علوم محیطی ۶ ، زمستان ۱۳۸۳
ENVIRONMENTAL SCIENCES 6 , Winter 2005
۱۵-۲۸

مقایسه جذب نیتروژن، کارایی مصرف کود و تلفات نیتروژن در سیستم کوددهی آلی، تلفیقی و متداول در کلزای پاییزه (*Brassica napus* L.)

حسین صباحی
دانشجوی دکترای کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
امیر قلاوند
دکترای کشاورزی، دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

کود دامی منبع با ارزشی جهت تغذیه گیاهان زراعی است، ولی بالا بودن تلفات نیتروژن و پایین بودن کارایی مصرف آن یک چالش جدی در برابر این کودها می‌باشد. به نظر می‌رسد شرایط بارندگی منطقه و نسبت C/N کود دامی مهمترین عامل تاثیر گذار بر این پدیده باشد. با توجه به اهمیت زیست‌محیطی این مسئله این آزمایش دو ساله در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. گیاه مورد کشت رقم پائیزه کلزا بود. تیمارهای کودی شامل: ۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ (مقدار بهینه کود) و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن از منبع اوره (F_0 تا F_4)، ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود دامی (MF_1)، ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود دامی (MF_2)، ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود دامی (MF_3)، ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود دامی (M) . تمام تیمارهای شیمیایی کود فسفر و پتاسیم به ترتیب به مقدار ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم بر هکتار دریافت کردند. نتایج نشان دادند بیشترین جذب نیتروژن در سال ۱۳۸۱و۱۳۸۲به ترتیب در سیستم‌های ۱۰۰ درصد و ۱۳۵درصد شیمیایی حاصل شد. در هر دو سال میزان جذب نیتروژن در سیستم‌های تلفیقی و آلی کمتر از سیستم شیمیایی بود، با این وجود عملکرد دانه در سال دوم در سیستم تلفیقی بیشتر از سیستم شیمیایی بود. این امر نشان می‌دهد با وجود کمتر بودن نیتروژن قابل دسترس در کودهای آلی، به دلیل همزمانی آزاد سازی نیتروژن این کودها با نیاز گیاه، عملکرد بهبود یافته است. میزان تلفات نیتروژن در تیمار ۱۰۰ درصد شیمیایی(F3)، ۱۰۰ درصد آلی (M)، MF_3 و MF_2 به ترتیب ۷۷، ۵۱، ۱۹ و ۸ کیلوگرم بر هکتار در طول دو سال بود که در مقایسه با سایر گزارش‌ها در حد متوسط است. با وجود کمتر بودن تلفات در سیستم تلفیقی، کارایی مصرف نیتروژن در این سیستم بالاتر از سیستم شیمیایی نبود. دلیل این امر باقی ماندن حدود ۵۰ درصد از بقایای نیتروژن کود دامی در خاک در پایان آزمایش بود.

کلیدواژه‌ها: تلفات نیتروژن، کارآیی مصرف نیتروژن، کود دامی، سیستم تلفیقی.

Comparison of nitrogen uptake, N use efficiency and N loss at organic,integrated and conventional fertilizer systems in canola *(Brassica napus L.)*

Hossein Sabahi M.Sc.
Ph.D. Student, Tarbiat-Modarres university
Amir Ghelavand Ph.D.
Associate Professor of Agronomy, Tarbiat-Modarres university

Abstract

Farmyard manure is valuable resource in crop nutrition but nitrogen loss and low N-use efficiency is a challenge against its application. It seems rainfall condition and C/N ratio of solid manure are the most important factors that affect N loss. In attention to environmental aspects of this subject, we conducted this experiment at randomized complete block design with three replicates at two years. Treatments includ Treatments include: Treatments conclude 0, 50,100, 150, 200 kg N ha^{-1} urea (F_0 To F_4), 150 kg N ha^{-1} urea + 50 kg N ha^{-1} manure (MF_1), 100 kg N ha^{-1} urea + 50 kg N ha^{-1} manure (MF_2), 50 kg N ha^{-1} urea + 100 kg N ha^{-1} manure (MF_3), 150 kg N ha^{-1} manure (M). Results shown most N uptake occur in F_3 and F_4 at 1381 and 1382 respectively. Nitrogen uptake in organic and integrated systems was lower than conventional system at two years but yield was reverse. This show in spite of lower release nitrogen in organic systems, but available N is more synchronize with plant demand. Quantity of N loss in F3, M, MF3 and MF2 was 77, 51, 19 and 8 kg/ha respectively in two years that in comparison of other experiments is intermediate. N-use efficiency in integrated systems was lower than conventional system because of remaining 50% of N residues in soil at end of experiment.

Keywords: N loss, N-use efficiency, manure, integrated fertilizer system.

مقدمه

اکثر تلفات نیتروژن در کودهای آلی و شیمیایی به صورت آبشویی نیترات به اعماق است. مقدار آبشویی نیترات بین ۲۵ تا ۹۰ کیلوگرم بر هکتار در سال گزارش شده است (باسو و ریچی، ۲۰۰۵؛ بروور و پاول، ۱۹۹۸؛ تامسن، ۲۰۰۵؛ نیامانگارا و *همکاران*، ۲۰۰۳). سهم تلفات نیتروژن به‌صورت انتشار اکسید نیتروز به اتمسفر اندک بوده وبین حداقل۰/۱ درصد (لی و *همکاران*، ۲۰۰۲؛ جینتینگ و *همکاران*، ۲۰۰۳) تا حداکثر ۱ درصد (خلیل و *همکاران*، ۲۰۰۲) از کل نیتروژن کاربردی گزارش شده است. در صورت مخلوط کردن کود با خاک بلافاصله بعداز کاربرد، انتشار نیتروژن به اتمسفر به‌صورت آمونیاک هم اندک خواهد بود (میسل بروک و *همکاران*، ۲۰۰۵).

تحقیقات نشان می‌دهد جایگزین کردن سیستم کوددهی ارگانیک به جای کوددهی شیمیایی، می‌تواند مشکل آبشویی نیتروژن را کاهش‌دهد (پودل و *همکاران*، 2001؛ پودل و *همکاران*، ۲۰۰۲؛ التون و *همکاران*، ۲۰۰۲؛ هانسن و *همکاران*، ۲۰۰۱؛ کلارک و *همکاران*، ۱۹۹۸). بررسی شرایط این آزمایش‌ها بیانگر این مطلب است که در صورتی کودهای آلی می‌توانند باعث کاهش تلفات نیتروژن شوند که کود دامی، گیاه تثبیت‌کننده نیتروژن و گیاه پوششی با هم به عنوان منبع کودی به کار روند (پودل و *همکاران*، ۲۰۰۱؛ التون و *همکاران*، ۲۰۰۲؛ کلارک و *همکاران*، ۱۹۹۸)، وگرنه به‌کار بردن کود دامی به عنوان تنها منبع تامین نیتروژن، ممکن است باعث تلفات بیشتر نیتروژن نسبت به کودهای شیمیایی شود (کیرشمن و برگستروم، ۲۰۰۱). به عنوان مثال، باسو و ریچی در تناوب یونجه- ذرت، میزان آبشویی نیترات از کود دامی تازه، کود دامی کمپوست شده، کود شیمیایی و تیمار عدم مصرف کود را به ترتیب ۵۵، ۳۵، ۳۳ و ۲۷ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار در سال تعیین کردند. تامسن (۲۰۰۵) هم اعلام کرد در سیستم کشت جو بهاره، وقتی کود دامی در پاییز و بهار به کار رود میزان آبشویی نیتروژن به ترتیب ۲۱ و ۱۳ درصد کل نیتروژن کاربردی در طول سه سال خواهد بود. برور و پاول (۱۹۹۸) هم میزان تلفات نیتروژن کود دامی درشرایط کشت ارزن دانه ای را بالا گزارش کرده‌اند (۹۰ کیلوگرم بر هکتار در سال). برگستروم و کیرشمن (۱۹۹۹) هم اعلام کردند که در شرایط اقلیمی سرد، غلظت نیترات در آب زهکش در تیمار کود مرغی بیشتر از کود شیمیایی بود. کیرشمن و برگستروم (۲۰۰۱) در یک مقایسه اجمالی دریافتند اگر هدف از زراعت ارگانیک، حفظ عملکرد در سطح کشاورزی متداول باشد با مصرف کود آلی نمی‌توان میزان آبشویی نیترات را کاهش داد. برخلاف این پژوهشگران، نیامانگارا و همکاران (۲۰۰۳) تحت شرایط کشت ذرت، میزان آبشویی نیتروژن را در دو سیستم کود دهی شیمیایی و دامی به ترتیب ۵۶ و ۲۷ کیلوگرم بر هکتار تعیین کردند. در همین آزمایش در سال خشک تر، میزان تلفات از هر دو کود یکسان بود. کامو کاندیوا و برگستروم (۱۹۹۴-۱۳) هم غلظت پایین تری از نیترات را درآب آبشویی در تیمار کود دامی نسبت به سیستم شیمیایی گزارش کردند. بررسی شرایط این آزمایشات نشان می‌دهد عواملی که باعث این چنین نتایج متفاوتی شده است عبارتند از: اختلاف شرایط اقلیم به خصوص میزان بارندگی و درجه حرارت، بافت خاک، سیستم تناوبی و نوع کود دامی. از بین این عوامل، میزان بارندگی بلافاصله بعد از کاربرد کود، میزان بارندگی در طول فصل زراعی و خارج فصل زراعی و درجه حرارت خاک در طول فصل رشد بیشترین تاثیر را دارند. هر چه بارندگی بیشتر در خارج فصل زراعی و بین کشت دو محصول حادث شود، تلفات از کود دامی بیشتر می‌شود. علاوه بر این، ریزش مقدار زیادی باران بلافاصله بعداز کاربرد کود هم آبشویی نیترات را افزایش می‌دهد. سرد بودن خاک در طول دوره آزمایش باعث کاهش معدنی شدن در طول فصل رشد و بالارفتن آن در خارج فصل زراعی شده و در نتیجه تلفات نیتروژن را افزایش می‌دهد.

بوشامپ (۱۹۸۶)، سامرفلت و مک کی (۱۹۸۷) و کیان و اسکوئنو (۲۰۰۲) به ساکن سازی خالص نیتروژن معدنی در اثر کاربرد کود دامی با C/N بالاتر از ۱۵ اشاره کردند. در این حالت به علت بالا بودن کربن آلی، فعالیت‌های میکروبی جهت تجزیه کود، سرعت گرفته و مقدار زیادی از نیتروژن معدنی مصرف می‌شود. همچنین در این کودها سرعت آزاد سازی نیتروژن کند ولی مداوم است. این امر باعث می‌شود در اوایل رشد که سرعت رشد گیاه و در نتیجه جذب نیتروژن کم است میزان نیترات موجود در خاک هم کم باشد؛ نتیجه این پدیده کاهش آبشویی نیترات به خصوص در کاربرد پائیزه کود خواهد بود. علاوه بر این رهاسازی مداوم نیتروژن از کود آلی باعث می‌شود جذب نیتروژن تداوم بیشتری نسبت به کود شیمیایی داشته باشد و در نتیجه هم‌زمانی بهتری بین سرعت جذب و میزان نیتروژن قابل دسترس وجود داشته باشد (کرامر و *همکاران*،۲۰۰۲). این پدیده باعث بالاتر رفتن کارایی فیزیولوژیکی نیتروژن می‌شود. بر عکس کارایی فیزیولوژیکی، اکثر پژوهشگران گزارش کرده‌اند که کارایی مصرف کود دامی کمتر از کود شیمیایی است دلیل این امر باقی ماندن حدود ۳۰ تا ۵۰ درصد از بقایای نیتروژن کودهای آلی در خاک است (مولکی و *همکاران*، ۲۰۰۴؛ اقبال و پاور، ۱۹۹۹؛ کرامر و *همکاران*، ۲۰۰۲ ؛ نیامانگارا و *همکاران*، ۲۰۰۳).

کمپوست کردن کود دامی باعث تولید یک محصول پایدار می‌شود که راحت‌تر می‌توان آن را ذخیره و در زمین پخش‌کرد. علاوه‌براین، بوی نامطبوع آن هم کم می‌شود. سایر مزایای کمپوست کردن کود دامی شامل از بین رفتن عوامل بیماری‌زا، از بین رفتن بذر علف‌های هرز و بهبود خصوصیات مربوط به حمل ونقل کود (ناشی از کاهش حجم و وزن کود) می‌باشد (اقبال و پاور،۱۹۹۹). معایب کمپوست کردن کود دامی شامل تلفات عناصر غذایی به خصوص نیتروژن، احتیاج به زمان، هزینه، وسایل و کارگر می‌باشد. اقبال و همکاران (۱۹۹۷) دریافتند که ۲۰ تا ۴۰ درصد کل نیتروژن کود دامی و ۴۶ تا ۶۲ درصد کربن کل با کمپوست کردن از دست می رود. تلفات پتاسیم و سدیم هم (بیش از ۶/۵ درصد از کل K و Na) معنی‌دار بود. همچنین گزارش‌ها نشان می‌دهد که عملکرد گیاهان زراعی در کود دامی کمپوست شده و کود تازه (لوئک و *همکاران*، ۲۰۰۴؛ اقبال و پاور، ۱۹۹۹) یکسان است همچنین اقبال و پاور (b۱۹۹۹) اختلافی بین بیوماس علف‌های هرز در دو نوع سیستم کودهی مشاهده نکردند. نظر به موارد ذکر شده، در این آزمایش کاربرد کود تازه بر کود کمپوست شده ترجیح داده شد.

با توجه به این موارد، هدف از این تحقیق بررسی کارایی مصرف کود و تلفات نیتروژن در سیستم کوددهی دامی، شیمیایی و تلفیقی در شرایط آب و هوایی مازندران و در یک گیاه با کارایی پایین جذب نیتروژن بود.

مواد و روش‌ها

خصوصیات محل آزمایش

آزمایش در ایستگاه تحقیقاتی امیرکلا واقع در پارک تحقیقاتی دانشگاه شهید بهشتی در زیرآب سوادکوه (با متوسط بارندگی سالانه ۷۰۰ میلی‌متر، متوسط حرارت ۱۵/۶ درجه سانتی‌گراد و ارتفاع ۱۲۰۰ متر از سطح دریا) انجام شد. کشت در ۱۵ آبان ماه ۱۳۸۱ و ۲۵ آبان ۱۳۸۲ انجام شد. میزان بارندگی در دو سال ذکر شده به‌ترتیب ۷۳۸ و ۷۱۲ میلی‌متر بود. در سال ۱۳۸۱، ۵۴۰ و در سال ۱۳۸۲، ۵۷۸ میلی متر از این بارندگی در طول فصل رشد کلزا نازل شد. از کل بارندگی فصل رشد در سال ۱۳۸۱ به ترتیب ۵۰ درصد، ۳۷ درصد و ۱۳ درصد در طول پائیز، زمستان و بهار حادث شد. در سال ۱۳۸۲ این مقادیر به ترتیب ۴۰ درصد، ۳۰ درصد و ۳۰ درصد بود.در سال ۱۳۸۱، متوسط درجه حرارت در طول فصل بهار، تابستان، پائیز و زمستان، به ترتیب ۱۷/۹، ۲۲/۳، ۱۴ و ۸/۴ درجه سانتی‌گراد بود. در سال ۱۳۸۲ این مقادیر به ۱۹/۸، ۲۵/۲، ۱۶/۲ و ۸/۱ درجه سانتی‌گراد تغییر پیدا کردند.

زمین مورد آزمایش به مدت ۵ سال آیش بوده، ولی قبل از آن زیر کشت ممتد برنج قرار داشته است. خاک حاوی به ترتیب ۴۴۰، ۲۲۰ و ۳۴۰ گرم بر کیلوگرم شن،سیلت و رس (لوم رسی) بود. سایر خصوصیات خاک در جدول شماره یک نشان داده شده است.

اجرای آزمایش

آزمایش به مدت دو سال و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای کودی شامل: F_0 تیمارهای کودی شامل: ۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ (مقدار بهینه کود) و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن از منبع اوره (F_0 تا F_4)، ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود دامی (MF_1)، ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود دامی (MF_2)، ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود دامی (MF_3)، ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود دامی (M) . تمام تیمارهای شیمیایی کود فسفر و پتاسیم به ترتیب مقدار ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم بر هکتار دریافت کردند.

جهت کشت، کرت‌هایی به ابعاد ۵ × ۲/۱ مترمربع ایجاد و در هر کرت ۷ ردیف به فاصله ۳۰ سانتی‌متر (شیرانی، ۱۳۷۵) ایجاد و بذور به صورت متراکم درون ردیف ریخته و سپس در مرحله سه برگی به فاصله ۵ سانتی‌متر روی ردیف تنک شدند. رقم مورد کاشت هیولا (پاییزه) بود. در طول دوره رشد هیچ علف‌کش و آفت‌کشی مصرف نشد و کنترل علف‌های هرز به صورت وجین دستی انجام گردید. به علت بالا بودن متوسط بارندگی منطقه (۷۰۰ میلی‌متر) آبیاری انجام نگرفت. به منظور تعیین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در زمان رسیدگی، دو ردیف حاشیه و نیم متر اول و آخر هر کرت حذف و بقیه برداشت شدند.

تجزیه‌های شیمیایی

قبل از کاشت کلزا در سال ۱۳۸۱، ۱۵ نمونه تصادفی از خاک محل آزمایش در عمق ۱۵-۰ و ۳۰-۰ سانتی‌متر گرفته و پس از مخلوط کردن یک نمونه در هر عمق بدست آورده و پس از انتقال به آزمایشگاه، در معرض هوا خشک شد. پس از الک کردن توسط الک ۰/۵ میلی متر، ۰/۳ گرم از هر نمونه‌ها هضم شده و سپس به روش کجلدال و با استفاده از دستگاه کجل تک نیتروژن کل آنها تعیین شد(برمر، ۱۹۹۶).

در نمونه‌های گرفته شده از عمق ۱۵-۰، همچنین نیتروژن معدنی به روش کینی و نلسون (پیج و *همکاران*، ۱۹۸۲)، فسفر قابل استخراج به روش السن (۱۹۸۲)، پتاسیم قابل تبادل به روش استات آمونیوم (کنورسن و *همکاران*، ۱۹۸۲)، گوگرد معدنی به روش طباطبائی (پیج و *همکاران*، ۱۹۸۲) و عناصر میکرو قابل جذب به روش DTPA (پیج و *همکاران*، ۱۹۸۲) اندازه گیری شدند. پس از برداشت کلزا در سال ۱۳۸۳، از تمام تیمارها تا عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر، نمونه خاک توسط اوگر گرفته و پس از انتقال به آزمایشگاه، خشک کردن در معرض هوا و الک کردن، نیتروژن کل آنها تعیین شد (برمر،۱۹۹۶). در پایان آزمایش از عمق ۱۰-۰ سانتی‌متر هم نمونه گیری انجام شد و کربن آلی، نیتروژن کل، فسفر قابل دسترس، پتاسیم قابل تبادل و عناصر میکرو قابل جذب تعیین شد. در هر سال موقع رسیدگی، ۵ گیاه از نیم متر ابتدا و انتهای هر کرت به صورت تصادفی برداشت و پس از انتقال به آزمایشگاه، دانه و شاخ و برگ از هم جدا شده، در آون در درجه حرارت ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند نمونه‌ها پس از آسیاب، هضم شده و سپس با استفاده از دستگاه کجل تک نیتروژن کل اجزاء گیاه تعیین شد (برمر، ۱۹۹۶). در نمونه‌های ذکر شده، فسفر، روی و منگنز بذر هم اندازه گیری شد.

قبل از مصرف کود دامی درصد نیتروژن کل آن اندازه‌گیری شد. مقدار کود دامی با فرض این که ۳۵ و ۲۰ درصد کل نیتروژن آن، به ترتیب در سال اول و دوم کاربرد،

قابل دسترس برای گیاه است (اقبال و *همکاران*، ۲۰۰۱)، برای هر تیمار مشخص شد. کود دامی کاربردی تازه و غیر کمپوست شده بود که خصوصیات آن در جدول (۱) آمده است. در جدول (۲) مقدار نیتروژن، فسفر و پتاسیم کاربردی در تیمار NPK ۱۰۰ درصد آمده است.

کود دامی پس از پخش در سطح خاک، به وسیله دیسک با خاک مخلوط شد تا انتشار نیتروژن آن به صورت آمونیوم به اتمسفر کاهش یابد. تمام کود دامی در اول کاشت مصرف شد. به منظور تعیین نیتروژن، فسفر و پتاسیم مورد نیاز گیاه، قبل از انجام آزمایش از خاک نمونه گرفته (عمق ۱۵-۰ سانتی متر) و درصد کربن آلی خاک، فسفر قابل استخراج و پتاسیم قابل تبادل به روش های ذکر شده تعیین و میزان کود بهینه (ملکوتی و *همکاران*، ۱۳۷۹) مشخص شد. بعداز انجام مراحل ذکر شده میزان K-P-N بهینه به ترتیب ۱۵۰، ۲۵ و۵۰ کیلوگرم بر هکتار تعیین شد. جهت تامین نیتروژن، فسفر و پتاسیم در تیمارهای شیمیایی به ترتیب از کودهای اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم استفاده شد. تمام کود فسفر و پتاسیم مورد نیاز در اول کاشت و نصف کود نیتروژن در زمان کاشت و بقیه در اوایل به ساقه رفتن مصرف شد.

محاسبات

کارایی فیزیولوژیکی از تقسیم عملکرد دانه بر کل نیتروژن برداشت شده توسط گیاه به‌دست آمد.کارایی مصرف کود به صورت زیر محاسبه شد:

کل N مصرفی از طریق کود / (کل N برداشت شده در تیمار شاهد- کل N برداشت شده در تیمار کودی)

جهت محاسبه تلفات نیتروژن اول موازنه N (کل نیتروژن ورودی - کل نیتروژن خروجی) محاسبه شد. ذخیره نیتروژن خاک تا عمق ۳۰ سانتی متر نسبت به قبل از کاشت بصورت زیر محاسبه شد:

نیتروژن خاک تا عمق ۳۰cm قبل از آزمایش- نیتروژن خاک تا عمق ۳۰cm بعداز آزمایش در هر تیمار جهت محاسبه میزان نیتروژن خاک، درصد نیتروژن ا در عمق خاک، وزن مخصوص ظاهری و واحد سطح ضرب شد.

با کم کردن ذخیره نیتروژن از موازنه نیتروژن تلفات آن به دست آمد.

آنالیز داده‌ها

آنالیز واریانس جهت بررسی اثرات تیمارها روی صفات، به روش Proc GLM برای طرح RCBD انجام شد در حالتی‌که آزمون F معنی‌دار شد، با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($P=0.05$) میانگین‌ها با هم مقایسه شدند. ترسیم گراف‌ها و نمودارها با استفاده از برنامه EXCEL انجام شد.

نتایج و بحث

برداشت نیتروژن

بین تیمارها از نظر جذب نیتروژن اختلاف معنی داری وجود داشت (جدول ۳). در سال ۱۳۸۱ بیشترین برداشت این عنصر غذایی در حالت مصرف۱۵۰ (F_3) کیلوگرم نیتروژن بر هکتار به دست آمد (شکل ۱). با افزایش مصرف کود از صفر تا ۱۵۰ کیلوگرم، برداشت نیتروژن بهبود یافت ولی مصرف ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن تاثیر منفی بر این عامل داشت. دلیل این امر جذب زیاد نیتروژن در اوایل رشد، تحریک رشد رویشی و در نتیجه خوابیدگی ساقه‌ها در مرحله زایشی بود. خوابیدگی ساقه‌ها موجب کاهش جذب نیتروژن، افت تعداد گل‌های تبدیل شده به غلاف، پایین آمدن شاخص برداشت(شکل۲) و در نتیجه کاهش عملکرد دانه (شکل ۳) شد.

میزان جذب نیتروژن در دو سیستم MF_1 (۳۵ درصد دامی+۱۰۰ درصد شیمیایی) و MF_2 (۳۵ درصد دامی ۶۵ درصد شیمیایی) اختلاف معنی داری با تیمار شیمیایی کامل (F_3) نداشتند; ولی برداشت نیتروژن در سیستم ۶۵ درصد دامی ۳۵+ درصد شیمیایی (MF_3) و سیستم ۱۰۰ درصد دامی (M) به ترتیب ۱۰۴ و ۹۲ کیلوگرم بر هکتار بود که ۲۸

جدول۱- خصوصیات شیمیایی خاک محل آزمایش (عمق ۱۵- ۰ سانتی متر) و کود دامی.

	درصد	PH	EC (mmhos/cm)	سولفور معدنی (mg/kg)	فسفرقابل دسترس (mg/kg)	پتاسیم قابل تبادل (mg/kg)	نیتروژن کل (%)	نیتروژن معدنی (mg/kg)	کربن آلی کل (%)
خاک		7.8	1.07	53	18	479	0.163	27	1.33
کود دامی(۱۳۸۱)	40	6.4	7	350	370	7000	1.370	1028	22
کود دامی(۱۳۸۲)	45	7	6	280	320	9000	2.2	1293	20

جدول۲- میزان کود دامی و شیمیایی کاربردی در تیمار شیمیایی بهینه و ارگانیک.

تیمار	1381	1382	کل
وزن خشک کود دامی کاربردی (ton/ha)	32	18	50
نیتروژن کاربردی (kg/ha):			
کود دامی	438	178	616
کود شیمیایی	150	150	300
فسفر کاربردی (kgP_2O_5/ha):			
کود دامی	12	6	18
کود شیمیایی	25	25	50
پتاسیم کاربردی (kgK_2O_5/ha):			
کود دامی	224	160	384
کود دامی	50	50	100

جدول۳- تجزیه واریانس با استفاده از آماره F

میانگین مربعات (۱۳۸۱)

1381

منبع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	بیومس نیتروژن	کارایی فیزیولوژیک	کارایی مصرف کود
تکرار	2	917912	2105	4.9	539.7
تیمار	8	1061711	2527	28.5	763.7
خطا	16	96023	270	9.9	229
تیمارF»P		***	***	**	**
تکرارF»P		***	***	ns	ns

1382

منبع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	بیومس نیتروژن	کارایی فیزیولوژیک	کارایی مصرف کود
تکرار	2	26539	562.7	39.9	33
تیمار	8	1405197	3245.7	2.5	297.7
خطا	16	9616	155.7	5.05	117.7
تیمارF»P		***	***	***	**
تکرارF»P		***	*	ns	ns

1382-1381

منبع تغییر	درجه آزادی	کل نیتروژن خروجی	موازنه نیتروژن	تغییر ذخیره نیتروژن	تلفات نیتروژن
تکرار	2	4775	4775	92781	119084
تیمار	8	11109	80882	75841	3976
خطا	16	739	739	3802	739
تیمارF»P		***	***	***	***
تکرارF»P		***	***	***	***

1382

منبع تغییر	درجه آزادی	فسفر خاک	فسفر بذر	روی بذر	منگنز بذر
تکرار	2	574	0.00121	172	258
تیمار	8	2269	0.0072	107	528
خطا	16	249	0.0036	63	311
تیمارF»P		***	ns	ns	ns
تکرارF»P		ns	ns	ns	ns

*** معنی دار در سطح ۱ درصد، ** معنی دار در سطح ۵ درصد، * معنی دار در سطح ۱۰ درصد

و ۳۷ درصد کاهش را نسبت به تیمار شیمیایی کامل (F3) نشان می‌دهند. این نتایج حاکی از این واقعیت است که با افزایش سهم کود آلی در ترکیب کودی، جذب نیتروژن در سال اول کاهش داشت. وانلو و همکاران (۲۰۰۱) مشاهده کردند که در مناطق با بارندگی زیر ۴۵۰ میلی‌متر (در طول فصل رشد)، در سیستم ۵۰ درصد آلی +۵۰ درصد شیمیایی، میزان جذب نیتروژن وعملکرد دانه در ذرت مشابه سیستم ۱۰۰ درصد شیمیایی بود، ولی در حالت ۱۰۰ درصد آلی (بقایای سبز درختان)، برداشت نیتروژن ۳۳ درصد و عملکرد دانه ۳۸ درصد کاهش یافت. این کاهش در اثر بالا رفتن بوته‌های بدون بلال اتفاق افتاد. سایر پژوهشگران هم گزارش کرده‌اند که به علت ساکن سازی نیتروژن معدنی توسط کودهای آلی، قابلیت دسترسی این عنصر به خصوص در سال‌ها و مراحل اولیه رشد کمتر از کودهای شیمیایی است(بوشامپ ۱۹۸۶; سامرفلت و مک کی، ۱۹۸۷; کیان و اسکونو، ۲۰۰۰). این پژوهشگران اظهار می‌دارند بعد از کاربرد کود دامی، فعالیتهای میکروبی خاک جهت تجزیه بقایای آلی افزایش پیدا کرده و مقدار قابل توجهی از نیتروژن معدنی را به مصرف می رسانند.

برعکس این پژوهشگران، یانگ و همکاران (۲۰۰۴) دریافتند در شرایط کشت برنج، کاربرد N25 درصد از طریق کود دامی+ N75 درصد از طریق کود شیمیایی، باعث افزایش معنی دار جذب نیتروژن(۵۰ درصد) نسبت به کود شیمیایی کامل می‌شود. این پژوهشگران اعلام کردند در خاک‌های رسی که به مدت طولانی تحت شرایط غرقاب قرار می گیرند، وجود مقدار زیادی مواد احیاءکننده قوی مثل آهن، منگنز، اسیدهای آلی و سولفید هیدروژن برای رشد ریشه سمی است. مصرف تلفیقی کود در این آزمایش باعث بهبود فعالیت اکسیداسیونی ریشه و افزایش ۳۰ تا ۱۱۹ درصدی در فعالیت فسفاتاز سطح ریشه شد. متعاقب این تاثیرات، تراکم طول ریشه، وزن ریشه و سطح فعال ریشه بطور معنی‌داری بهبود یافت. این شرایط باعث شد که در سیستم تلفیقی، عملکرد دانه برنج در حالت غرقاب متناوب ۲۸ درصد و در حالت غرقاب مداوم ۳ درصد افزایش پیدا کند. مقایسه بیوماس نیتروژن با عملکرد دانه (شکل۳) در سال ۱۳۸۲ نشان می‌دهد با وجود کمتر بودن برداشت نیتروژن در سه سیستم تلفیقی MF_3، MF_2، MF_1 نسبت به F_3، ولی عملکرد دانه در سه حالت MF_3، MF_2، MF_1 بیشتر از F_3 بود. این امر بیان کننده بهبود کارایی فیزیولوژیکی مصرف نیتروژن است (سال ۱۳۸۲ – جدول۵).

پژوهشگران دلیل این نوع تاثیر را ناشی از مطابقت بیشتر بین نیتروژن قابل دسترس خاک با نیازهای گیاه در سیستم‌های تلفیقی می‌دانند (مولکی و *همکاران*، ۲۰۰۴; کیان و اسکوئنو، ۲۰۰۲; اقبال و پاور، ۱۹۹۹; کرامر و *همکاران*، ۲۰۰۲)، به این معنی که در اوایل رشد که نیاز غذایی کلزا کم است (کلنن و همکاران، ۲۰۰۲) میزان نیتروژن معدنی آنها کمتر ازکود شیمیایی است، ولی در مراحل رشد زایشی به علت تداوم فرایند معدنی شدن، جذب تا مدت زمان طولانی‌تری ادامه پیدا می‌کند. بهبود قابلیت دسترسی نیتروژن در مرحله زایشی باعث افزایش تعداد گل‌های تبدیل شده به غلاف (راتک و همکاران، ۲۰۰۵) و در نتیجه افزایش شاخص برداشت می‌شود (شکل۲).

با توجه به تاثیر مثبت کود دامی بر فسفر قابل دسترس و پتاسیم قابل تبادل خاک(جدول۴)، ممکن است این سوال پیش آید که بهبود کارایی زراعی نیتروژن ناشی از جذب بیشتر این عناصر غذایی است یا خیر. بررسی درصد فسفر بذر نشان می‌دهد در سال ۱۳۸۲ بین غلظت این عنصر در سیستم‌های ذکر شده اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (جدول۴). در مورد بهبود قابلیت دسترسی عناصر میکرو هم مشاهده شد که کود دامی تاثیری بر آهن، روی، مس و منگنز قابل دسترس خاک ندارد، بنابراین دربذر هم اختلافی از این نظر مشاهده نشد (جدول۴). آددیران و همکاران (۲۰۰۴) هم چنین نتایج مشابهی گزارش کردند. بنابراین این فرضیه که ممکن است بهبود قابلیت دسترسی این عناصر باعث بالا رفتن کارایی فیزیولوژیکی نیتروژن شده باشد، رد می‌شود. با توجه به میزان گوگرد خاک در قبل از آزمایش

جدول٤- فسفر قابل دسترس و پتاسیم قابل تبادل در پایان آزمایش(عمق ۱۵-۰ سانتی متر)، غلظت فسفر، روی و منگنز بذرکلزا درزمان رسیدگی درسال۱۳۸۲

تیمارهای کودی mg/kg	فسفر خاک mg/kg%	پتاسیم خاک mg/kg	فسفر بذر mg/kg	در بذر Zn	در بذر Mn
F0	22e	547d	0.90c	26ab	77a
F1	34ed	607cd	0.95abc	33ab	108a
F2	31ed	588cd	0.91bc	19b	78a
F3	52cd	616cd	0.94abc	30ab	104a
F4	58bcd	702abc	0.94abc	33ab	78a
MF1	66bc	700abc	1.01abc	40a	90a
MF2	82ab	737ab	1.02ab	34ab	100a
MF3	82ab	761a	1abc	27ab	79a
M	105a	792a	1.04a	29ab	104a

* مشخصات تیمارها در زیرنویس شکل ۱ آمده است.

جدول۵- اثر مقادیر و منابع متفاوت کود نیتروژن بر کارایی مصرف و کارایی فیزیولوژیکی نیتروژن خروجی در سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲

(میانگین‌های دارای حروف یکسان اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد به روش آزمون دانکن ندارند).

تیمار کودی فیزیولوژیکی	N ورودی Kg/ha	N خروجی Kg/ha	عملکرد دانه Kg/ha	کارایی مصرف کود %	کارایی Kg seed/Kg N
		1381			
F0	0	49	1175		23.8a
F1	50	61	1617	24.0b	26.5a
F2	100	104	2265	54.6a	21.9ab
F3	150	130	2500	53.8a	19.3ab
F4	200	113	1833	31.8ab	16.3b
MF1	303	134	3022	28.0ab	22.5a
MF2	253	120	2778	28.0ab	23.2a
MF3	335	105	2652	16.7b	25.3a
M	438	93	2298	10.0b	24.8a
		1382			
F0	0	42	1050		25.2ab
F1	50	62	1575	39.9b	25.4ab
F2	100	101	2290	59.4a	22.6bc
F3	150	131	2600	59.3a	19.9c
F4	200	136	2000	46.8ab	14.7d
MF1	212	128	2995	40.3b	23.5abc
MF2	162	126	2813	51.7ab	22.4bc
MF3	166	108	2918	39.6b	27.1a
M	178	120	2910	43.8ab	24.3ab

جدول٦- موازنه تجمعی N، ذخیره خاک(عمق ۳۰-۰ سانتی متر) و تلفات N برای سیستم‌های مختلف کوددهی در فاصله ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۲

(میانگین‌های دارای حروف یکسان اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد به روش آزمون دانکن ندارند).

تیمار کودی تلفات N	N ورودی Kg/ha	N خروجی Kg/ha	موازنه N Kg/ha	N خاک Kg/ha	ذخیره N خاک Kg/ha	
F0	0i	91c	-91f	1.064d	-100e	-9c
F1	100j	123c	-23e	1.082cd	-32d	-9c
F2	200h	205b	-5de	1.082cd	-29d	-24c
F3	300f	261a	39d	1.080cd	-38d	-77ab
F4	400e	248ab	152c	1.100c	40d	-112a
MF1	516b	262a	254b	1.140b	196bc	-58bc
MF2	411d	246ab	165c	1.130b	157c	-8c
MF3	505c	212ab	293b	1.160ab	274ab	-19c
M	606a	213ab	403a	1.180a	352a	-51bc

* مشخصات تیمارها در زیرنویس شکل ۱ آمده است.

(جدول۱) و حد بحرانی این عنصر جهت تولید بهینه در کلزا (جکسون، ۲۰۰۰؛ فیسمس و همکاران، ۲۰۰۰)، به نظر می‌رسد که میزان گوگرد خاک جهت تولید بالا در این گیاه کافی بوده است. علاوه براین، اریکسون و مورتنسن (۱۹۹۹) دریافتند که کاربرد طولانی مدت کود دامی تاثیری بر بهبود گوگرد معدنی خاک و در نتیجه عملکرد کلزا ندارد. بنابراین افزایش گوگرد خاک در اثر کود دامی هم نمی‌تواند به عنوان یک عامل بهبود کارایی فیزیولوژیکی نیتروژن تلقی شود.

در سال دوم، وضعیت متفاوت بود. بیشترین جذب نیتروژن در سال ۱۳۸۲ مربوط به سیستم F_4 بود. با این وجود عملکرد دانه کمتر از F_3 بود. در این سال ورس اتفاق نیافتاد، ولی شیوع شته در طول دوره پر شدن دانه بالاتر از سایر تیمارها مشاهده شد. به نظر می رسد این مسئله بر جذب نیتروژن، تاثیر منفی نگذاشته است، ولی باعث کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه و در نتیجه کاهش عملکرد شده است.

در سال ۱۳۸۲ هم، بیوماس نیتروژن در تمام تیمارهای تلفیقی کمتر از سیستم شیمیایی کامل بود ولی تفاوت آن با سال ۱۳۸۱ در این بود که در سیستم ۱۰۰ درصد آلی(M)، عملکرد دانه بطور معنی‌داری بیشتر از تیمار شیمیایی کامل بود (شکل۳). این امر تاثیر مثبت بقایای کود دامی را نشان می‌دهد. مولکی و همکاران(۲۰۰۴) مشاهده کردند که با کاربرد مکرر کود دامی، در اثر تجزیه طولانی مدت نسبت C/N کاهش یافته و معدنی شدن بیشتر می‌شود.

کارایی مصرف نیتروژن

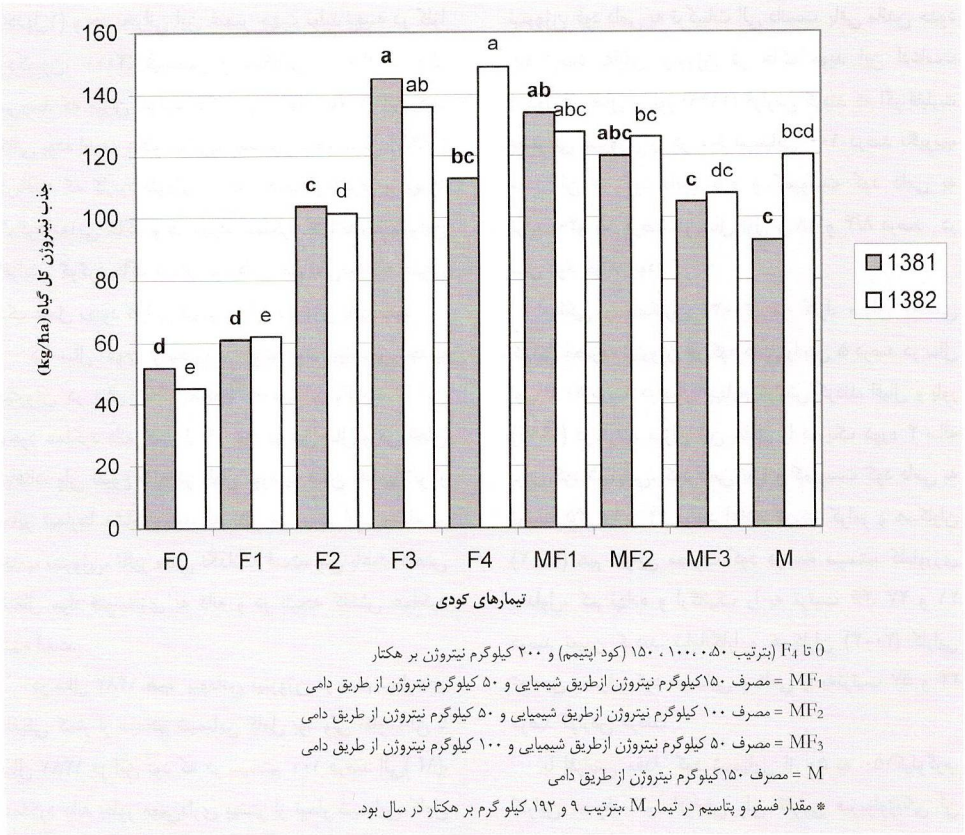
کارایی مصرف کود در واقع همان درصد بازیافت کود را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهند (جدول۵) کارایی مصرف کود دامی در سال۱۳۸۱ خیلی کمتر از کود شیمیایی بود (۱۰ در مقابل۵۴)، ولی در سال دوم این اختلاف کم شد (۴۴/۳ در مقابل ۵۹/۳). بنابراین اگر کارایی تجمعی را در نظر بگیریم مقدار آن ۲۷ در مقابل ۵۶/۵ خواهند بود. وجود چنین اختلاف بالایی را می‌توان ناشی از اتصال درصدی از نیتروژن کود دامی به ترکیبات آلی دانست. باقی ماندن حدود ۵۰ درصد بقایای نیتروژن در خاک موید این ادعاست (جدول۶). اقبال و پاور (۱۹۹۹) گزارش کردند که اگر قابلیت دسترسی نیتروژن را در کود شیمیایی ۱۰۰ درصد بگیریم، مقدار آن در کود دامی تازه و کمپوست کود دامی به ترتیب۴۰و ۱۵ درصد در سال اول و ۱۸ و ۸/۴ درصد در سال دوم خواهد بود.

مولکی و همکاران (۲۰۰۴) در کلزا، میزان تجمعی کارایی مصرف نیتروژن در کود دامی را بین ۵ درصد در سال اول تا ۱۰ درصد در سال چهارم گزارش کردند. اقبال و پاور (۱۹۹۹) در ذرت، میزان این عامل را در یک دوره ۴ ساله برای کود شیمیایی، کود دامی تازه و کمپوست کود دامی به ترتیب ۴۵، ۱۷ و ۱۲ درصد اعلام کردند. کرامر و همکاران (۲۰۰۲) هم کارایی مصرف کود در سه سیستم کشاورزی متداول، کم نهاده و ارگانیک را به ترتیب ۴۶، ۲۷ و ۲۱ درصد تعیین کردند. نیامانگارا و همکاران (۲۰۰۳) کارایی تجمعی مصرف کود شیمیایی و دامی را به‌ترتیب ۵۷ و ۳۴ درصد گزارش کردند.

با افزایش مقدار کود شیمیایی از ۵۰ به ۱۵۰کیلوگرم، کارایی مصرف کود افزایش ولی کارایی فیزیولوژیکی آن کاهش یافت. طبق نتایج هاکینگ و همکاران (۱۹۹۷) می‌توان اظهار داشت که در مقادیر بالاتر کود، به علت بهبود رشد ریشه، ظرفیت جذب عناصر غذایی بالا می‌رود، ولی در مقابل درصد بالاتری از کل نیتروژن در بقایای ساقه و برگ باقی می‌ماند.

تلفات نیتروژن

طبق روش پودل و همکاران (۲۰۰۱)، با در نظر گرفتن درصد نیتروژن و وزن مخصوص ظاهری در تیمارهای مختلف، می‌توان ذخیره کل را در یک عمق مشخص محاسبه کرد. با توجه به عدم تاثیر تیمارهای کودی بر وزن مخصوص ظاهری خاک، مقدار آن برای تمام تیمارها ۱/۳ گرم بر سانتی متر مکعب در نظر گرفته شد.



F_4 تا 0 (بترتیب ۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ (کود اپتیمم) و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار

MF_1 = مصرف ۱۵۰کیلوگرم نیتروژن ازطریق شیمیایی و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن از طریق دامی

MF_2 = مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن ازطریق شیمیایی و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن از طریق دامی

MF_3 = مصرف ۵۰ کیلوگرم نیتروژن ازطریق شیمیایی و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن از طریق دامی

M = مصرف ۱۵۰کیلوگرم نیتروژن از طریق دامی

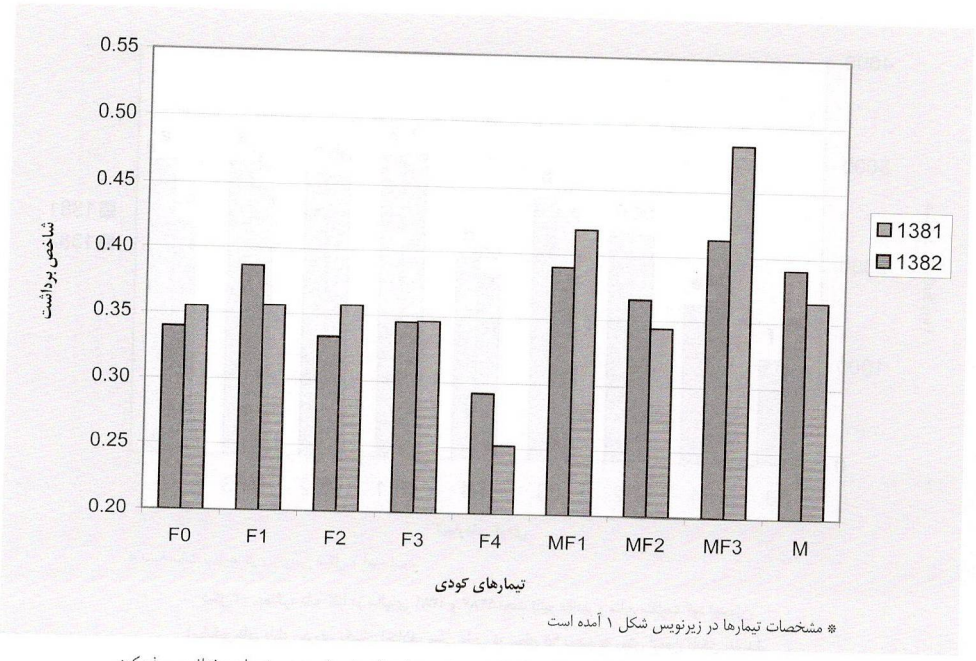
* مقدار فسفر و پتاسیم در تیمار M ،بترتیب ۹ و ۱۹۲ کیلو گرم بر هکتار در سال بود.

شکل۱- جذب نیتروژن بوسیله کل گیاه کلزا در سال ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲ اختلاف معنی داری در سطح ۹۵ درصد به روش آزمون دانکن نیستند).

درصد نیتروژن خاک قبل از کاشت را به عنوان پایه (۰/۱۰۹N درصد) در نظر گرفته و تغییر ذخیره N خاک محاسبه‌شد (ستون ۵ در جدول۶). در این ستون اعداد منفی نشانه کاهش و اعداد مثبت نشانه افزایش ذخیره نسبت به قبل از کاشت هستند. حال با کم‌کردن ذخیره N خاک از موازنه N، تلفات نیتروژن به دست می آید.

جدول ۶ نشان می‌دهد با افزایش مصرف کود شیمیایی، میزان تلفات افزایش پیدا کرده است. بیشترین میزان تلفات نیتروژن در تیمارF4 به میزان۵۶ کیلوگرم در سال مشاهده شد (جدول۶). میزان تلفات در سیستم ۱۰۰ درصد شیمیایی و ۱۰۰ درصد دامی به ترتیب ۳۸/۵ و ۲۵/۵ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار در سال بود که اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

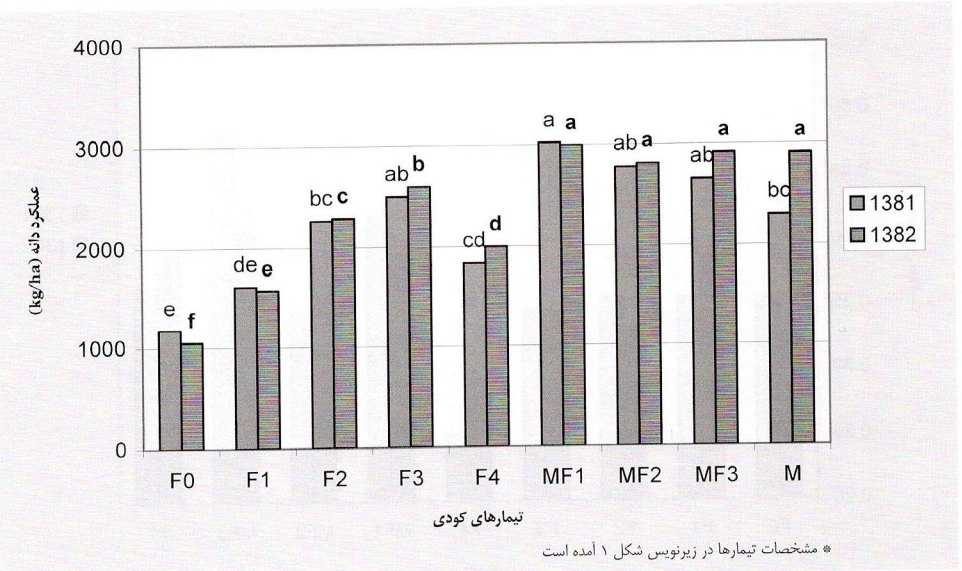
با تلفیق کود دامی و شیمیایی تلفات کاهش یافت، به طوری که با وجود مصرف مساوی نیتروژن قابل جذب، در سه سیستم F3، MF2 و MF3 ، تلفات نیتروژن به ترتیب ۳۸/۵، ۴ و ۹/۵ کیلوگرم بر هکتار در سال بود. نیامانگارا و همکاران (۲۰۰۳) در یک خاک شنی و در یک منطقه با بارندگی بالای۱۰۰۰میلی‌متردریافتنددرسال‌هایی که بلافاصله



شکل۲- شاخص برداشت (بیوماس کل گیاه/عملکرد دانه) کلزا در مقادیر متفاوت کود شیمیایی و سیستم‌های مختلف مصرف کود

بعداز کاربرد کود بارندگی شدید حادث شد، میزان آبشویی نیتروژن برای سه سیستم ۱۰۰ درصد شیمیایی، ۱۰۰ درصد دامی و ۵۰ درصد شیمیایی۵۰+ درصد دامی به ترتیب ۵۶، ۴۲ و ۲۸ کیلوگرم بر هکتار بود. در سال‌های خشک‌تر میزان آبشویی کود شیمیایی و دامی یکسان بود. اقبال و پاور (۱۹۹۹) هم گزارش‌کردند درسال‌های خشک‌تر بقایای نیترات در عمق ۱/۲ مترخاک، در سیستم کوددهی شیمیایی بیشتر از کود دامی کمپوست شده و کود دامی تازه بود. در سال مرطوب این روند بر عکس بود.

تامسن (۲۰۰۵) اعلام کرد که در جو بهاره، کاربرد پائیزه و بهاره کود دامی به صورت مکمل، به ترتیب باعث آبشویی ۲۱ درصد و ۱۷ درصد کل نیتروژن در طول سه سال شد. بر خلاف این پژوهشگران، باسو و ریچی (۲۰۰۵) دریافتند که میزان آبشویی نیترات در کود دامی، کمپوست، کود شیمیایی و عدم مصرف کود به ترتیب ۵۵، ۳۵، ۳۳ و ۲۷ کیلوگرم در هکتار در سال بود این پژوهشگران اعلام کردند اکثر تلفات، در فاصله کاشت دو محصول که زمین خالی از گیاه بود اتفاق افتاد. بروور و پاول (۱۹۹۸) هم میزان تلفات نیتروژن کود دامی را بسیار بالا تعیین کردند (۹۱ کیلوگرم بر هکتار در سال). بررسی شرایط این آزمایش‌ها نشان می‌دهد که مهم‌ترین عوامل مشخص کننده تلفات نیتروژن در کود دامی عبارتند از زمان کاربرد کود، میزان بارندگی در طول فصل رشد وخارج فصل رشد، متوسط درجه حرارت فصل رشد و نسبت C/N کود دامی. به نظر می‌رسد در آزمایش حاضر چون اکثر بارندگی سالانه در طول فصل رشد حادث شده است، میزان تلفات نیتروژن از کود دامی زیاد نبوده است، ولی بر عکس شرایط برای آبشویی نیترات از کود شیمیایی بیشتر فراهم بوده است.



شکل۳- عملکرد دانه کلزا در سالهای ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲ تحت تاثیر مقادیر و منابع متفاوت کود نیتروژن
(میانگین‌های دارای حروف یکسان اختلاف معنی داری در سطح ۹۵ درصد به روش آزمون دانکن ندارند).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان دادند که با استفاده از کود دامی با درصد نیتروژن مناسب، علاوه بر کسب عملکرد قابل مقایسه با کود شیمیایی، می‌توان کارایی فیزیولوژیکی بالاتری را هم کسب کرد. بهبود کارایی فیزیولوژیکی نتیجه همزمانی آزادسازی نیتروژن از کود دامی با نیازهای غذایی گیاه است . تلفات نیتروژن از کود دامی کمتر از کود شیمیایی نبود. بنابراین حتی‌الامکان این کودها را باید در گیاهانی مصرف کرد که فصل رشد آنها با دوره حداکثر بارندگی منطبق باشد، در غیر این صورت ممکن است تلفات نیتروژن در آنها حتی بالاتر از کود شیمیایی باشد. یک راه دیگر جهت کاهش تلفات نیتروژن در این کودها کاشت گیاه پوششی در طول زمستان است. با توجه به این نتایج می‌توان پیشنهاد داد در سیستم شیمیایی جهت کاهش تلفات نیتروژن، بقایای گیاهی مثل کاه گندم و یا کاه و کلش برنج به خاک اضافه شود.

References

Adediran, J.ý A., L. B. Taiwo, M.O. Akande, R. A. Sobulo, O. J. Idowu (2004). Application of organic and inorganic fertilizer for sustainable maize and cowpea yields in Nigeria. *Journal of Plant Nutrition*. 27: 1163-1181.

Basso, B. and J. T. Ritchie (2005). Impact of compost, manure and inorganic fertilizer on nitrate leaching and yield for a 6-year maize-alfalfa rotation in Michigan. *Agriculture Ecosystem & Environment*. 108: 329-341.

Beauchamp, E. G. (1986) Availability of nitrogen from three manure to corn in the field. *Canadian Journal of Soil Science*. 66:713-720.

Bergstrom, M., L. Kirchmann (1999). leaching of total nitrogen from nitrogen-15-lable poultry manure and inorganic nitrogen fertilizer. *Journal of Environment Quality*. 28: 1283-1290

Bremner, J. M. (1996). Nitrogen-total.In A. L. Page et al. (ed.) *Methods of soil analysis*. Part 2. Chemical and microbial methods. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.

Hansen, B., H.F. Alroe, E. S. Kristensen (2001). Approaches to assess the environmental impact of organic farming with particular regard to Danmark. *Agriculture Ecosystem & Environment.* 83:11-26.

Hocking , P. J., P.J.Randall, D. DeMarco (1997). The response of dryland canola to nitrogen fertilizer: partitioning and mobilization of dry matter and nitrogen , and nitrogen effects on yield components. *Field Crop Reseach.* 54: 201-220

Jackson, G. D., (2000). Effect of nitrogen and sulfur on canola yield and nutrient uptake. *Agronomy Journal.* 92: 644-649

Kamukondiwa, W., L. Bergstrom (1994). Nitrate leaching in field lysimeters at an agricultural site in Zimbabwe. *Soil Use Management.* 10: 118-124

Khalil, M. I., A. B. Rosenanani, O. V. Cleemput, C. I. Fauziah, J. Shamshuddin (2002). Nitrous oxide emissions from an ultisol of the humid tropics under maize-groundnut rotation. *Journal of Environmental Quality.* 31: 1071-1078.

Kirchman, H., M. Bergstrom (2001). Do organic farming practices reduce nitrate leaching. *Communication Soil Science and Plant Analyse.* 32: 997-1028

Knudsen, D., G. A. Peterson, P. F. Pratt (1982). Lithium, sodium, and potassium. P. 225-246. *In* A. L. Page et al. (ed.) *Methods of soil Analysis.* Part 2. Chemical and microbial methods. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI

Kramer, A.W., A. D. Timothy, W. R. Horwath, C. V. Kessel (2002). Combining fertilizer and organic input to synchronize N supply in alternative cropping systems in California. *Agriculture Ecosystem & Environment.*91: 233-243.

Loecke, T. D., M. Liebman, C. A. Cambardella T. L. Richard (2004). Corn response to composting and time of application of solid swine manure. *Agronomy Journal.* 96:214-223

Li, X., k. Inubushi, K. Sacamoto (2002). Nitrous oxid concentration in an Andisol profile and emission to the atmosphere as influenced by the application of nitrogen fertilizers and manure. *Biology and Fertility of Soils.* 35: 108-113.

Brrouwer, J. and Powell,J. M (1998). Increasing nutrient use efficiency in west-African agriculture: The impact of micro-topogrraphy on nutrient leaching from cattle and sheep manure. *Agriculture Ecosystem & Environment.* 71:229-239.

Clarck, M. S, W. R. Horwath, C. Shenan, K. M.Scaw (1998). Changes in soil chemical properties resulting from organic and low-input farming practices. *Agronomy Journal.* 90: 662-671.

Colnenne, J. M., R. R. Meynard, R. Reau (2002). Effects of nitrogen deficiencies on autumnal growth of oilseed rape. *European Journal of Agronomy.* 17: 11-28

Eghball, B., J. F. Power, J. E. Gilley, J. W. Doran (1997). Nutrient, carbon, and mass losses from beef cattle feedlot manure during composting. *Journal of Environmental Quality.* 26:189-193

Eghball, B., J. F. Power (1999a). Composted and noncomposted manure application to conventional and no-tillage system:corn yield and nitrogen uptake.*Agronomy Journal.*91:819-825

Eghball, B., J. F. Power (1999b). Phosphorus- and nitrogen-based manure and compost application; corn production and soil phosphorus. *Soil Science Society of American Journals.* 63:895-901

Eghball, B., B. Wienhold, J. Gilley (2001). Comprehensive manure management for improved nutrient utilization and environment quality. *Soil and Water Conservation Research,*1: 128-135

Eltun, R., A. Korsaeth, O. Norndheim (2002). A comparison of environmental, soil fertilility, yield, and economical effects in six cropping systems based on an 8-year experiment in Norway. *Agriculture Ecosystem & Environment.* 90: 155-168

Erikson, J., J. V. Mortensen (1999). Soil sulfur status following long-term annual application of animal manure and mineral fertilizers. *Biology and Fertility of Soil.* 28: 416-421

Fismes, J., P. C. Vong, A. Guckert, E. Frossard (2000). Influence of sulfur on apparent N-use efficiency, yield and quality of oilseed rape(*Brassica napus* L.) grown on a calcareous soil. *European Journal of Agronomy.* 12: 127-141

Misselbrook ,T. H., F. A. Nicolson, L. Chambers (2005). Predicting ammonia losses following the application of livestock manure to land. *Bioresource Technology*.96: 159-168.

Mooleki, S. P., J. J. Schoenau, J. L. Charles, G. Wen. (2004). Effect of rat, frequency and incorporation of feedlot cattle manure on soil nitrogen availability, crop performance and nitrogen use efficiencynin east-central Saskachwan. *Canadian Journal of Soil Science*. 84: 199-210.

Nyamangara, J., L. F. Bergstrom, M. I. Piha, K. E. Giller (2003). Fertilizer use efficiency and nitrate leaching in a tropical sandy soil. *Agronomy Journal*. 32: 599-606.

Olsen, S. R, L. E. Sommers (1982). Phosphorus. p.403-429. *In* A. L. Page et al. (ed.) *Methods of Soil Analysis*. Part 2. Chemical and microbial methods. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.

Page, A. L., R. H. Miller, D. R. Keeney (1982). *Methods of soil analysis*. Part 2. Chemical and microbial methods. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.

Poudel ,D. D., J. P. Horwath, T. Mitchell, D. S. Temple (2001). Impact of cropping systems on soil nitrogen storage and loss. *Agricultural Systems*. 68: 253-268.

Qian, P., J. J. Schoenau (2002). Availability of nitrogen in solid manure amendment with different C: N ratios. *Canadian Journal of Soil Science*. 82: 219-225

Rathke, G. W., O. Christen, N. Diepenbrock (2005). Effects of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape(*Brassica napus* L.) grown in different crop rotations. *Field Crop Research*.

Sommerfeldt , T. G., D. Mackay (1987). Utilization of cattle manure containing wood shaving:Effect on soil and and crop. *Canadian Journal of Soil Science*. 67: 309-316.

Thomsen, I. K (2005). Crop N utilization and leaching losses as affected by time and method of application of farmyard manure. *European Journal of Agronomy*.22: 1-9

Vanlauw, B., K. Aihou, S. Aman, E. N. Oiwuafor, B. K. Tossah, S. Diels, N. Sanginga, O. Lyasse, R. Merkx, and J. Deckers (2001). Maize yield as affected by organic inputs and urea in the west African most savanna., *Agronomy Journal*. 93: 1191-1199.

Yang, C., L.Yang, Y.Yang, Z. Ouyang (2004). Rice root growth and nutrient uptake as influenced by organic manure in continuous and alternately flooded paddy soil. *Agriculture Water Management*. 70: 67-81.