بررسی انتقال مجدد ماده خشک و فتوسنتز جاری در کلزا (*Brassica napus* L.) تحت تأثیر سطوح نیتروژن، شیوه‌های کاشت و خاک‌ورزی به‌عنوان کشت دوم پس از برنج

محمد ربیعی[1*] و سجاد شاکرکوهی[2]

۱ و ۲) بخش تحقیقات اصلاح و تهیه بذر، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، رشت، ایران.

نویسنده مسئول[*]:rabiee_md@yahoo.co.uk

این مقاله برگرفته از طرح تحقیقاتی می‌باشد.

تاریخ دریافت:۱۴۰۲/۰۲/۰۹ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۲۵**

چکیده

به‌منظور بررسی اثر سطوح نیتروژن، شیوه‌های کاشت و خاک‌ورزی بر انتقال مجدد ماده خشک و فتوسنتز جاری در کلزا تحت شرایط شالیزاری، آزمایشی به‌صورت اسپلیت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی مؤسسه تحقیقات برنج کشور در شهرستان رشت طی دو سال زراعی ۹۷-۱۳۹۵ اجرا شد. در این آزمایش، سه روش خاک‌ورزی (خاک‌ورزی متداول، کم خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی) به‌عنوان کرت‌های اصلی و دو روش کشت (مستقیم و نشایی) و چهار سطح نیتروژن خالص از منبع اوره (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) به‌عنوان کرت‌های فرعی درنظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که سال دوم آزمایش از میزان انتقال مجدد ماده خشک (۵۸۳/۹۶ گرم در مترمربع)، میزان فتوسنتز جاری (۲۷۶۴/۶۸ گرم بر مترمربع) و عملکرد دانه (۳۳۴۸/۶ کیلوگرم در هکتار) بیشتری برخوردار بود. کشت نشایی نسبت به کشت مستقیم از نظر میزان انتقال مجدد ماده خشک، کارایی و سهم انتقال مجدد، فتوسنتز جاری و عملکرد دانه، دارای برتری بود. بین سطوح نیتروژن، مقادیر ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیش‌ترین میزان انتقال مجدد ماده خشک، فتوسنتز جاری و عملکرد دانه را داشتند. بر اساس نتایج این آزمایش، روش کم خاک‌ورزی همراه با با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در شیوه کشت نشایی می‌تواند موجب افزایش انتقال مجدد ماده خشک، میزان فتوسنتز جاری و عملکرد دانه کلزا در اراضی شالیزاری استان گیلان شود.

واژه‌های کلیدی: بدون خاک‌ورزی، برنج، کشت مستقیم، کشت نشایی و کم خاک‌ورزی.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

مقدمه

کلزا (*Brassica napus* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی در حال کشت در جهان است. روغن کلزا به‌دلیل دارا بودن مقادیر بالای اسیدهای چرب غیراشباع از جمله اسید اولئیک و اسید لینولئیک و مقادیر کم اسیدهای چرب اشباع، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Shen *et al.*, 2023). تقریباً ۱۳ درصد از کل روغن تولیدی در جهان به کلزا اختصاص دارد (Raman *et al.*, 2019). افزایش سطح زیر کشت کلزا می‌تواند یکی از راهکاری اساسی برای دستیابی به خوداتکایی تولید روغن، کاهش واردات و در نتیجه جلوگیری از خروج ارز از کشور باشد (Amiri *et al*,. 2019). استان‌های شمالی کشور به‌دلیل شرایط آب و هوای مناسب، از جمله مناطق مستعد برای کشت کلزا به‌شمار می‌روند. انطباق رویش کلزا با فصل بارندگی در شمال کشور و امکان قرار گرفتن آن در تناوب با برنج، زمینه گسترش کشت کلزا را در این مناطق فراهم ساخته است (ربیعی و همکاران، ۱۳۹۰). توسعه کشت کلزا در شالیزار موجب افزایش حاصلخیزی خاک، جذب نیترات اضافی از خاک، جلوگیری از فرسایش خاک، کاهش آفات و علف‌های هرز، کاهش مصرف کود و سم، افزایش درآمد کشاورزان و تولید پایدار برنج می‌شود (معتمد و همکاران، ۱۴۰۰). کلزا معمولاً به‌صورت مستقیم کشت می‌شود، اما شرایط محیطی نامناسب مانند بارندگی شدید، رطوبت بیش از حد خاک و عدم زهکشی مناسب در برخی از شالیزارها از کشت به‌موقع آن جلوگیری می‌کند. علاوه بر این، هم‌زمانی برداشت کلزا با نشاء برنج، مشکل اصلی در توسعه کشت کلزا در اراضی شالیزاری به‌شمار می‌رود (Ma *et al.*, 2010). برای حل این مشکل می‌توان از روش نشاءکاری با مزایایی چون استقرار مطلوب بوته‌ها، ایجاد تراکم و آرایش کاشت مناسب در زمین اصلی، زودرسی، افزایش کارایی استفاده از منابع، کاهش مصرف آب و دفعات آبیاری، مصرف بذر کمتر و عملکرد بالا استفاده کرد (جباری و همکاران، ۱۳۹۹). اجرای شخم کامل در اراضی شالیزاری به‌منظور تهیه بستر محصول دوم به‌دلیل بارندگی زیاد و سنگین بودن بافت خاک، باعث افزایش هزینه‌ها، فشرده شدن و تخریب ساختار خاک، تأخیر در کشت و یا گاهی از دست رفتن فصل کشت می‌شود. خاک‌ورزی حفاظتی شامل روش‌های بدون خاک‌ورزی و کم خاک‌ورزی یکی از راه حل‌های غلبه بر این مشکل و دستیابی به کشاورزی پایدار است (Imaz *et al.*, 2010). مصرف مناسب کود نیتروژن یکی از عوامل اصلی جهت دستیابی به پتانسیل عملکرد در کلزا محسوب می‌شود. مصرف بهینه نیتروژن می‌تواند نقش قابل‌توجه‌ای در افزایش عملکرد و کیفیت روغن کلزا، جلوگیری از آلودگی‌های زیست‌محیطی و برهم خوردن تعادل عناصر غذایی در خاک و افزایش کارایی نیتروژن داشته باشد (Ma and Herath, 2016). مواد فتوسنتزی ذخیره شده در دانه تابع فتوسنتز جاری، انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ذخیره شده در ساقه قبل از گل‌دهی و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی که به‌صورت موقت پس از گل‌دهی در ساقه ذخیره شده‌اند، می‌باشد (ناصری و همکاران، ۱۴۰۰). انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای ساقه، زمانی اتفاق می‌افتد که فتوسنتز جاری جواب‌گوی نیاز

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

دانه‌ها نباشد (جودی و همکاران، ۱۴۰۲). میزان انتقال مجدد ماده خشک در طول دوره پرشدن دانه به عواملی هم‌چون ژنوتیپ، اندازه مخزن، محیط، تراکم و زمان کاشت، مواد غذایی و آب در دسترس وابسته است (Kuai *et al.*, 2022). محدویت منبع سبب افزایش انتقال مجدد مواد فتوسنتزی از برگ و ساقه به مقصد و کاهش کربوهیدرات‌های غیرساختمانی ساقه می‌شود. هر چه تجمع ماده خشک در مرحله قبل از گل‌دهی بیشتر باشد، انتقال مجدد ماده خشک به دانه افزایش پیدا می‌کند (Dordas *et al.*, 2008). در گیاهان رشد محدود، ساقه، برگ و ریشه در مرحله رویشی و دانه در مرحله زایشی به‌عنوان مخزن‌های فعال شناخته می‌شوند که میزان ماده فتوسنتزی بیشتری را نسبت به سایر اندام‌ها جذب می‌کنند. اما در گیاهان رشد نامحدود مانند کلزا، به‌دلیل هم‌زمانی رشد زایشی با رشد رویشی، بین اندام‌ها در جذب مواد فتوسنتزی رقابت وجود دارد (Sinaki *et al.*, 2007). مصرف بهینه نیتروژن سبب افزایش سرعت رشد برگ‌ها می‌شود و در نتیجه برگ‌ها در مدت زمان کمتری نسبت به شرایط عدم مصرف نیتروژن، رشد خود را تکمیل می‌کنند و مازاد مواد فتوسنتزی را ذخیره کرده و پس از گرده‌افشانی به دانه انتقال می‌دهند (Mu and Chen, 2021). محققان گزارش کردند که افزایش مصرف نیتروژن در مرحله گل‌دهی موجب افزایش انتقال مجدد مواد فتوسنتزی انباشته شده در ساقه به دانه، سرعت پرشدن دانه و در نهایت عملکرد دانه می‌شود (Luo *et al.*, 2021). شناخت صحیح فرآیندهای انتقال مجدد ماده خشک و فتوسنتز جاری می‌تواند نقش مهمی در بهبود عملکرد گیاهان زراعی داشته باشد. از این‌رو، آزمایش حاضر با هدف تعیین مناسب‌ترین روش خاک‌ورزی، شیوه کاشت و مقدار بهینه کود نیتروژن جهت دستیابی به حداکثر عملکرد دانه و نقش انتقال مجدد ماده خشک برای پرکردن دانه‌های کلزا به‌عنوان کشت دوم در شالیزار اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت اسپلیت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی مؤسسه تحقیقات برنج کشور در شهرستان رشت طی دو سال زراعی ۹۷-۱۳۹۵ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل سه روش خاک‌ورزی ۱- خاک‌ورزی متداول (شخم برگردان در عمق ۳۰-۲۵ سانتی‌متر + دوبار دیسک)، ۲- کم خاک‌ورزی (یک بار استفاده از روتیواتور تراکتوری در عمق ۱۵-۱۰ سانتی‌متر) و ۳- بدون خاک‌ورزی (کاشت در شیارهای ایجاد شده با شیاربازکن تیغه‌ای)، به‌عنوان فاکتور اصلی و دو روش کشت ۱- کشت مستقیم (کشت بذر در عمق ۲-۱ سانتی‌متری خاک)، ۲- کشت نشایی (نشای کلزا در زمان چهار برگی) و چهار سطح کود نیتروژن خالص (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار، از منبع اوره) به‌عنوان فاکتور فرعی بودند. رقم مورد کشت کلزا، رقم زودرس جدید دلگان با پتانسیل عملکرد بالا بود. بر اساس آمار هواشناسی میزان بارندگی در سال زراعی اول (۹۶-۱۳۹۵) و سال زراعی دوم (۹۷-۱۳۹۶) به‌ترتیب ۱۰۷۳/۱ و ۷۳۲ میلی‌متر بود. همچنین، حداقل و حداکثر میانگین دما در سال اول به‌ترتیب ۷/۲ و ۱۶/۲ درجه

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

سانتی‌گراد و در سال دوم به‌ترتیب ۸/۹ و ۱۷/۶ درجه سانتی‌گراد بود. پس از برداشت برنج عملیات آماده‌سازی زمین برای کشت کلزا صورت گرفت. برای جلوگیری از آب‌گرفتگی مزرعه به‌دلیل بارندگی‌های سنگین احتمالی، زهکش‌هایی به عمق ۳۰-۲۰ سانتی‌متر و به عرض ۳۰-۲۵ سانتی‌متر دورتادور زمین احداث شد. هر کرت آزمایشی شامل شش خط کشت به فواصل ۲۵ سانتی‌متر، به طول ۱۰ متر بود. فواصل بین کرت‌ها و تکرارها به‌ترتیب یک و سه متر در نظر گرفته شد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ آورده شده است. بر این اساس، یک سوم مقدار کود نیتروژن تخصیص یافته برای هر تیمار و تمام کود فسفر خالص به‌مقدار ۶۹ کیلوگرم در هکتار از منبع سوپر فسفات تریپل و پتاسیم خالص به مقدار ۷۸ کیلوگرم در هکتار از منبع سولفات پتاسیم در زمان کاشت به مزرعه اضافه شد. احداث خزانه برای کشت نشایی در مهر ماه صورت گرفت. مقدار بذر برای کشت نشایی بر مبنای ۱/۸ کیلوگرم در هکتار محاسبه شد و کشت نشایی کلزا به‌صورت دستی و به روش ریشه لخت در مرحله چهار برگی انجام گرفت (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۸۷). مقدار بذر مصرفی در کاشت مستقیم شش کیلوگرم در هکتار بود (ربیعی و مدرسی، ۱۴۰۰). کاشت بذر در اوایل آبان و هم‌زمان با کشت نشایی به‌صورت دستی با تراکم ۶۰ بوته در مترمربع انجام شد.

جدول ۱: ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	پتاسیم قابل استفاده (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	فسفر قابل استفاده (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	نیتروژن کل (درصد)	کربن آلی (درصد)	اسیدیته	بافت
۰/۹۷	۱۵۵	۱۹/۶	۰/۱۴۶	۱/۳۶	۷/۴۱	رسی- سیلتی

برای تعیین صفات مرتبط با انتقال مجدد ماده خشک و فتوسنتز جاری، در مراحل ۵۰ درصد گل‌دهی و رسیدگی فیزیولوژیک تعداد ده بوته از هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب شد. برای اندازه‌گیری میزان ماده خشک در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی، اندام‌های هوایی و در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، اندام‌های هوایی به استثنای بذر به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشکانده و سپس با ترازو توزین شدند. میزان انتقال مجدد ماده خشک و فتوسنتز جاری بر اساس رابطه‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ محاسبه شدند (مجدم و همکاران، ۱۳۸۸؛ Ma *et al.*, 2015; Liu *et al.*, 2020).

رابطه ۱: میزان ماده خشک در مرحله رسیدگی به استثنای بذر - میزان ماده خشک در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی = میزان انتقال مجدد ماده خشک (گرم در مترمربع)

رابطه ۲: $\text{کارایی انتقال مجدد ماده خشک (درصد)} = \frac{\text{انتقال مجدد ماده خشک}}{\text{میزان ماده خشک در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی}} \times ۱۰۰$

رابطه ۳: $\text{سهم انتقال مجدد ماده خشک (درصد)} = \frac{\text{انتقال مجدد ماده خشک}}{\text{عملکرد دانه}} \times ۱۰۰$

رابطه ۴: انتقال مجدد ماده خشک - عملکرد دانه = میزان فتوسنتز جاری (گرم در مترمربع)

رابطه ۵: $\text{کارایی فتوسنتز جاری (گرم بر گرم)} = \frac{\text{میزان فتوسنتز جاری}}{\text{میزان ماده خشک در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی}} \times ۱۰۰$

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

رابطه ۶: سهم انتقال مجدد ماده خشک - ۱۰۰ = سهم فتوسنتز جاری (درصد)

محاسبه عملکرد دانه در مرحله رسیدگی و پس از حذف اثرات حاشیه‌ای (دو ردیف کناری و نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت) بر اساس رطوبت دوازده درصد انجام گرفت. با توجه به یکنواختی واریانس خطای آزمایشی برای تمامی صفات تجزیه مرکب به‌عمل آمد. تجزیه مرکب با فرض تصادفی‌بودن سال و ثابت‌بودن تیمارهای آزمایشی برای صفات مورد نظر صورت گرفت. تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

میزان انتقال مجدد ماده خشک

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر اصلی سال، روش کاشت، مقدار نیتروژن و برهمکنش روش کاشت در مقدار نیتروژن بر میزان انتقال مجدد ماده خشک معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین نشان داد که سال دوم آزمایش با میانگین ۵۸۳/۹۶ گرم در مترمربع نسبت به سال اول با میانگین ۵۵۲/۳۴ گرم در مترمربع، از انتقال مجدد ماده خشک بیشتری برخوردار بود. بین روش‌های کشت، کشت نشایی با میانگین ۶۰۱/۳۹ گرم در مترمربع نسبت به کشت مستقیم با میانگین ۵۳۴/۹۱ گرم در مترمربع، از برتری معنی‌داری برخوردار بود. با توجه به این‌که هرچه تجمع ماده خشک در مرحله قبل از گل‌دهی بیشتر باشد، انتقال مجدد ماده خشک به دانه افزایش می‌یابد، از این‌رو، بیشتر بودن انتقال مجدد ماده خشک در کشت نشایی نسبت به کشت مستقیم قابل پیش‌بینی بود. بین مقادیر نیتروژن نیز، بیش‌ترین میزان انتقال مجدد ماده خشک در تیمار ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با میانگین ۶۴۸/۱۱ گرم در مترمربع به‌دست آمد، هرچند با تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد با مصرف نیتروژن، مواد مورد نیاز مقصد از طریق افزایش فعالیت فتوسنتزی برگ‌های باقی‌مانده، همراه با انتقال مجدد ماده خشک از برگ‌ها به دانه‌ها فراهم می‌شود. گزارش شده است که بیشتر بودن ماده خشک و مقدار نیتروژن در اندام‌های گیاه تا مرحله گرده‌افشانی، باعث افزایش انتقال مجدد ماده خشک و نیتروژن به دانه‌ها می‌گردد (علوی‌فاضل، ۱۳۹۴؛ Momoh *et al.*, 2004). نتایج مقایسه میانگین برهمکنش روش کشت در مقدار نیتروژن نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین میزان انتقال مجدد ماده خشک به‌ترتیب در ترکیبات تیماری کشت مستقیم با عدم مصرف نیتروژن (۳۴۴/۴۴ گرم در مترمربع) و کشت نشایی با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (۶۸۵/۸۱ گرم در مترمربع) حاصل شد (جدول ۴).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

جدول ۲: نتایج تجزیه واریانس مرکب اثر خاک‌ورزی، روش کاشت و مقدار نیتروژن بر صفات مورد مطالعه کلزا طی دو سال زراعی ۹۷-۱۳۹۵

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		میزان انتقال مجدد ماده خشک	کارایی انتقال مجدد	عملکرد دانه	سهم انتقال مجدد	میزان فتوسنتز جاری	کارایی فتوسنتز جاری	سهم فتوسنتز جاری
سال	۱	۳۵۹۹۸/۷۴*	۳/۹۲^{ns}	۳۱۳۲۳۱۰/۰**	۶۲/۴۱*	۲۴۹۶۷۱۶/۰**	۰/۸۴**	۶۲/۴۱*
سال× تکرار	۲	۳۳۲۲۷/۶۵	۹۵/۱۱	۴۱۲۵۲ /۷	۶۱/۸۸	۷۰۶۲۶/۶	۰/۲۹	۶۱/۸۸
روش خاک‌ورزی	۲	۴۷۵۸/۱۱^{ns}	۱۲۹/۶۴*	۲۴۲۵۵۱۵/۴**	۱۳۱/۰۵**	۲۵۳۹۵۰۴/۷**	۰/۹۳**	۱۳۱/۰۵**
خطای کرت اصلی	۴	۱۵۰۱۹/۴۳	۴۰/۴۰	۹۲۷۳۸/۲	۲۳/۰۹	۱۶۵۴۷۳/۰	۰/۲۱	۲۳/۰۷
روش کشت	۱	۱۵۹۰۹۴/۶۲**	۲۵۰/۶۲**	۲۹۰۷۰۰/۷*	۱۹۰/۹۵**	۱۹۶۸۴/۱^{ns}	۰/۸۶**	۱۹۰/۹۵**
میزان نیتروژن	۳	۶۳۹۶۹۳/۴۶**	۱۵۳/۰۵**	۵۳۰۹۴۰۵۸/۷**	۷۳۱/۵۷**	۴۲۲۷۱۰۴۸/۸**	۸/۹۶**	۷۳۱/۵۷**
خاک‌ورزی×روش کشت	۲	۱۰۶۶۵/۰۸^{ns}	۱۲/۱۰^{ns}	۱۹۲۲۵۱/۴*	۵/۳۳^{ns}	۱۶۷۸۸۲/۰^{ns}	۰/۰۷^{ns}	۵/۳۳^{ns}
خاک‌ورزی× نیتروژن	۶	۲۱۸۶/۴۳^{ns}	۲۹/۴۹^{ns}	۱۵۵۹۰۳/۷*	۱۱/۵۴^{ns}	۱۸۲۲۹۲/۸*	۰/۰۶^{ns}	۱۱/۵۴^{ns}
روش کشت× نیتروژن	۳	۳۳۸۱۳/۳۵**	۹۷/۸۶*	۲۰۸۸۵۸/۸*	۷۶/۷۰**	۳۵۵۵۴۸/۳**	۰/۴۲**	۷۶/۷۰**
خاک‌ورزی×روش کشت× نیتروژن	۶	۱۲۲۲۵/۲۱^{ns}	۴۰/۷۷^{ns}	۲۵۷۱۷/۴ ^{ns}	۱۲/۱۲^{ns}	۱۹۱۱۷/۸^{ns}	۰/۰۴^{ns}	۱۲/۱۲^{ns}
سال×خاک‌ورزی	۲	۸۶۵۴/۳۰^{ns}	۴۱/۱۳^{ns}	۳۲۴۹۱/۴^{ns}	۱۱/۳۰^{ns}	۳۹۷۰۵/۸^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۱۱/۳۰^{ns}
سال×روش کشت	۱	۳۱۰۲/۴۹^{ns}	۰/۳۶^{ns}	۳۵۷۸۴/۱^{ns}	۰/۵۸^{ns}	۱۷۸۱۳/۴^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۰/۵۸^{ns}
سال× نیتروژن	۳	۱۲۶۳۸/۹۷^{ns}	۱۰۲/۶۱*	۳۰۰۰۹۷/۲*	۳۵/۰۰^{ns}	۲۷۵۲۴۶/۲**	۰/۱۴*	۳۵/۰۰^{ns}
سال×خاک‌ورزی×روش کشت	۲	۹۰۶۳/۵۴۱^{ns}	۳۵/۰۰^{ns}	۴۸۰۸/۴^{ns}	۶/۲۱^{ns}	۸۷۳/۰^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۶/۲۱^{ns}
سال×خاک‌ورزی× نیتروژن	۶	۴۰۶۶/۶۳^{ns}	۲۲/۷۳^{ns}	۱۵۴۲۲/۴^{ns}	۸/۲۷^{ns}	۱۱۴۷۵/۰^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۸/۲۷^{ns}
سال×روش کشت× نیتروژن	۳	۹۱۲۵/۸۴^{ns}	۳۴/۹۳^{ns}	۴۴۲۸۱/۶^{ns}	۳/۶۴^{ns}	۱۳۹۱۴/۹^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۳/۶۴^{ns}
سال×خاک‌ورزی×روش کشت×نیتروژن	۶	۳۳۹۴/۰۵^{ns}	۹/۴۲^{ns}	۸۶۲۶/۴^{ns}	۴/۳۹^{ns}	۱۰۷۲۶/۴^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۴/۳۹^{ns}
خطا	۸۸	۵۶۱۱/۹۶	۲۸/۴۳	۵۴۳۴۳/۷	۱۴/۷۹	۶۱۹۳۱/۹	۰/۰۵	۱۴/۷۹
ضریب تغییرات (٪)	-	۱۳/۱۹	۱۱/۳۸	۷/۲۸	۱۹/۹۸	۹/۴۵	۱۰/۵۷	۴/۷۶

ns غیر معنی‌دار و * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

جدول ۳: مقایسه میانگین اثرهای اصلی خاک‌ورزی، روش کشت و مقدار نیتروژن بر صفات مورد مطالعه کلزا طی دو سال زراعی ۹۷-۱۳۹۵

تیمار	میزان انتقال مجدد (گرم در مترمربع)	کارایی انتقال مجدد (درصد)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	سهم انتقال مجدد (درصد)	میزان فتوسنتز جاری (گرم در مترمربع)	کارایی فتوسنتز جاری (گرم در گرم)	سهم فتوسنتز جاری (درصد)
سال							
۹۶-۱۳۹۵	۵۵۲/۳۴b	۴۶/۶۷a	۳۰۵۳/۷b	۱۹/۹۱a	۲۵۰۱/۳۳b	۲/۰۲b	۸۰/۰۹b
۹۷-۱۳۹۶	۵۸۳/۹۶a	۴۷/۰۰a	۳۳۴۸/۶a	۱۸/۵۹b	۲۷۶۴/۶۸a	۲/۱۷a	۸۱/۴۱a
خاک‌ورزی							
بدون خاک‌ورزی	۵۷۲/۷۶a	۴۸/۵۷a	۲۹۴۳/۵b	۲۱/۰۵a	۲۳۷۰/۷۰b	۱/۹۴b	۷۸/۹۵b
کم خاک‌ورزی	۵۷۴/۹۶a	۴۶/۶۵ab	۳۳۰۳/۰a	۱۸/۹۱ab	۲۷۲۸/۰۸a	۲/۱۴ab	۸۱/۰۹ab
خاک‌ورزی متداول	۵۵۶/۷۲a	۴۵/۳۰b	۳۳۵۷/۰a	۱۷/۸۰b	۲۸۰۰/۲۴a	۲/۲۱a	۸۲/۲۰a
روش کشت							
کشت مستقیم	۵۳۴/۹۱b	۴۵/۵۲b	۳۱۵۶/۲b	۱۸/۱۰b	۲۶۲۱/۳۱a	۲/۱۸a	۸۱/۹۰a
کشت نشایی	۶۰۱/۳۹a	۴۸/۱۶a	۳۲۴۶/۱a	۲۰/۴۰a	۲۶۴۴/۷۰a	۲/۰۲b	۷۹/۶۰b
میزان نیتروژن							
۰	۳۷۰/۱۰c	۴۵/۶۱b	۱۴۷۲/۰c	۲۵/۶۵a	۱۱۰۱/۹۰c	۱/۳۷c	۷۴/۳۵c
۱۰۰	۶۰۸/۲۳b	۴۹/۷۹a	۳۲۳۹/۸b	۱۹/۱۹b	۲۶۳۱/۶۱b	۲/۱۷b	۸۰/۸۱b
۲۰۰	۶۴۶/۱۶a	۴۶/۶۸b	۴۰۰۰/۶a	۱۶/۲۶c	۳۳۵۴/۴۶a	۲/۴۳a	۸۳/۷۵a
۳۰۰	۶۴۸/۱۱a	۴۵/۲۶b	۴۰۹۲/۲a	۱۵/۹۲c	۳۴۴۴/۰۶a	۲/۴۲a	۸۴/۰۸a

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

جدول ۴: مقایسه میانگین اثر برهمکنش شیوه کشت در مقدار نیتروژن بر صفات مورد مطالعه کلزا طی دو سال زراعی ۹۷-۱۳۹۵

روش کشت × میزان نیتروژن	میزان انتقال مجدد (گرم در مترمربع)	کارایی انتقال مجدد (درصد)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	سهم انتقال مجدد (درصد)	میزان فتوسنتز جاری (گرم در مترمربع)	کارایی فتوسنتز جاری (گرم در گرم)	سهم فتوسنتز جاری (درصد)
کشت مستقیم × ۰	۳۴۴/۴e	۴۳/۸c	۱۴۹۳/۲d	۲۳/۴b	۱۱۴۹/۴e	۱/۴۷c	۷۶/۶b
کشت مستقیم × ۱۰۰	۵۳۱/۲c	۴۶/۵bc	۳۲۴۹/۳c	۱۶/۶c	۲۷۱۹/۳c	۲/۳۹a	۸۳/۴a
کشت مستقیم × ۲۰۰	۶۲۴/۷c	۴۶/۰bc	۳۹۳۲/۸b	۱۶/۰c	۳۳۰۸/۷b	۲/۴۶a	۸۴/۱a
کشت مستقیم × ۳۰۰	۶۴۱/۵ab	۴۵/۸bc	۳۹۴۹/۶b	۱۶/۳c	۳۳۰۹/۱b	۲/۳۸a	۸۳/۷a
کشت نشایی × ۰	۳۹۶/۱d	۴۷/۵b	۱۴۵۰/۸d	۲۷/۹a	۱۰۵۵/۴e	۱/۲۷d	۷۲/۱c
کشت نشایی × ۱۰۰	۶۸۶/۴a	۵۳/۱a	۳۲۳۰/۳c	۲۱/۸b	۲۵۴۵/۲d	۱/۹۶b	۷۸/۳b
کشت نشایی × ۲۰۰	۶۶۹/۵ab	۴۷/۳b	۴۰۶۸/۴b	۱۶/۵c	۳۳۹۹/۸b	۲/۴۱a	۸۳/۵a
کشت نشایی × ۳۰۰	۶۵۵/۸ab	۴۴/۷bc	۴۲۳۸/۴a	۱۵/۵c	۳۵۷۹/۵a	۲/۴۵a	۸۴/۵a

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

کارایی انتقال مجدد ماده خشک

نتایج تجزیه واریانس مرکب برای کارایی انتقال مجدد ماده خشک نشان داد که اثر اصلی خاک‌ورزی، روش کشت و مقدار نیتروژن و برهمکنش روش کشت در نیتروژن، معنی‌دار بود (جدول ۲). بین روش‌های خاک‌ورزی، بدون خاک‌ورزی و کم خاک‌ورزی به‌ترتیب با میانگین ۴۸/۵۷ و ۴۶/۶۵ درصد بیش‌ترین کارایی انتقال مجدد ماده خشک را دارا بودند و به‌طور مشترک در یک گروه آماری قرار داشتند. کشت نشایی با میانگین ۴۸/۱۶ درصد نسبت به کشت مستقیم با میانگین

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

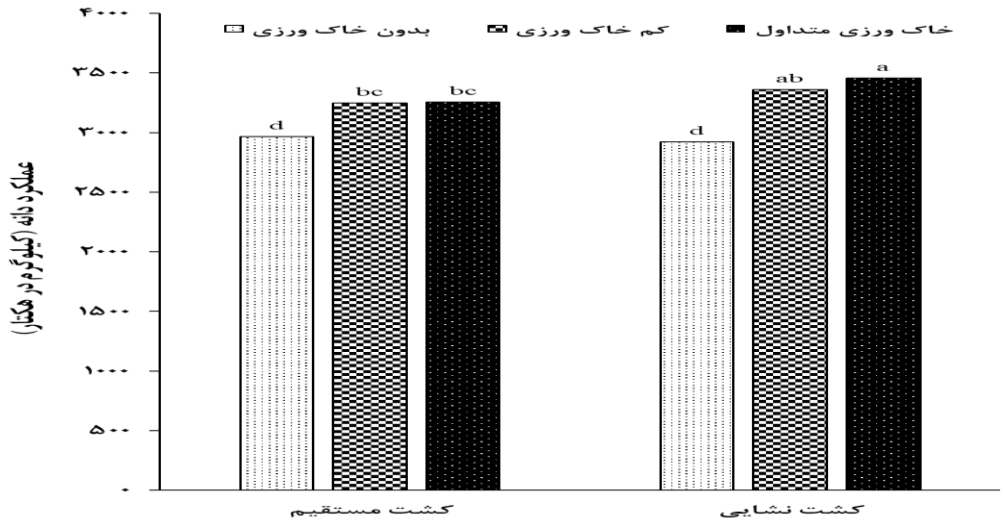
۴۵/۵۲ درصد، از کارایی انتقال مجدد بیشتری برخوردار بود. بین مقادیر نیتروژن نیز، تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، با میانگین ۴۹/۷۹ درصد بیش‌ترین کارایی انتقال مجدد ماده خشک را به خود اختصاص داد (جدول ۳). دلیل این امر را می‌توان به کمتر بودن میزان ماده خشک در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نسبت به تیمارهای ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نسبت داد. دانشور و همکاران (۱۳۸۷) میزان کارایی انتقال مجدد ماده خشک به دانه در کلزا را بین ۳۷ تا ۴۱ درصد گزارش کردند. نتایج مقایسه میانگین برهمکنش روش کاشت در مقادیر نیتروژن بیانگر آن است که ترکیب تیماری کشت مستقیم به همراه عدم مصرف نیتروژن با میانگین ۴۳/۷۵ درصد، کم‌ترین و کشت نشایی با ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با میانگین ۵۳/۱۰ درصد، بیش‌ترین کارایی انتقال مجدد ماده خشک را به خود اختصاص دادند (جدول ۴).

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که بین اثر اصلی سال، خاک‌ورزی، روش کشت، مقدار نیتروژن و برهمکنش خاک‌ورزی در روش کشت، خاک‌ورزی در مقدار نیتروژن، روش کشت در مقدار نیتروژن از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی داری وجود داشت (جدول ۲). بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها، سال دوم آزمایش (۳۳۴۸/۶ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با سال اول (۳۰۵۷/۳ کیلوگرم در هکتار) از عملکرد دانه بیشتری برخوردار بود، که علت این امر را می‌توان به شرایط مساعد آب و هوایی در سال دوم به‌سبب دمای بالاتر و بارندگی کمتر به‌ویژه در ماه‌های ابتدایی دوره رشد نسبت داد. برهمکنش روش کاشت در مقدار نیتروژن نشان داد که در کشت نشایی با افزایش سطوح نیتروژن، عملکرد کلزا افزایش یافت، به‌گونه‌ای که مقدار ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با میانگین ۴۲۳۵ کیلوگرم در هکتار بیش‌ترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد (جدول ۴). نتایج مطالعه Wang و Li (۲۰۱۱) در بررسی اثر مقادیر نیتروژن بر عملکرد کلزا در دو روش کشت نشایی و مستقیم در چین نشان داد که عملکرد دانه در کشت نشایی با افزایش مقدار نیتروژن تا ۲۷۰ کیلوگرم در هکتار و در کشت مستقیم تا ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار، افزایش یافت. کیهانیان و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی اثر میزان بذر و سطوح نیتروژن بر خوصیات کمی و کیفی کلزا در کشت دوم بعد از برنج گزارش کردند که با افزایش مصرف نیتروژن عملکرد دانه افزایش یافت، به‌طوری‌که بیش‌ترین عملکرد دانه با مصرف ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد. مقایسه میانگین برهمکنش خاک‌ورزی در روش کشت نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه در ترکیب تیماری خاک‌ورزی متداول در کشت نشایی با میانگین ۳۴۵۸ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (شکل ۱). عملیات خاک‌ورزی با ایجاد تغییر در ساختمان خاک، شکستن لایه‌های خاک و سست نمودن آن باعث کاهش مقاومت خاک می‌شود و در نتیجه گیاهچه‌های کلزا در روش کشت نشایی به‌دلیل بهبود شرایط فیزیکی خاک، استقرار و توسعه بهتر ریشه و در نتیجه جذب بیشتر عناصر

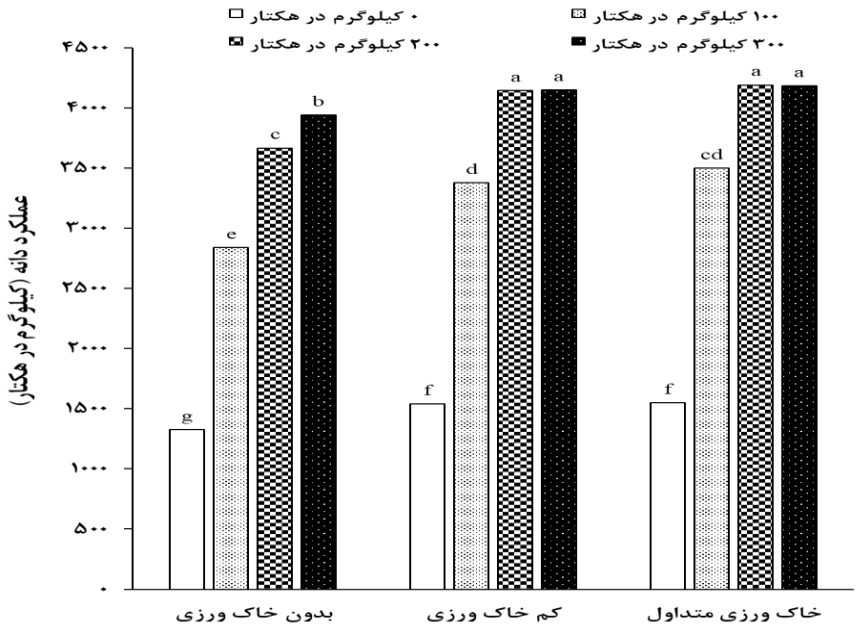
[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

غذایی، از عملکرد مناسب‌تری برخوردار بودند. بر اساس نتایج برهمکنش خاک‌ورزی در مقدار نیتروژن، در تیمارهای خاک-ورزی متداول و کم خاک‌ورزی بین سطوح ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. در حالی‌که عملکرد دانه کلزا در سیستم بدون خاک‌ورزی با افزایش سطوح نیتروژن، به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (شکل ۲).



شکل ۱: اثر برهمکنش روش خاک‌ورزی در شیوه کشت بر عملکرد دانه کلزا طی دو سال زراعی ۹۷-۱۳۹۵

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.



شکل ۲: اثر برهمکنش روش خاک‌ورزی در مقدار نیتروژن بر عملکرد دانه کلزا طی دو سال زراعی ۹۷-۱۳۹۵

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

سهم انتقال مجدد ماده خشک

سهم انتقال مجدد ماده خشک تحت اثر اصلی سال، خاک‌ورزی، روش کشت، مقدار نیتروژن و برهمکنش روش کشت

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

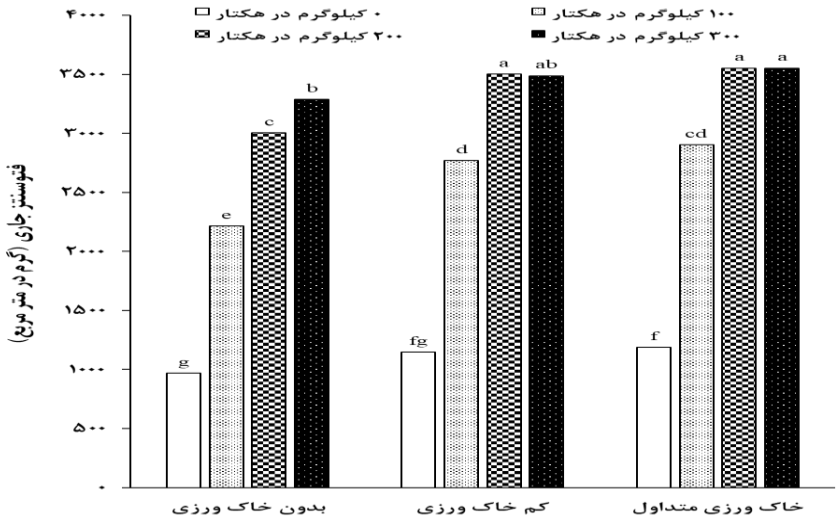
در مقدار نیتروژن قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین نشان داد که سال اول آزمایش با میانگین ۱۹/۹۱ درصد نسبت به سال دوم با میانگین ۱۸/۵۹درصد، از سهم انتقال مجدد بیشتری برخوردار بود. بین روش‌های خاک‌ورزی، تیمار بدون خاک‌ورزی با میانگین ۲۱/۰۵ درصد، بیش‌ترین سهم انتقال مجدد ماده خشک را به خود اختصاص داد، هرچند با تیمار کم خاک‌ورزی با میانگین ۱۸/۹۱ درصد تفاوت معنی‌داری نداشت. کشت نشایی با میانگین ۲۰/۴۰ درصد نسبت به کشت مستقیم با میانگین ۱۸/۱۰ درصد، از سهم انتقال مجدد بیشتری برخوردار بود. بین مقادیر نیتروژن نیز، تیمار بدون مصرف نیتروژن با میانگین ۲۵/۶۵ درصد، بیش‌ترین سهم انتقال مجدد ماده خشک را دارا بود (جدول ۳). علت افزایش سهم انتقال مجدد در تیمار شاهد را می‌توان به کاهش رشد گیاه، کاهش سطوح فتوسنتزی و اجزای عملکرد و در نتیجه کاهش بسیار چشمگیر عملکرد دانه (مخرج کسر) در مقایسه با انتقال مجدد ماده خشک (صورت کسر) نسبت داد. به‌طور کلی، می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که با افزایش مقدار نیتروژن، سهم فتوسنتز جاری در عملکرد دانه افزایش و سهم انتقال مجدد کاهش یافت (سید شریفی و حیدری سیاه خلکی، ۱۳۹۴). یافته‌های این پژوهش با نتایج Moradi و همکاران (۲۰۲۲) مطابق دارد. نتایج مقایسه میانگین برهمکنش روش کشت در مقادیر نیتروژن بیانگر آن است که ترکیب تیماری کشت نشایی به همراه عدم مصرف نیتروژن با میانگین ۲۷/۸۵ درصد، بیش‌ترین سهم انتقال مجدد ماده خشک را به خود اختصاص داد (جدول ۴).

میزان فتوسنتز جاری

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر اصلی سال، خاک‌ورزی، مقدار نیتروژن و برهمکنش خاک‌ورزی در نیتروژن و روش کشت در نیتروژن، از نظر میزان فتوسنتز جاری معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که سال دوم آزمایش با میانگین ۲۷۶۴/۶۸ گرم بر مترمربع نسبت به سال اول آزمایش با میانگین ۲۵۰۱/۲۳ گرم بر مترمربع، از میزان فتوسنتز جاری بیشتری برخوردار بود. شرایط آب و هوایی مساعد در سال دوم و بهره‌گیری بیشتر گیاه از عوامل در طول فصل رشد، موجب افزایش میزان فتوسنتز جاری شد. بین روش‌های خاک‌ورزی، خاک‌ورزی متداول و کم خاک‌ورزی بیش‌ترین میزان فتوسنتز جاری را دارا بودند و به‌طور مشترک در یک گروه آماری قرار داشتند. در بین مقادیر نیتروژن نیز، سطوح ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیش‌ترین میزان فتوسنتز جاری را به خود اختصاص دادند و تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند (جدول ۳). گزارش شده است که افزایش مصرف کود نیتروژن باعث افزایش بخش‌های سبزینه‌ای گیاه، دوام بیشتر آن‌ها و در نتیجه افزایش فتوسنتز جاری می‌شود (طوسی و همکاران ۱۳۹۴؛ نجفی و همکاران، ۱۳۹۸). نتایج مقایسه میانگین برهمکنش روش کشت در مقدار نیتروژن بیانگر آن است که ترکیبات تیماری کشت نشایی و مستقیم در تیمار بدون مصرف نیتروژن، کم‌ترین میزان فتوسنتز جاری را به‌خود اختصاص دادند و به‌طور مشترک در یک گروه آماری

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

قرار داشتند. از سوی دیگر، ترکیب تیماری کشت نشایی با ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با میانگین ۳۵۷۹/۵ گرم در مترمربع، بیش‌ترین میزان فتوسنتز جاری را به خود اختصاص داد (جدول ۴). برهمکنش خاک‌ورزی در مقدار نیتروژن نشان داد که ترکیبات تیماری کم خاک‌ورزی و خاک‌ورزی متداول در مقادیر ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، بیش‌ترین میزان فتوسنتز جاری را داشتند (شکل ۳).



شکل ۳: اثر برهمکنش روش خاک‌ورزی در مقدار نیتروژن بر میزان فتوسنتز جاری در کلزا طی دو سال زراعی ۹۷-۱۳۹۵

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

کارایی فتوسنتز جاری

نتایج تجزیه واریانس مرکب برای کارایی فتوسنتز جاری نشان داد که اثر اصلی سال، خاک‌ورزی، مقدار نیتروژن و برهمکنش روش کشت در نیتروژن، معنی‌دار بود (جدول ۲). سال دوم آزمایش با میانگین ۲/۱۷ گرم بر گرم نسبت به سال اول با میانگین ۲/۰۲ گرم بر گرم، از کارایی فتوسنتز جاری بیشتری برخوردار بود. دلیل این امر را می‌توان به افزایش میزان فتوسنتز جاری (صورت کسر) در سال دوم به سبب شرایط آب و هوایی مساعد و بهره‌گیری بیشتر گیاه از عوامل محیطی، نسبت داد. بین روش‌های خاک‌ورزی، خاک‌ورزی متداول و کم خاک‌ورزی از بیش‌ترین کارایی فتوسنتز جاری برخوردار بودند و به‌طور مشترک در یک گروه آماری قرار داشتند. کشت مستقیم نیز با میانگین ۲/۱۸ گرم بر گرم نسبت به کشت نشایی با میانگین ۲/۰۲ گرم بر گرم، از برتری معنی‌داری برخوردار بود. در بین مقادیر نیتروژن، تیمارهای ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، بیش‌ترین کارایی فتوسنتز جاری را داشتند (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین برهمکنش روش کاشت در مقدار نیتروژن نشان داد که ترکیبات تیماری کشت مستقیم با ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و کشت مستقیم بدون مصرف نیتروژن، به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین کارایی فتوسنتز جاری را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). افزایش

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

کارایی فتوسنتز جاری با افزایش سطوح نیتروژن می‌تواند به این دلیل باشد که مصرف بیشتر نیتروژن از طریق افزایش بخش سبزینه‌ای گیاه کلزا موجب افزایش فتوسنتز جاری شد، از این‌رو گیاه نیاز به استفاده از ذخایر خود نداشته و در نتیجه با کارایی بیشتری، فتوسنتز جاری داشت. کمبود نیتروژن باعث عدم توازن عناصر غذایی در گیاه، کاهش رشد رویشی، کوتاه شدن بوته‌ها، توسعه ضعیف کانوپی و در نتیجه کاهش کارایی فتوسنتز جاری می‌شود (Mu and Chen, 2021). در پژوهشی افزایش کارایی فتوسنتز جاری به‌دلیل افزایش مصرف نیتروژن، به عرضه بیشتر مواد پرورده جهت تولید دانه نسبت داده شد (قلی‌نژاد، ۱۳۹۳). در بررسی اثر مقادیر مختلف نیتروژن بر فتوسنتز جاری و انتقال مجدد ماده خشک دو رقم کلزا گزارش شد که کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار موجب افزایش عملکرد دانه و کارایی فتوسنتز جاری در کلزا شد (طوسی و همکاران، ۱۳۹۴).

سهم فتوسنتز جاری

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر اصلی سال، خاک‌ورزی، مقدار نیتروژن و برهمکنش روش کشت در نیتروژن بر سهم فتوسنتز جاری معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین نشان داد که سال دوم آزمایش با میانگین ۸۱/۴۱ درصد نسبت به سال اول با میانگین ۸۰/۰۹ درصد، از سهم فتوسنتز جاری بیشتری برخوردار بود. بین روش‌های خاک‌ورزی، بیش‌ترین سهم فتوسنتز جاری در تیماری (خاک‌ورزی متداول) به‌دست آمد که از کم‌ترین سهم انتقال مجدد ماده خشک برخوردار بود که می‌تواند بیانگر وجود همبستگی منفی بین سهم انتقال مجدد و سهم فتوسنتز جاری در کلزا باشد (کمائی و همکاران، ۱۳۹۹). در بین روش‌های کشت نیز، کشت مستقیم با میانگین ۸۱/۹ درصد نسبت به کشت نشایی با میانگین ۷۹/۶ درصد، از سهم فتوسنتز جاری بیشتری برخوردار بود. به عبارتی دیگر، در کشت مستقیم سهم فتوسنز جاری در عملکرد دانه بیشتر از سهم انتقال مجدد بود. نتایج همچنین نشان داد که با افزایش مقدار نیتروژن، سهم فتوسنتز جاری در عملکرد دانه افزایش و سهم انتقال مجدد کاهش یافت. بر این اساس، تیمار شاهد (عدم مصرف نیتروژن) با میانگین ۷۴/۳۵ درصد کم‌ترین و تیمارهای ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌ترتیب با میانگین‌های ۸۳/۷۵ و ۸۴/۰۸ درصد به‌طور مشترک بیش‌ترین سهم فتوسنتز جاری را دارا بودند (جدول ۳). طوسی و همکاران (۱۳۹۴) گزارش کردند که افزایش سطوح نیتروژن موجب افزایش سهم فتوسنتز جاری در کلزا شد، به‌طوری‌که سهم فتوسنتز جاری در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف نیتروژن)، ۲۶ درصد افزایش یافت. در آزمایشی گزارش شد که با افزایش مصرف نیتروژن، سهم انتقال مجدد در عملکرد گیاه آفتابگردان کاهش یافت و در مقابل سهم فتوسنتز جاری افزایش پیدا کرد. دلیل افزایش سهم فتوسنتز جاری به تولید زیست توده بیشتر و در نتیجه فتوسنتز جاری بیشتر نسبت داده شد (قلی‌نژاد، ۱۳۹۳). نتایج مقایسه میانگین برهمکنش روش کاشت در مقادیر نیتروژن بیانگر آن است

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

که ترکیب تیماری کشت نشایی با ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و کشت نشایی همراه با عدم مصرف نیتروژن، به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین سهم فتوسنتز جاری را به خود اختصاص دادند (جدول ۴).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که شرایط آب و هوایی مساعد و بهره‌گیری بیشتر گیاه کلزا از عوامل محیطی به‌ویژه دما و بارندگی‌های مناسب در سال دوم آزمایش، باعث افزایش انتقال مجدد ماده خشک، میزان فتوسنتز جاری و عملکرد دانه نسبت به سال اول شد. بین روش‌های خاک‌ورزی، خاک‌ورزی متداول و کم خاک‌ورزی از بیش‌ترین میزان انتقال مجدد ماده خشک و فتوسنتز جاری برخوردار بودند. کشت نشایی نسبت به کشت مستقیم از نظر انتقال مجدد و میزان فتوسنتز جاری دارای برتری بود. با افزایش مقدار نیتروژن، سهم فتوسنتز جاری در عملکرد دانه افزایش و سهم انتقال مجدد کاهش یافت. با مصرف ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، میزان انتقال مجدد ماده خشک، میزان و کارایی فتوسنتز جاری و عملکرد دانه افزایش یافت. با توجه به عدم تفاوت معنی‌دار بین این مقادیر، مقدار ۲۰۰ کیلوگرم به‌دلیل صرفه اقتصادی و جلوگیری از آلودگی‌های زیست‌محیطی قابل توصیه است. بر اساس نتایج این آزمایش به‌نظر می‌رسد که روش کم خاک‌ورزی در شیوه کشت نشایی با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار می‌تواند باعث افزایش انتقال مجدد ماده خشک، میزان فتوسنتز جاری و عملکرد دانه کلزا در شرایط شالیزاری شود.

منابع

جباری، ح.، خادم، س.، مظفری، ح. و صفوی‌فرد، ن. ۱۳۹۹. تأثیر محلول‌پاشی روی و زمان انتقال نشاء بر خصوصیات زراعی و فیزیولوژیک دو رقم کلزای بهاره. مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی. ۱۲(۴۲): ۵۲-۴۱.

جودی، م. اسماعیل‌پور، م. و مهری، ش. ۱۴۰۲. تجمع و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در گندم: جنبه‌های زراعی و مورفوفیزیولوژیکی. تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک. ۵(۲): ۳۸۲-۳۶۵.

حسین زاده، م.ه.، اصفهانی، م.، ربیعی، ب. و ربیعی، م. ۱۳۸۷. اثر فواصل ردیف کاشت بر درصد جذب تابش، عملکرد دانه و شاخص‌های رشد ارقام کلزا (*Brassica napus* L.) در کشت دوم بعد از برنج. مجله علوم زراعی ایران. ۳(۳۹): ۳۰۲-۲۸۱.

دانشور راد، ز.، اصفهانی، م.، پیمان، م.ح.، ربیعی، م. و سمیع‌زاده، ح. ۱۳۸۷. بررسی تأثیر روش‌های تهیه بستر بذر بر عملکرد اولیه، اجزای عملکرد و برخی از شاخص‌های رشد کلزا به‌صورت کشت دوم در اراضی شالیزاری. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۲(۴۶): ۲۸۱-۳۰۲.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

ربیعی، م.، علیزاده، م.ر. و رجبیان, م. ۱۳۹۰. اثر نظام‌های خاک‌ورزی و مدیریت بقایای برنج بر عملکرد دانه و اجزای آن در کلزا (*Brassica napus* L.) به‌عنوان کشت دوم در شالیزار. به‌زراعی نهال و بذر. ۲۷(۲): ۱۶۴-۱۴۷.

ربیعی، م. و مدرسی، م. ۱۴۰۰. زراعت کلزا به‌عنوان کشت دوم در شالیزار. انتشارات موسسه تحقیقات برنج کشور. ۱۱۴ صفحه.

سید شریفی، ر. و حیدری سیاه خلکی, م.ص. ۱۳۹۴. تأثیر کودهای بیولوژیک بر شاخص‌های رشدی و سهم فرایند انتقال مجدد ماده خشک در عملکرد دانه گندم. مجله پژوهش‌های گیاهی. ۲۸(۲): ۳۴۳-۳۲۶.

طوسی، پ.، اتابکی، آ. و پیرزاد، ع.ر. ۱۳۹۴. مصرف مقادیر مختلف نیتروژن بر فتوسنتز جاری و انتقال مجدد ماده خشک دو رقم کلزا (*Brassica napus* L.). نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. ۵(۱۷): ۱۰۸-۹۷.

علوی فاضل، م. ۱۳۹۴. ارزیابی میزان انتقال مجدد به دانه ژنوتیپ‌های گندم نان و دوروم در واکنش به مقادیر نیتروژن. مجله علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۷(۲۷): ۱۸-۵.

قلی‌نژاد، ا. ۱۳۹۳. تأثیر تنش کمبود آب، مقادیر مختلف نیتروژن و تراکم بوته بر انتقال مجدد، فتوسنتز جاری و عملکرد دانه در آفتابگردان. مجله تولید گیاهان روغنی. ۱(۱): ۶۳-۴۴.

کمائی، ح.، عیسوند، ح.ر.، دانشور، م. و نظریان، ف. ۱۳۹۹. اثر محلول‌پاشی روی و بور بر سهم انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در عملکرد دانه گندم نان تحت تنش گرمای انتهایی. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۱۳(۱): ۲۸۳-۲۷۳.

کیهانیان، ع.م.، مبصر، ح.ر.، سام دلیری، م.، بخشی‌پور، س. و محمدی، ص. ۱۳۹۱. اثر میزان مصرف بذر و سطوح مختلف کود نیتروژن بر خصوصیات کمی و کیفی کلزا در کشت دوم بعد از برنج در غرب مازندران. مجله علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۴(۱۵): ۴۳-۵۷.

مجدم، م.، نادری، ا.، نورمحمدی، ق.، سیادت، ع. و آینه‌بند، ا. ۱۳۸۸. تأثیر تنش کمبود آب و مدیریت نیتروژن بر عملکرد دانه، میزان انتقال مجدد ماده خشک و فتوسنتز جاری ذرت دانه ای در شرایط آب و هوایی خوزستان. فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱(۱): ۹۵-۸۶.

معتمد، م.ک.، قربانی پیرعلیدهی، ف. و رحیم‌نژاد بالاگفشه، ز. ۱۴۰۰. تحلیل عوامل مؤثر بر پذیرش کشت کلزا (کشت دوم) در شالیزارهای استان گیلان. علوم ترویج و آموزش کشاورزی ایران. ۱۷(۲): ۱۰-۱.

ناصری، ر.، میرزایی، ا. و عباسی، ا. ۱۴۰۰. بررسی انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ارقام مختلف جو تحت کاربرد منابع مختلف کودی در شرایط دیم. به زراعی کشاورزی. ۲۳(۴): ۷۹۴-۷۷۷.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

نجفی، ن.، سیدشریفی، ر، و خلیل‌زاده، ر. ۱۳۹۸. اثر نیتروژن و سایکوسل بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و عملکرد دانه برنج (*Oryza sativa* L.). مجله علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۱۱(۴۳): ۴۷-۶۷.

Amiri, Z., Asgharipour, M.R., Campbell, D.E. and Armin, M. 2019. A sustainability analysis of two rapeseed farming ecosystems in Khorramabad, Iran, based on emergy and economic analyses. Journal of Cleaner Production. 266: 1051-1066.

Dordas, C.A., Lithourgidis, A.S., Matis, A.S. and Bartayiannis, N. 2008. Application of liquid cattle manure and inorganic fertilizes affect dry matter nitrogen accumulation and partitioning in maize. Nutrient Cycling in Agroecosystems. 80: 283-266.

Imaz, M.J., Virto, I., Bescansa, P., Enrique, A., Fernandez, O. and Karlen, D.L. 2010. Soil quality indicator response to tillage and residue management on semi-arid Mediterranean cropland. Soil and Tillage Research. 107(1): 17-25.

Kuai, J., Li, X., Ji, J., Li, Z., Xie, Y., Wang, B. and Zhou, G. 2022. Response of leaf carbon metabolism and dry matter accumulation to density and row spacing in two rapeseed (*Brassica napus* L.) genotypes with differing plant architectures. The Crop Journal. 10(3): 680-691.

Luo, J., Li, Z., Mo, F., Liao, Y. and Liu, Y. 2021. Removal of superior wheat kernels promotes filling of inferior kernels by changing carbohydrate metabolism and sink strength. The Crop Journal. 9 (6): 1375-1385.

Liu, M., Wu, X., Li, C., Li, M., Xiong, T. and Tang, Y. 2020. Dry matter and nitrogen accumulation, partitioning, and translocation in synthetic-derived wheat cultivars under nitrogen deficiency at the post-jointing stage. Field Crops Research. 248: 107720.

Ma, B.L, and Herath, A.W. 2016. Timing and rates of nitrogen fertiliser application on seed yield, quality and nitrogen-use efficiency of canola. Crop Pasture Science. 67(2): 167-180.

Ma, N., Li, Y.C., Hu, Q., Li, J., Li, G.M. and Zhang, C.L. 2010. Research of agronomic techniques for mechanical production of winter rape (*Brassica napus* L.) in south China. Chinese Journal of Oil Crop Sciences. 32(3): 451-456.

Ma, S.C., Duan, A.W., Wang, R., Guan, Z.M., Yang, S.J., Ma, S.T. and Shao, Y. 2015. Root- sourced signal and photosynthetic traits, dry matter accumulation and remobilization, and yield stability in winter wheat as affected by regulated deficit irrigation. Agricultural Water Management. 148: 123-129.

Momoh, E.J., Song, W.J., Li, H.Z., and Zhou, W.J. 2004. Seed yield and quality responses of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) to plant density and nitrogen fertilization. The Indian Journal of Agricultural Sciences. 74: 420-424. Agricultural Water Management. 263: 107449.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

Moradi, L., Siosemardeh, A., Sohrabi, Y., Bahramnejad, B. and Hosseinpanahi, F. 2022. Dry matter remobilization and associated traits, grain yield stability, N utilization, and grain protein concentration in wheat cultivars under supplemental irrigation. Agricultural Water Management. 263: 107449.

Mu, X. and Chen, Y. 2021. The physiological response of photosynthesis to nitrogen deficiency. Plant Physiol Biochem. 158: 76-82.

Raman, H., Uppal, R.K. and Raman, R. 2019. Genetic solutions to improve resilience of canola to climate change. In: Kole, C. (Eds). Genomic designing of climate-smart oilseed crops. Springer International Publishing, Berlin, Germany, pp. 75-131.

Shen, J., Liu, Y., Wang, X., Bai, J., Lin, L., Luo, F. and Zhong, H. 2023. A Comprehensive Review of Health-Benefiting Components in Rapeseed Oil. Nutrients. 15(4): 999.

Sinaki, J.M., Majidi Heravan, E., Shirani Rad, A.H., Noormohamadi, G. and Zarei, G. 2007. The effects of water deficit during growth stages of canola (*Brassica napus* L.). Journal of Agricultural Sciences. 2: 417-422.

Wang, Y. and Li, X. 2011. Study on nitrogen fertilizer effect and optimum fertilizer rate for transplanting and direct seeding rapeseed. Scientia Agricultura Sinica. 44(21): 4406-4414.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

Investigation of dry matter remobilization and current photosynthesis of rapeseed (*Brassica napus* L.) under nitrogen levels, planting and tillage methods as a second crop after rice

M. Rabiee [1*] and S. Shaker Kouhi[2]

1 &2) Department of Agronomy and Plant Breeding, Rice Research Institute, Rasht, Iran.

[*]Corresponding author: rabiee_md@yahoo.co.uk

This article is taken from a research project.

Received date: 2023.04.29 **Accepted date: 2023.08.16**

Abstract

In order to investigate the effects of nitrogen levels, planting and tillage methods on the dry matter remobilization and current photosynthesis in rapeseed (*Brassica napus* L.) in paddy field conditions, a split factorial experiment in complete randomized block design was conducted with three replications at research fields of Rice Research Institute of Iran in Rasht during two cropping seasons of 2016-2018. In this experiment, three tillage systems (conventional tillage, minimum tillage and no-tillage) were considered as main plots and two planting methods (direct and transplanting) and four rates of nitrogen (N) fertilizer from urea source (0, 100, 200 and 300 kg.ha^{-1}) as factorial arrangement in subplots. The results showed that the second year of the experiment had the maximum dry matter remobilization (583.96 g.m^{-2}), current photosynthesis (2764.68 g.m^{-2}) and grain yield (3348.6 Kg.ha^{-1}). The dry matter remobilization, remobilization efficiency, share of remobilization and grain yield for the transplanting method was higher than the direct seeding method. Among the N levels, the treatments of 200 and 300 kg.ha^{-1} had the highest dry matter remobilization, current photosynthesis and grain yield. Based on the results of this experiment, minimum tillage system with 200 kg.ha^{-1} of N in transplanting method can increase dry matter remobilization, current photosynthesis and grain yield of rapeseed in paddy fields of Guilan province.

Key words: No-tillage, Rice, Direct seeding, Transplanting and Minimum tillage.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]