

عکس‌العمل عملکرد کمی و کیفی کلزا به سیستم‌های مختلف کوددهی در تناوب زراعی

خسرو محمدی^{1*}، امیر قلاوند²، مجید آقا علیخانی²، اسعد رزادی¹، بابک پاساری¹، سید علی محمد مدرس ثانوی²،
مختار اسکندری³، محسن جواهری⁴، غلامرضا حیدری⁵، یوسف سهرابی⁵

تاریخ دریافت: 89/7/14 تاریخ پذیرش: 89/12/24

- 1- استادیار گروه زراعت دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سنندج
- 2- به ترتیب دانشیار، استادیار و استاد گروه زراعت دانشگاه تربیت مدرس
- 3- دانش آموخته کارشناسی ارشد خاکشناسی دانشکده تربیت مدرس
- 4- عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سنندج
- 5- استادیار گروه زراعت دانشگاه کردستان

* مسئول مکاتبه: E-mail: kh.mohammadi@modares.ac.ir

چکیده

به منظور بررسی تأثیر روش‌های افزایش حاصلخیزی خاک بر عملکرد و کیفیت دانه کلزا (*Brassica napus* L.) رقم طلایه در تناوب زراعی، یک آزمایش مزرعه‌ای طی سه سال زراعی 86-87، 87-88 و 88-89 در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گریزه سنندج انجام گردید. آزمایش به صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. سه تناوب مختلف زراعی شامل نخود- آفتابگردان - گندم - کلزا (R1)، کود سبز - نخود - کود سبز - گندم - کود سبز - کلزا (R2) و کلزا-کلزا-کلزا (R3) به عنوان عامل اصلی در نظر گرفته شدند. شش روش تامین کود پایه شامل کود دامی (N1)، کمپوست (N2)، کود شیمیایی (N3)، کمپوست + کود دامی (N4)، کمپوست + کود دامی + کود شیمیایی (N5) و تیمار شاهد (N6) به عنوان سطوح عامل فرعی تعیین شدند و چهار ترکیب کودهای زیستی شامل: باکتری‌های باسیلوس لنتوس و سودوموناس پوتیدا (B1)، قارچ تریکودرما هارزیانوم (B2)، باکتری‌های باسیلوس و سودوموناس + قارچ تریکودرما (B3) و تیمار شاهد (بدون قارچ و باکتری) (B4) به عنوان سطوح عامل فرعی - فرعی انتخاب شدند. نتایج نشان داد که اثر تناوب زراعی، منابع مختلف کود پایه و زیستی و اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد دانه معنی‌دار است. در تناوب R2 بیشترین عملکرد دانه کلزا تولید گردید. کاربرد توام کودهای آلی و شیمیایی همراه با کودهای زیستی (N5B3) نیز عملکرد دانه را افزایش داد. کلروفیل برگ به طور معنی‌داری تحت تأثیر تناوب، روش‌های مختلف کود دهی و اثر متقابل آن‌ها قرار گرفت. بیشترین میزان نیتروژن دانه (38/9 میلی‌گرم در گرم) و کمترین نسبت (N/S) در تیمار N5 به دست آمد. کودهای پایه تأثیر معنی‌داری بر درصد روغن و عملکرد روغن دانه داشتند.

واژه‌های کلیدی: تناوب، روغن، کلزا، کود آلی، کود زیستی

Response of Canola Yield Quantity and Quality to Different Methods of Fertilization in Crop Rotation

K Mohammadi^{1*}, A Ghalavand², M Aghaalikhani², A Rokhzadi¹, B Pasari¹, SA Mohammad Modares Sanavy², M Eskandari³, M Javaheri⁴, G Heidari⁵ and Y Sohrabi⁵

Received: 6 October 2010 Accepted: 15 March 2011

¹Asist Prof, Islamic Azad Univ, Sanandaj Branch, Sanandaj, Kurdistan, Iran

²Assoc, Asist Prfo and Prof, Dept of Agronomy, Faculty of Agric, Tarbiat Modares Univ, Tehran, Iran

³Soil Science Dept, Faculty of Agric, Tarbiat Modares Univ, Tehran, Iran

⁴Islamic Azad Univ, Sanandaj Branch, Sanandaj, Kurdistan, Iran

⁵Dept of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agric, Univ of Kurdistan, Sanandaj, Iran

*Corresponding author: E-mail: khosromohammadi60@yahoo.com

Abstract

In order to study the effect of crop rotation and different systems of soil fertility on grain yield and quality of canola (Talayeh cultivar), an experiment was conducted at experimental farm of Agricultural Research Center of Sanandaj in 2008 - 2010 growing seasons. Experimental designs were arranged in split-split plots based on randomized complete blocks design with three replications. Main plot consisted three crop rotation, (R1): Chickpea, Sunflower, Wheat, Canola; (R2): Green manure, Chickpea, Green manure, Wheat, Green manure, Canola; (R3): Canola, Canola, Canola. Sub plots consisted of five strategies for obtaining the basal fertilizers requirement that included (N1): farm yard manure; (N2): compost; (N3): chemical fertilizers; (N4): farm yard manure + compost and (N5): farm yard manure + compost + chemical fertilizers; and control (N6). Sub-Sub plots consisted four levels of biofertilizers: (B1): *Bacillus lentus* and *Pseudomonas putida*; (B2): *Trichoderma harzianum*; (B3): *Bacillus lentus* and *Pseudomonas putida* & *Trichoderma harzianum*; and (B4): control, (without biofertilizers). Results showed that rotation, basal fertilizers, biofertilizers and interactions of them have significant effects on grain yield. The highest grain yield was obtained from R2N5B3 treatment, that organic and chemical fertilizers were co applied. Crop rotation, basal fertilizers, biofertilizers and interactions of them have a significant effect on leaf chlorophyll. The highest nitrogen content (38.9 mg/g) and least amount of (N/S) were obtained from N5B3 treatment. Crop rotation, basal fertilizers and biofertilizers have a significant effect on oil percent and oil yield.

Key Words: Biofertilizer, Canola, Crop rotation, Oil, Organic fertilizer

مقدمه

منتهی می‌شود (محمدی و همکاران 1386، کارتنی و مولن 2008). مصرف کودهای زیستی نیز سودمندی‌های فراوانی را در پی خواهد داشت. باکتری‌های *Bacillus* و *Pseudomonas putida* باعث آزاد سازی فسفات از ترکیبات معدنی می‌گردند (گاور و همکاران 1980، رودرش و همکاران 2005). جوتور و ردی (2007) تأثیر مثبت این باکتری‌ها در حلالیت فسفر را به اثبات رساندند. علاوه بر توانایی حل‌کنندگی فسفات، این باکتری‌ها با خاصیت ضد پاتوژنی باعث کاهش بیماری‌ها، بهبود ساختمان خاک و تحریک رشد رویشی گیاه نیز می‌شوند (ال کومی 2005، روساس و همکاران 2006). حدود 5 تا 10 درصد عملکرد محصولات مختلف زراعی تحت تأثیر عوامل بیماری‌زا کاهش می‌یابد (ورما و همکاران 2007). در حال حاضر قارچ *Trichoderma sp.* به عنوان یک قارچ‌کش زیستی مورد استفاده قرار می‌گیرد (ایلاد 2000). این کود زیستی علاوه بر مبارزه بیولوژیک بر علیه پاتوژن‌ها به عنوان یک محرک رشد نیز محسوب می‌گردد. اثرات آنتاگونیستی این قارچ با عوامل بیماری‌زای مختلفی مانند: *Rhizoctonia solani*, *Crinipellis perniciososa*, *Fusarium sp.*, *Bacteroides fragilis*, *Colletotrichum truncatum* اثبات گردیده است (ورما و همکاران 2007). با توجه به اینکه تغذیه کلزا اغلب به صورت شیمیایی صورت می‌گیرد و زراعت آن در کردستان اغلب به صورت تناوب با گندم است، در این آزمایش تأثیر تناوب زراعی، منابع مختلف کودی و اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد و کیفیت دانه کلزا ارزیابی شد، تا بتوان بر اساس تکیه بر نهاده‌های غیر شیمیایی و معرفی تناوب زراعی مناسب عملکرد دانه و کیفیت دانه کلزا را افزایش داد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق طی سه سال 1386، 1387 و 1388 در مزرعه تحقیقاتی ایستگاه تحقیقات کشاورزی گریزه در شهرستان سنندج واقع در مختصات جغرافیایی 30 درجه و 47 دقیقه طول شرقی و 11 درجه و 35 دقیقه

یکی از مهم‌ترین ارکان دستیابی به پایداری در بوم نظام‌های زراعی افزایش تنوع زیستی است. با افزایش تنوع زیستی به دلیل افزایش اثرات متقابل بین موجودات روابط و برهم‌کنش‌های مثبت افزایش می‌یابد (ویلکینسون، 2000). کشت متوالی چند گیاه زراعی در یک قطعه زمین در طی زمان را تناوب زراعی می‌نامند. این الگوی کاشت معمولاً یک چرخه تناوبی شامل چند گیاه زراعی بوده که ممکن است چند سال طول بکشد. تناوب زراعی یکی از مهم‌ترین ارکان افزایش تنوع زیستی می‌باشد (کامکار و مهدوی دامغانی، 1387). گنجاندن بقولات¹ در تناوب زراعی سودمندی‌هایی را در آگرو اکوسیستم² ایجاد می‌نماید. توانایی تثبیت بیولوژیک نیتروژن در بقولات، باعث فراهمی نیتروژن در ریشه سپهر³ برای گیاه بعدی می‌گردد. کلزا با نام علمی (*Brassica napus* L.) یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی می‌باشد. عوامل متعددی کمیت و کیفیت دانه کلزا را تحت تأثیر قرار می‌دهند. تناوب زراعی و نحوه تغذیه کلزا از عوامل تأثیر گذار بر عملکرد دانه، درصد روغن و کیفیت دانه آن می‌باشد (هاو و همکاران 2004، هوچینگ و همکاران 2002). توسعه کاربرد منابع گیاهی و دامی قابل تجدید و منابع بیولوژیک به جای منابع شیمیایی در تناوب زراعی می‌تواند نقش مهمی در باروری و حفظ فعالیت‌های زیستی، مواد آلی خاک، سلامت بوم نظام زراعی و افزایش کیفیت محصولات زراعی داشته باشد (زایدی و همکاران 2003). مواد آلی به علت اثرات سازنده‌ای که بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک دارند، به عنوان یکی از ارکان تغذیه‌ای گیاه و باروری خاک شناخته شده‌اند. کودهای آلی مهم‌ترین عامل فراهمی ماده آلی در ریزوسفر گیاه می‌باشند (تجادا و همکاران 2008). کاربرد کودهای دامی و کمپوست علاوه بر نقش تغذیه‌ای و بهبود کیفیت محصولات، به افزایش ماده آلی، عناصر معدنی، بهبود ساختمان خاک و عملکرد دانه

¹ Leguminous

² Agro ecosystem

³ Rhizosphere

مختلف نیز کود سبز گنجانده شد. کود سبز شامل ترکیبی از ماشک (*Vicia panonica*) و جو (*Hordeum vulgare*) به نسبت مساوی و به صورت کشت ردیفی با فاصله ردیف 10 سانتیمتر بود و به وسیله پنجه غازی 15 روز قبل از کاشت گیاه اصلی به خاک برگردانده شد. در قطعه سوم (تک کشتی کلزا) هر سال در اواخر شهریور ماه کلزا رقم طلایه کشت گردید. به منظور آگاهی از وضعیت عناصر غذایی در واحدهای آزمایشی قبل از کشت در هر سال از خاک محل انجام آزمایش نمونه برداری به عمل آمد و در آزمایشگاه تجزیه خاک و آب استان کردستان تجزیه گردید (جدول 1). در این آنالیز نیتروژن کل با استفاده از روش کج‌دال (برمنر و مولوانی 1982)، فسفر قابل جذب به روش اولسن و همکاران (1954)، بافت خاک بر اساس روش هیدرومتر (جی و باوئر 1979)، EC و pH عصاره اشباع خاک بر اساس روش اسمیت و دوران (1996) و پتاسیم قابل جذب با استفاده از عصاره گیر استات آمونیوم و بر اساس روش کارتر (1993) اندازه گیری شد. کود دامی و کمپوست مورد استفاده قبل از مصرف بر اساس روش کارتنی و مولن (2008) تجزیه گردید تا درصد عناصر آن مشخص گردد (جدول 2). متناسب با هر یک از سطوح عامل فرعی بذور کلزا قبل از کشت با باکتری باسیلوس، سودوموناس، قارچ تریکودرما و یا ترکیبی از آن‌ها تلقیح شدند. جهت تلقیح هر کیلوگرم بذر کلزا با 700 میلی لیتر آب و 200 گرم شکر مرطوب گردید و سپس باکتری و قارچ به آن اضافه شد و پس از خشک شدن در سایه کشت گردید. باکتری‌های *Bacillus lentus* سویه P5 و *Pseudomonas putida* سویه P13 از شرکت زیست فناوری سبز (کود بارور 2 که حاوی 10^8 اندام فعال باکتری در هر گرم¹ بود) و قارچ *Trichoderma harzianum* سویه T39 از موسسه تحقیقات آفات و بیماری‌های گیاهی وزارت جهاد کشاورزی

عرض شمالی با ارتفاع 1400 متر از سطح دریا انجام شد. این آزمایش در قالب کرت‌های دو بار خرد شده (اسپلیت-اسپلیت پلات) با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی، در سه تکرار انجام گرفت. سه تناوب مختلف زراعی شامل نخود- آفتابگردان - گندم - کلزا (R1)، کود سبز - نخود - کود سبز - گندم - کود سبز - کلزا (R2)، کلزا-کلزا-کلزا (R3) به عنوان عامل اصلی در نظر گرفته شد. کود پایه نیز در 6 سطح شامل 20 تن کود دامی در هکتار (N1)، 10 تن کمپوست زباله شهری در هکتار (N2)، کود شیمیایی شامل 100 کیلوگرم سوپر فسفات تریپل + 150 کیلوگرم اوره و 50 کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار (N3)، پنج تن کمپوست زباله شهری + 10 تن کود دامی (N4) و پنج تن کمپوست زباله شهری + 10 تن کود دامی + 50 کیلوگرم سوپر فسفات تریپل + 75 کیلوگرم اوره + 25 کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار (N5) و تیمار شاهد (N6) به عنوان عامل فرعی تعیین شدند. چهار ترکیب مختلف از کودهای زیستی شامل: باکتری باسیلوس و سودوموناس (B1)، قارچ تریکودرما (B2)، باکتری باسیلوس و سودوموناس + قارچ تریکودرما (B3) و تیمار شاهد (بدون قارچ و باکتری) (B4) به عنوان سطوح عامل فرعی فرعی انتخاب شدند. ابعاد هر کرت اصلی 10×60 متر معادل 600 متر مربع در نظر گرفته شد و کرت‌های فرعی دارای ابعاد 8×10 متر بود. جهت اجرای تناوب زراعی زمین مورد نظر به سه قسمت مساوی (قطعه اصلی) تقسیم گردید. در قطعه شماره یک در اوایل فروردین ماه 1387 نخود (*Cicer arietinum*) رقم پیروز کشت گردید. پس از برداشت نخود (در اوایل تیر ماه) آفتابگردان (*Helianthus annuus*) رقم آذرگل کشت گردید. پس از برداشت آفتابگردان در مهر ماه گندم (*Triticum aestivum*) رقم زرین کشت گردید. در اواخر تیر ماه 1388 گندم برداشت گردید و کلزا (*Brasica napus*) رقم طلایه در شهریور ماه 1388 کشت گردید. در قطعه شماره دو تناوب مشابه کرت شماره یک بود با این تفاوت که به جای آفتابگردان کود سبز در تناوب قرار گرفت و در فاصله بین کشت‌های

¹ CFU/g

جدول 1- نتایج تجزیه فیزیکی شیمیایی خاک مزرعه قبل از شروع آزمایش.

پتاسیم قابل جذب	فسفر قابل جذب	کربن آلی	رطوبت اشباع	رس	سیلت	شن	pH	EC (ds/m)
(ppm)		(درصد)						
225	8/2	1/09	37	25/5	37/7	36/8	7/35	1/15

جدول 2- تجزیه عناصر موجود در کود دامی و کمپوست مورد استفاده.

مس	گوگرد	روی	منیزیم	کلسیم	پتاسیم	فسفر	نیتروژن	pH	
(ppm)				(درصد)					
25	659	2	1100	745	0/31	0/49	0/47	7/45	کود دامی
295	2106	12	1890	1950	0/51	1/15	0/7	7/2	کمپوست

نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تناوب زراعی و منابع مختلف کودی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه دارد (جدول 3). اثر متقابل کودهای پایه و تناوب نیز تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تناوب R2 که دارای کود سبز بود افزایش عملکرد معنی‌داری را نسبت به سایر تیمارها نشان داد. تک کشتی کلزا R3 نیز باعث ایجاد کمترین عملکرد دانه در سال سوم گردید. فاکتورهای متعددی را می‌توان به عنوان دلایل افزایش عملکرد دانه در تناوب R2 ارائه نمود. افزایش جذب عناصر غذایی از قبیل نیتروژن و گوگرد در اثر کاربرد کود سبز یکی از عوامل افزایش عملکرد دانه است که در این مطالعه نیز ثابت گردید. یادوندیر سینگ و همکاران (2004) نیز افزایش حاصلخیزی خاک در اثر تناوب زراعی را دلیل افزایش عملکرد عنوان نمودند. علاوه بر این سایر مطالعات توجیحات فراوانی برای افزایش عملکرد در تناوب زراعی ارائه نموده‌اند. کنترل آفات و بیماری‌ها (لارکین 2008)، افزایش فعالیت‌های زیستی خاک (لارکین 2008، وانی و همکاران 1994)، بالا رفتن

(تهران) تهیه گردید. در پایان فصل سال سوم عملکرد دانه در تمام واحدهای آزمایشی اندازه‌گیری شد. نیتروژن دانه با استفاده از روش کج‌دال و گوگرد دانه با روش سدیم پراکسید و بر اساس استانداردهای AOAC¹ (1998) اندازه‌گیری شد. محتوی روغن دانه با استفاده از روش استاندارد سوکسله و به کمک حلال متانول-کلروفرم تعیین گردید (AOAC 1998). تعیین ترکیب اسیدهای چرب به وسیله دستگاه کروماتوگرافی گازی مدل IGO 120 DFL انجام گرفت (احمد و عابدین 2000). محتوی کلروفیل برگ در مرحله گل‌دهی با استفاده از دستگاه کلروفیل متر (ساخت کمپانی مینولتای ژاپن) تعیین گردید. داده‌های حاصل از نمونه‌برداری‌ها برای سهولت در محاسبه‌های ریاضی در صفحات گسترده برنامه Excel ثبت شدند و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها مطابق روش تجزیه واریانس (PROC ANOVA) از برنامه آماری SAS استفاده شد (SAS 2003). مقایسه میانگین‌های صفات نیز به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت.

¹ Association of Official Analytical Chemists

جدول 3 - تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد دانه و برخی صفات کیفی کلزا.

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	کلروفیل	نیترژن دانه	گوگرد دانه	نسبت N/S
بلوک (تکرار)	2	7797/2	1/6	0/419	0/003	0/33
تناوب	2	68229499**	49/78**	1716/3**	7/33**	44/28**
خطای a	4	58675/8	1/57	0/71	0/074	0/42
کود پایه	5	26001161/3**	324/7**	941/4**	48/3**	55/3**
کود پایه × تناوب	10	1135650**	18/1**	85/9**	0/59**	10/6**
خطای b	30	335/15	0/28	0/26	0/044	0/41
کود زیستی	3	1333038**	10/22**	30/71**	1/085**	1/31**
کود زیستی × تناوب	6	3070/4	0/57**	0/153	0/0036	0/023
کود زیستی × کود پایه	15	5942/3	0/116	0/26	0/0088	1/3**
کود زیستی × پایه × تناوب	30	4210/5	0/27	1/75	0/0027	0/04
خطای c	108	2143/7	0/107	0/95	0/006	0/046

** و * به ترتیب نشانه معنی داری در سطح احتمال یک و پنج درصد می باشد.

و همکاران (1994) نشان داد که قرار گرفتن بقولات قبل از کلزا باعث کاهش مصرف کودهای نیترژن دار به میزان 25 کیلوگرم در هکتار می گردد. با توجه به عوارض جدی مصرف نهاده های شیمیایی، تناوب زراعی می تواند نقش مهمی را در سلامت آگرواکوسیستم ایفا نماید.

در مقایسه میانگین های کودهای پایه (جدول 4) مشخص شد که تیمار N5 نسبت به سایر تیمارها از نظر عملکرد دانه اختلاف آماری معنی داری دارد. در توجیه این مطلب می توان اظهار داشت که به موازات رفع نیاز فسفر و نیترژن گیاه توسط کود شیمیایی اضافه نمودن کود دامی و کمپوست باعث فراهمی گوگرد، کلسیم و منیزیم برای گیاه گردید. ارهارت و هارتل (2003) نیز نشان دادند که استفاده از کمپوست زباله شهری باعث افزایش فسفر، پتاسیم، منیزیم و کلسیم قابل دسترس گیاه در یکسال زراعی می گردد. از طرف دیگر کمپوست مورد استفاده در این آزمایش

کارایی مصرف آب (کریستین و سیلینگ 1995) از مهم ترین دلایل افزایش عملکرد دانه در تناوب زراعی می باشد. علاوه بر افزایش عملکرد تناوب زراعی با حفظ و افزایش ماده آلی خاک، افزایش تنوع زیستی و جامعه بیولوژیک خاک باعث نگهداری منابع برای نسل های آینده نیز می گردد. با توجه به اینکه برای اجرای تناوب زراعی و دستیابی به زراعت پایدار کشاورز باید یک دوره گذر زمانی را پشت سر بگذارد و معمولاً افزایش عملکرد پس از سه تا پنج سال شروع خواهد شد. متأسفانه به علت وجود برخی عوامل اقتصادی اجرای تناوب زراعی در کشور محدود بوده و اغلب کشاورزان به دلیل فشارهای اقتصادی توان طی دوره گذر و دستیابی به اهداف بلند مدت را ندارند و با تک کشتی محصولات و کاربرد نهاده های شیمیایی تنها به اهداف کوتاه مدت توجه می نمایند (کامکار و مهدوی دامغانی 1387). کاربرد تناوب زراعی می تواند به کاهش مصرف کودهای شیمیایی نیز منجر گردد. یافته های آرمسترانگ

کمپلکس‌های موجود در خاک می‌گردند و دسترسی گیاه به عناصر غذایی افزایش پیدا می‌کند (رودرش و همکاران 2005، جوتور و ردی 2007). فراهمی مواد غذایی بر اثر وجود کودهای زیستی یکی از دلایل افزایش عملکرد می‌باشد. ستار و گاور (1987) نیز افزایش عملکرد و تحریک رشد را به علت تولید اکسین و جیبرلین توسط باکتری‌های حل‌کننده فسفات گزارش نمودند.

حاوی درصد گوگرد (S) نسبتاً بالایی نسبت به کود دامی بود. گوگرد از عناصری است که کلزا نسبت به آن عکس‌العمل مثبت نشان می‌دهد (اساری و اسکریسبریک 1995، ژاو و همکاران 1997). در مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که بیشترین عملکرد دانه (2543 کیلوگرم در هکتار) در تیماری که قارچ و باکتری به طور همزمان مورد استفاده قرار گرفته بود (B3) حاصل گردید (جدول 4). باکتری‌های حل‌کننده فسفات با ترشح اسیدهای آلی و فسفاتاز باعث آزاد سازی عناصر از

جدول 4 - مقایسه میانگین‌های عملکرد و برخی صفات کیفی دانه کلزا.

نسبت N/S	گوگرد دانه (میلی‌گرم در گرم)	نیترژن دانه (میلی‌گرم در گرم)	کلروفیل برگ (عدد spad)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	تیمار
تناوب					
9/07 ^a	4/02 ^b	34/6 ^b	31/9 ^b	2778/5 ^b	R1 (نخود، آفتابگردان، گندم، کلزا)
8/31 ^b	4/43 ^a	36/2 ^a	32/9 ^a	3076/7 ^a	R2 (کودسبز، نخود، کودسبز، گندم، کودسبز، کلزا)
9/23 ^a	3/12 ^c	28/8 ^c	31/3 ^b	1261/4 ^c	R3 (کلزا، کلزا، کلزا)
کود پایه					
9/13 ^b	3/18 ^e	28/5 ^e	30/57 ^d	1942/7 ^e	کود دامی (N1)
8/75 ^c	3/48 ^d	30/5 ^d	30/72 ^d	2125/1 ^d	کمپوست (N2)
7/39 ^d	5/05 ^b	37/6 ^b	33/57 ^b	2484/2 ^c	کود شیمیایی (N3)
7/46 ^d	4/75 ^c	35/5 ^c	32/3 ^c	3067/3 ^b	دامی + کمپوست (N4)
6/91 ^e	5/47 ^a	38/9 ^a	36/9 ^a	3503/2 ^a	شیمیایی + دامی + کمپوست (N5)
10/01 ^a	2/59 ^f	25/8 ^f	28/2 ^e	1112/1 ^f	شاهد (N6)
کود زیستی					
8/36 ^b	4/09 ^b	32/8 ^b	32/04 ^b	2398/8 ^b	باکتری (B1)
8/31 ^b	4/09 ^b	32/9 ^b	32/08 ^b	2384/6 ^b	قارچ (B2)
8/08 ^c	4/26 ^a	33/3 ^a	32/6 ^a	2543/1 ^a	باکتری + قارچ (B3)
8/44 ^a	3/91 ^c	31/6 ^c	31/5 ^c	2162/4 ^c	شاهد (B4)

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

افزایش ماده آلی خاک و بهبود ساختمان خاک نیز می‌گردد و باعث توسعه رشد ریشه می‌گردد.

بنابراین می‌توان اظهار داشت که علیرغم کاشت سه سال متوالی کلزا با کاربرد نهاده‌های آلی می‌توان عملکردی مناسب (2045 کیلو گرم در هکتار) تولید نمود. همچنین مشاهده شد اگر به تیمار مذکور باکتری‌های حل‌کننده فسفات و قارچ تریکودرما نیز به طور همزمان اضافه گردد (R3N4B3) عملکرد دانه به میزان 2369 کیلوگرم در هکتار افزایش می‌یابد.

کلروفیل برگ

بر اساس تجزیه واریانس داده‌ها (جدول 3) کلروفیل برگ به طور معنی‌داری تحت تأثیر تناوب و روش‌های مختلف کود دهی قرار گرفت. اثر متقابل تناوب با کود پایه و تناوب با کود زیستی نیز بر کلروفیل برگ معنی‌دار شد (شکل 1). مقایسه میانگین‌ها (جدول 4) نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل برگ در تناوب R2 ایجاد شده است. با توجه به وجود بیشترین میزان نیتروژن در این تیمار، دستیابی به میزان بالای کلروفیل چندان دور از انتظار نبود. استفاده همزمان از باکتری‌های حل‌کننده فسفات و قارچ تریکودرما باعث افزایش کلروفیل برگ گردید (جدول 4). بررسی برهمکنش کود زیستی و تناوب نشان داد که در تناوبی که کود سبز وجود داشت (R2) فعالیت کودهای زیستی نیز افزایش یافت و کاربرد کودهای زیستی باعث افزایش معنی‌دار کلروفیل گردید (شکل 1). راجندران و همکاران (2008) نیز در آزمایش خود مشاهده کردند که استفاده همزمان از باکتری ریزوبیوم و باسیلوس به افزایش محتوی کلروفیل برگ منجر می‌گردد. یافته‌های رودرش و همکاران (2005) نشان داد که کاربرد همزمان باکتری‌های حل‌کننده فسفات و قارچ تریکودرما باعث افزایش نیتروژن و کلروفیل برگ گردید. به نظر می‌رسد فراهمی فسفر تأثیر معنی‌داری بر افزایش کلروفیل برگ داشته است. لیما و همکاران (1999) نیز نشان دادند که کمبود فسفر باعث کاهش کلروفیل برگ

افزایش عملکرد دانه را می‌توان به کاهش عوامل بیماری‌زا در اثر قارچ تریکودرما نیز نسبت داد. از طرف دیگر بیشتر استرین‌های تریکودرما، محیط اطرافشان را به وسیله ترشح اسیدهای آلی مثل اسید گلوکونیک، اسید فوماریک و اسید سیتریک، اسیدی می‌کنند. این اسیدهای ارگانیک قادر به حل فسفات، کاتیون‌های ریزمغذی شامل آهن، منگنز و منیزیم می‌باشند، بنابراین استفاده از قارچ تریکودرما باعث افزایش حاصلخیزی خاک و در نتیجه افزایش تولید محصول می‌گردد. به نظر می‌رسد وجود باکتری‌های آزاد کننده فسفر با افزایش دسترسی به عناصر غذایی و قارچ تریکودرما با کاهش عوامل بیمارگر و تنش‌زا به افزایش تعداد غلاف بارور و عملکرد دانه منجر شده است. رودرش و همکاران (2005) نیز در آزمایش خود نشان دادند که کاربرد همزمان باکتری‌های حل‌کننده فسفات و قارچ تریکودرما باعث افزایش جذب عناصر غذایی و عملکرد دانه می‌گردد. فرناندو و همکاران (2007) نیز نشان دادند که باکتری‌های باسیلوس و سودوموناس باعث کنترل بیولوژیک بیماری اسکروتینیا در کلزا و افزایش عملکرد دانه می‌گردد.

در بررسی اثر متقابل کود پایه و تناوب (جدول 5) مشخص شد که بیشترین عملکرد دانه (4360 کیلو گرم در هکتار) در تیمار R2N5 حاصل گردید. همچنین مشخص شده است عملکرد دانه در تیمار R3N4 که در آن کلزا سه سال متوالی کشت شده بود و تنها با کود دامی و کمپوست تغذیه شده بود افزایش معنی‌داری نسبت به تیمار R3N3 داشت که با کود شیمیایی تغذیه شده بود. این افزایش عملکرد معادل حدود 100 درصد بود. در تک‌کشتی کلزا فراوانی علف‌های هرز افزایش می‌یابد و حضور میزان قابل توجهی نیتروژن در اثر مصرف کودهای شیمیایی رقابت را به سود علف هرز تغییر می‌دهد. اما کاربرد کودهای آلی باعث آزاد سازی تدریجی نیتروژن می‌گردد و نیتروژن اضافی در ریزوسفر برای جذب توسط علف‌های هرز وجود نخواهد داشت. علاوه بر این کاربرد کودهای آلی باعث

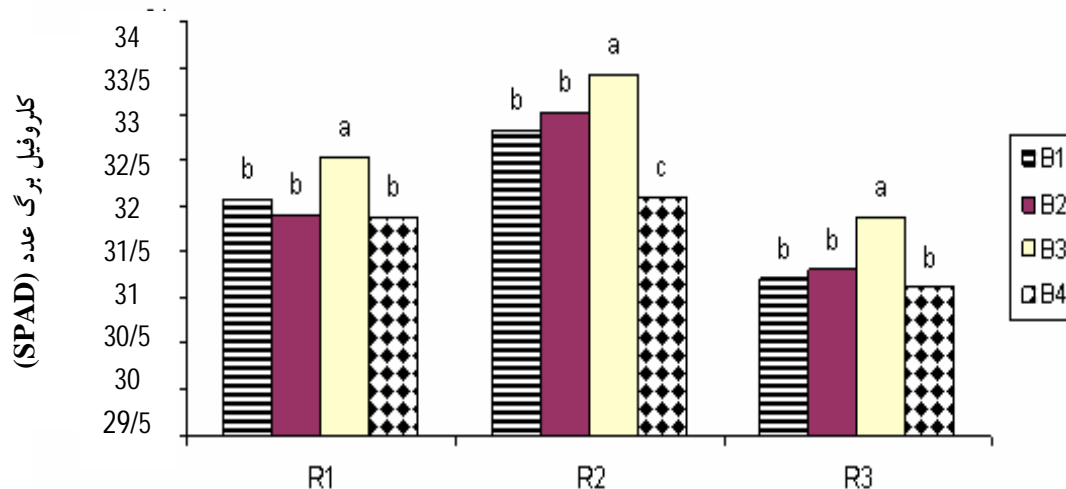
افزایش کلروفیل برگ باشد. هبستگی مثبت بین افزایش فراهمی نیتروژن و میزان کلروفیل برگ در مطالعات مختلفی گزارش شده است (دینگ و همکاران 2005، داماتا و همکاران 2002).

و فلورسانس آن می‌گردد. در مقایسه میانگین‌ها بین سطوح کودهای پایه مشخص شد که بیشترین میزان کلروفیل در تیمار N5 ایجاد گردید. با توجه به نقش کلیدی عناصری مانند نیتروژن و منیزیم در ساختمان کلروفیل، به نظر می‌رسد تامین این عناصر دلیل اصلی

جدول 5 - مقایسه میانگین‌های عملکرد کلزا و برخی صفات کیفی تحت تاثیر برهمکنش تناوب و کودهای پایه

تناوب	کود پایه	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	کلروفیل برگ (عدد spad)	نیتروژن دانه (میلی‌گرم در گرم)	گوگرد دانه (میلی‌گرم در گرم)	نسبت N/S
R1	کود دامی (N1)	2342 ^c	30/53 ^b	28/46 ^{cd}	3/05 ^a	9/33 ^b
	کمپوست (N2)	2589 ^c	30/98 ^b	30/69 ^c	3/33 ^a	9/20 ^b
	کود شیمیایی (N3)	3170 ^b	34/45 ^{ab}	41/06 ^a	5/20 ^a	7/89 ^c
	دامی + کمپوست (N4)	3098 ^b	31/18 ^b	37/83 ^b	4/66 ^a	8/11 ^c
	شیمیایی + دامی + کمپوست (N5)	4160 ^a	38/11 ^a	42/85 ^a	5/72 ^a	7/48 ^c
	شاهد (N6)	1310 ^d	26/15 ^c	26/93 ^d	2/17 ^a	12/43 ^a
R2	کود دامی (N1)	2512 ^c	31/29 ^b	30/27 ^c	3/72 ^a	8/18 ^b
	کمپوست (N2)	2704 ^c	31/57 ^b	33/61 ^c	3/81 ^a	8/81 ^b
	کود شیمیایی (N3)	3263 ^b	34/47 ^b	42/53 ^a	5/23 ^a	8/13 ^b
	دامی + کمپوست (N4)	4058 ^a	33/33 ^b	39/17 ^b	5/07 ^a	7/73 ^c
	شیمیایی + دامی + کمپوست (N5)	4306 ^a	37/96 ^a	42/97 ^a	5/70 ^a	7/54 ^c
	شاهد (N6)	1614 ^d	29/21 ^c	29/17 ^d	3/08 ^a	9/47 ^a
R3	کود دامی (N1)	972 ^b	29/89 ^b	26/85 ^a	2/77 ^a	9/89 ^a
	کمپوست (N2)	1081 ^b	29/62 ^b	27/23 ^a	3/30 ^a	8/25 ^b
	کود شیمیایی (N3)	1019 ^b	31/80 ^b	29/20 ^a	4/73 ^a	6/16 ^c
	دامی + کمپوست (N4)	2045 ^a	32/38 ^b	29/66 ^a	4/52 ^a	6/55 ^c
	شیمیایی + دامی + کمپوست (N5)	2042 ^a	34/90 ^a	28/46 ^a	5/00 ^a	5/70 ^d
	شاهد (N6)	407 ^c	29/42 ^b	21/36 ^b	2/52 ^a	8/47 ^b

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.



شکل 1- مقایسه میانگین کلروفیل برگ تحت تاثیر اثر متقابل کود زیستی و تناوب زراعی

(R1: تناوب نخود- آفتابگردان - گندم - کلزا، R2: کود سبز - نخود - کود سبز - گندم - کود سبز - کلزا و R3: کلزا-کلزا-کلزا & B1: کاربرد باکتری باسیلوس و سودوموناس، B2: فارچ تریکودرما، B3: باکتری باسیلوس و سودوموناس + فارچ تریکودرما و B4: تیمار شاهد)

در مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که تیمار مذکور دارای کمترین نسبت نیتروژن به گوگرد بود. پژوهش‌های متعدد نشان می‌دهد که افزایش بیش از حد نسبت نیتروژن به گوگرد دانه در کلزا عملکرد دانه را کاهش می‌دهد (ژاو و همکاران 1997). علاوه بر این به دلیل این‌که گوگرد نقش مهمی در متابولیسم اسیدهای چرب، اسیدهای آمینه گوگرد دار و کلروفیل برگ دارد و می‌تواند باعث افزایش عملکرد دانه گردد (بارکر و پیلیم 2007)، بنابراین می‌توان یکی از دلایل کاهش عملکرد در تناوب R3 را به افزایش نسبت N/S مرتبط دانست. قرار گرفتن کود سبز قبل از کاشت کلزا باعث فراهمی نیتروژن و سایر عناصر غذایی گردید. نیتروژن تثبیت شده توسط ماشک گل خوشه‌ای که در ریزوسفر آزاد شده بود باعث افزایش جذب نیتروژن توسط کلزا گردید و محتوی نیتروژن دانه افزایش یافت. تناوب R1 نیز در مقایسه با تک کشتی کلزا R3 دارای میزان نیتروژن و گوگرد بیشتری بود. در توجیه این امر می‌توان اظهار داشت که در تناوب زراعی قرار گیری ریشه گیاهان زراعی در عمق‌های مختلف باعث تخلیه نشدن مواد

نیتروژن و گوگرد

تجزیه و آریانس داده‌ها نشان داد که تناوب زراعی تأثیر معنی‌داری بر نیتروژن (N)، گوگرد (S) دانه و نسبت نیتروژن به گوگرد (N/S) دانه دارد (جدول 3). نسبت نیتروژن به گوگرد (N/S) نقش مهمی در متابولیسم اسیدهای چرب گوگرد دار دارد و نشان دهنده تعادل جذب نیتروژن و گوگرد در گیاه است. افزایش N/S باعث کاهش عملکرد و تولید اسیدهای چرب می‌گردد (ژاو و همکاران 1998). مقایسه میانگین‌ها (جدول 4) نشان داد که بیشترین میزان نیتروژن و گوگرد دانه و کمترین نسبت N/S در تناوب حاصل گردید. نسبت نیتروژن به گوگرد یک پارامتر ژنتیکی محسوب می‌گردد، ولی عوامل محیطی و تغذیه‌ای نیز روی این نسبت تاثیر گذارند (ژاو و همکاران 1998). افزایش این نسبت تا حدی برای گیاه مطلوب می‌باشد، اما در کلزا افزایش این نسبت باعث بروز علائم کمبود گوگرد در گیاه می‌گردد و عملکرد دانه را کاهش می‌دهد (بارکر و پیلیم 2007). همان‌طور که مشاهده گردید عملکرد دانه در تناوب R2 بیشتر بود،

به صورت آلی بود و به تدریج عناصر غذایی خود را در اختیار گیاه زراعی قرار دادند مشکلاتی از قبیل آلودگی خاک و رقابت علف‌های هرز نیز کاهش می‌یابد.

کودهای زیستی نیز تأثیر معنی‌داری بر نیتروژن، گوگرد و نسبت (N/S) دانه داشتند (جدول 4). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد همزمان باکتری‌های حل‌کننده فسفات و قارچ تریکودرما باعث افزایش نیتروژن و گوگرد دانه و کاهش نسبت (N/S) گردید. به نظر می‌رسد ترشح اسیدهای آلی توسط این میکروارگانیسم‌ها و آزاد سازی این عناصر غذایی از ترکیبات مختلف در خاک، مهمترین دلیل افزایش گوگرد و نیتروژن دانه باشد. نتایج مذکور با یافته‌های ساهنی و همکاران (2008) مطابقت دارد، آنان اظهار داشتند که کاربرد باکتری *Sudomonas sibirica*¹ میزان نیتروژن، گوگرد، آهن و منگنز دانه را افزایش می‌دهد. اثرات متقابل مثبتی بین باکتری‌های حل‌کننده فسفات و باکتری‌های آزاد زی تثبیت‌کننده نیتروژن در سایر مطالعات گزارش شده است (رودرش و همکاران 2005). بنابراین می‌توان اظهار داشت که وجود باکتری‌های حل‌کننده فسفات باعث افزایش تثبیت بیولوژیک نیتروژن در ریزوسفر گردیده و در نهایت محتوی نیتروژن دانه افزایش یافته است.

روغن دانه و ترکیب اسیدهای چرب

نتایج نشان داد که تناوب زراعی و کودهای پایه و زیستی تأثیر معنی‌داری بر درصد روغن و عملکرد روغن دانه داشتند (جدول 6). در مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که بین تناوب R1 و R2 تفاوت آماری معنی‌داری وجود ندارد، ولی در این دو تناوب درصد روغن و عملکرد روغن بیشتری نسبت به تناوب R3 تولید گردید (جدول 7). بنابراین می‌توان اظهار داشت که اجرای تناوب زراعی برای کلزا چه با کود سبز چه بدون کود سبز، باعث افزایش محتوی روغن دانه می‌گردد. در مقایسه کودهای پایه مشاهده شد که بیشترین درصد روغن در تیمارهای N1 و N2 و بیشترین عملکرد

غذایی و باقی ماندن آن‌ها در عمق‌های مختلف گردیده و همچنین متفاوت بودن نیاز غذایی گیاهان تناوب باعث شد تا مشکلات تغذیه‌ای کلزا در تناوب کاهش یابد یعنی به نوعی رقابت در زمان برای عناصر غذایی کاهش یابد. اما در تک کشتی کلزا سه سال متوالی ریشه کلزا از یک عمق خاص فرم‌های خاصی از نیتروژن و سایر عناصر را جذب نموده و باعث تخلیه عناصر غذایی گردید.

نتایج نشان داد که کودهای پایه تأثیر معنی‌داری بر نیتروژن، گوگرد و نسبت (N/S) دانه دارند. اثر متقابل بین کود پایه و تناوب نیز تأثیر معنی‌داری بر درصد نیتروژن و گوگرد و نسبت (N/S) دانه داشت (جدول 5). در مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که بیشترین میزان نیتروژن دانه (38/9 میلی‌گرم در گرم) در تیمار N5 به دست آمد (جدول 4). در بیان علت آن می‌توان اظهار داشت که کمپوست و کود دامی در کنار کودهای شیمیایی باعث فراهمی بیشتر نیتروژن می‌گردند، علاوه بر این کاربرد کودهای آلی باعث افزایش فعالیت آنزیمی و میکروبی خاک و افزایش فراهمی نیتروژن برای گیاه می‌گردد (هاتچ و همکاران 2007). همچنین کمپوست مورد استفاده حاوی درصد گوگرد قابل توجهی بود که باعث افزایش معنی‌دار فراهمی و جذب گوگرد دانه نسبت به تیمار کود دامی گردید. یافته‌های ساهنی و همکاران (2008) نشان داد که کاربرد کمپوست درصد گوگرد و نیتروژن دانه را افزایش می‌دهد. کمترین نسبت (N/S) در تیمار N5 مشاهده گردید. این تیمار دارای بیشترین عملکرد دانه نیز بود. در بررسی اثرات متقابل تناوب و کودهای پایه مشاهده شد که بیشترین میزان نیتروژن (42/97 میلی‌گرم در گرم) و گوگرد دانه (5/7 میلی‌گرم در گرم) در تیمار R2N5 به دست آمد. کاربرد همزمان کود دامی، کمپوست و کود شیمیایی در حالی که کود سبز نیز به عنوان پیش کاشت قبل از کلزا در تناوب قرار گرفته بود باعث غنی شدن ریزوسفر از نیتروژن و سایر عناصر غذایی گردید و میزان نیتروژن و گوگرد دانه به صورت معنی‌داری افزایش یافت. با توجه به این که در این ترکیب تیماری اغلب منابع کودی

¹ - *Pseudomonas syringae*

جدول 6 - تجزیه واریانس (میانگین مربعات) روغن و ترکیب اسیدهای چرب دانه کلزا.

منابع تغییر	درجه آزادی	روغن دانه	عملکرد روغن	اسید پالمیتیک	اسید استئاریک	اسید اولئیک	اسید لینولئیک	اسید لینولئیک
بلوک (تکرار)	2	3/27	1864	0/015	0/003	0/19	0/071	0/03
تناوب	2	101/1*	145535**	0/35	0/009*	2/13	0/048	0/07
خطای a	4	10/02	3952	0/2	0/0005	0/57	0/075	0/02
کود پایه	5	273/5**	470346**	0/012**	0/003**	89/6**	14/06**	0/001**
کود پایه * تناوب	10	0/418	22326/5	0/0018	0/0023	0/24	0/029	0/0006
خطای b	30	0/75	36740	0/003	0/0007	0/3	0/083	0/0004
کود زیستی	3	2/05**	270046**	0/104**	0/0004	0/95**	0/104**	0/0002
کود زیستی * تناوب	6	0/3	2232	0/0016	0/0004	0/025	0/002	0/0003
کود زیستی * کود پایه	15	0/19	781/5	0/0028	0/0003	0/02	0/024**	0/0004
کود زیستی * پایه * تناوب	30	0/029	114/7	0/0028	0/0002	0/019	0/002	0/0004
خطای c	108	0/13	490	0/0021	0/0002	0/028	0/004	0/0002

** و * به ترتیب نشانه معنی داری در سطح احتمال یک و پنج درصد می باشد.

(1976). در این مطالعه نیز همبستگی بالایی (0/68) بین درصد روغن و نیتروژن دانه مشاهده گردید. کاربرد کود دامی و کمپوست به صورت منفرد باعث افزایش درصد روغن دانه کلزا گردید ولی عملکرد روغن را نسبت به کود شیمیایی افزایش معنی داری نداد. اما کاربرد توام کود دامی و کمپوست عملکرد روغن را نسبت به تیمار کود شیمیایی به صورت معنی داری افزایش داد (جدول 7). یافته های هاو و همکاران (2004) نشان داد که کاربرد نهاده های آلی مانند کود دامی در بلند مدت باعث افزایش محتوی روغن دانه می گردد. بیشترین عملکرد و درصد روغن نیز در ترکیب همزمان باکتری های حل کننده فسفات و قارچ تریکودرما حاصل گردید.

بین اسیدهای چرب دانه کلزا، تناوب زراعی تنها تاثیر معنی داری بر اسید استئاریک (18:0) داشت. کودهای پایه نیز تاثیر معنی داری بر اسیدهای چرب امگا

روغن در تیمار N5 حاصل گردید. در این تیمار کاربرد کود دامی و کمپوست در کنار کودهای شیمیایی باعث افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه گردید و پس از تیمار شاهد کمترین درصد روغن در این تیمار گزارش گردید. گزارش های متعددی در مورد کاهش درصد روغن دانه کلزا با افزایش نیتروژن وجود دارد (هوچینگ و همکاران، 2002، رامسای و کالینان 1994، تایلور و همکاران 1991 و بیلز بارو و همکاران 1993). راسکه و همکاران (2005) اظهار داشتند که در اثر مصرف زیاد کودهای نیتروژن دار دسترسی به کربوهیدرات ها برای سنتز روغن کاهش می یابد و در مقابل سنتز پروتئین افزایش می یابد. سنتز اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب هر دو نیازمند ترکیبات کربنی ناشی از تجزیه کربوهیدرات ها می باشد و چون محتوی کربوهیدرات پروتئین ها کمتر از روغن می باشد، افزایش نیتروژن باعث کاهش سنتز روغن می گردد (بهاتیا و رابسون

کیفیت روغن کلزا می‌گردد (احمد و عابدین 2000). اما کاربرد کودهای شیمیایی باعث کاهش درصد اسید اولئیک گردید. یافته‌های راسکه و همکاران (2006) نیز نشان داد که افزایش فراهمی نیتروژن باعث کاهش درصد اسید اولئیک دانه می‌گردد. کودهای زیستی نیز تاثیر معنی‌داری بر اسید پالمیتیک، اولئیک و لینولئیک داشتند.

6 یا اسید لینولئیک (18:2) و امگا 9 یا اسید اولئیک (18:1)، اسید پالمیتیک (16:0)، اسید استئاریک (18:0) و اسید لینولنیک (18:3) داشتند (جدول 6). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد کود دامی و کمپوست در مقایسه با کاربرد کودهای شیمیایی باعث افزایش معنی‌دار امگا 9 و امگا 6 گردید (جدول 7). این دو اسید چرب جز اسیدهای چرب غیر اشباع محسوب می‌گردند. افزایش اسیدهای چرب غیر اشباع نیز باعث افزایش

جدول 7 - مقایسه میانگین‌های روغن و ترکیب اسیدهای چرب دانه کلزا.

اسید لینولنیک (درصد اسید چرب)	اسید لینولئیک (درصد اسید چرب)	اسید اولئیک (درصد اسید چرب)	اسید استئاریک (درصد اسید چرب)	اسید پالمیتیک (درصد اسید چرب)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)	روغن دانه (درصد)	تیمار
تناوب							
9/15 ^a	22/28 ^a	60/2 ^a	1/72 ^a	5/03 ^a	1223/9 ^b	44 ^a	R1 (نخود، آفتابگردان، گندم، کلزا)
9/19 ^a	22/30 ^a	60/7 ^a	1/69 ^b	4/92 ^a	1370 ^a	44/4 ^a	R2 (کودسبز، نخود، کودسبز، گندم، کودسبز، کلزا)
9/12 ^a	22/33 ^a	60/2 ^a	1/68 ^b	5/04 ^a	531/8 ^c	44/22 ^b	R3 (کلزا، کلزا، کلزا)
کود پایه							
9/15 ^{ab}	22/7 ^a	61/4 ^b	1/71 ^a	4/99 ^b	913/1 ^e	46/5 ^a	کود دامی (N1)
9/16 ^a	22/8 ^a	61/2 ^b	1/69 ^b	5/06 ^a	1006/5 ^d	46/8 ^a	کمپوست (N2)
9/14 ^b	21/6 ^c	59/1 ^d	1/68 ^b	4/98 ^b	1060/3 ^c	42/5 ^c	کود شیمیایی (N3)
9/16 ^a	22/8 ^a	62/5 ^a	1/68 ^b	5/00 ^b	1359/7 ^b	44/02 ^b	دامی + کمپوست (N4)
9/16 ^a	22/3 ^b	59/9 ^c	1/69 ^b	5/00 ^b	1464/8 ^a	41/5 ^d	شیمیایی + دامی + کمپوست (N5)
9/15 ^{ab}	21/4 ^d	58/2 ^e	1/68 ^b	4/98 ^b	447/3 ^f	39/9 ^e	شاهد (N6)
کود زیستی							
9/15 ^a	22/32 ^a	60/49 ^b	1/69 ^a	4/94 ^c	1052/9 ^b	43/67 ^a	باکتری (B1)
9/15 ^a	22/25 ^c	60/40 ^c	1/68 ^a	5/04 ^a	1046/6 ^b	43/51 ^b	قارچ (B2)
9/16 ^a	22/34 ^a	60/57 ^a	1/69 ^a	5/01 ^b	1120/5 ^a	43/77 ^a	باکتری + قارچ (B3)
9/15 ^a	22/28 ^b	60/26 ^d	1/69 ^a	5/00 ^b	948/3 ^c	43/31 ^c	شاهد (B4)

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

منابع مورد استفاده

- کامکار ب، و مهدوی دامغانی ع، 1387. مبانی کشاورزی پایدار. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
- محمدی خ، کلامیان س و نوری ف، 1386. استفاده از ضایعات محصولات کشاورزی به عنوان کمپوست و تاثیر آن بر عملکرد ارقام گندم. سومین همایش ملی بررسی ضایعات محصولات کشاورزی. دانشگاه تربیت مدرس. اسفند 1386. صفحات 219-224.
- Ahmad A and Abdin MZ, 2000. Effect of sulphur application on lipid, RNA and fatty acid content in developing seeds of rapeseed (*Brassica campestris* L.). *Plant Science* 150: 71-76.
- AOAC, 1998. In K. Helrich (Ed.), *Official methods of analysis* (15th ed.). Methods 920.10. Arlington, VA/Washington, DC, USA: Association of Official Analytical Chemists.
- Armstrong EL, Pate JS and Unkovich MJ, 1994. Nitrogen balance of field pea crops in South Western Australia, studied using the ^{15}N natural abundance technique. *Aust. J. Plant Physiology* 21: 533-549.
- Asare E and Scarisbrick DH, 1995. Rate of nitrogen and sulfur fertilizers on yield, yield components and seed quality of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Field Crop Research* 44 (1): 41-46.
- Barker AV and Pilbeam DJ, 2007. *Handbook of plant nutrition*, Vrc press, Taylor and francis group.
- Bhatia CR and Rabson R, 1976. Bioenergetic considerations in cereal breeding for protein improvement. *Science* 194: 1418- 1421.
- Bilsborrow PE, Evans EL and Zhano FJ, 1993. The influence of spring nitrogen on yield, yield components and glucosinolate content of autumn sown oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Journal of Agriculture Science* 10: 219-224.
- Bremner JM and Mulvaney CS, 1982. Nitrogen - total. In: Page, AL (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Part 2*. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, pp, 595-624.
- Carter MR, 1993. *Soil sampling and methods of analysis*. Canadian Society of Soil Science. Lewis Publisher.
- Courtney RG and Mullen GL, 2008. Soil quality and barley growth as influenced by the land application of two compost types. *Bioresource Technology* 99: 2913-2918.
- Christen O and Sieling K, 1995. Effect of different preceding crops and crop rotations on yield of winter oilseed rape (*Brassica napus* L). *Crop Science* 174 (4): 265-271.
- DaMatta FM, Loos RA and Loureiro ME, 2002. Limitations to photosynthesis in *Coffea canephora* as a result of nitrogen and water availability. *Journal of Plant Physiology* 159: 975-981.

- Ding L, Wang KJ, Jiang GM, Li LF and Li YH, 2005. Effects of nitrogen deficiency on photosynthetic traits of maize hybrids released in different years. *Annals of Botany* 96: 925-930.
- El-Komy HA, 2005. Coimmobilization of *Azospirillum lipoferum* and *Bacillus megaterium* for plant nutrition. *Food Technology and Biotechnology* 43(1): 19-27.
- Elad Y, 2000. Biological control of foliar pathogens by means of *Trichoderma harzianum* and potential modes of action. *Crop Protection* 19: 709-714.
- Erhart E and Hartl W, 2003. Mulching with compost improves growth of blue spruce in Christmas tree plantations. *European Journal of Soil Biology* 39(3): 149-156.
- Fernando WGD, Nakkeeran S, Zhang Y and Savchuk S, 2007. Biological control of *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary by *Pseudomonas* and *Bacillus* species on canola petals. *Crop Protection* 26: 100-107.
- Gaur AC, Ostwal KP and Mathur RS, 1980. Save super phosphate by using phosphate-solubilizing cultures and rock phosphate. *Kheti* 32: 23-25.
- Gee GW, and Bauder JW, 1979. Particle size analysis by hydrometer, a simplified method for routine textural analysis and a sensitivity test of measurement parameters. *Soil Science Society of American Journal* 43: 1004-1007.
- Hao X, Chang C and Travis GJ, 2004. Short communication: effect of long-term cattle manure application on relations between nitrogen and oil content in canola seed. *Journal of Plant Nutrition* 167: 214-215.
- Hatch DJ, Goodlass G and Shepherd MA, 2007. The effect of cutting, mulching and applications of farmyard manure on nitrogen fixation in a red clover grass sward. *Bioresource Technology* 98: 3243-3248.
- Hocking PJ, Kirkegaard JA, Angus JF, Bernardi A and Mason LM, 2002. Comparison of canola, Indian mustard and Linola in two contrasting environments III. Effects of nitrogen fertilizer on nitrogen uptake by plants and on soil nitrogen extraction. *Field Crops Research* 79: 153-172.
- Jutur PP and Reddy AR, 2007. Isolation, purification and properties of new restriction endonucleases from *Bacillus badius* and *Bacillus lentus*. *Microbiological Research* 162: 378-383.
- Larkin RP, 2008. Relative effects of biological amendments and crop rotations on soil microbial communities and soil borne diseases of potato. *Soil Biology and Biochemistry* 40: 1341-1351.
- Lima JD, Mosquim PR, and DaMatta FM, 1999. Leaf gas exchange and chlorophyll fluorescence parameters in *Phaseolus vulgaris* as affected by nitrogen and phosphorus deficiency. *Photosynthetica* 37: 113-121.
- Olsen SR, Cole CV, Watanabe FS and Dean LA, 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. US Dept. Agric. Washington DC, Circular 939.

- Rajendran G, Sing F, Desai AJ and Archana V, 2008. Enhanced growth and nodulation of pigeon pea by co inoculation of *Bacillus* strains with *Rhizobium* spp. *Bioresource Technology* 99: 4544-4550.
- Rathke GW, Christen O and Diepenbrock W, 2005. Effects of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown in different crop rotations. *Field Crops Research* 94: 103-113.
- Rathke GW, Christen O and Diepenbrock W, 2006. Welchen Beitrag leisten Vorfrucht und Stickstoffdüngung für den Ertrag von Winterraps? (with English summary). *UFOP-Schriften Heft 29, Ö1- und Proteinpflanzen, OIL 2005*, 149-156.
- Ramsey BR and Callinan APL, 1994. Effects of nitrogen fertilizer on canola production in north central Victoria. *Australian Journal of Exp Agriculture* 34(6): 789-796.
- Rosas SB, Andres GA, Rovera M and Correa NS, 2006. Phosphate-solubilizing *Pseudomonas putida* can influence the Rhizobia legume symbiosis. *Soil Biology and Biochemistry* 38: 3502-3505.
- Rudresh DL, Shivaprakash MK and Prasad RD, 2005. Effect of combined application of *Rhizobium*, phosphate solubilizing bacterium and *Trichoderma* spp. on growth, nutrient uptake and yield of chickpea (*Cicer aritenium* L.). *Applied Soil Ecology* 28: 139-146.
- SAS Institute, 2003. The SAS system for windows. Release 9.1. SAS Inst., Cary, NC.
- Sahni S, Sarma BK, Singh DP, Singh HB and Singh KP, 2008. Vermicompost enhances performance of plant growth-promoting rhizobacteria in *Cicer arietinum* rhizosphere against *Sclerotium rolfsii*. *Crop Protection* 27: 369-376.
- Sattar MA and Gaur AC, 1987. Production of Auxins and Gibberellins by phosphate dissolving microorganisms. *Zentralbl. Mikrobiol* 142: 393-395.
- Smith JL and Doran JW, 1996. Measurement and use of pH and electrical conductivity for soil quality analysis. In *Methods for Assessing Soil Quality*, SSSA special publication 49: 169-185.
- Taylor AJ, Smith CJ and Wilson IB, 1991. Effects of irrigation and nitrogen fertilizer on yield oil content, nitrogen accumulation and water use of canola. *Fertility Research of Australia*, 29(3): 249-260.
- Tejada M, Gonzalez JL, García-Martínez AM and Parrado J, 2008. Application of a green manure and green manure composted with beet vinasse on soil restoration: Effects on soil properties. *Bioresource Technology* 9: 4949-4957.
- Verma M, Bra SK, Tyagi RD, Surampalli RY and Valéro JR, 2007. Antagonistic fungi, *Trichoderma* spp.: Panoply of biological control. *Biochemical Engineering Journal* 37: 1-20.
- Wani SP, McGill WB, Haugen-Kozyra KL, Robertson JA and Thurston JJ, 1994. Improved soil quality and barley yields with fababeans, manure, forages and crop rotation on a Gray Luvisol. *Canadian Journal of Soil Science* 74: 75-84.
- Wilkinson RE, 2000. *Plant environment interaction*. Marcel Dekker, Inc..

- Yadvinder-Singh BS, Ladha JK, Khind CS, Gupta RK, Meelu OP, Pasuquin E, 2004. Long-term effects of organic inputs on yield and soil fertility in the rice–wheat rotation. *Soil Sci. Soc. Am. J* 68: 845-853.
- Zaidi A, Saghir Khan M and Amil MD, 2003. Interactive effect of rhizotrophic microorganisms on yield and nutrient uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *European Journal of Agronomy* 19:15-21.
- Zhao FJ, Bilsborrow PE and McGrath SP, 1997. Nitrogen to sulfur ratio in rape-seed and in rapeseed protein and its use in diagnosing sulfur deficiency. *Journal of Plant Nutrition* 20: 549-558.
- Zhao FG, Evans EJ, Bilsborrow PE, and Syers JK, 1998. Sulphur uptake and distribution in double and single low varieties of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Plant and Soil* 150: 69-76.