخص کلروفیل

نتایج حاکی از آن است که بین سطوح مختلف تیمارهای کود شیمیایی از نظر شاخص برداشت و شاخص کلروفیل تفاوت معنی‌داری وجود دارد، با این وجود اثر کودهای زیستی مورد بررسی بر روی این شاخص‌ها غیرمعنی‌دار بود (جدول ۲). بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها بیش‌ترین شاخص برداشت کلزا (۳۶/۰۳ درصد) و شاخص کلروفیل (۳۰/۳) در شرایط کاربرد ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره و کم‌ترین این شاخص‌ها (به ترتیب ۳۱/۵۴ درصد و ۲۷/۳۳) تحت شرایط بدون کاربرد کود حاصل شد (جدول ۳). مصرف ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره شاخص برداشت و شاخص کلروفیل را در مقایسه با شاهد به ترتیب ۱۴/۲ و ۱۰/۸ درصد و مصرف ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره میزان این شاخص‌ها را نسبت به شاهد به ترتیب ۱۰/۳ و ۳ درصد بهبود بخشید (جدول ۳). بین

و همکاران (۲۰۱۵) مشاهده نمودند که کود شیمیایی نیتروژنه، فسفره و پتاسه سبب افزایش شاخص برداشت کلزا گردید و اظهار داشتند که بهبود شاخص برداشت با کاربرد کود شیمیایی را می‌توان به اثر مثبت آن بر عملکرد دانه در مقایسه با عملکرد بیولوژیکی نسبت داد، بدین صورت که اثر مثبت کود بر رشد زایشی، بیش‌تر از رشد رویشی آن بوده است. افزایش شاخص برداشت تحت تأثیر نیتروژن به نقش مؤثر آن در توزیع آسیمات-ها و افزایش عملکرد اقتصادی نسبت داده شده است (نورالدین و همکاران ۲۰۰۳). محمدی و همکاران (۲۰۱۱) نیز در پژوهشی بر روی کلزا به این نتیجه رسیدند که کاربرد کود شیمیایی افزایش معنی‌داری را در شاخص کلروفیل باعث گردید. نیتروژن از مهم‌ترین عواملی است که بر روی میزان کلروفیل برگ‌ها تأثیر می‌گذارد و از طریق شرکت در ساختار کلروفیل باعث ایجاد شرایط مناسب برای تولید کلروفیل می‌گردد (باراری تاری و

که کاربرد کود زیستی سبب افزایش وزن خشک بوته کلزا گردید و بیان داشت که کودهای زیستی از طریق افزایش دسترسی گیاه به عناصر غذایی و تولید مواد محرک رشد، بر میزان تولید ماده خشک گیاهان می افزایند. پاتل و همکاران (۲۰۱۶) اظهار داشتند که باکتری-های موجود در کودهای زیستی با متعادل کردن جذب عناصر اصلی پرمصرف و ریزمغذی مورد نیاز گیاه، سنتز و ترشح مواد محرک رشد گیاه و همچنین ترشح اسیدهای آمینه مختلف و انواع آنتی بیوتیک موجب رشد و توسعه ریشه و اندام هوایی می شوند.

درصد و عملکرد روغن

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر اصلی کود زیستی بر درصد و عملکرد روغن کلزا معنی دار گردید. با این وجود اثر اصلی کود شیمیایی تنها بر درصد روغن تأثیر معنی داری را دارا بود. اثر متقابل کود شیمیایی در کود زیستی نیز تأثیر معنی داری را بر درصد و عملکرد روغن نداشت (جدول ۲). تیمارهای کاربرد ۱۲۵ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به ترتیب باعث افزایش ۴ و ۱۰/۸ درصدی روغن دانه کلزا در مقایسه با شرایط بدون کود شدند (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین درصد روغن (۳۷/۹۲ درصد) در حالت مصرف ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره مشاهده گردید. کمترین درصد روغن (۳۴/۲ درصد) متعلق به تیمار شاهد (بدون مصرف کود شیمیایی) بود که از نظر آماری اختلاف معنی داری را با تیمار مصرف ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار اوره نشان نداد (جدول ۴). اثر اصلی کودهای زیستی مشخص کرد که بالاترین درصد روغن (۳۹/۰۴ درصد) در تیمار کاربرد توأم کودهای زیستی ازتوبارور ۱ و فسفات بارور ۲ و پایینترین میزان آن (۳۳/۰۱ درصد) در تیمار بدون کاربرد کود زیستی به دست آمد (جدول ۴). همچنین نتایج مقایسه میانگین‌ها مشخص کرد که بیشترین عملکرد روغن (۱/۱۵۶ تن در هکتار) متعلق به کاربرد همزمان کودهای زیستی ازتوبارور ۱ و فسفات بارور ۲ بود که از لحاظ آماری با تیمار کاربرد فسفات بارور ۲ اختلاف معنی داری را نداشت. تیمار عدم مصرف کود زیستی نیز

همکاران (۲۰۱۳). زنجانی و همکاران (۲۰۲۱) در کلزا و حکمعلی پور و دربندی (۲۰۱۱) در ذرت نشان دادند که کاربرد کود نیتروژن سبب بهبود شاخص کلروفیل گردید.

وزن خشک بوته

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی کود شیمیایی و کود زیستی بر وزن خشک بوته معنی دار گردید، در صورتی که اثر متقابل این تیمارها تأثیر معنی-داری را بر روی این صفت نشان نداد (جدول ۲). کود شیمیایی اوره و کود زیستی سبب افزایش وزن خشک بوته‌های کلزا گردید. به طوری که بیشترین وزن خشک بوته (۱۸/۲۳ گرم) در شرایط کاربرد ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره و کمترین وزن خشک بوته (۱۳/۲۶ گرم) در شرایط بدون کاربرد کود به دست آمد (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها مشخص کرد که کاربرد ۱۲۵ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در مقایسه با عدم مصرف کود وزن خشک بوته را به ترتیب ۱۹ و ۳۷/۴ درصد افزایش داد (جدول ۴). اثر اصلی کودهای زیستی نیز نشان داد که حداکثر وزن خشک بوته (۱۸/۷۴ گرم) در حالت کاربرد توأم کودهای زیستی ازتوبارور ۱ و فسفات بارور ۲ مشاهده گردید (جدول ۴). تیمار عدم کاربرد کود زیستی (شاهد) نیز حداقل وزن خشک بوته (۱۳/۳۴ گرم) را به خود اختصاص داد (جدول ۴). بر این اساس مصرف کودهای زیستی ازتوبارور ۱، فسفات بارور ۲ و مصرف همزمان آن‌ها وزن خشک بوته را به ترتیب ۱۳/۴، ۱۸/۵ و ۴۰/۴ درصد در مقایسه با عدم کاربرد کود زیستی بهبود بخشید (جدول ۴). افزایش وزن خشک کلزا تحت تأثیر نیتروژن در مطالعات متعدد به اثبات رسیده است (یاهبی و همکاران ۲۰۲۲؛ محمد و همکاران ۲۰۲۲). گزارش گردیده است که کاربرد نیتروژن از طریق افزایش سطح و دوام برگ سبب افزایش میزان فتوسنتز در واحد سطح شده و در نتیجه تجمع ماده خشک در گیاه را افزایش می‌دهد (مجد و امام ۲۰۱۳). همچنین عنوان شده است که نیتروژن در فعالیت‌های فتوسنتزی و ساخت کربوهیدرات‌ها و کلروفیل نقش مهمی را ایفا می‌کند و منجر به افزایش رشد رویشی و تجمع ماده خشک در گیاه می‌شود (خمدی و همکاران ۲۰۱۵). راهی (۲۰۱۳) نشان دادند

آفتابگردان گردید. عباس‌دخت و همکاران (۲۰۱۵) اظهار داشتند که درصد روغن گیاه سویا با کاربرد کود زیستی افزایش می‌یابد. افزایش عملکرد روغن گیاه گلرنگ در شرایط کاربرد تلفیقی کود زیستی و نیتروژن در مطالعات سیدشریفی و همکاران (۲۰۱۷) نشان داده شده است. چودهاری و کندی (۲۰۰۴) گزارش کردند که استفاده از کودهای زیستی از جمله باکتری‌های محرک رشد از طریق دسترسی بهتر گیاه به فسفر بالا سبب افزایش درصد روغن دانه می‌گردد. همچنین مام‌نبی و همکاران (۲۰۲۰) اظهار داشتند که بهبود عملکرد روغن کلزا در نتیجه کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی می‌تواند ناشی از افزایش درصد روغن و عملکرد دانه باشد.

کم‌ترین عملکرد روغن (۰/۹۸۸ تن در هکتار) را به خود اختصاص داد (جدول ۴). مصرف کودهای زیستی از توبرور ۱، فسفات بارور ۲ و کاربرد توأم آن‌ها درصد روغن کلزا را به ترتیب ۷، ۹/۶ و ۱۸/۲ درصد و عملکرد روغن را نیز به ترتیب ۱۱/۳، ۱۴/۶ و ۱۷ درصد در مقایسه با شاهد بهبود بخشید (جدول ۴). اوزتورک (۲۰۱۰) نشان داد که کاربرد کود نیتروژن موجب افزایش معنی‌دار درصد روغن کلزا گردید. مدنی و همکاران (۲۰۱۱) نیز نشان دادند که کاربرد کود زیستی منجر به افزایش درصد روغن کلزا شد. شهاتا و ال‌خواز (۲۰۰۳) نشان دادند که کاربرد کود زیستی در مقایسه با عدم کاربرد آن باعث افزایش میزان روغن و پروتئین دانه

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر اصلی کود شیمیایی و کود زیستی بر وزن خشک بوته، درصد و عملکرد روغن کلزا

عملکرد روغن (ton.ha ⁻¹)	روغن دانه (%)	وزن خشک بوته (g)	تیمار
-	۲۴/۲ b	۱۳/۲۶ c	شاهد
-	۲۵/۵۷ b	۱۵/۷۹ b	۱۲۵ کیلوگرم در هکتار
-	۳۷/۹۲ a	۱۸/۲۳ a	۲۵۰ کیلوگرم در هکتار
۰/۹۸۸ b	۳۳/۰۱ c	۱۳/۳۴ c	شاهد
۱/۱ ab	۳۵/۳۳ bc	۱۵/۱۳ bc	ازتوبارور ۱
۱/۱۳۳ a	۳۶/۲ b	۱۵/۸۲ b	فسفات بارور ۲
۱/۱۵۶ a	۳۹/۰۴ a	۱۸/۷۴ a	ازتوبارور ۱+ فسفات بارور ۲

میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشند.

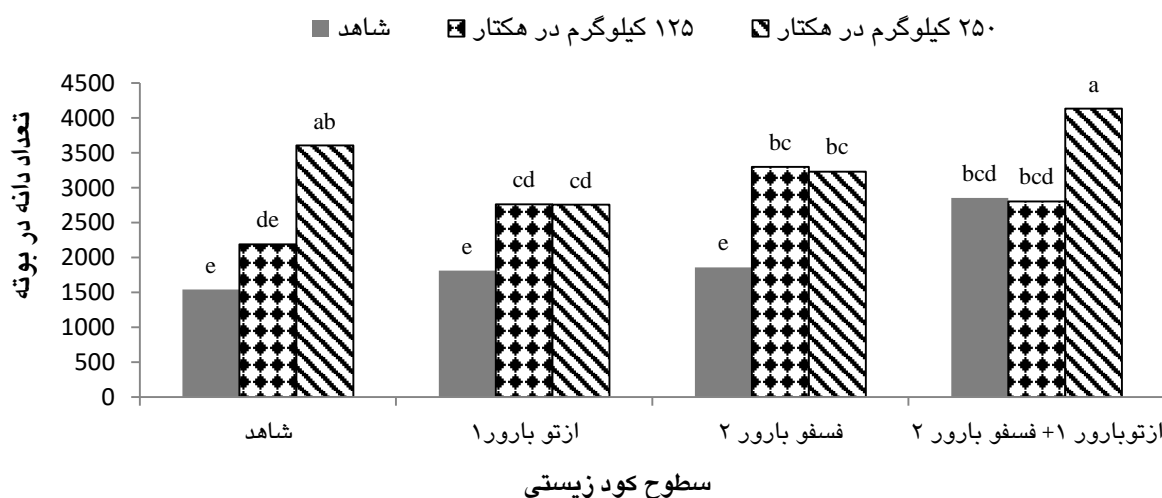
تعداد دانه در بوته

کودهای زیستی از توبرور ۱، فسفات بارور ۲ و مصرف تلفیقی این دو کود تعداد دانه در بوته را در مقایسه با شاهد به ترتیب ۷۹، ۱۱۳/۹ و ۸۱/۹ درصد افزایش داد. از طرفی در شرایط کاربرد ۲۵۰ کیلوگرم کود، استفاده از ازتوبارور ۱، فسفات بارور ۲ و کاربرد توأم آن‌ها تعداد دانه در بوته را به ترتیب ۷۸/۹، ۱۰۹/۶ و ۱۶۸ درصد بهبود بخشید (شکل ۱). نتایج این پژوهش حاکی از آن است که استفاده از کود زیستی و کود شیمیایی سبب افزایش تعداد دانه در بوته کلزا گردید و این افزایش در شرایط کاربرد کود زیستی محسوس‌تر از کاربرد کود اوره می‌باشد که مطابق با یافته‌های سایر محققان می‌باشد (محمدی و همکاران ۲۰۱۲). بالا بودن تعداد دانه در بوته کلزا تحت شرایط استفاده از کودهای زیستی و

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲)، اثر متقابل کود شیمیایی در کود زیستی اثر معنی‌داری بر تعداد دانه در بوته کلزا داشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین تعداد دانه در بوته (۴۱۳۳ عدد) تحت شرایط کاربرد ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره همراه با کاربرد تلفیقی کودهای زیستی از توبرور ۱ و فسفات بارور ۲ به دست آمد. کم‌ترین این شاخص (۱۵۴۲ عدد) نیز متعلق به عدم کاربرد کود شیمیایی و زیستی می‌باشد که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری را با عدم کاربرد کود اوره تحت شرایط استفاده از ازتوبارور ۱ و فسفات بارور ۲ نشان نداد (شکل ۱). نتایج نشان داد که تحت شرایط تیمار ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره کاربرد

غذایی به سوی گل‌ها و غلاف‌ها موجب افزایش تعداد دانه در بوته کلزا می‌شود. نقش مثبت کود زیستی در افزایش تعداد دانه در بوته گیاه سویا گزارش شده است (مصطفویان و همکاران ۲۰۰۸). راج (۲۰۲۲) بیان داشت که کاربرد کودهای زیستی (ازتوباکتر و باکتری‌های حل-کننده فسفر) موجب افزایش تعداد دانه در خورجین و تعداد خورجین در بوته گیاه کلزا گردیدند.

نیترژن در این پژوهش را می‌توان به بهبود تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین در حالت استفاده از این کودها نسبت داد. بهبود تعداد دانه در خورجین و تعداد خورجین در بوته تحت تأثیر کود نیترژن مشاهده شده است (کائور و همکاران ۲۰۲۳). سیدشریفی و همکاران (۲۰۱۲) اظهار داشتند که نیترژن به دلیل نگهداری طولانی مدت برگ‌ها و حفظ جریان مواد



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری کودهای اوره و زیستی بر تعداد دانه در بوته کلزا میانگین‌های با حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشند.

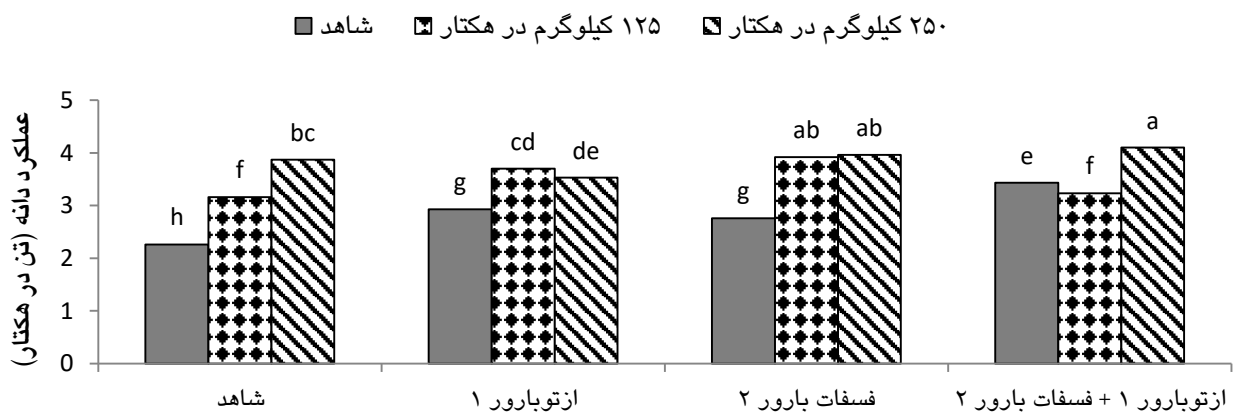
عملکرد دانه

(شکل ۲). بنابراین می‌توان بیان داشت که حدود ۵۰ درصد کاهش در مصرف کود نیترژنی با کاربرد کود زیستی حاصل شده است. همچنین مشخص شد در شرایط عدم کاربرد کود شیمیایی، تیمارهای کاربرد ازتوبارور ۱ و کاربرد فسفات بارور ۲ و کاربرد تلفیقی ازتوبارور ۱ و فسفات بارور ۲ افزایش به ترتیب ۲۹/۶، ۲۲/۱ و ۵۱/۷ درصدی را در عملکرد دانه باعث شدند (شکل ۲). در کاربرد ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار کود، کاربرد ازتوبارور ۱ و فسفات بارور ۲ اثر افزایش معنی‌داری بر عملکرد دانه داشتند، در حالی که کاربرد تلفیقی این کودهای زیستی تأثیری بر این صفت نداشت. به نظر می‌رسد در کاربرد همزمان کود زیستی، بدون کاربرد کود شیمیایی، اثرات مکملی مثبت این دو کود با یکدیگر منجر به بهبود ۵۰ درصدی عملکرد دانه شده است، در

در این مطالعه عملکرد دانه کلزا به طور معنی‌داری تحت تأثیر بر همکنش کود شیمیایی و زیستی قرار گرفت (جدول ۲). بیش‌ترین عملکرد دانه با ۴/۱ تن در هکتار در کاربرد توأم ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به همراه مصرف تلفیقی ازتوبارور ۱ فسفات بارور ۲ به دست آمد. کم‌ترین آن نیز با ۲/۲۶۷ تن در هکتار مربوط به عدم کاربرد کودهای شیمیایی و زیستی بود (شکل ۲). تیمار کاربرد ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در تمامی ترکیبات تیماری کود زیستی اثر افزایشی معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت. بین سطوح کودی ۱۲۵ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره تحت شرایط کاربرد جداگانه کودهای زیستی ازتوبارور ۱ و فسفات بارور ۲ اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت که خود تأییدی بر کاهش نیاز کلزا به کود شیمیایی با کاربرد کود زیستی است

داشتند که استفاده از کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم سبب افزایش عملکرد کلزا شد. کاپن و همکاران (۲۰۰۰) در بررسی اثر پنج سطح نیتروژن روی عملکرد و اجزاء عملکرد کلزا به این نتیجه دست یافتند که با افزایش نیتروژن عملکرد کلزا افزایش یافته و بیشترین عملکرد دانه با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل گردید. مطالعات نشان داده است که کاربرد کودهای زیستی ازتوباکتر و آزوسپریلیوم موجب افزایش عملکرد دانه کلزا (یساری و همکاران ۲۰۰۹) و آفتابگردان (سلیمانزاده و همکاران ۲۰۱۰) شده است. دلیل افزایش عملکرد در اثر تلقیح با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاهی ناشی از تثبیت نیتروژن، فسفات، پتاسیم و آهن، بهبود توزیع آب در گیاه و افزایش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز اعلام شده است (کادر و همکاران ۲۰۰۲).

حالی که با مصرف کود شیمیایی اوره، اعم از کاربرد ۱۲۵ و یا ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار از این اثر به شدت کاسته شده است. در کل مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تحت شرایط مصرف ۱۲۵ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره استفاده از ازتوبارور ۱ میزان عملکرد را به ترتیب ۶۳/۷ و ۵۶/۱ درصد، استفاده از فسفات بارور ۲ به ترتیب ۷۳/۴ و ۷۵/۲ درصد و کاربرد تلفیقی کودهای زیستی به ترتیب ۴۲/۹ و ۸۱/۴ درصد بهبود بخشید (شکل ۲). کسرایی و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی تأثیر کود شیمیایی و زیستی نیتروژنه بر عملکرد کلزا گزارش دادند که بیشترین عملکرد دانه کلزا با کاربرد بالاترین سطح کود نیتروژنی به دست آمد، در حالی که در شرایط کاربرد کود زیستی بیشترین عملکرد دانه کلزا در سطوح پایین‌تری از کود شیمیایی نیتروژنه به دست آمد و حتی مقادیر بالای کود نیتروژنی کاهش معنی‌داری را در عملکرد دانه کلزا باعث شد. بین و همکاران (۲۰۱۵) اظهار



سطوح کود زیستی

شکل ۲- مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری کودهای اوره و زیستی بر عملکرد دانه کلزا میانگین‌های با حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشند.

گرفت. کاربرد تیمارهای کودی به خصوص کاربرد توأم کود اوره و زیستی از طریق بهبود دسترسی و جذب نیتروژن و فسفر منجر به افزایش عملکرد و اجزای عملکرد کلزا گردید. درصد روغن نیز در شرایط استفاده از کود اوره و کودهای زیستی افزایش یافت. افزایش درصد روغن و عملکرد دانه در نهایت موجب افزایش

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش اثر کود شیمیایی اوره و کودهای زیستی ازتوبارور ۱ و فسفات بارور ۲ بر عملکرد، اجزای عملکرد و محتوای روغن گیاه کلزا مورد بررسی قرار

عملکرد روغن کلزا بالا در کلزا توصیه کرد. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که استفاده ترکیبی از کودهای زیستی و نیتروژن می‌تواند جایگزین مناسبی در راستای کاهش استفاده از کودهای شیمیایی باشد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از مساعدت‌های گروه اکوفیزیولوژی گیاهی و کارشناسان آزمایشگاه‌های غلات و نباتات صنعتی، تکنولوژی بذر و فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز به خاطر در اختیار قرار دادن امکانات آزمایشگاهی، کمال تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

عملکرد روغن گیاهان کلزا گردید. کاربرد تلفیقی کودهای زیستی از توبرور ۱ و فسفات بارور ۲ و مصرف ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره بیش‌ترین تأثیر مثبت را بر عملکرد دانه دارا بود. با این وجود از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری را با کاربرد سطوح کود اوره تحت شرایط کاربرد جداگانه کود زیستی فسفات بارور ۲ دارا نبود و از آنجایی که بین سطوح ۱۲۵ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره تحت شرایط کاربرد فسفات بارور ۲ تفاوتی وجود ندارد، بنابراین می‌توان کاربرد کود زیستی فسفات بارور ۲ توأم با ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره را برای دستیابی به عملکرد بالا و کاربرد کودهای زیستی بدون مصرف نیتروژن را در راستای دستیابی به درصد و

منابع مورد استفاده

- Abbasdokht H, Salmanzadeh S and Gholami A. 2015. The comparison of qualitative and quantitative of soybean (*Glycine max* L.) affected by double inoculation with Barvar-2 and *Rhizobium japonicum* bacteria at hydro- osmo priming condition. Iranian Journal of Field Crop Science, 46(4): 569-581. (In Persian). <https://doi.org/10.22059/IJFCS.2015.56807>
- Adams MW and Grafius JE. 2001. Yield compensation alternative interperation. Crop Science, 11: 33-35. <https://doi.org/10.2135/cropsci1971.0011183X001100010011x>
- Adl HR. 2007. Estimation of leaf biomass and leaf area index of two major species in Yasuj forests. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 15(4): 417-426 (In Persian).
- Ahmed NU, Ferdous Z, Uddin Mahmud N, Hossain A, Asad MD and Zaman UZ. 2017. Effect of split application of nitrogen fertilizer on the yield and quality of potato (*Solanum tuberosum*). International Journal of Natural and Social Sciences, 4(2): 60-66.
- Ajam Nowroozy H and Mirzaei H. 2007. Effects of planting date and different amounts of nitrogen and phosphorus fertilizers on yield yield components, quality and quantity oil of canola (Talaiech cultivar) in gorgan. Abstracts of Crop Science and Plant Breeding Congress. Mazandaran. Iran. (In Persian).
- Alahi A, Hossain MI, Kabir K, Shahjahan M, Arefin SMA and Hosain MT. 2014. Effect of phosphorus and plant spacing on the growth and yield of lettuce. Advance in Agriculture and Biology, 2(1): 1-7. <https://doi.org/10.15192/PSCP.AAB.2014.2.1.17>
- Arshad MJ, Freed S, Akbar S, Akmal M and Tahira Gul H. 2013. Nitrogen fertilizer application in maize and its impact on the development of chilo partellus (Lepidoptera: Pyralidae). Pakistan Journal of Zoology, 45(1): 141-147.
- Banuelos GS, Bryla DR and Cook CG. 2002. Vegetative production of kenaf and canola under irrigation in central California. Industrial Crops and Products, 15: 237-245. [https://doi.org/10.1016/S0926-6690\(01\)00119-4](https://doi.org/10.1016/S0926-6690(01)00119-4)
- Barari Tari D, Daneshian J, Amiri E, Hosein A, Rad S and Moumeni A. 2013. Investigation chlorophyll condition at different nitrogen fertilization methods in rice by applied mathematics relations (*Oryza sativa*). Middle-East Journal of Scientific Research, 14(8): 1056-1058. <https://doi.org/10.5829/idosi.mejsr.2013.14.8.586>

- Barman M, Paul S, Guha Choudhury A, Roy P and Sen J. 2017. Biofertilizer as prospective input for sustainable agriculture in India. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(11): 1177-1186. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.611.141>
- Bybordi A. 2010. Effects of salinity and N on the growth, photosynthesis and N status of canola (*Brassica napus* L.). *Notulae Scientia Biologicae*, 2(2): 92-97. <https://doi.org/10.15835/nsb223532>
- Choudhury A and Kennedy IR. 2004. Prospects and potentials for systems of biological nitrogen fixation in sustainable rice production. *Biology and Fertility of Soils*, 39: 219-227. <https://doi.org/10.1007/s00374-003-0706-2>
- Dahmardeh M. 2013. Effect of different bio fertilizers on growth and yield of canola (*Brassica napus* L) var RGS 003. *Journal of Agricultural Science*, 5: 56-67. <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v5n9p143>
- El-Lithy M, El-Batanony N, Moreno S and Bedmar E. 2014. A selected rhizobial strain isolated from wildgrown *Medicago monspeliaca* improves productivity of non-specific host *Trifolium alexandrinum*. *Applied Soil Ecology*, 73: 134-139. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.08.013>
- Etemadi F, Madah Hosseini S, Dashti H and Akhgar A. 2014. Investigation of the effect of plant growth promoting rhizobacteria on some growth indices and yield parameters of safflower under different soil salinity levels. *Journal of Crop Production and Processing*, 4(11): 77-87. (In Persian)
- Hamzei J, Seyedi M and Babaei M. 2015. Effect of density and nitrogen on seed quantity and quality of winter rapeseed in Hamedan conditions. *Crop Production*, 8(1): 143-159. (In Persian). DOR: 20.1001.1.2008739.1394.8.1.8.8
- Hassani F, Ardakani M, Asgharzade A, Paknezhad F and Hamidi A. 2014. Efficiency of mycorrhizal fungi and phosphate solubilizing bacteria on phosphorus uptake and chlorophyll index in potato plantlets. *International Journal of Biosciences*, 4: 244-251. <http://dx.doi.org/10.12692/ijb/4.1.244-251>
- Hokmalipour S and Darbandi MH. 2011. Effects of nitrogen fertilizer on chlorophyll content and other leaf indicate in three cultivars of maize (*Zea mays* L.). *World Applied Sciences Journal*, 15(12): 1780-1785.
- Ibrahim MEH, Zhu X, Zhou G, Yousif Adam Ali A, Ahmad I and Ali Farah G. 2018. Nitrogen fertilizer alleviated negative impacts of nacl on some physiological parameters of wheat. *Pakistan Journal of Botany*, 50(6): 2097-2104.
- Imran A and Al-Tawaha AR. 2023. Regenerating potential of dual purpose rapeseed (*Brassica napus* L.) as influenced by decapitation stress and variable rates of phosphorous. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 54(4): 534-543. <https://doi.org/10.1080/00103624.2022.2118297>
- Itelima JU, Bang WJ, Onyimba IA, Sila MD and Egbere OJ. 2018. Bio-fertilizers as key player in enhancing soil fertility and crop productivity: A review. *Direct Research Journal of Agriculture and Food Science*, 6(3): 73-83. <http://hdl.handle.net/123456789/1999>
- Kader MA, Main MH and Hoque MS. 2002. Effects of Azotobacter inoculant on the yield nitrogen uptake by wheat. *Online Journal of Biological Sciences*, 2(4): 259-261.
- Kappen L, Schultz G, Gruler T and Widmoser P. 2000. Effect of N-fertilization on shoots and roots of rape (*Brassica napus* L.) and consequences for the soil matric potential. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 163(5): 481- 489. [https://doi.org/10.1002/1522-2624\(200010\)163:5<481::AID-JPLN481>3.0.CO;2-7](https://doi.org/10.1002/1522-2624(200010)163:5<481::AID-JPLN481>3.0.CO;2-7)
- Kasraie P, Nasri M, Khalatbari M and Zakerin HR. 2013. The effects of application of plant growth promoting rhizobacteria on physiological characteristics and yield of canola. *Technical Journal of Engineering and Applied Sciences*, 3: 121-125.
- Kaur G, Brar SS, Singh CB, Dhingra M and Singh KB. 2023. Impact of tillage, irrigation regimes and nitrogen levels on soil moisture dynamics, growth and productivity of canola (*Brassica napus*). *International Journal of Plant & Soil Science*, 35(17): 320-336. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2023/v35i173214>

- Kenneth OC, Chibuzor Nwadike E, Uchenna Kalu A and Victor Unah U. 2018. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): A novel agent for sustainable food production. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 14: 35-54. <https://doi.org/10.3844/ajabssp.2019.35.54>
- Khamadi F, Mesgarbashi M, Hasibi P, Farzaneh M and Enayatzamir N. 2015. Influence of crop residue and nitrogen levels on nutrient content in grain wheat. *Applied Field Crops Research*, 28(4): 158-166. (In Persian). <https://doi.org/10.22092/AJ.2016.106753>
- Kheradmand MA, Shahmoradzadeh Fahraji S, Fatahi E and Mahdi Raoofi M. 2014. Effect of water stress on oil yield and some characteristics of brassica napus. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 8: 1447-1453.
- Kiani M, Farnia A and Shaban M. 2013. Changes of seed yield, seed protein and seed oil in rapeseed (*Brassica napus* L.) under application of different bio fertilizers. *International journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 1: 1170-1178.
- Kubsad VS, Naik VR, Hanumantharaya L and Nekar MM. 2008. Phosphorus management in mungbean-safflower sequence cropping in vertisols under rainfed conditions. In *Safflower: unexploited potential and world adaptability*. 7th International Safflower Conference, Wagga Wagga, New South Wales, Australia, 3-6 November, 2008. (pp. 1-4). Agri-MC Marketing and Communication.
- Kulachi MNK, Zaib Jamali A, Waheed Solangi A, Ali Siyal M, Ali Siyal Z and Rais N. 2016. Integrated effects of n-p-k and bio-fertilizer on the growth and yield of rapeseed varieties. *Science International*, 28(5): 4973-4979.
- Lin Y, Watts DB, Torbert HA and Howe JA. 2020. Influence of nitrogen rate on winter canola production in the southeastern United States. *Agronomy Journal*, 112: 2978–2987. <https://doi.org/10.1002/agj2.20197>
- Madani H, Malboobi MA, Bakhshkelarestaghi K and Stoklosa A. 2011. Biological and chemical phosphorus fertilizers effect on yield and p accumulation in rapeseed (*Brassica napus* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 40(2): 210-214. <https://doi.org/10.15835/nbha4026079>
- Maghsudi E, Ghalavand A and Aghaalikhan M. 2014. The effect of different levels of fertilizer (organic, biological and chemical) on morphological traits and yield of maize single cross hybrid 704. *Applied Field Crops Research*, 27(104): 129-135. <https://doi.org/10.22092/AJ.2014.101820>
- Majd S and Emam Y. 2013. Effects of cycocel and nitrogen application on yield and yield components of autumn-grown oilseed rape at different plant densities. *Journal of Crop Production and Processing*, 3(7): 123-132. (In Persian)
- Mamnabia S, Nasrollahzadeh S, Ghassemi-Golezani G and Raei Y. 2020. Morpho-physiological traits, grain and oil yield of rapeseed (*Brassica napus* L.) affected by drought stress and chemical and bio-fertilizers. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 30(3): 359-378. (In Persian). DOR: 20.1001.1.24764310.1399.30.3.21.6
- Marchuk A, Likhanov VA and Lopatin OP. 2019. Alternative energy: methanol, ethanol and alcohol esters of rapeseed oil as eco-friendly biofuel. *Theoretical and Applied Ecology*, 3: 80-86. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2019-3-080-086>
- Mohamed D, Fergany M, Elhabbasha EF and El-temsah M. 2022. Productivity improvement of canola genotypes under salinity stress conditions by integration between mineral and nano-Scale forms of nitrogen fertilizer. *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*, 30(2): 1-16. <https://doi.org/10.21608/ajs.2022.140893.1481>
- Mohammadi K, Heidari G, Khaledro S and Sohrabi Y. 2011. Soil management, microorganisms and organic matter interactions: A review. *African Journal of Biotechnology*, 10(84): 19840-19849. <https://doi.org/10.5897/AJBX11.006>
- Mohammadi K, Sohrabi Y, Heidari G, Khaledro S and Majidi M. 2012. Effective factors on biological nitrogen fixation. *African Journal of Agricultural Research*, 7(12): 1782-1788. <https://doi.org/10.5897/AJARX11.034>

- Mohammadzadeh H and Naeini B. 2007. Effects of salinity stress on morphology and yield of two cultivars of canola (*Brassica napus* L.). Journal of Agronomy, 6(3): 409-414.
- Mostafavian SR, Pirdashti H, Ramzanpour MR, Andarkhor A and Shahsavari A. 2008. Effect of mycorrhizae, thiobacillus and sulfur nutrition on the chemical composition of soybean (*Glycine max* L.) seed. Pakistan Journal of Biological Science, 11(6): 826-835. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2008.826.835>
- Nagananda GS, Das A, Bhattacharya S and Kalpana T. 2010. In vitro studies on the effects of bio-fertilizers (*Azotobacter* and *Rhizobium*) on seed germination and development of *Trigonella foenum-graecum* L. using a novel glass marble containing liquid medium. International Journal of Botany, 6(4): 394-403.
- Noreldin NA, Habbal MS, Hamad MA and Hamed MA. 2003. Yield response of two rapeseed cultivars to irrigation intervals and nitrogen fertilizer under sandy soil conditions. Annals of Agricultural Science, 38(2): 511-519.
- Ntanos DA and Koutroubas SD. 2002. Dry matter and N accumulation and translocation for Indica and Japonica rice under Mediterranean conditions. Field Crops Research, 74(1): 93-101. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(01\)00203-9](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(01)00203-9)
- Ojha SK, Benjamin JC and Kumar AK. 2016. Effect of compost in combination with pgpr on growth of tomato (*Lycopersicon esculentum*) plant. International Journal of Agricultural Science and Research, 6: 63-72.
- Ozer H. 2003. Sowing date and nitrogen rate effects on growth, yield and yield components of two summer rapeseed cultivars. European Journal of Agronomy, 19(3): 453-463. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(02\)00136-3](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00136-3)
- Öztürk Ö. 2010. Effects of source and rate of nitrogen fertilizer on yield, yield components and quality of winter rapeseed (*Brassica napus* L.). Chilean Journal of Agricultural Research, 70(1): 132-141. <https://hdl.handle.net/20.500.12395/24868>
- Patel HD, Krishnamurthy R and Azeez MA. 2016. Effect of biofertilizer on growth, yield and bioactive component of *Plumbago zeylanica* (Lead Wort). Journal of Agricultural Science, 8(5): 142-155. <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v8n5p141>
- Poorter H, Niklas KJ, Reich PB, Oleksyn J, Poot P and Mommer L. 2011. Biomass allocation to leaves, stems and roots: meta-analyses of interspecific variation and environmental control. New Phytologist, 193: 30-50. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2011.03952.x>
- Rahi AR. 2013. Effect of nitroxin biofertilizer on morphological and physiological traits of *Amaranthus retroflexus*. Iranian Journal of Plant Physiology, 4(1): 899-905. (In Persian)
- Raj A. 2022. Effect of biofertilizer and sulphur on growth and yield of rapeseed (*Brassica napus* L.). The Pharma Innovation Journal, 11(7): 1503-1505
- Sabagh A, Elhamid Omar A, Saneoka H and Barutçular C. 2015. Evaluation agronomic traits of canola (*Brassica napus* L.) under organic, bio- and chemical fertilizers. Dicle University Institute of Natural and Applied Science Journal, 4(2) : 59-67.
- Sadeghi SMM and Miri N. 2022. Ground-based methods for direct measuring of leaf area index (LAI). Human and Environment, 20(1): 105-116. (In Persian)
- Schoebitz M, Mengual C and Roldan A. 2014. Combined effects of clay immobilized *Azospirillum brasilense* and *Pantoea dispersa* and organic olive residue on plant performance and soil properties in the revegetation of a semiarid area. Science Total Environment, 466: 67-73. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.07.012>
- Seyed Sharif R, Seyyedi MN and Zaefizadeh M. 2012. Influence of various levels of nitrogen fertilizer on grain yield and nitrogen use efficiency in canola cultivars. Journal of Crops Improvement, 13(2), 51-60. (In Persian). DOR: 20.1001.1.83372008.1390.13.2.5.1
- Seyed Sharifi R, Namvar A and Seyed Sharifi, R. 2017. Grain filling and fatty acid composition of safflower fertilized with integrated nitrogen fertilizer and biofertilizers. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, 52: 236-243. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2017000400003>

- Shata SM, Mahmoud SA and Siam HS. 2007. Improving calcareous soil productivity by integrated effect of intercropping and fertilizer. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 3: 733-739.
- Shehata MM and El-Khawas SA. 2003. Effect of two biofertilizers on growth parameters, yield characters, nitrogenous components, nucleic acids content, minerals, oil content, protein profiles and DNA banding pattern of sunflower (*Helianthus annuus* L. cv. Vedock) yield. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 6(14): 1257-1268. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2003.1257.1268>
- Shokri Vahed H, Shahinrokhsar P and Heydarnezhad F. 2012. Performance of phosphate solubilizing bacteria for improving growth and yield of rice (*Oryza Sativa* L.) in the presence of phosphorus fertilizer. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 4: 1228-1232.
- Soleimanzadeh H, Habibi D, Ardakani MR, Paknejad F and Rejali F. 2010. Response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to inoculation with azotobacter under different nitrogen levels. *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environment Science*, 7 (3): 265-268.
- Szydłowska-Czerniak A, Karlovits G, Hellner G, Dianoczki C and Szłyk, E. 2010. Effect of enzymatic and hydrothermal treatments of rapeseeds on quality of the pressed rapeseed oils: Part I: Antioxidant capacity and antioxidant content. *Process Biochemistry*, 45(1): 7-17. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2009.09.014>
- Tohidinia MA, Mazaheri D, Bagher-Hosseini SM and Madani H. 2013. Effect of biofertilizer Barvar-2 and chemical phosphorus fertilizer application on kernel yield and yield components of maize (*Zea mays* cv. SC704). *Iranian Journal of Crop Sciences*, 15(4). 295-307. (In Persian)
- Xing D and Wu Y. 2014. Effect of phosphorus deficiency on photosynthetic inorganic carbon assimilation of three climber plant species. *Botanical Studies*, 55(1): 1-8. <https://doi.org/10.1186/s40529-014-0060-8>
- Yaghoobian I, Ghassemi-Golezani K and Raei Y. 2018. Changes in green cover and chlorophyll and carotenoid contents of milk thistle (*Silybum marianum* L.) in response to seed hydro-priming and water deficit. *Iranian Journal of Seed Sciences and Research*, 5(2), 59-70. (In Persian). <https://doi.org/10.22124/JMS.2018.2911>
- Yahbi M, Nabloussi A, Maataoui A, El Alami N, Boutagayout A and Daoui, K. 2022. Effects of nitrogen rates on yield, yield components, and other related attributes of different rapeseed (*Brassica napus* L.) varieties. *OCL*, 29: 8. <https://doi.org/10.1051/oc/2022001>
- Yasari E, Azadgoleh MR, Mozafari S and Alashti M. 2009. Enhancement of growth and nutrient uptake of rapeseed (*Brassica napus* L.) by applying mineral nutrients and bio fertilizers. *Pakistan Journal of Biological Science*, 15: 12(2): 127-33. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2009.127.133>
- Yin W, Tao L, Xiao-Kun L, Tao R, Ri-Huan C and Jian-Wei L. 2015. Nutrient deficiency limits population development, yield formation, and nutrient uptake of direct sown winter oilseed rape. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(4): 670-680. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60798-X](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60798-X)
- Zamani Z, Zeinali H, Masood Sinaki J and Madani H. 2014. Effect of nitrogen and phosphorous fertilizers on the yield and secondary metabolites of medicinal plant *Rubia tinctorum* L. under saline conditions. *Iranian Journal of Plant Physiology*, 4(2): 949-955. (In Persian)
- Zang PH and Sedum PJ. 2005. Interactions among phosphorous, nitrogen and growth in oilseed rape. *Canadian Journal of Plant Science*, 74(3): 173-181.
- Zangani E, Afsahi K, Shekari F, Mac Sweeney E and Mastinu A. 2021. Nitrogen and phosphorus addition to soil improves seed yield, foliar stomatal conductance, and the photosynthetic response of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Agriculture*, 11(6): 483. <https://doi.org/10.3390/agriculture11060483>
- Zuo Q, Liu J, Wang L, Yang G and Leng S. 2020. Yield, dry matter and N characteristics in canola as affected by fertilizer N rate and split-application ratio under high soil fertility condition. *Journal of Plant Nutrition*, 43(5): 655-666. <https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1701026>