نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
سال دوازدهم / شماره چهارم / زمستان ۱۴۰۱/مقاله علمی-پژوهشی: صفحات ۸۳ تا ۹۶

اثر نوع گیاه پیش‌کاشت و مقادیر مختلف کود نیتروژن بر عملکرد و کیفیت روغن کلزا

سید نادر موسویان[1*]، حمداله اسکندری[2]، عبدالنور مصدقی[3] و کامیار کاظمی[1]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۰۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۰۶)

چکیده

کلزا برای عملکرد مطلوب دانه به نیتروژن زیادی نیاز دارد ولی کارایی این گیاه در مصرف کودهای نیتروژن‌دار پایین است که باعث افزایش مصرف نیتروژن در زراعت این گیاه می‌شود. نیاز به حفظ پایداری عملکرد، استفاده از برنامه‌ی مناسب تناوبی و مدیریت مصرف کودهای نیتروژن‌دار را ضروری می‌سازد. بر این اساس، یک آزمایش مزرعه‌ای در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در خوزستان اجرا شد تا اثر گیاه پیش‌کاشت و مصرف کود نیتروژن‌دار بر عملکرد دانه و کیفیت و عملکرد روغن کلزا مورد بررسی قرار بگیرد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. گیاه پیش‌کاشت (مخلوط شبدر- جو، کلزا، ذرت، آیش، ماش، برنج و گندم) در کرت‌های اصلی و سطوح نیتروژن (صفر، ۱۰۰، ۱۶۰ و ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه از منبع اوره) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که عملکرد دانه‌ی کلزا یک صفت وابسته به تعداد دانه است ولی صفات مرتبط با تولید دانه (شامل تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در بوته، تعداد دانه در خورجین) از اثر اصلی نیتروژن و نوع پیش‌کاشت تأثیر پذیرفتند. مجموع کل دانه‌ی تولید شده توسط هر بوته کلزا نیز با کاربرد کود نیتروژن‌دار افزایش یافت، به‌طوری‌که هر سه سطح کود نیتروژن‌دار به افزایش بیش از ۲ برابری تعداد دانه در بوته منجر شدند. بیشترین عملکرد دانه کلزا (۳۸۷۷ کیلوگرم در هکتار) با پیش‌کاشت ماش و ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن‌دار به‌دست آمد که با گیاه پیش‌کاشت ماش و کاربرد ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (۳۲۰۱ کیلوگرم در هکتار) و پیش‌کاشت آیش و مصرف ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن‌دار (۳۱۰۵ کیلوگرم در هکتار)، تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین عملکرد دانه کلزا با پیش‌کاشت ذرت و کلزا (به‌ترتیب با ۴۸۸ و ۴۹۷ کیلوگرم در هکتار) و عدم مصرف کود نیتروژن‌دار ثبت شد. بیشترین درصد روغن کلزا (۴۵/۰۸) با پیش‌کاشت ذرت و عدم مصرف کود نیتروژن‌دار و کمترین میزان روغن با پیش‌کاشت کلزا و مصرف ۱۶۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (به‌ترتیب با ۴۰/۷۳ و ۴۰/۶۱ درصد) به‌دست آمد. کلزا بیشترین عملکرد روغن (۱۶۴۵ کیلوگرم در هکتار) را با پیش‌کاشت ماش و مصرف ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن داشت. به‌عنوان پیشنهاد نهایی، برای برداشت بیشترین عملکرد روغن کلزا، استفاده از ماش به‌عنوان گیاه پیش‌کاشت و ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: آیش، تناوب، تولید دانه، دانه روغنی

۱ و ۲. به‌ترتیب استادیار و دانشیار گروه علمی کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
۳. محقق بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی:Mosavian@pnu.ac.ir

مقدمه

کلزا (*Brassica napus* L.) به‌دلیل کیفیت مناسب (داشتن مقدار کم اسید اروسیک و گلیکوزینولات) و همچنین درصد (بیش از ۴۰ درصد) بالای روغن به‌عنوان سومین گیاه دانه روغنی مهم دنیا شناخته می‌شود (۱۰). به همین دلیل و همچنین به‌دلیل اینکه گیاه پیش‌کاشت مناسبی برای غلات زمستانه است (۲۰) کشت آن در سال‌های اخیر مورد توجه بیشتری قرار گرفته است (۱۷). برای اینکه برنامه‌های افزایش سطح کشت گیاه کلزا با تولید بیشتر همراه باشد، نیاز است توجه خاصی به برنامه‌های به‌زراعی داشت که از جمله‌ی آنها می‌توان به مدیریت تامین عناصر غذایی، به‌ویژه عنصر نیتروژن، و تناوب زراعی اشاره کرد.

کلزا گیاهی است که برای تولید مطلوب دانه، نیاز فراوانی به نیتروژن دارد و از آنجا که این نیاز بیشتر از مقدار تأمین نیتروژن به‌صورت طبیعی توسط خاک است، کاربرد کود نیتروژن‌دار در زراعت کلزا را ضروری می‌سازد. گزارش شده است که نیتروژن از طریق تأثیر بر تولید خورجین، بر عملکرد دانه کلزا تأثیر می‌گذارد (۱). در یک پژوهش مشاهده شد که بیشترین عملکرد دانه کلزا با مصرف ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌دست می‌آید و مصرف این میزان کود نیتروژن‌دار در مقایسه با مقادیر کمتر (۶۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) باعث افزایش تولید دانه و وزن دانه می‌شود اما در مقایسه با مصرف مقادیر بیشتر کود نیتروژنه (۲۴۰ کیلوگرم در هکتار) وزن دانه تفاوتی نداشت (۱۴). در یک مطالعه دیگر نتیجه گرفته شد که حداکثر عملکرد دانه کلزا با مصرف ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن‌دار (از منبع اوره) به‌دست آمد که با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار تفاوت معنی‌داری نداشت. در این مطالعه، افزایش عملکرد دانه تحت مصرف کود نیتروژن‌دار به بهبود شاخص‌های رشد شامل ارتفاع بوته و اجزای عملکرد دانه نسبت داده شد (۱۸). نتایج حاصل از یک تحقیق دیگر نشان داد که برای به‌دست آوردن حداکثر عملکرد دانه از رقم هایولا ۴۰۱ کلزا نیاز به مصرف ۲۲۸ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن‌دار بود که کاربرد این میزان کود نیترژن از طریق افزایش تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود (۱۲).

کشت مداوم کلزا در یک قطعه زمین می‌تواند به کاهش ۵۰-۳۰ درصدی تولید دانه منجر شود (۲۰). بنابراین، برنامه‌ریزی یک تناوب زراعی و یا استفاده از حداقل یک گیاه که بتواند از تک کشتی جلوگیری کند، برای پایداری تولید در گیاه کلزا ضروری است. در مورد اثر گندم به‌عنوان گیاه پیش‌کاشت در زراعت کلزا نتایج مختلفی گزارش شده است، به‌طوری‌که در یک مطالعه افزایش ۱۲ درصدی (۲۱) و در مطالعه‌ی دیگر افزایش فقط ۴ درصدی (۲۴) عملکرد دانه‌ی کلزا در تناوب گندم- کلزا در مقایسه با کلزا- کلزا مشاهده شد. اضافه کردن لگوم‌های دانه‌ای به برنامه‌ی تناوبی به‌دلیل افزایش فراهمی نیتروژن بعد از کشت لگوم‌های دانه‌ای سودمند است (۷). گزارش شده است که چنانچه قبل از کلزا، اقدام به کشت نخود شود عملکرد دانه حدود ۱۳ درصد بیشتر از زمانی است که ذرت به‌عنوان گیاه پیش‌کاشت کلزا بکار رفته باشد (۱۸). درصورتی‌که کلزا بعد از گیاهان خانواده‌ی لگوم کشت شود، در مقایسه با زمانی که کشت آن بعد از گندم و یا کلزا (تک کشتی) باشد، عملکرد دانه‌ی بیشتری تولید خواهد کرد (۱۳).

کارایی کلزا در مصرف نیتروژن پایین است (۸). این موضوع از طریق مصرف بیشتر کودهای نیتروژن‌دار تا حدودی قابل جبران است اما برخی ملاحظات زیست- محیطی از جمله نیاز به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلودگی آب‌های زیرزمینی باعث افزایش اهمیت استفاده از تناوب زراعی به‌منظور کاهش استفاده از کودهای نیتروژن‌دار شده است. بر این اساس، در این پژوهش کوشش شده است تا ضمن بررسی اثر گیاه پیش‌کاشت بر عملکرد دانه کلزا، اثر تلفیقی این عامل زراعی با مصرف نیتروژن نیز، مورد ارزیابی قرار گیرد تا حد بهینه مصرف کود نیتروژن‌دار جهت حصول بالاترین عملکرد دانه در کلزا، مشخص شود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان واقع در شهرستان

جدول ۱. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

عمق	بافت خاک	هدایت الکتریکی	اسیدیته	پتاسیم	فسفر	نیتروژن	کربن آلی
(سانتی‌متر)		(دسی‌زیمنس بر متر)		(میلی‌گرم بر کیلوگرم)		(درصد)	
۰–۳۰	رسی–لومی	۳/۴	۷/۷	۲۲۴	۷/۰	۰/۰۲۶	۰/۵۱
۳۰–۶۰	لومی–رسی	۳/۰	۷/۸	۱۲۸	۳/۰	۰/۰۲۶	۰/۴۲

ملاثانی (با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۲ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۲ متر از سطح دریا) اجرا شد. اقلیم منطقه از نوع گرم و خشک بوده که میانگین بارندگی و دمای سالانه آن به‌ترتیب ۲۳۰ میلی‌متر و ۲۶ درجه سلسیوس است. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش در جدول ۱ درج شده است.

آزمایش به‌صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول، نوع پیش کاشت شامل مخلوط شبدر– جو، کلزا، ذرت، آیش، ماش، برنج و گندم در کرت اصلی و فاکتور دوم، سطوح مختلف نیتروژن شامل چهار سطح صفر، ۱۰۰، ۱۶۰ و ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. در سال زراعی قبل از انجام آزمایش (سال زراعی ۱۳۹۹–۱۳۹۸) گیاهان پیش‌کاشت در کرت‌های اصلی کشت شدند و پس از پایان دوره‌ی رشد (مخلوط شبدر– جو، گندم، کلزا در اوایل تیرماه و ذرت، ماش و برنج اوایل مهر)، بقایای آنها به خاک برگردانده شد. در سال اجرای آزمایش (سال زراعی ۱۴۰۰–۱۳۹۹) سطوح نیتروژن به‌عنوان عامل فرعی در همان کرت‌ها بکار رفتند. قبل از کاشت، با استفاده از شیاربازکن دستی، کرت‌ها با شش خط کاشت به طول چهار متر و فاصله ۳۰ سانتی‌متر از هم آماده شدند. فاصله کرت‌های فرعی از هم یک متر و فاصله کرت‌های اصلی دو متر بود. سپس در اول آذرماه، کشت بذور کلزا، رقم هایولا۴۰۱، با استفاده از دست و به روش خشکه‌کاری روی پشته انجام پذیرفت. بذور با تراکم بالا کشت شدند تا از سبز شدن آنها اطمینان حاصل شود. سپس برای رسیدن به تراکم بهینه‌ی ۸۰ بوته در مترمربع، عملیات تنظیم فاصله بین بوته‌ها از طریق تنک کردن در مرحله‌ی چهاربرگی انجام شد. آبیاری بر اساس عرف منطقه و به‌صورت نشتی انجام گرفت. در این آزمایش میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره‌ی سوپرفسفات تریپل مورد استفاده قرار گرفت. برای اعمال فاکتور دوم آزمایشی (سطوح نیتروژن)، یک دوم از سطوح نیتروژن از منبع اوره، قبل از کاشت به صورت یکنواخت در کرت‌های فرعی پخش شد. یک دوم باقی‌مانده‌ی نیتروژن در شروع ساقه‌رفتن گیاه توزیع شد و پس از آن، یک آبیاری سبک انجام شد. برای مبارزه با علف‌های هرز در سه مرحله (مرحله‌ی اول بعد از استقرار گیاهچه و سپس هر دو هفته یک بار) وجین دستی انجام شد. در فاصله زمانی کاشت تا برداشت، بر اساس نیاز گیاه، آبیاری به‌صورت سیفونی صورت پذیرفت. به‌دلیل عدم وجود آفت، نیازی به مبارزه با آفات وجود نداشت. به‌دلیل احتمال ریزش دانه‌های کلزا، بوته‌ها قبل از رسیدگی کامل فیزیولوژیکی و در تاریخ ۲۷ فروردین ماه، پس از حذف اثرات حاشیه‌ای برداشت شدند. سپس صفات تعداد شاخه‌های فرعی، ارتفاع بوته، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، تعداد دانه در بوته، عملکرد ماده خشک، وزن هزار دانه و عملکرد دانه برای هر کرت فرعی محاسبه شدند. از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت به‌دست آمد (۳). پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTAT-C و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نیتروژن بر صفات

جدول ۲. تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد دانه‌ی کلزا تحت تاثیر گیاهان پیش‌کاشت و مقادیر مختلف کود نیتروژن

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		ارتفاع بوته	تعداد شاخه‌ی جانبی	دانه در خورجین	خورجین در بوته	دانه در بوته	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	ماده خشک	شاخص برداشت
تکرار	۲	۵۳/۹^{ns}	۹/۱۲^{ns}	۷/۳۸^{ns}	۳۲۶^{ns}	۴۴۷۳۸۵^{ns}	۰/۳۲۹^{ns}	۶۱۳۰۷^{ns}	۴۰۴۹۲۸۳^{ns}	۱۵/۶۵^{ns}
پیش‌کاشت(P)	۶	۵۰۹^{ns}	۳/۴۸^{ns}	۷/۶۶^{ns}	۳۵۱۲**	۸۵۴۱۹۳*	۰/۵۴۰^{ns}	۱۲۲۷۴۰۷^{ns}	۱۱۲۰۴۹۶۹*	۱۳/۶۱^{ns}
خطا	۱۲	۳۴۹	۳/۷۵	۶/۸۹	۴۳۰	۱۹۶۲۹۲	۰/۱۶۰	۵۵۱۹۲۹	۸۴۳۸۸۳۹	۳۸/۶۶
نیتروژن (N)	۳	۶۱۱۱**	۷۱/۸**	۱۱۶^{ns**}	۱۱۲۲۵**	۴۹۹۰۰۸۵**	۰/۱۸۹^{ns}	۱۴۸۲۹۰۸۸**	۱۶۴۷۷۹۴۵۳**	۱۷/۱۷^{ns}
P×N	۱۸	۱۲۷^{ns}	۱/۱۱^{ns}	۱۱/۶^{ns}	۴۹۵*	۳۲۴۲۹۴^{ns}	۰/۱۷۳^{ns}	۴۳۰۲۰۱*	۳۸۲۷۰۶۸^{ns}	۲۸/۲^{ns}
خطا	۴۲	۱۰۱	۲/۳۷	۶/۴۵	۶۲۷	۱۷۷۳۵۷	۰/۱۳۸	۲۲۹۳۵۹	۴۱۵۲۸۶۵	۳۴/۸
ضریب تغییرات (درصد)		۸/۹۳	۲۷/۳	۲۱/۵	۲۲/۲	۲۲/۶	۹/۲۱	۲۲/۹	۲۶/۷	۲۱/۵

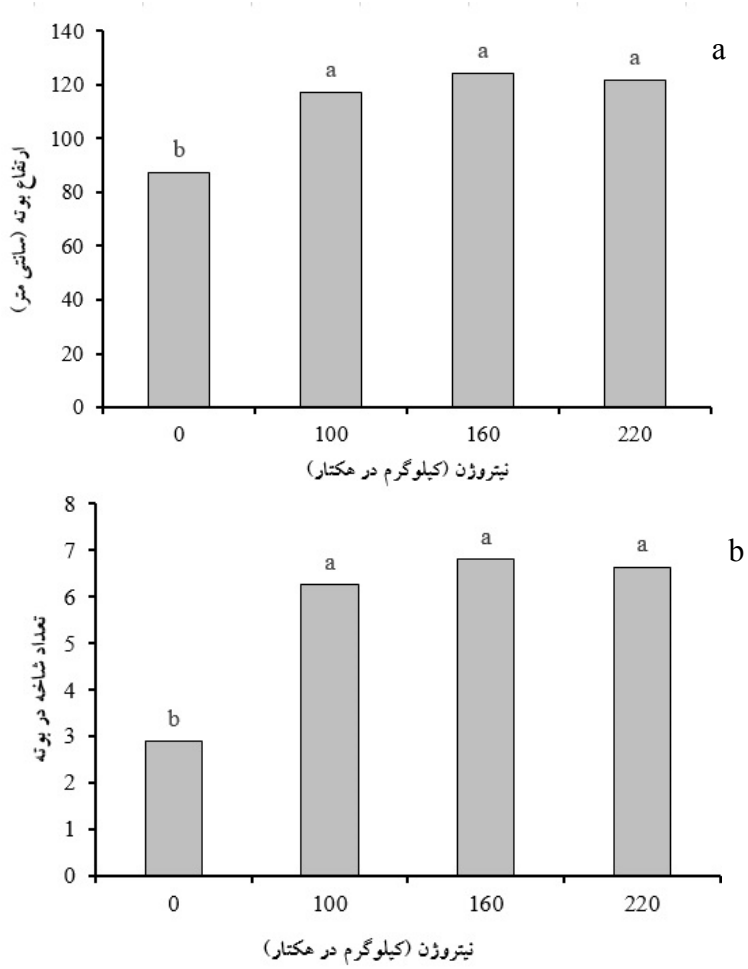
*، **، به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد، ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار

مورفولوژیک کلزا شامل ارتفاع بوته و تعداد شاخه‌های جانبی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نوع پیش‌کاشت و برهمکنش پیش‌کاشت و نیتروژن صفات مورفولوژیک کلزا را تحت تأثیر قرار نداد (جدول ۲).

استفاده از ۱۰۰، ۱۶۰ و ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن باعث شد که ارتفاع بوته کلزا به‌ترتیب ۳۴، ۴۲ و ۳۹ درصد نسبت به شرایط عدم استفاده از کود نیتروژنه افزایش پیدا کند (شکل ۱). تفاوت معنی‌داری بین سطوح مختلف نیتروژن از نظر تأثیر بر ارتفاع بوته مشاهده نشد. بیشترین ارتفاع بوته کلزا با کاربرد ۱۶۰ کیلوگرم کود نیتروژن‌دار در هکتار به‌دست آمد. استفاده از ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن‌دار باعث کاهش سه درصدی ارتفاع بوته کلزا شد. با این حال، این کاهش غیرمعنی‌دار بود (شکل ۱). استفاده از کود نیتروژن‌دار باعث شد که تعداد شاخه‌های جانبی کلزا به بیش از دو برابر شرایط عدم استفاده از کود نیتروژن‌دار برسد. بیشترین تعداد شاخه‌های جانبی کلزا با کاربرد ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن‌دار به‌دست آمد که با سایر تیمارهای کود نیتروژن‌دار تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۱). با توجه به اینکه از نظر ارتفاع بوته و تعداد شاخه‌های جانبی بین سطوح کاربرد کود نیتروژن‌دار تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، استفاده از ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن‌دار به‌منظور به‌دست آمدن بیشترین ارتفاع بوته و تعداد شاخه‌های جانبی مطلوب است (شکل ۱).

از بین اجزای عملکرد دانه‌ی کلزا، وزن دانه تحت تأثیر هیچ‌کدام از تیمارهای آزمایش (نوع پیش‌کاشت و کود نیتروژن) قرار نگرفت. اثر نوع پیش‌کاشت و نیتروژن بر تعداد دانه در بوته (به‌ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد) و تعداد خورجین در بوته (در سطح احتمال یک درصد) معنی‌دار بود ولی تعداد دانه در خورجین تحت تأثیر نوع پیش‌کاشت و کاربرد نیتروژن قرار نگرفت (جدول ۲). اثر متقابل نوع پیش‌کاشت×نیتروژن تنها بر تعداد خورجین در بوته معنی‌دار (در سطح احتمال پنج درصد) بود (جدول ۲).

تولید ماده خشک تحت تأثیر اثر اصلی نوع پیش‌کاشت (سطح احتمال پنج درصد) و نیتروژن (سطح احتمال یک درصد) قرار گرفت ولی برهم‌کنش پیش‌کاشت و نیتروژن بر این صفت تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۲). نوع پیش‌کاشت



شکل ۱. اثر سطوح نیتروژن بر ارتفاع بوته (a) و تعداد شاخه در بوته کلزا (b)، در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

بر عملکرد دانه‌ی کلزا تأثیر معنی‌داری نداشت ولی این صفت به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر کاربرد نیتروژن (سطح احتمال یک درصد) و اثر متقابل نوع پیش‌کاشت×نیتروژن (سطح احتمال پنج درصد) قرار گرفت (جدول ۲). تیمارهای آزمایش (نیتروژن و نوع پیش‌کاشت) اثر معنی‌داری بر شاخص برداشت کلزا نداشتند (جدول ۲).

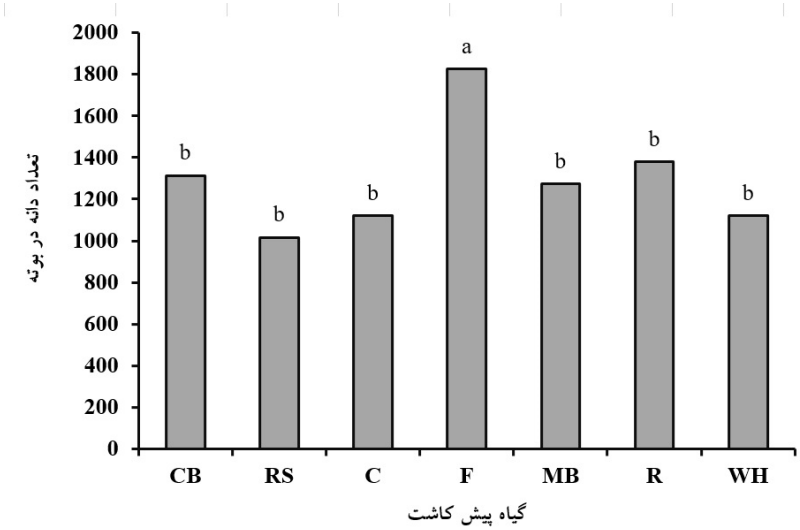
استفاده از کود نیتروژن‌دار به‌طور معنی‌داری باعث افزایش تولید دانه (تعداد دانه در خورجین و تعداد دانه در بوته) توسط کلزا شد. با کاربرد ۱۰۰، ۱۶۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن تعداد دانه‌ها در خورجین گیاه کلزا به‌ترتیب ۳۴، ۳۹ و ۳۳ درصد افزایش یافت. مجموع کل دانه‌ی تولید شده توسط هر بوته کلزا نیز با کاربرد کود نیتروژن‌دار افزایش یافت به‌طوری‌که هر سه سطح کود نیتروژن‌دار به افزایش بیش از ۲ برابری تعداد دانه در بوته منجر شدند (جدول ۳). تفاوت معنی‌داری بین سطوح مختلف کود نیتروژن‌دار از نظر تأثیر بر میزان تولید دانه توسط کلزا (تعداد دانه در خورجین و تعداد دانه در بوته) مشاهده نشد (جدول ۳).

ماده خشک تولید شده توسط کلزا نیز با کاربرد کود نیتروژن‌دار بهبود یافت به‌طوری‌که کاربرد ۱۰۰، ۱۶۰ و ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن‌دار به‌ترتیب باعث افزایش ۲/۱، ۲/۶ و ۲/۷ برابری ماده خشک توسط کلزا شد (جدول ۳). تفاوت معنی‌داری بین سطوح مختلف کاربرد کود نیتروژن‌دار از

جدول ۳. اثر سطوح نیتروژن بر تعداد دانه در خورجین، تعداد دانه در بوته و ماده خشک کلزا

سطح نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	تعداد دانه در بوته	تعداد دانه در خورجین	ماده خشک (کیلوگرم در هکتار)
صفر	۵۷۳[b]	۱۳/۲۰[b]	۳۵۹۷[b]
۱۰۰	۱۴۱۱[a]	۱۷/۶۷[a]	۷۸۴۹[a]
۱۶۰	۱۶۰۴[a]	۱۸/۳۶[a]	۹۴۵۲[a]
۲۲۰	۱۵۸۲[a]	۱۷/۵۸[a]	۹۶۰۷[a]

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.



شکل ۲. اثر نوع گیاه پیش‌کاشت بر تعداد دانه در بوته کلزا

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار ندارند. CB: شبدر- جو؛ RS: کلزا؛ C: ذرت؛ F: آیش؛ MB: ماش؛ R: برنج؛ WH: گندم

نظر تأثیر بر تولید ماده خشک کلزا مشاهده نشد (جدول ۳)

بیشترین تعداد دانه در بوته‌ی کلزا زمانی به‌دست آمد که کلزا بعد از یک سال آیش، کشت شد (شکل ۲) که در این صورت تعداد دانه در بوته حدود ۷۹ درصد افزایش پیدا کرد. همچنین نتایج نشان داد که کشت مداوم کلزا، به‌طوری‌که کلزا در زمینی کشت شود که سال قبل نیز به کشت کلزا اختصاص داشت، منجر به تولید کمترین تعداد دانه در بوته شد که نسبت به زمانی که کشت قبلی مخلوط شبدر- جو، ذرت، ماش، برنج و گندم بود، به‌ترتیب ۲۹، ۱۰، ۲۵، ۳۶ و ۱۰ درصد دانه‌ی کمتری تولید شد، هر چند که بین آنها تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۲).

بیشترین عملکرد دانه کلزا (۳۸۷۷ کیلوگرم در هکتار) زمانی مشاهده شد که ماش به‌عنوان گیاه پیش‌کاشت مورد استفاده قرار گرفت و ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن‌دار مصرف شد که با گیاه پیش‌کاشت ماش و کاربرد ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (با تولید ۳۲۰۱ کیلوگرم در هکتار دانه) و همچنین پیش‌کاشت آیش و مصرف ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن‌دار (با تولید ۳۱۰۵ کیلوگرم در هکتار دانه)، تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴). کمترین عملکرد دانه کلزا زمانی به‌دست آمد که گیاهان ذرت و کلزا به‌عنوان گیاه پیش‌کاشت

جدول ۴. مقایسه میانگین برهم‌کنش گیاه پیش‌کاشت و مقدار نیتروژن برای عملکرد دانه و تعداد خورجین در بوته کلزا

پیش کاشت	مقدار نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	تعداد خورجین در بوته	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
شبدر – جو	صفر	۴۴/۴$^{i-l}$	۹۵۴$^{g-j}$
	۱۰۰	۷۱/۲$^{f-j}$	۱۸۰۵$^{d-i}$
	۱۶۰	۹۷/۵$^{b-f}$	۲۷۰۸$^{b-e}$
	۲۲۰	۷۰/۳$^{f-j}$	۲۱۵۰$^{b-g}$
کلزا	صفر	۱۳/۸^{m}	۴۹۷^{j}
	۱۰۰	۵۹/۷$^{g-k}$	۱۸۶۰$^{c-i}$
	۱۶۰	۷۴/۲$^{e-j}$	۲۸۳۱^{bcd}
	۲۲۰	۷۱/۷$^{f-j}$	۲۷۹۰$^{b-e}$
ذرت	صفر	۲۲/۶^{lm}	۴۸۸^{j}
	۱۰۰	۶۵/۸$^{f-j}$	۲۳۷۷$^{b-f}$
	۱۶۰	۸۸/۵$^{b-g}$	۲۷۹۸$^{b-e}$
	۲۲۰	۷۵/۸$^{d-i}$	۲۶۸۶$^{b-e}$
آیش	صفر	۷۷/۱$^{d-h}$	۱۳۶۷$^{f-j}$
	۱۰۰	۱۳۳^{a}	۲۷۲۰$^{b-e}$
	۱۶۰	۱۰۴$^{a-e}$	۳۱۰۵^{abc}
	۲۲۰	۱۱۸^{ab}	۲۶۰۵$^{b-f}$
ماش	صفر	۳۳/۱^{klm}	۱۵۴۹$^{e-j}$
	۱۰۰	۸۵/۶$^{c-g}$	۲۲۳۰$^{b-f}$
	۱۶۰	۷۷/۴$^{d-h}$	۳۲۰۱^{ab}
	۲۲۰	۱۱۱^{abc}	۳۸۷۷^{a}
برنج	صفر	۴۵/۴$^{h-l}$	۷۳۲^{hij}
	۱۰۰	۶۵/۷$^{f-j}$	۱۸۰۵$^{d-i}$
	۱۶۰	۸۶/۵$^{c-g}$	۱۹۵۶$^{c-h}$
	۲۲۰	۱۰۷$^{a-d}$	۲۳۵۸$^{b-f}$
گندم	صفر	۴۳/۶^{jkl}	۷۰۵^{ij}
	۱۰۰	۵۹/۶$^{g-k}$	۱۷۸۰$^{d-i}$
	۱۶۰	۸۲/۲$^{c-g}$	۲۲۰۳$^{b-f}$
	۲۲۰	۷۶/۴$^{d-i}$	۲۳۳۶$^{b-f}$

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

بکار رفتند و کود نیتروژن‌دار نیز مصرف نشد که در این صورت به‌ترتیب به تولید ۴۸۸ و ۴۹۷ کیلوگرم در هکتار دانه منجر شد (جدول ۴). با قرار گرفتن برنج و گندم به‌عنوان گیاه پیش‌کاشت و عدم مصرف کود نیتروژن‌دار، اگر چه عملکرد دانه‌ی کلزا نسبت به شرایط کاربرد ذرت و کلزا به‌عنوان پیش‌کاشت بیشتر شد ولی این برتری عملکرد دانه ناچیز بوده و عملکرد مطلوبی به شمار نرفت (جدول ۴).

بیشترین تعداد خورجین (۱۳۳ خورجین) در بوته‌ی کلزا با بکارگیری آیش به‌عنوان پیش‌کاشت و کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن‌دار به‌دست آمد (جدول ۴) که تفاوت

معنی‌داری با استفاده از ماش به‌عنوان گیاه پیش‌کاشت (با کاربرد ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن‌دار) و آیش (با کاربرد ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن‌دار) نداشت (جدول ۴). با کاربرد کلزا به‌عنوان گیاه پیش‌کاشت و شرایط تک‌کشتی و همچنین عدم مصرف کود نیتروژن‌دار، کمترین تعداد خورجین در بوته (حدود ۱۴ خورجین در بوته) به‌دست آمد (جدول ۴).

کیفیت دانه‌ی کلزا از نظر درصد روغن و درصد پروتئین به‌طور معنی‌داری ($P\leq0.01$) تحت تأثیر تیمارهای پیش‌کاشت، نیتروژن و اثر متقابل پیش‌کاشت×نیتروژن قرار گرفت. با این حال، تیمارهای آزمایشی، کیفیت روغن کلزا را از نظر اسیدهای چرب (اسید پالمیتیک، اسید استئاریک، اسید اولئیک، اسید لینولئیک و اسید لینولنیک) به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار ندادند (جدول ۵)

بیشترین درصد روغن کلزا (۴۵/۰۸) زمانی به‌دست آمد که ذرت به‌عنوان گیاه پیش‌کاشت بکار رفت و کود نیتروژن‌دار نیز مصرف نشد. با این حال، این تیمار با تیمار پیش‌کاشت ذرت و مصرف ۱۰۰، ۱۶۰ و ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن‌دار تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین میزان روغن دانه‌ی کلزا نیز با پیش‌کاشت کلزا و مصرف ۱۶۰ و ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (به‌ترتیب با ۴۰/۷۳ و ۴۰/۶۱ درصد) ثبت شد که به معنی کاهش حدود ۵ درصدی روغن دانه است (جدول ۶).

استفاده از ذرت به‌عنوان گیاه پیش‌کاشت و عدم مصرف کود نیتروژن‌دار باعث شد که دانه‌ی کلزا کمترین درصد پروتئین دانه (۱۵/۷۹ درصد) را داشته باشد (جدول ۶). بیشترین درصد پروتئین دانه‌ی کلزا نیز با کاربرد گندم و شبدر- جو به‌عنوان پیش کاشت و با کاربرد مقادیر بالای کود نیتروژن‌دار (۲۲۰ کیلوگرم در هکتار برای پیش‌کاشت گندم و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار برای پیش‌کاشت شبدر- جو) به‌دست آمد (جدول ۶).

نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد روغن (۱۶۴۵ کیلوگرم در هکتار) کلزا زمانی به‌دست آمد که ماش به‌عنوان گیاه پیش‌کاشت بکار رفت و ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار نیز نیتروژن استفاده شد (جدول ۶). کمترین عملکرد روغن در پیش‌کاشت‌های مختلف (شبدر- جو، کلزا، ذرت، برنج و گندم) و در شرایط عدم استفاده از کود نیتروژن‌دار به‌دست آمد. بیشترین عملکرد پروتئین (۸۴۷ کیلوگرم در هکتار) نیز با کاربرد ماش به‌عنوان پیش‌کاشت و مصرف ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌دست آمد. با این حال، این تیمار با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری از نظر عملکرد پروتئین نداشت، ولی مشخصه‌ی همه‌ی این تیمارها برای داشتن عملکرد بالای پروتئین، استفاده از کود نیتروژن‌دار بود (جدول ۶).

بر اساس نتایج این پژوهش، عملکرد دانه کلزا بیش از آنکه به وزن دانه‌ها وابسته باشد به تولید دانه وابسته است. به عبارت دیگر، تولید دانه بیشتر می‌تواند اثر کاهش و یا عدم تغییر وزن دانه بر عملکرد دانه‌ی کلزا را جبران نماید. افزایش مصرف نیتروژن، باعث افزایش عملکرد دانه‌ی کلزا از طریق افزایش تولید دانه شد چرا که دو جزء از اجزای عملکرد دانه شامل تعداد دانه در خورجین و تعداد خورجین در بوته با مصرف کود نیتروژن‌دار افزایش یافتند. اگر چه این نتایج با یافته‌های سایر محققین (۱۹) مبنی بر عدم تأثیر مصرف کود نیتروژن‌دار بر وزن دانه مطابقت نداشت ولی یافته‌ی این محققین مبنی بر عدم تأثیر یک جزء از عملکرد (در این پژوهش وزن دانه) بر عملکرد دانه به‌دلیل افزایش سایر اجزای عملکرد با نتایج این پژوهش همخوانی داشت، چرا که مصرف نیتروژن در این پژوهش نیز به افزایش تولید دانه در بوته (تعداد دانه در خورجین و تعداد خورجین در بوته) منجر شد. در مطالعه‌ی دیگر (۱۲) در مورد اثر سطوح نیتروژن بر وزن و تولید دانه‌ی کلزا نتیجه گرفته شد که نیتروژن مصرف شده برای تولید بیشتر دانه مورد استفاده قرار می‌گیرد و لذا، وزن دانه کلزا با مصرف نیتروژن تغییر پیدا نکرد که تاییدی بر یافته‌های تحقیق حاضر است.

برخی پژوهشگران (۱۵) کاهش وزن دانه‌ی کلزا را در اثر مصرف کود نیتروژن‌دار مشاهده کردند و دلیل آن را افزایش تولید دانه با مصرف نیتروژن و کاهش تخصیص مواد فتوسنتزی برای افزایش وزن دانه‌ها دانستند. گزارش شده است که با مصرف کود نیتروژن پتانسیل تولید دانه توسط کلزا از طریق

جدول ۵. تجزیه واریانس اثر نوع گیاه پیش‌کاشت و مقادیر نیتروژن بر کیفیت دانه و عملکرد روغن و پروتئین کلزا

منبع تغییر		درجه آزادی	میانگین مربعات								
			درصد روغن دانه	درصد پروتئین دانه	عملکرد روغن	عملکرد پروتئین	اسید پالمیتیک	اسید استئاریک	اسید اولئیک	اسید لینولئیک	اسید لینولنیک
تکرار (R)		۲	۹۶/۸**	۱۱۲^{ns}	۴۴۵۶۰^{ns}	۴۵۵۶۶**	۹/۴۱^{ns}	۰/۰۲۳^{ns}	۱۴۰^{ns}	۶۱/۰^{ns}	۱/۹۱^{ns}
پیش کاشت (P)		۶	۸/۸۴**	۴/۰۲۹**	۳۲۹۰۹۳**	۵۷۰۴۱**	۰/۰۵۲^{ns}	۰/۰۴۲^{ns}	۰/۲۶^{ns}	۰/۳۹۱^{ns}	۰/۳۰^{ns}
خطا		۱۲	۰/۴۲۹	۰/۰۰۰۲	۱۲۵۳۹	۲۷۰	۰/۱۳۴	۰/۰۲۵	۱/۳۲	۰/۹۶۰	۰/۲۳
نیتروژن (N)		۳	۱۷/۲**	۷۱/۶**	۲۳۸۵۹۷۷**	۷۶۴۳۳۷**	۰/۰۳۲^{ns}	۰/۱۳۷^{ns}	۰/۸۷^{ns}	۱/۴۴^{ns}	۰/۴۹^{ns}
P×N		۱۸	۱/۵۳**	۲/۳۶**	۶۳۱۱۲**	۱۵۷۱۳**	۰/۰۷۵^{ns}	۰/۰۱۶^{ns}	۰/۷۳^{ns}	۰/۷۸^{ns}	۰/۲۲^{ns}
خطا		۴۲	۰/۰۹۵	۰/۰۰۳	۱۲۴۸۶	۳۲۹۰	۰/۱۳۶	۰/۰۳۰	۱/۸۵	۱/۶	۰/۲۰
	R×N	۶	–	–	–	–	۰/۱۱۳۳	۰/۰۱۶۷	۱/۵۴۲	۱/۳۳	۰/۱۶۶۷
	R×P×N	۳۶	–	–	–	–	۰/۰۲۲۷	۰/۰۰۳۳	۰/۳۰۸	۰/۲۶۶۷	۰/۰۳۳
ضریب تغییرات (درصد)			۱۷	۱۱	۱۲/۶۵	۴/۴۰	۸/۱۶	۷/۱۱	۲/۰	۵/۱۶	۵/۰

*، **، به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد، ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار؛ داده‌های مربوط به ردیف R×N و R×P×N مربوط به تفکیک سهم این اثرات متقابل از خطای فرعی است.

جدول ۶. تأثیر پیش‌کاشت و مقدار نیتروژن بر کیفیت دانه (درصد روغن و پروتئین) و عملکرد روغن و پروتئین کلزا

پیش کاشت	مقدار نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	روغن دانه (درصد)	پروتئین دانه (درصد)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد پروتئین (کیلوگرم در هکتار)
شبدر – جو	صفر	۴۴/۴$^{a-d}$	۱۷/۴^{n}	۴۲۴^{kl}	۱۶۶^{b}
	۱۰۰	۴۴/۱^{cd}	۱۹/۰^{k}	۷۹۶$^{g-j}$	۳۴۳^{ab}
	۱۶۰	۴۲/۷^{fg}	۲۲/۲^{a}	۱۱۶۶$^{b-f}$	۶۰۲^{ab}
	۲۲۰	۴۱/۹^{hij}	۲۱/۴^{c}	۹۰۲$^{f-i}$	۴۶۱^{ab}
کلزا	صفر	۴۳/۷^{de}	۱۶/۳^{p}	۲۱۷^{l}	۸۱^{b}
	۱۰۰	۴۱/۳^{jk}	۱۹/۰^{k}	۷۶۸^{hij}	۳۵۴^{ab}
	۱۶۰	۴۰/۷^{k}	۲۰/۴^{e}	۸۱۹$^{g-j}$	۵۷۷^{ab}
	۲۲۰	۴۰/۶^{k}	۲۱/۸^{b}	۱۱۳۳$^{b-f}$	۶۰۹^{ab}
ذرت	صفر	۴۵/۱^{a}	۱۵/۸^{q}	۲۲۰^{l}	۷۷^{b}
	۱۰۰	۴۴/۹^{ab}	۱۷/۸^{m}	۱۰۶۸$^{c-g}$	۴۲۴^{ab}
	۱۶۰	۴۴/۶^{abc}	۱۹/۶^{h}	۱۲۴۸^{jk}	۵۵۰^{ab}
	۲۲۰	۴۲/۸^{fg}	۲۰/۸^{d}	۱۱۵۱$^{b-e}$	۵۴۹^{ab}
آیش	صفر	۴۴/۲^{bcd}	۱۶/۷^{o}	۶۰۵^{ij}	۲۲۸^{ab}
	۱۰۰	۴۳/۷^{de}	۱۸/۱^{l}	۱۱۸۸$^{b-e}$	۴۹۸^{ab}
	۱۶۰	۴۲/۱^{ghi}	۱۹/۶^{h}	۱۳۰۷^{bc}	۶۰۹^{ab}
	۲۲۰	۴۱/۹^{hij}	۲۰/۱^{f}	۱۰۴۹$^{c-h}$	۵۲۴^{ab}
ماش	صفر	۴۴/۰^{cd}	۱۶/۶^{o}	۶۵۱^{ij}	۲۵۷^{ab}
	۱۰۰	۴۳/۷^{de}	۱۸/۹^{k}	۹۵۲$^{e-i}$	۴۲۲^{ab}
	۱۶۰	۴۲/۰$^{f-i}$	۱۹/۵^{ij}	۱۳۵۷^{b}	۶۲۳^{ab}
	۲۲۰	۴۲/۴$^{f-i}$	۲۱/۹^{b}	۱۶۴۵^{a}	۸۴۷^{a}
برنج	صفر	۴۲/۷^{fg}	۱۹/۵^{hi}	۳۱۵^{l}	۱۴۳^{b}
	۱۰۰	۴۲/۵^{fgh}	۱۹/۶^{h}	۷۷۲^{hji}	۳۵۴^{ab}
	۱۶۰	۴۳/۷^{de}	۱۹/۸^{g}	۸۴۹$^{g-j}$	۳۸۸^{ab}
	۲۲۰	۴۳/۵^{ef}	۲۰/۴^{e}	۱۰۳۲$^{c-i}$	۴۸۱^{ab}
گندم	صفر	۴۴/۲^{bcd}	۱۶/۳^{p}	۳۱۷^{l}	۱۱۵^{b}
	۱۰۰	۴۴/۱^{cd}	۱۷/۸^{m}	۷۹۵$^{g-j}$	۳۱۶^{ab}
	۱۶۰	۴۲/۷^{fg}	۱۹/۳^{j}	۹۵۷$^{e-i}$	۴۲۷^{ab}
	۲۲۰	۴۱/۷^{ij}	۲۲/۲^{a}	۹۷۴$^{d-i}$	۵۱۸^{ab}

در هر ستون مربوط به هر تیمار میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

افزایش تعداد شاخه‌های جانبی بیشتر می‌شود (۴) که با یافته‌های حاصل از پژوهش حاضر هماهنگی داشت چرا که با مصرف نیتروژن، تعداد شاخه‌های جانبی کلزا به بیش از دو برابر تیمار عدم مصرف نیتروژن رسید (شکل ۱). در نهایت در مورد اثر مصرف کود نیتروژن بر عملکرد دانه‌ی کلزا می‌توان به این نتیجه رسید که کود نیتروژن‌دار با افزایش ارتفاع و تعداد شاخه‌های جانبی (شکل ۱) پتانسیل گیاه کلزا برای تولید دانه‌های بیشتر (از طریق تولید بیشتر دانه در خورجین و تعداد بیشتر خورجین در بوته و در نهایت افزایش تولید دانه در بوته) را افزایش داده است.

مزیت استفاده از گیاهان خانواده لگوم در تناوب‌های زراعی در تحقیقات مختلف گزارش شده است که این مزیت به‌دلیلی از جمله اثرات مثبت گیاهان خانواده لگوم بر افزایش فراهمی نیتروژن خاک برای گیاه بعدی) و بهبود شرایط خاک از نظر محتوای رطوبتی است چرا که لگوم‌ها در مقایسه با گیاهانی از جمله غلات مقدار کمتری از آب خاک را مصرف می‌کنند و درنتیجه آب بیشتری در خاک برای گیاه بعدی در دسترس خواهد بود (۶). در یک پژوهش افزایش ۶۴-۵۴ درصدی عملکرد دانه کلزای کشت شده بعد از لگوم‌ها در مقایسه با تک کشتی کلزا گزارش شد (۹) که با نتایج تحقیق حاضر مبنی بر تأثیر مثبت گیاهان پیش‌کاشت خانواده‌ی لگوم (ماش و شبدر) بر بهبود عملکرد دانه‌ی کلزا (جدول ۴) مطابقت داشت. گزارش شده است که حفظ رطوبت و مواد معدنی خاک، عمدتاً نیتروژن، از کارکردهای مهم آیش است (۵). هر چند اثرات مهم دیگری از جمله کاهش جمعیت علف‌های هرز و بیماری‌ها نیز به دنبال دارد (۲۲). این اثرات مثبت در مجموع باعث افزایش عملکرد دانه‌ی گیاهان کاشته شده‌ی بعدی می‌شود. در این مورد گزارش شده است که عملکرد گندم بعد از آیش بیشتر از زمانی بود که نخود به‌عنوان گیاه پیش‌کاشت گندم بکار رفت (۲۵) اثرات مثبت آیش در بهبود عملکرد دانه‌ی گیاهان زراعی با یافته‌های این پژوهش مطابقت داشت چرا که بیشترین عملکرد دانه‌ی کلزا بعد از تیمارهای ماش و آیش به‌عنوان گیاه پیش-کاشت، به‌دست آمد (جدول ۴).

توجه به تغییر عملکرد دانه کلزا در سطوح مختلف نیتروژن و گیاهان پیش‌کاشت در این تحقیق (جدول ۴)، اثرات مثبت گیاهان خانواده لگوم و آیش را در بهبود عملکرد دانه کلزا تایید می‌کند. به‌طوری‌که چنانچه در مزرعه‌ی کشت کلزا امکان تأمین کود نیتروژن‌دار نباشد، باز هم بیشترین عملکرد دانه‌ی کلزا با استفاده از ماش و آیش به‌عنوان پیش‌کاشت، به‌دست می‌آید. قابل توجه است که مخلوط شبدر- جو اگر چه در سطح صفر نیتروژن، عملکرد دانه‌ی کمتری نسبت به پیش‌کاشت ماش و آیش داشت ولی در نهایت، شبدر اثر مثبت خود را به‌عنوان گیاه خانواده لگوم- بر عملکرد دانه‌ی کلزا گذاشت، چرا که با مصرف کود نیتروژن‌دار (سطحی که بیشترین عملکرد دانه به‌دست بیاید) عملکرد دانه کلزا در این پیش‌کاشت (پیش‌کاشت شبدر- جو) ۲/۷ برابر افزایش یافت، درحالی‌که با مصرف نیتروژن در پیش‌کاشت‌های کلزا، ذرت، برنج و گندم به‌ترتیب افزایش ۵/۷، ۵/۷، ۳/۱ و ۳/۳ برابری عملکرد دانه مشاهده شد.

برخی یافته‌های پیشین (۱۶ و ۲۳) نشان دادند با افزایش مصرف کود نیتروژن‌دار، درصد روغن دانه کاهش و پروتئین دانه افزایش پیدا می‌کند که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت داشت. در این مطالعه نیز بیشترین درصد روغن دانه‌ی کلزا زمانی به‌دست آمد که نیتروژن کمتری در اختیار گیاه قرار گرفت و با افزایش مصرف کود نیتروژن‌دار، از میزان روغن دانه کاسته و بر میزان پروتئین دانه افزوده شد (جدول ۶). با این حال، با توجه به اینکه، هدف از کشت گیاهان دانه روغنی برداشت بیشترین میزان روغن در واحد سطح است، از نظر تولید روغن باید به تأثیر عملکرد دانه نیز توجه نمود. در این مورد، اگر چه بیشترین درصد روغن کلزا با کاهش فراهمی نیتروژن (پیش-کاشت ذرت و عدم مصرف کود نیتروژن‌دار) به‌دست آمد ولی بیشترین میزان تولید روغن (بر حسب کیلوگرم در هکتار) زمانی به‌دست آمد که نیتروژن بیشتری (هم از طریق گیاه پیش‌کاشت و هم از طریق مصرف نیتروژن) در اختیار کلزا قرار گرفت (جدول ۶). در گیاه کرچک مشاهده شد که بیشترین عملکرد روغن با بالاترین سطح مصرف نیتروژن به‌دست آمد (۲) که با

نتایج پژوهش حاضر مطابقت داشت. در یک پژوهش دیگر در مورد تأثیر عملکرد دانه بر عملکرد روغن دانه‌ی کدو تخمه کاغذی گزارش شد که بیشترین عملکرد روغن با مصرف ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست می‌آید و با مصرف بالاتر (۳۵۰ کیلوگرم در هکتار) عملکرد روغن در واحد سطح کاهش پیدا می‌کند چرا که مصرف بیشتر نیتروژن به کاهش عملکرد دانه منجر شد (۱۱). این یافته‌ها از نظر تأثیر مستقیم و بیشتر عملکرد دانه (در مقایسه با درصد روغن دانه) بر عملکرد روغن در واحد سطح با یافته‌های پژوهش حاضر هماهنگی داشت.

نتیجه‌گیری کلی

در این آزمایش، کلزا در پیش‌کاشت ماش و آیش و مصرف کود نیتروژن (۲۲۰ کیلوگرم در هکتار برای پیش کاشت ماش و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار برای پیش‌کاشت آیش) بیشترین عملکرد دانه را داشت. درصد روغن با افزایش مصرف نیتروژن کاهش پیدا کرد ولی به‌دلیل تأثیر عملکرد دانه بر تولید روغن، تیماری که برای کلزا نیتروژن بیشتری فراهم کرد (پیش‌کاشت ماش و ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن) باعث تولید بیشترین روغن در واحد سطح شد. پیش‌کاشت و کود نیتروژن‌دار بر درصد و عملکرد روغن تأثیر داشتند ولی بر کیفیت روغن (ترکیب اسیدهای چرب) مؤثر نبودند. برای برداشت بیشترین عملکرد دانه و روغن کلزا، استفاده از ماش به‌عنوان گیاه پیش‌کاشت و ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن قابل توصیه است.

منابع مورد استفاده

1. Ahmadi, M. and M. J. Bahrani. 2012. The effect of nitrogen fertilizer rates and withheld irrigation stress on yield and yield components in different growth stages of oilseed rape. *Plant Productions* 33: 15-30. (In Farsi).
2. Alimohammadi, M., S. A. R. Valadabadi, J. Daneshiyan and B. Aref. 2011. Effects of nitrogen and planting density on yield and oil content of castor (*Ricinus communis* L.). *Agroecology Journal*. 6: 57-65. (In Farsi).
3. Amirmardfar, R., A. Dabbagh Mohammadi Nassab, Y. Raei, S. Khaghaninia, R. Amini and S. H. Tabataba Vakili. 2014. Evaluation of yield and yield components of oilseed rape in the wheat-oilseed rape strip intercropping influenced by chemical and biological fertilizers. *Journal of Crop Ecophysiology* 8: 437-450. (In Farsi).
4. Bani Saeidi, A. K. and A. Modhaj. 2009. Evaluate the effects of different levels of nitrogen and plant density on yield and yield components of *Brassica napus* L. at the Ahvaz environmental conditions. *Quarterly Journal of Plant Production Science* 4: 57-66.
5. Cann, D. J., J. R. Hunt and B. Malcolm. 2020. Long fallows can maintain whole-farm profit and reduce risk in semi-arid south-eastern Australia. *Agricultural Systems* 178: 1-11.
6. Fordoński, G., A. Pszczółkowska, S. Krzebietke, J. Olszewski and A. Okorski. 2015. Yield and mineral composition of seeds of leguminous plants and grain of spring wheat as well as their residual effect on the yield and chemical composition of winter oilseed rape seeds. *Journal of Elementology* 20: 827-838.
7. Gan, Y., C. Hamel, C. J. T. O'Donovan, H. Cutforth, R. P. Zentner, C. A. Campbell, Y. Niu, L. Poppy. 2015. Diversifying crop rotations with pulses enhances system productivity. *Scientific Reports* 5: 1-14.
8. Hegewald, H., M. Wensch-Dorendorf, K. Sieling and O. Christen. 2018. Impact of break crops and crop rotations oilseed rape productivity: A review. *European Journal of Agronomy* 101: 63-77.
9. Malik, R. S., M. Seymour, R. J. French, J. A. Kirkegaard, R. A. Lawes and M. A. Liebig. 2015. Dynamic crop sequencing in Western Australian cropping systems. *Crop and Pasture Science* 66: 594-609.
10. Moradi, A. and M. R. Neyshabouri. 2020. Effects of irrigation frequency on seed yield, oil content and yield components of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Water and Soil Science* 30: 167-177. (In Farsi).
11. Moradi Marjane, E., M. Bannayan Aval and P. Rezvani Moghaddam. 2014. Effects of different amounts of nitrogen and plant density on yield, yield components and seed oil percentage of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). *Journal of Agroecology* 6: 21-30. (In Farsi).
12. Nouriyani, H. 2015. Effect of different nitrogen levels on yield, yield components and some quality characteristics of two cultivars of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Journal of Crop production and processing* 5: 233-241. (In Farsi).
13. O'Donovan, J. T., C. A. Grant, R. E. Blackshaw, K. N. Harker, E. N. Johnson, Y. Gan, G. P. Lafond, W. E. May, T. K. Turkington, N. Z. Lupwayi, F. C. Stevenson, D. L. McLaren, M. Khakbazan, E. G. Smith. 2014. Rotational effects of legumes and non-legumes on hybrid canola and malting barley. *Agronomy Journal* 106: 1921–1932.

14. Rabiee, M., M. Kavoosi and P. Tousi Kehal. 2012. Effect of nitrogen fertilizer levels and their application time on yield and some agronomic traits of rapeseed (cv. Hyola 401) in winter cultivation in Guilan. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 15: 199-212. (In Farsi).
15. Rathke, G. W., T. Behrens and W. Diepenbrock. 2009. Effect of timing and nitrogen fertilizer application on winteroilseed rape (*Brassica napus* L.) nitrogen uptake dynamics and fertilizer efficiency. *Crop Science* 190: 314-323.
16. Sabbah, A., F. Nourgholipour and F. A. Ghaffari Nejad. 2017. Effect of rate and time of nitrogen application on yield, yield components and oil content of sesame in Jiroft area. *Iranian Journal of Soil Research* 31: 167-177. (In Farsi).
17. Safikhani, S., A. Biabani, A. Faraji, A. Rahemi-karizaki and A. Gholizadeh. 2019. Study of the phenological and physiological traits associated with seed yield in different canola cultivars. *Plant Production Technology* 19: 161-172. (In Farsi).
18. Seyedi, M. and J. Hamzeie. 2021. Evaluation of growth and yield of rapeseed as affected by nitrogen fertilizer in rotation with maize and chickpea. *Journal of Plant Production* 28: 81-91. (In Farsi).
19. Siadat. S. A., O. Sadeghipour and A. Hashemi-Dezfooli. 2011. Effect of nitrogen application and plant density on yield and yield component of rapeseed. *Research in Crop improvement* 2: 49-61. (In Farsi).
20. Sieling, K. and O. Christen. 2015. Crop rotation effects on yield of oilseed rape, wheat and barley and residual effects on the subsequent wheat. *Archives of Agronomy and Soil Science* 61: 16531-16549.
21. Stobart, R. M., 2012. Oilseed rape: the impact of rotational intensity on crop performance. *Aspects of Applied Biology* 117: 145-150.
22. Swan, T., L. Goward, J. R. Hunt, J. A. Kirkegaard, T. Pratt and M. B. Peoples. 2015. Profitable crop sequences to reduce ryegrass seedbank where herbicide resistant ryegrass is a major constraint to the sustainability of cropping systems. In: Proceeding of 17th Australian Agronomy Conference. Hobart, Australia. Pp. 125-129.
23. Taherkhani, M. and A. Golchin. 2006. The effects of nitrogen different rates on oil yield and seed quality and potassium and phosphorus uptake of winter canola, SLM046. *Agroecology Journal* 2: 77-85. (In Farsi).
24. Tanaka, D. L., J. M. Krupinsky, S. D. Merrill, M. A. Liebig and J. D. Hanson. 2007. Dynamic cropping systems for sustainable crop production in the Northern Great Plains. *Agronomy Journal* 99: 904-911.
25. Zeleke, K. T. 2017. Fallow management increases soil water and nitrogen storage. *Agricultural Water Management* 186: 12–20.

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 12, No. 4, Winter 2023, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Effect of Preceding Crop Type and Different Amounts of Nitrogen Fertilizer on the Yield and Quality of Rapeseed Oil

S. N. Mousavian[1*], H. Eskandari[2], A. Mosadeghi[3] and K. Kazemi[1]

(Received: August 27-2022; Accepted: November 27-2022)

Abstract

Rapeseed needs a sufficient amount of nitrogen for optimal seed yield, but the efficiency of this plant in using nitrogenous (N) fertilizers is low, which causes an increase in N consumption in the cultivation of this plant. The need to maintain a high grain yield necessitates the use of a suitable timely program and manage the consumption of N fertilizers. Thus, a field experiment was conducted at the Research Station of Agriculture and Natural Resources of Khuzestan University during 2020-2021 growing season to evaluate the effect of preceding crop and N fertilizer on grain yield of rapeseed. The experiment was carried out as split plots based on a RCBD with three replications. Preceding crops (clover-barley mixture, rapeseed, corn, fallow, mung bean, rice and wheat) were allocated to the main plots and N levels (0.0, 100, 160 and 220 kg ha^{-1} N from the source of urea fertilizer) were assigned to the sub plots. Results indicated that the grain yield of rapeseed depends mostly on grain number, but the grain yield components (including pods number per plant, grain number per plant, grain number per pods) were mainly affected by the main effect of preceding crop and nitrogen. With the application of 100, 160 and 220 kg ha^{-1} N the number of grains per pod increased by 34%, 39% and 33%, respectively. The number of grains per plant was also increased by the application of nitrogen fertilizer, where all three levels of nitrogen fertilizer resulted in more than 200% increases in this grain yield attribute. The highest grain yield of rapeseed (3877 kg ha^{-1}) was observed when mung bean was used as preceding crop and 220 kg ha^{-1} N fertilizer was applied, though it was not significantly different from the treatments of mung bean preceding crop and application of 160 kg ha^{-1} nitrogen fertilizer (with the production of 3105 kg ha^{-1} grain) and fallow preceding and 160 kg ha^{-1} N fertilizer. The lowest grain yield of rapeseed was obtained when corn and rapeseed were used as preceding crops and no N fertilizer was applied, as these preceding crops resulted in only 488 and 497 kg ha^{-1} grain of rapeseed, respectively. Rapeseed had the highest oil yield (1645 kg ha^{-1}) with mung bean being the preceding crop and 220 kg ha^{-1} N application. It seems that for achieving the highest oil yield of rapeseed, mung bean preceding crop and 220 kg ha^{-1} N can be focused on for the next researches.

Keywords: fallow, grain production, oil grain, rotation

1, 2. Assistant Professor and Associate Professor, Respectively, Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran.
3. Researcher, Agricultural and Horticultural Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Ahwaz, Iran.
*: Corresponding Author, Email: Mosavian@pnu.ac.ir