اثر مصرف توأم کودهای نیتروژن و سولفات روی و کود بیولوژیک حاوی ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم بر عملکرد و ویژگی‌های رشد کلزا (*Brassica napus* L.)

ناهید جعفری[۱]، مسعود اصفهانی[۱*]، علیرضا فلاح[۲]، غلامرضا محسن آبادی[۱] و علی کافی قاسمی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۲/۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۲/۳۰)

چکیده

به منظور بررسی اثر مصرف توأم کودهای نیتروژن، سولفات روی و کود بیولوژیک حاوی ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم بر عملکرد و ویژگی‌های رشد کلزا (*Brassica napus* L.) رقم هایولا ۳۰۸، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان اجرا شد. چهار سطح کود نیتروژن (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) به عنوان عامل اصلی و کود سولفات روی در دو سطح (صفر و ۵۰ کیلوگرم در هکتار) و کود بیولوژیک در دو سطح (با و بدون کود بیولوژیک) به عنوان عوامل فرعی به صورت فاکتوریل در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که زیادترین و کمترین شاخص سطح برگ در مرحله گل‌دهی (به ترتیب با میانگین ۱/۲۹ و ۰/۹۵) در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن+ کود سولفات روی+ کود بیولوژیک و در تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، بدون کود سولفات روی و کود بیولوژیک، به‌دست آمد. بیشترین و کمترین سرعت رشد گیاه در مرحله گل‌دهی (به ترتیب با میانگین ۵/۸۹ و ۳/۱۹ گرم در متر مربع در روز- درجه رشد) در تیمارهای ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن+کود سولفات روی+کود بیولوژیک و شاهد حاصل شد. بیشترین و کمترین عملکرد دانه (به ترتیب ۲۵۶۸، ۲۴۶۸ و ۵۴۳ کیلوگرم در هکتار) در تیمارهای ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن+ (با و بدون) کود سولفات روی+ کود بیولوژیک و تیمار بدون کود (شاهد) به‌دست آمد. بیشترین و کمترین میزان روغن دانه (به ترتیب ۴۲/۸ و ۳۷/۳ درصد) در تیمار صفر کیلوگرم نیتروژن+ کود سولفات روی+ کود بیولوژیک و تیمار۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن بدون کود سولفات روی و کود بیولوژیک اندازه‌گیری شد. با توجه به عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین عملکرد و ویژگی‌های رشد کلزا در تیمارهای ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن+ کود سولفات روی+ کود بیولوژیک، به نظر می‌رسد که مصرف کود بیولوژیک حاوی ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم با کاهش ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، بدون کاسته شدن از عملکرد، باعث افزایش تولید بذر، میزان محتوای روغن و صرفه‌جویی در مصرف کود نیتروژن می‌شود. کود بیولوژیک حاوی ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم در کنار روی و گوگرد با تولید فیتوهورمون‌ها و کود نیتروژن نیز با افزایش تبدیل کربوهیدات به پروتئین، به افزایش تجمع ماده خشک و شاخص سطح برگ کمک کرده و منابع کودی را برای مدت طولانی‌تری در دسترس گیاه قرار دادند.

واژه‌های کلیدی: عملکرد دانه، شاخص رشد، صرفه‌جویی در مصرف کود

۱. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت

۲. مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور، کرج

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: esfahani@guilan.ac.ir

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.7.6.5]

مقدمه

کلزا ظرفیت و توانایی زیادی برای جذب نیتروژن از خاک داشته و به عنوان یک گیاه دریافت کننده (Catch crop) جهت کاهش آبشویی نیترات از سیستم‌های زراعی به کار می‌رود (۶). هر تن بذر کلزا حدود دو برابر نیاز یک تن دانه گندم، نیتروژن از خاک برداشت می‌کند (۵). در آزمایشی روی دو گونه کلزا مشاهده شد که مصرف نیتروژن تا ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد دانه را به‌طور خطی افزایش داد، اما یک اثر منفی روی تسهیم مواد پرورده از دیواره خورجین به دانه‌ها داشت (۱۴). افزایش معنی‌دار عملکرد، اجزای عملکرد و محتوای روغن دانه در تیمارهای کود بیولوژیک همراه با کودهای شیمیایی در گیاه کلزا گزارش شده است (۳). کودهای زیستی، کارایی بالایی در تولید عوامل محرک رشد گیاه و فراهم ساختن عناصر غذایی به شکل قابل جذب در کشت‌های فشرده و خاک‌های فقیر دارند (۱۰). افزایش رشد گیاه توسط محرک‌های زیستی رشد (PGPR) با تثبیت نیتروژن مولکولی هوا، کنترل فعالیت قارچ‌های بیماری‌زا، تولید و ترشح تنظیم‌کننده‌های رشد، تولید انواع ویتامین‌ها و کمک به آزاد شدن فسفر، پتاسیم، نیتروژن و عناصر کم‌مصرف در خاک انجام می‌شود که دراین زمینه می‌توان به باکتری‌هایی مانند *Thiobacillus*، *Azospirillum*، *Azotobacter*، *Bacillus megaterium*، *Arthrobacter tumescens* و *Bacillus circulans* اشاره کرد (۱۶).

باکتری‌های جنس ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم با تولید فیتوهورمون‌ها (اکسین‌ها و اتیلن) سبب توسعه سیستم ریشه‌ای و نهایتاً افزایش در عملکرد گیاهان می‌شوند (۱۲). اثر تلقیح ازتوباکتر بر رشد و عملکرد گندم مثبت و معنی‌دار گزارش شده است (۱۵). در آزمایشی، با بررسی تأثیر کودهای نیتروژن و فسفر و کود بیولوژیک روی کلزا ، بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۲۲۴۶ کیلوگرم در هکتار در تیمار حاوی ۱۶۴ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۸۴ کیلوگرم در هکتار فسفر و ۵۱ میلی‌لیتر در لیتر کود بیولوژیک به‌دست آمد (۱۹). در تحقیقی دیگر، افزایش معنی‌دار عملکرد دانه (۲۱/۲٪)، تعداد خورجین در بوته (۱۶/۵٪)، وزن هزار دانه (۲/۹۲٪) و تعداد شاخه‌های فرعی (۱۱/۸٪) در تیمارهای کود بیولوژیک حاوی ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم توأم با کودهای شیمیایی در کلزا گزارش شده است. مصرف کودهای بیولوژیک به تنهایی تأثیر کمی بر عملکرد و اجزای عملکرد دارد. به‌طوری که عملکرد دانه در تیمار کود بیولوژیک به تنهایی با میانگین ۹۱۶/۱ کیلوگرم در هکتار و در تیمار کود بیولوژیک به همراه کود نیتروژن با گوگرد و روی به ترتیب با میانگین ۳۲۸۲/۱۶ و ۳۳۷۴/۱۶ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمده بود (۲۲). هدف از تحقیق حاضر، ارزیابی اثر مصرف نوع و مقدار کودهای شیمیایی و زیستی بر عملکرد و شاخص‌های رشد گیاه کلزا بوده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ در دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان اجرا شد. میانگین دمای حداقل و حداکثر هوا در طول اجرای آزمایش به ترتیب ۵/۳ و ۱۶/۳ درجه سلسیوس، میانگین بارندگی طی فصل رشد گیاه ۷۳ میلی‌متر و مجموع ساعات آفتابی ۷۷۳ ساعت بود. بافت خاک محل اجرای آزمایش رس سیلتی، دارای پ- هاش ۷/۱، کربن آلی ۱/۹۴٪ و نیتروژن، فسفر، پتاسیم، روی و گوگرد به ترتیب ۰/۱۸ درصد و ۲۴/۶، ۲۲۸، ۰/۷۴ و ۰/۵۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی چهار سطح کود نیتروژن (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، از منبع اوره) و عوامل فرعی شامل کود سولفات روی (صفر و ۵۰ کیلوگرم در هکتار) و کود بیولوژیک (با و بدون کود بیولوژیک) بودند. مقدار ۵۰۰ میلی‌لیتر از کود بیولوژیک نیتروکسین برای تلقیح یک کیلوگرم دانه کلزا استفاده شد (تعداد هر کدام از دو نوع باکتری ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم در هر میلی‌لیتر از محلول نیتروکسین 10^8 بر اساس واحد CFU بودند). کودهای شیمیایی پایه فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل (حاوی ۴۶٪ فسفر) به میزان ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار و پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.7.6.5]

(حاوی ۴۶٪ پتاسیم و ۱۷٪ گوگرد) به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و کود سولفات روی (حاوی ۳۴٪ روی و ۲۴٪ گوگرد) به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار در کرت‌های مورد نظر همزمان با کاشت بذر به‌صورت نواری در خاک جایگذاری شدند. بذرهای کلزا، رقم هایولا ۳۰۸، از قبل به مدت یک ساعت با کود مایع زیستی نیتروکسین تلقیح و پس از خشکانیدن در سایه، بلافاصله کشت شدند. یک سوم از کود پایه نیتروژن یک ماه پس از کاشت و دو سوم آن به صورت سرک، قبل از ساقه روی [کدهای ۲/۰۵ و ۳/۶ کدبندی سیلوستر- برادلی و میکپیس (۱۹۸۴)] بر اساس نوع تیمار، به خاک افزوده شد. مساحت هر کرت ۱۰/۵ متر مربع و تراکم بوته‌ها حدود ۸۰ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد. اندازه‌گیری سطح برگ با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (LiCor 3100, USA) و وزن خشک با خشکاندن جداگانه نمونه‌ها در آون انجام گرفت. برای برازش معادله‌های شاخص‌های رشد از واحد روز- درجه رشد (GDD) استفاده شد و دمای پایه فیزیولوژیک گیاهی (Tb) برای کلزا رقم هایولا ۳۰۸ پنج درجه سلسیوس در نظر گرفته شد (۹).

تغییرات سرعت رشد گیاه (CGR) از رابطه CGR = b+2cGDD (TDM) و شاخص سطح برگ (LAI) با استفاده از رابطه $LAI = e^{a'+ b'GDD + c'GDD^2}$ محاسبه شدند. در روابط فوق، a، b، c، a´، b´ و c´ ضرایب ثابت معادلات و e پایه لگاریتم طبیعی هستند. برداشت محصول با رطوبت دانه حدود ۳۵٪، ۱۹۳روز پس از کاشت انجام گرفت و پس از آن عملکرد دانه (بر اساس رطوبت ۱۲٪) و اجزای عملکرد تعیین شدند. میزان روغن دانه‌ها با استفاده از دستگاه سوکسله (Soxtech, Sweden) اندازه‌گیری شد. برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم‌افزار SAS نسخه 9.1 استفاده و تست نرمال سازی داده‌ها که انجام شد (Skewness, Kurposif)، برای هرکدام از صفات تجزیه واریانس صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD و رسم نمودارها و جداول با نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ

تغییرات شاخص سطح برگ کلزا در تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۱). بیشترین شاخص سطح برگ در مرحله روزت با میانگین ۱/۲۹ در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + کود سولفات روی+کود بیولوژیک و کمترین مقدار شاخص سطح برگ با میانگین ۰/۹۵ در تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بدون کود سولفات روی و بدون کود بیولوژیک به‌دست آمد (جدول ۲). کود سولفات روی (با ۳۶ تا ۳۷ درصد روی) دارای اثر مهمی بر کلروفیل و سطح برگ می‌باشد. کود بیولوژیک+ نیتروژن نیز با تولید تنظیم‌کننده‌های رشد و افزایش سطح سبز فتوسنتز کننده موجب افزایش جذب و انتقال مواد فتوسنتزی و هورمون‌های تحریک کننده رشد می‌شود. تأثیر برگ‌های کلزا بر عملکرد دانه در مراحل اولیه رشد از طریق توسعه ظرفیت مقصد مواد فتوسنتزی، خورجین و دانه‌های در حال نمو است. در کلزا، تعداد خورجین‌ها و تعداد دانه‌ها در خورجین، هم‌بستگی مثبتی با LAI در شروع گل‌دهی داشته (به ترتیب $r=۰/۷۱^{**}$ و $r=۰/۸۳^{**}$) و بعد از مرحله خورجین‌دهی، به دلیل کاهش تعداد برگ‌ها، شاخص سطح برگ کاهش می‌یابد (۱۳). روند صعودی شاخص سطح برگ در سطوح مختلف کود نیتروژن، کود سولفات روی و کود بیولوژیک در شکل‌های ۱، ۲ و ۳ نشان داده شده است.

سرعت رشد گیاه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سرعت رشد گیاه تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفت (جدول ۱). سرعت رشد گیاه در مرحله گل‌دهی در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن+ کود سولفات روی+ کود بیولوژیک و شاهد (به ترتیب با میانگین ۵/۸۹ و ۳/۱۹ گرم در مترمربع در روز- درجه رشد)، بیشترین و کمترین مقدار را داشت (جدول ۲). به‌نظر می‌رسد که سرعت رشد زیاد گیاه در اوج دوره گل‌دهی به‌دلیل فعالیت فتوسنتزی باشد. باکتری‌های تثبیت کننده ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم با

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.7.6.5]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.7.6.5] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

جدول ۱. تجزیه واریانس شاخص سطح برگ، سرعت رشد گیاه، عملکرد دانه و اجزای عملکرد کلزا رقم هایولا ۳۰۸ در مراحل مختلف رشد در تیمارهای کود نیتروژن، سولفات روی و کود بیولوژیک

		میانگین مربعات										
		شاخص سطح برگ		سرعت رشد گیاه		صفات گیاهی						
منابع تغییر	درجه آزادی	روزت	گلدهی	گلدهی	خورجین دهی	رسیدگی	خورجین در بوته	دانه در خورجین	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	روغن دانه	شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیک
تکرار	۲	۰/۲۰۸	۲/۲۹۱	۰/۵۰۳	۰/۰۰۴۵	۰/۴۸۹	۲۴۰/۳۴	۱/۴۷	۰/۱۲	۸۸۳۴۵/۷۵	۲/۰۸	۸/۲۴	۱۲۳۶۸۶/۱
نیتروژن	۳	۰/۱۵۶**	۱/۴۳۶**	۱۱/۲۰۴**	۰/۸۰۵**	۱۲/۱۲**	۲۲۷۱۸ /۲۹**	۸۴/۴۵**	۴/۸۸**	۶۱۶۹۲۶۵/۳**	۱۲/۲۵۰**	۵۶/۳**	۵۴۰۸۸۷/۲**
خطای اصلی	۶	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰۲۱	۰/۰۰۶۸	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۷	۵۷/۷۶۰	۰/۶۶	۰/۰۹۳	۸۹۰۳/۱۱۲	۰/۱۵۷	۰/۰۴۳	۱۴۰۰۷/۲
سولفات روی	۱	۰/۰۳۳**	۰/۳۰۶**	۳/۶۲۷**	۰/۰۷۴**	۲/۸۹۱**	۴۰۳۹/۴۴**	۶/۰۲**	۰/۲۳*	۶۵۵۹۰۲/۵۲**	۱/۲۳۱**	۹/۶۴**	۴۷۶۹۷۳/۵**
کود زیستی	۱	۰/۰۰۰۶**	۰/۰۰۳۹**	۱/۶۳۳**	۱/۰۲۴**	۲/۱۰۰**	۷۱۸/۱۶**	۰/۵۲^{ns}	۰/۵۳*	۳۲۰۰۵۶/۶۹**	۰/۷۶۷^{ns}	۶/۷۴**	۷۱۲۵۸/۷**
نیتروژن×سولفات روی	۳	۰/۰۰۷**	۰/۰۷۶**	۰/۱۹۱**	۰/۹۱۹**	۰/۰۳۶**	۱۰۸۵/۷۱**	۳/۳۴**	۰/۰۱۳^{ns}	۲۱۰۵۴۲/۵۲**	۰/۳۸۱**	۰/۶۵۹*	۱۱۰۵۶۵/۵**
نیتروژن×کود بیولوژیک	۳	۰/۰۰۰۴۱**	۰/۰۰۰۵۱^{ns}	۰/۲۵۹**	۰/۸۲۱**	۰/۴۶۳**	۴/۳۴^{ns}	۰/۲۶^{ns}	۰/۰۵۱^{ns}	۵۱۳۵۰/۵۸*	۰/۰۸۴*	۰/۰۱۱**	۹۳۸۳/۱*
سولفات روی ×کود بیولوژیک	۱	۰/۰۰۰۶**	۰/۰۰۳۲**	۱/۷۳۰**	۰/۰۳۶**	۱/۲۸۰**	۱۸۲/۷۸*	۱/۹۴*	۰/۰۷^{ns}	۴۶۲۱/۶۹^{ns}	۰/۱۱۳**	۰/۳۰^{ns}	۴/۷^{ns}
سولفات روی×کود بیولوژیک × نیتروژن	۳	۰/۰۰۰۱۲**	۰/۰۰۰۷۴*	۰/۴۹۸**	۱/۶۳۶**	۰/۸۶۷**	۱۷۷/۹۴**	۰/۷۰^{ns}	۰/۰۹۱^{ns}	۶۹۶۳۹/۱۹*	۴/۲۷**	۰/۳۴۳**	۹۰۰۱۹/۵**
خطای فرعی	۲۴	۰/۰۰۸۴۶	۰/۰۸۰۲	۰/۱۲۴	۰/۰۰۱	۰/۰۷۷	۴۵۲/۷۷	۰/۱۵	۰/۱۲	۸۸۶۶۱/۰۱	۱/۷	۲/۷۸	۱۴۸۰۰۴/۵۶
ضریب تغییرات (درصد)		۸/۰۳	۹/۷	۸/۵	۱۰/۱۲	۶/۸	۱۷/۵۹	۸/۴۹	۷/۵۳	۱۹/۱	۳/۲	۲/۵۲	۱۹/۹
ضریب تبیین		۰/۸۶	۰/۸۳	۰/۹۴	۰/۹۳	۰/۸۹	۰/۷۶	۰/۸۳	۰/۹۰	۰/۷۹	۰/۹۲	۰/۸۱	۰/۷۸

ns: غیرمعنی‌دار * و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.7.6.5] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

جدول۲. میانگین اثرات متقابل نیتروژن × کود بیولوژیک × کود سولفات روی بر شاخص سطح برگ و سرعت رشد گیاه در مراحل مختلف رشد و عملکرد دانه و اجزای عملکرد کلزا رقم هایولا ۳۰۸

تیمارهای آزمایشی			شاخص سطح برگ		سرعت رشد گیاه GDDگرم در مترمربع در			صفات گیاهی				
نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	کود بیولوژیک	کود سولفات روی	روزت	گلدهی	گلدهی	خورجین دهی	رسیدگی	خورجین در بوته	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	میزان روغن (درصد)	شاخص برداشت (درصد)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار))
صفر	+ بیولوژیک	+ سولفات روی	۱/۰۵k	۲/۷۳ m	۳/۴۷ d	۰/۰۳ ij	۰/۰۳ ij	۷۸/۷ k	۹۳۱ j	۴۲/۸ a	۲۳e	۳۹۳۲ f-h
		- سولفات روی	۱/۰۰ m	۲ /۵۸ o	۳/۳۲ f	۰/۱۴ ij	۰/۱۴ ij	۵۰/۷ l	۶۲۸ l	۴۲/۵ a	۲۰h	۲۹۹۷ h
	- بیولوژیک	+ سولفات روی	۱/۰۳l	۲/۶۷ n	۳/۳۳ e	۰/۳۰ e	۰/۳۰ e	۸۵/۵ m	۷۸۵ k	۴۲/۶ a	۲۱g	۳۴۹۹gh
		- سولفات روی	۰/۹۵ n	۲/۴۵ p	۳/۱۹ k	-۰/۲۸ k	-۰/۲۸ k	۳۱/۵ Jk	۵۴۳ m	۴۱/۸ a	۲۰h	۲۶۸۲ h
۵۰	+ بیولوژیک	+ سولفات روی	۱/۱۵ g	۳/۰۳ i	۳/۴۶ i	۰/۷۵ h	۰/۷۵ h	۱۳۰gh	۱۴۷۸f	۴۱/۶ab	۲۲c	۶۴۹۸b-d
		- سولفات روی	۱/۰۸ i	۲/۸۳ k	۳/۵۲ j	۰/۸۱ e	۰/۸۱ e	۱۱۰a-c	۱۳۴۰h	۴۱/۱ b	۲۴e	۵۳۹۸ d-f
	- بیولوژیک	+ سولفات روی	۱/۱۲ h	۲/۹۵ j	۳/۴۹ i	۰/۷۸ f	۰/۷۸ f	۱۲۹ h	۱۳۵۸g	۴۲/۶ a	۲۲f	۶۰۳۸ c-e
		- سولفات روی	۱/۰۶ i	۲/۷۶ l	۳/۴۲ k	-۰/۰۴ hi	-۰/۰۴ hi	۹۵ j	۱۰۸۸ i	۳۹/۱ c	۲۲f	۴۸۱۸ e-g
۱۰۰	+ بیولوژیک	+ سولفات روی	۱/۲۲ e	۳/۲۵ e	۵/۹۱ a	۰/۹۸ a	۰/۹۸ a	۱۵۲ c-e	۲۴۵۱ab	۳۹/۲c	۳۰a	۸۰۰۱ ab
		- سولفات روی	۱/۱۸ f	۳/۱۴ g	۳/۷۵ h	۰/۶۹ c	۰/۶۹ c	۱۴۶ d-f	۱۹۰۰ d	۳۸/۳ c-e	۲۵cd	۷۵۹۸ bc
	- بیولوژیک	+ سولفات روی	۱/۲ d	۳/۲۰ f	۴/۴۱ d	۰/۹۵ a	۰/۹۵ a	۱۴۳ ef	۲۱۰۰c	۳۸/۸ cd	۲۶c	۷۹۶۵ ab
		- سولفات روی	۱/۱۶h	۳/۰۵ h	۳/۳۶ i	۰/۷۰ b	۰/۷۰ b	۱۳۹ fg	۱۷۹۳ e	۳۷/۶de	۲۵cd	۷۷۶۵ a-c
۱۵۰	+ بیولوژیک	+ سولفات روی	۱/۲۹a	۳/۵۱ a	۵/۸۹ a	۰/۵۶ e	۰/۵۶ e	۱۶۶a	۲۵۶۸a	۳۸ /۱c-e	۳۱a	۸۲۰۴a
		- سولفات روی	۱/۲۷c	۳/۳۹ c	۵/۳۵ b	۰/۵۱ j	۰/۵۱ j	۱۶۲ ab	۲۴۶۸ a	۳۷/۹ c-e	۳۰a	۸۱۸۲ a
	- بیولوژیک	+ سولفات روی	۱/۲۸b	۳/۴۴ b	۵/۴۵ b	۰/۶۱ d	۰/۶۱ d	۱۵۴ b-d	۲۴۹۰ ab	۳۸/۰ c-e	۳۰a	۸۰۸۲ab
		- سولفات روی	۱/۲۳d	۳/۲۹ d	۵/۰۰ c	۰/۶۱ d	۰/۶۱ d	۱۵۷ a-c	۲۲۴۰ b	۳۷/۳ e	۲۸b	۷۹۹۸ab
LSD			۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۹/۵۱	۹۹/۰۵	۱/۲۹	۰/۷۹	۴۱۲/۴

در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه، نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد

تولید برخی ترکیبات چنگالی می‌توانند با کاتیون‌ها ترکیب شوند و با متحرک کردن عنصر روی از منابع کودی، آن را برای دوره‌های طولانی‌تر در دسترس گیاه قرار داده و سبب افزایش سطح فتوسنتز کننده شوند. در شرایط کمبود نیتروژن و عدم مصرف کود سولفات روی و کود بیولوژیک، شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک نیز کاهش می‌یابد و در نهایت سبب کاهش سرعت رشد می‌شود. با خروج از مرحله روزت و افزایش سطح برگ‌ها، میزان تولید ماده خشک و به تبع آن سرعت رشد گیاه نیز روند افزایشی داشت. سرعت رشد گیاه در مرحله گل‌دهی و رسیدگی در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن+ کود سولفات روی+ کود بیولوژیک (با میانگین ۵/۹۱ و ۵/۹۱- گرم در متر مربع در روز- درجه رشد) دارای زیادترین و کمترین مقدار بود. روند صعودی و نزولی سرعت رشد گیاه در سطوح کود نیتروژن، کود سولفات روی و کود بیولوژیک در شکل‌های ۴، ۵ و ۶ نشان داده شده است. در آزمایشی، سرعت رشد کلزا در تیمارهای حاوی کود بیولوژیک، روی و گوگرد همراه با کودهای پایه (Bio+ NPKS , Bio+ NPK و Bio+ NPKZn) به ترتیب ۱۷/۸، ۱۷/۹ و ۱۸/۳ گرم در متر مربع در روز در مرحله گل‌دهی گزارش شده است (۲۲).

تعداد خورجین در بوته

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمارها بر تعداد خورجین در بوته معنی‌دار بود (جدول ۱). تیمار۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن+ کود سولفات روی+ کود بیولوژیک و تیمار شاهد (بدون کود) به ترتیب با میانگین ۱۶۶ و ۳۱/۵ خورجین در بوته بیشترین و کمترین تعداد خورجین در بوته را داشتند (جدول ۲). عملکرد دانه در کلزا به به تعداد خورجین در بوته وابسته است، چون پس از مرحله گل‌دهی، با کاهش سطح برگ بوته، خورجین‌ها نقش مهمی در فتوسنتز گیاه دارند (۷). با افزایش مصرف نیتروژن (سقف ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار)، از شدت سقط خورجین‌ها کاسته شده و تعداد بیشتری خورجین حاصل می‌گردد (۲۲). تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن+ کود سولفات روی+ کود بیولوژیک دارای بالاترین ارتفاع بوته (۱۴۳/۳سانتی‌متر) بود. ارتفاع زیاد در کلزا می‌تواند به نفوذ بیشتر نور کمک کند و به‌دلیل رابطه مثبت بین نور دریافت شده به ازای هر گل و تبدیل آن به خورجین، سبب افزایش تعداد خورجین در بوته شود. به دلیل وجود رقابت بین بوته‌ای، کاهش مصرف نیتروژن سبب افزایش درصد ریزش گل‌ها و کوتاه شدن مرحله گل‌دهی می‌شود. بنابراین افزایش سطح سبز گیاهی و تعداد شاخه‌های فرعی در گیاه منجر به افزایش تولید مواد فتوسنتزی و تولید خورجین در گیاه در واحد سطح می‌شود. افزایش معنی‌داری در تعداد خورجین در بوته (۲۵۷ عدد، معادل ۱۶٪ افزایش در مقایسه با مصرف کود شیمیایی) در تیمارهای کود بیولوژیک حاوی ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم توأم با کودهای شیمیایی گزارش شده است (۲۲). در سطوح مختلف نیتروژن (۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) در دو رقم کلزا، تعداد خورجین (به ترتیب با میانگین ۴۰۱۴، ۶۱۴۳، ۶۳۸۰ و ۷۰۱۲ عدد در متر مربع) افزوده شد. به نظر می‌رسد که سطوح بالای نیتروژن باعث افزایش میزان تبدیل گل‌ها به خورجین شده باشد (۴).

تعداد دانه در خورجین

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به تعداد دانه در خورجین، تفاوت معنی‌داری را بین تیمارهای نیتروژن و سولفات روی نشان داد (جدول ۱). تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن+ کود سولفات روی با میانگین ۲۶ و تیمار بدون کود نیتروژن و کود سولفات روی با میانگین ۱۸/۱ به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد دانه در خورجین را به خود اختصاص دادند.

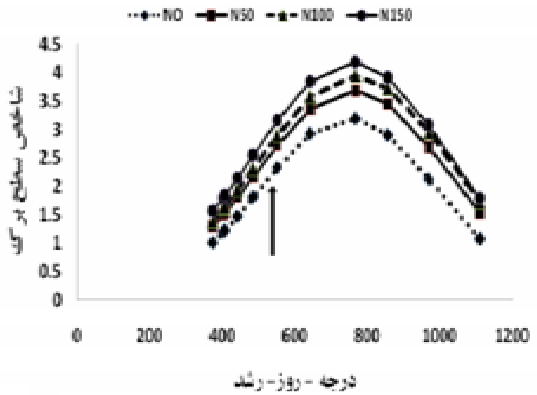
وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمارها بر وزن هزار دانه کلزا اثر معنی‌دار داشتند (جدول ۱). تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن (با میانگین ۳/۸۳ گرم) و تیمارهای ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن (با میانگین ۳/۵۱ و ۳/۶۱ گرم) به ترتیب بیشترین وکمترین وزن

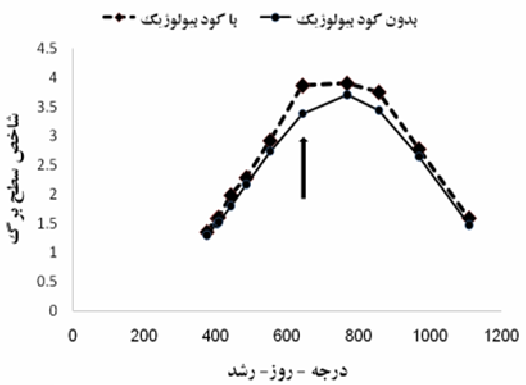
[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.7.6.5]

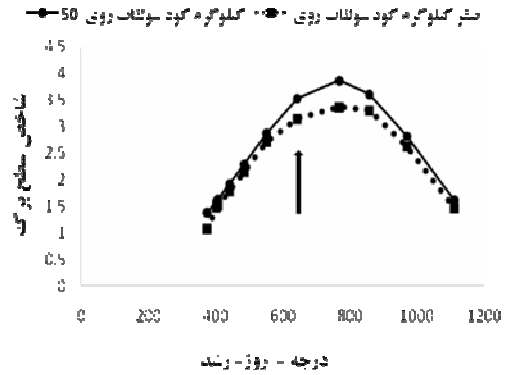
[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.7.6.5] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-16]



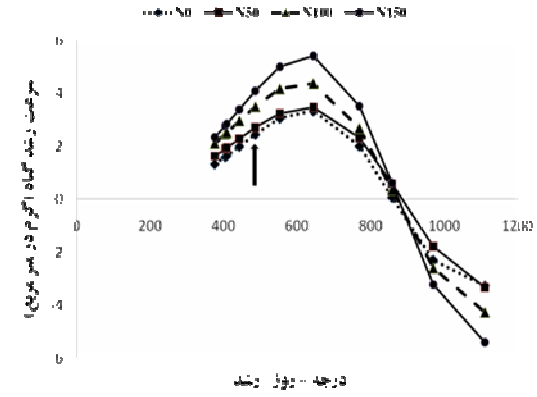
شکل ۱. شاخص سطح برگ در تیمارهای نیتروژن در کلزا رقم هایولا ۳۰۸



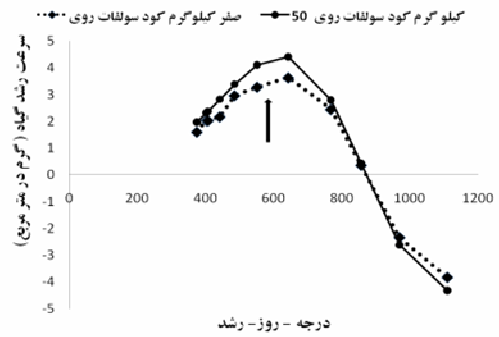
شکل ۲. شاخص سطح برگ کلزا در تیمارهای کود بیولوژیک در کلزا رقم هایولا ۳۰۸



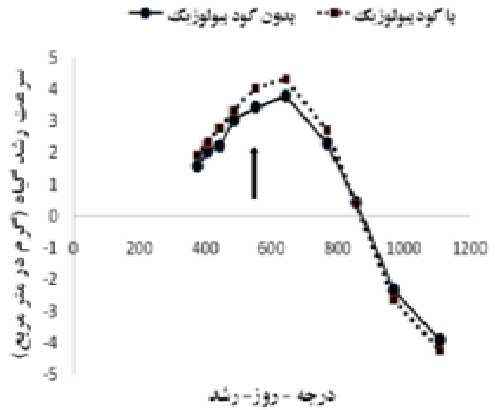
شکل ۳. شاخص سطح برگ در تیمارهای کود سولفات روی در کلزا رقم هایولا ۳۰۸



شکل ۴. سرعت رشد گیاه در تیمارهای نیتروژن در کلزا رقم هایولا ۳۰۸



شکل ۵. سرعت رشد گیاه در تیمارهای کود سولفات روی در کلزا رقم هایولا ۳۰۸ (پیکان‌ها نشان‌دهنده زمان متوسط گلدهی می‌باشند)



شکل ٦. سرعت رشد گیاه در تیمارهای کود بیولوژیک در کلزا رقم هایولا ۳۰۸

هزار دانه را دارا بودند. به‌نظر می‌رسد که دلیل کمتر بودن وزن هزار دانه در تیمارهای ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، زیاد بودن تعداد دانه در خورجین باشد. زیرا قابلیت دسترسی دانه‌ها به مواد فتوسنتزی و میانگین وزن هزار دانه کاهش می‌یابد. در تحقیقی، افزایش معنی‌دار در وزن هزار دانه (۲/۹۲٪) در تیمارهای کود بیولوژیک حاوی ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم+ کودهای شیمیایی به‌دست آمد (۲۲).

عملکرد دانه

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به عملکرد دانه، تفاوت معنی‌داری بین اثر متقابل تیمارها نشان داد (جدول ۱). تیمارهای ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن+ کود بیولوژیک+ (با و بدون) کود سولفات روی و شاهد (به ترتیب با ۲۵۶۸، ۲۴۶۸ و ۵۴۳ کیلوگرم در هکتار)، بیشترین و کمترین عملکرد دانه را داشتند (جدول ۲). در ارقام مختلف کلزا، عملکرد زیادتر هم‌بستگی بالاو مثبتی با تعداد بیشتر خورجین در بوته ($r = ۰/۸۲^{**}$) دارد. به‌طوری که نقش تعداد خورجین در بوته ۵۹/۱۷٪، تعداد دانه در خورجین ۱۳/۰۱٪ و وزن هزار دانه ۶/۳۱٪ می‌باشد (۱۸). به نظر می‌رسد که بیشتر بودن مقدار ماده خشک در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن + کود سولفات روی+ کود بیولوژیک به دلیل بالا بودن شاخص سطح برگ و سرعت رشد گیاهی در این تیمار بود که باعث تولید بیشترین عملکرد دانه در این تیمار نسبت به سایر تیمارها شد (۱۱).

میزان روغن دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که از لحاظ میزان روغن دانه تفاوت معنی‌داری بین تیمارها وجود داشت (جدول ۱). تیمار صفر کیلوگرم نیتروژن+ کود سولفات روی+ کود بیولوژیک با میانگین ۴۲/۸٪ و تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن بدون کود سولفات روی و کود بیولوژیک با میانگین ۳۷/۳٪، به ترتیب بیشترین و کمترین میزان روغن را دارا بودند (جدول ۲).

در سطوح بالاتر نیتروژن، میزان روغن دانه کاهش پیدا می‌کند (۳). با افزایش سطوح گوگرد، محتوای روغن دانه افزایش پیدا می‌کند (۱). احتمالاً وجود عنصر گوگرد در کودهای سولفات روی و سولفات پتاس (تیمار۵۰ کیلوگرم کود سولفات روی در هکتار (حاوی ۲۵ کیلوگرم گوگرد) و ۱۴۰ کیلوگرم سولفات پتاس در هکتار (حاوی۲۴ کیلوگرم گوگرد))، باعث افزایش میزان روغن دانه شده است. گوگرد یکی از ترکیبات مهم بسیاری از اسیدهای چرب است و برای تولید کوآنزیم A، ویتامین B، بیوتین، اسید لیپوئیک (Lipoic acid) و سولفولیپیدها ضروری می‌باشد (۲).

شاخص برداشت

تیمارهای آزمایش از نظر تأثیر بر کارایی زراعی مصرف نیتروژن دارای تفاوت معنی‌داری بودند (جدول ۱). تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن+ کود سولفات روی+ کود بیولوژیک و تیمار شاهد (بدون کود) (به ترتیب با میانگین ۳۱ و ۲۰ درصد) بیشترین و کمترین شاخص برداشت را دارا بودند (جدول ۲). مقادیر کم نیتروژن باعث افزایش عملکرد بیولوژیک شده ولی به همان نسبت نمی‌تواند عملکرد دانه را افزایش دهد (۶). با مصرف بیشتر نیتروژن، مقادیر بیشتری از مواد بیولوژیک به مصرف دانه می‌رسد و شاخص برداشت نیز افزایش می‌یابد (۱۷). اما با مصرف بیش از حد مطلوب نیتروژن، به دلیل افزایش میزان عملکرد بیولوژیک و کاهش کارایی توزیع مواد فتوسنتزی نسبت به خورجین‌ها، شاخص برداشت کاهش می‌یابد (۸). از آنجایی که هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری بین شاخص برداشت با تعداد خورجین در بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، ارتفاع بوته و عملکرد دانه وجود دارد، لذا افزایش کود نیتروژن (در اندازه مطلوب) و کمک به تثبیت و حفظ آن (توسط باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم) در محیط اطراف ریشه برای گیاه کلزا سبب افزایش رشد رویشی و در نهایت کمک به تولید بیشتر اندام‌های زایشی و عملکرد دانه می‌شود.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.7.6.5]

نتیجه‌گیری

مصرف توأم کودهای زیستی حاوی باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم با کود شیمیایی نیتروژن‌دار، باعث بهبود شاخص‌های رشد، افزایش عملکرد دانه و میزان روغن دانه در کلزا شد. شاخص سطح برگ در سطوح کمتر کود نیتروژن و بدون کود سولفات روی از دیگر تیمارها کمتر بود که به‌دلیل تأثیر گوگرد بر تشکیل پروتئین است. کمبود گوگرد می‌تواند تأثیر کمبود نیتروژن و کلروفیل سازی را افزایش دهد. باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم به‌واسطه دفع آمونیاک از محیط اطراف ریشه، به افزایش جذب مواد غذایی توسط ریشه کمک کرده و موجب افزایش تجمع ماده خشک و سطح فتوسنتز کننده در گیاه می‌شوند. افزایش سطوح نیتروژن در کلزا سبب زیادتر شدن عملکرد بیولوژیک از طریق دریافت نور، فتوسنتز بیشتر و سرعت رشد بالاتر می‌شود. درجه کودپذیری زیاد بوته کلزا و توانایی استفاده از نیتروژن سبب دستیابی به شاخص سطح برگ بیشتر می‌شود. با کمک به افزایش کارآیی مصرف کودهای نیتروژن‌دار، می‌توان سبب بهینه سازی مصرف این نوع کودها در زراعت کلزا در منطقه مورد آزمایش شد.

منابع مورد استفاده

1. Ahmad, G. and M. Arif. 2006. Phenology and physiology of canola as affected by nitrogen and sulfur fertilization. *Journal of Agronomy and Crop Science* 5: 555-562.
2. Asghar Malik, M., I. Aziz, H. Zaman Khan and M. Ashfaq Wahid. 2004. Growth, seed yield and oil content response of canola (*Brassica napus* L.*)* to varying levels of sulphur. *International Journal of Agriculture and Biology* 6: 1153-1155.
3. Azizi, M., A. Soltani and S. Khavari Khorasani. 2000. Brassica Oilseed: Production and Utilization. Jahade-e-Daneshghahi Mashhad Press. (In Farsi).
4. Barlog, P. and W. Grzebisz. 2004. Effect of timing and nitrogen fertilizer application on winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). I. Growth dynamics and seed yield. *Journal of Agronomy and Crop Science* 190: 305-313.
5. Bybordi, A. and M. J. Malakouti. 2003. The effect of rate of nitrogen and manganese on the yield and quality of two winter canola varieties in Ahar region, East Azarbayjan. *Iranian Journal of Crop Sciences* 17: 1-8. (In Farsi).
6. Daneshmand, A. R., A. H. Shirani-Rad, Gh. Noormohamadi, Gh. Zarei and J. Daneshian. 2008. Effect of water deficit and different nitrogen rates on yield, yield components and physiological traits of two rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 15: 25-33. (In Farsi).
7. Elikaee, M. N. and Y. Emam. 2003. Effect of plant density on yield and yield components in two winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) cultivars. *Iranian Journal of Crop Sciences* 34: 509-515.
8. Fathi, G., A. Banisaidy, S. A. Siadat and F. Ebrahimpour. 2002. Effect of different levels and plant density on grain yield of rapeseed, cultivar PF7045 in Khuzestan conditions. *The Scientific Journal of Agriculture* 25: 15-23. (In Farsi).
9. Karimi, M. 2008. Study of deficit irrigation effect on yield, forage quality and growth indices of silage corn in Rasht region. MSc. Thesis in Agronomy, College of Agriculture, University of Guilan. (In Farsi).
10. Khavazi, K. and M. J. Malakouti. 2002. Necessity for the production of biofertilizers in Iran. Soil and Water Research Institute (SWRI), 600 p. (In Farsi).
11. Koocheki, A. and Gh. Sarmadnia. 1999. Physiology of Crop Plants. Jahade-e-Daneshghahi Mashhad Press, Iran, 400 p. (In Farsi).
12. Narula, N. 2000. Azotobacter in Sustainable Agriculture. Vedams Books.
13. Orlovius, K. 2004. Fertilizing for High Yield and Quality of Oilseed Rape. Kassel, Germany.
14. Patll, N., K. C. Lakkinent and S. C. Bhargara. 2000. Seed yield and yield contributing characters as influenced by N supply in rapeseed-mustard. *Journal of Agronomy and Crop Science* 177: 197-205.
15. Ram, G., B. S. and R. K. Kater. 1995. Total nitrogen uptake by maize with *Azotobacter* inoculation. *Indian Journal of Agronomy* 39: 424-426.
16. Rodel, S. and B. R. Funke. 2000. Effect of insecticides on acetylene reduction by *Azotobacter vinelandii* and soybean nodules. *Plant and Soil* 47: 375-381.
17. Saeidi, Gh. A. and A. Sedghi. 2008. Effect of some macro and micronutrients on seed yield, oil content and agronomic traits of two rapeseed *(Brassica napus* L.) cultivars in Isfahan. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 12: 77-88. (In Farsi).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.7.6.5]

18. Soleimanzadeh, H., N. Latifi and A. Soltani. 2008. Relationship of phenology and physiological traits with grain yield in different cultivars of rapeseed (*Brassica napus* L.) under rainfed conditions. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 14: 17-25. (In Farsi).
19. Soomro, N. S. 2000. Effect of different nitrogen, phosphorus and bio-fertilizer level on yield of canola. *Journal of Plant Nutrition* 170: 121-130.
20. Sylvester-Bradley, R. and R. J. Makepeace. 1984. A code for stage of development in oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Aspects of Applied Biology* 6: 399-419.
21. Taherkhani, M., A. Golchin and Gh. Noormohammadi. 2005. The effects of different rates of sulfur coated urea and other nitrogen fertilizer sources on seed yield and quality of winter rapeseed. *Journal of Agricultural Science and Technology* 4: 179-191.
22. Yasari, E. and A. M. Patwardhan. 2007. Effects of *Azotobacter* and *Azosprillium* inoculants and chemical fertilizers on growth and productivity of canola (*Brassica napus* L.). *Asian Journal of Plant Sciences* 6: 77-82.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.7.6.5]