نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۷، ص. ۱۲۵۷-۱۲۴۵

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 4, Winter 2019, p. 1245-1257

تأثیر مدیریت تغذیه‌ای روی عملکرد، کارایی نیتروژن، کربن آلی و نیتروژن خاک در تناوب کلزا (*Brassica napus* L.)-گندم (*Triticum aestivum* L.)

حامد اکبری[۱] و سید علی محمد مدرس ثانوی[۲]*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۱/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۰۴

اکبری، ح.، و مدرس ثانوی، س.ع.م. ۱۳۹۶. تأثیر مدیریت تغذیه‌ای روی عملکرد، کارایی نیتروژن، کربن آلی و نیتروژن خاک در تناوب (*Brassica napus* L.)-گندم (*Triticum aestivum* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۴): ۱۲۵۷-۱۲۴۵.

چکیده

به‌منظور بررسی اثرات مدیریت تغذیه گیاهان بر عملکرد دانه، کارایی نیتروژن و خصوصیات خاک، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تربیت مدرس در طی سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۸۹ انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل تناوب در دو سطح (کلزا (*Brassica napus* L.)-سویا (*Glycine max* L.)-گندم (*Triticum aestivum* L.)) و کلزا-گندم) و تیمارهای کوددهی در نه سطح (F_1: اوره؛ F_2: اوره + زئولیت؛ F_3: کمپوست دامی؛ F_4: کمپوست دامی + زئولیت؛ F_5: اوره + کمپوست دامی؛ F_6: اوره + کمپوست دامی + زئولیت؛ F_7: اوره + آزوکمپوست؛ F_8: اوره + آزوکمپوست + زئولیت و F_9: شاهد) به‌ترتیب به‌عنوان کرت‌های اصلی و فرعی بودند. بیشترین عملکرد کلزا و گندم از تیمار تلفیقی F_6 در سال دوم آزمایش به مقدار ۳۵۷۱ و ۴۰۰۱ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب حاصل شد. بیشترین میزان جذب نیتروژن از تیمار F_6 (۱۱۵ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) و کمترین مقدار از تیمار F_9 (۳۰ و ۲۸ کیلوگرم در هکتار) به‌ترتیب برای کلزا و گندم حاصل شد. بیشترین میزان افزایش در کربن آلی خاک از تیمار F_4 به میزان ۹ درصد و بیشترین کاهش از تیمار F_1 به میزان ۱۴ و ۱۷ درصد به‌ترتیب برای کلزا و گندم به‌دست آمد. نتایج نشان داد استفاده از کود دامی و زئولیت روشی مناسب برای کاهش کاربرد کودهای شیمیایی، افزایش عملکرد و بهبود پایداری در سیستم‌های کشاورزی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آزوکمپوست، خاک شنی، زئولیت، کشاورزی پایدار، کوددهی تلفیقی

مقدمه

یکی از اجزای مهم و تفکیک ناپذیری که امروزه در توسعه کشاورزی نوین مدنظر می‌باشد کشاورزی پایدار است. با توجه به اثرات مخرب زیست محیطی کشاورزی متداول، که ناشی از مصرف بی‌رویه‌ی نهاده‌های شیمیایی از جمله کودهای شیمیایی می‌باشد، روز به روز بر اهمیت توجه به کشاورزی پایدار افزوده می‌شود (Zhao et al., 2010). مطالعات بلند مدت نشان داده‌اند که استفاده‌ی فشرده از کودهای شیمیایی عملکرد گیاهان زراعی را کاهش می‌دهد. این کاهش نتیجه‌ی اسیدی شدن خاک، افت خصوصیات فیزیکی خاک و عدم کفایت ریزمغذی‌ها در خاک می‌باشد (Adediran et al., 2005). این درحالی است که استفاده از کودهای آلی می‌تواند فعالیت‌های بیولوژیک و خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک را بهبود بخشیده و در نتیجه اسیدیته خاک را خنثی کرده، بعضی از ریزمغذی‌ها مثل روی، بر و مس را تأمین کنند (Prakash et al., 2007).

راهبردهای جایگزین کشاورزی، مانند سیستم‌های تغذیه تلفیقی برای به حداقل رساندن صدمات زیست محیطی و تقویت خاک و آب نسبت به روش‌های متداول پیشنهاد شده است (Reganold, 1995). استفاده از مواد آلی مانند کود دامی، نگهداری آب و عناصر غذایی در خاک‌های شنی را بهبود می‌بخشد (Bigelow et al., 2004). مواد آلی، به‌ویژه کود گاوی، رشد و عملکرد گیاهان زراعی را با افزایش فراهم‌آوری عناصر غذایی به‌صورت مستقیم و اصلاح خصوصیات فیزیکی خاک که منجر به توسعه بهتر ریشه و تحریک رشد گیاه می‌گردد، بهبود می‌دهد (Bandyopadhyay et al., 2010).

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی دکتری و استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
(*- نویسنده مسئول: (Email: Modaresa@modares.ac.ir
DOI:10.22067/jag.v10i4.63624

www.SID.ir

Archive of SID

کمپوست دامی به‌راحتی ذخیره شده، سبب از بین رفتن پاتوژن‌ها و بذر علف‌های هرز می‌گردد و به‌دلیل داشتن حجم و وزن کمتر به‌آسانی مدیریت می‌شود (Eghball, 2002).

زئولیت‌ها شامل یک‌سری کانال‌ها و حفره‌های متصل به هم است که به وسیله کاتیون‌ها و مولکول‌های آب اشغال شده‌اند. کاتیون‌های موجود متحرک بوده و معمولا امکان تعویض با سایر کاتیون‌ها را دارند و مولکول‌های آب موجود در شبکه زئولیت‌ها نیز به طور پیوسته و برگشت‌پذیر قابلیت خروج از شبکه را دارند. کلینوپتیلولیت به‌دلیل خصوصیات قابل توجه از جمله ظرفیت تبادل کاتیونی بالا (۳۰۰–۲۰۰ میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم)، تخلخل زیاد و همچنین پایداری بالا در مقابل تغییرات حرارتی و شیمیایی، کاربردهای وسیعی را در صنایع مختلف از جمله تولیدات کشاورزی دارا می‌باشد (Leggo et al., 2006).

تناوب‌های گیاهی در برگیرنده غلات و حبوبات از چند طریق مفید می‌باشد: اول، تجزیه بقایای حبوبات، نیتروژن اضافی مورد نیاز غلات را تأمین می‌کند؛ دوم، با بهبود خصوصیات خاک مانند تخلخل و ساختار خاک موجب تقویت رشد گیاه می‌گردد؛ و در نهایت، افزایش تنوع گیاهی منجر به شکستن چرخه زندگی آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز می‌شود (Carter et al., 2002). تناوب، نیاز به نهاده‌های خارج از مزرعه، برای رشد گیاهان را کاهش داده، پایداری در سطح تولید و تنوع بیولوژیکی را در ریزوسفر را افزایش می‌دهد (De Vita et al., 2007). گزارش گردیده که تناوب گندم (*Triticum aestivum* L.) با لگوم‌ها پایداری در سطح تولید را افزایش داده و همچنین محتوی کربن آلی خاک، نیتروژن و نسبت بین C/N در خاک‌های سطحی را بهبود می‌بخشد (Martiniello, 2011).

در این مطالعه، آزمایش مزرعه‌ای برای تعیین اثرات استفاده از کودهای شیمیایی، آلی و تلفیقی با استفاده از زئولیت در اراضی کم بازده شنی در طی سال‌های ۱۳۹۳–۱۳۸۹ طراحی شد. هدف از این مطالعه ارزیابی اثرات راهبردهای مدیریت تغذیه گیاهان زراعی روی کربن آلی و نیتروژن خاک، همچنین عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و کارایی زراعی نیتروژن کلزا و گندم بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش طی سال‌های زراعی ۱۳۹۳–۱۳۸۹ در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، واقع در ۱۶ کیلومتری غرب تهران با مختصات جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۴ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۱۲۱۵ متر از سطح دریا اجرا شد. مکان اجرای آزمایش دارای میانگین بارندگی سالیانه ۲۸۹ میلی‌متر بود که اکثر آن در ماه‌های پاییز و زمستان نازل می‌شود. حداکثر و حداقل بارندگی (۱۱۶ و ۲۲۰ میلی‌متر) به‌ترتیب در سال‌های زراعی ۱۳۹۱–۱۳۹۰ و ۱۳۹۳–۱۳۹۲ نازل شد. مجموع آب آبیاری مورد استفاده در سال‌های زراعی ۱۳۹۰–۱۳۸۹ تا ۱۳۹۳–۱۳۹۲ به‌ترتیب برابر با ۵۴۰، ۴۸۰، ۴۹۰ و ۴۹۵ میلی‌متر بود. خاک محل آزمایش بافت لومی – شنی داشت و میزان هدایت الکتریکی آن ۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر و میانگین اسیدیته خاک تا عمق ۶۰ سانتی‌متری برابر با ۷/۱ بود (جدول ۱).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Soil physicochemical properties

عمق	شن	رس	لای	ماده آلی	نیتروژن کل	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	آهن	منگنز	روی	pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)
						(میلی‌گرم بر کیلوگرم)								
Depth (cm)	Sand	Clay	Silt	OM	Total N	N	P	K	Fe	Mn	Zn		EC (dS.m^{-1})	Bulk density (g.cm^{-3})
	(%)					(mg.kg^{-1})								
0-30	65	12	23	0.6	0.09	2.01	12	344	6.9	0.5	1.2	7.1	1.5	1.29
30-60	60	14	26	0.5	0.011	ND	3	290	ND[a]	ND	ND	6.7	1.6	1.09

[a] Not detected

زمین مورد نظر جهت انجام این آزمایش در دو سال قبل از اجرای آزمایش به‌صورت آیش بود. مکان آزمایشی در پاییز ۱۳۸۹ با استفاده از شخم سبک و دیسک برای کاشت آماده شد. هر واحد آزمایشی چهار متر طول و ۳ متر عرض داشت. برای جلوگیری از تداخل بلوک‌ها و واحدهای آزمایشی به‌ترتیب یک و دو متر فاصله بین واحدهای آزمایشی و بلوک‌ها در نظر گرفته شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تناوب گیاهی شامل: کلزا–سویا–گندم (C_1) و کلزا–

www.SID.ir

Archive of SID

گندم (C_2) در کرت اصلی و تیمارهای کوددهی (F_1: تأمین ۱۰۰ درصد نیاز نیتروژنی گیاه با کاربرد کود شیمیایی اوره؛ F_2: تأمین ۱۰۰ درصد نیاز نیتروژنی گیاه با کاربرد کود شیمیایی اوره + ۸ تن در هکتار زئولیت؛ F_3: تأمین ۱۰۰ درصد نیاز نیتروژنی گیاه با کاربرد کمپوست دامی؛ F_4: تأمین ۱۰۰ درصد نیاز نیتروژنی گیاه با کاربرد کمپوست دامی + ۸ تن در هکتار زئولیت؛ F_5: تأمین ۵۰ درصد نیاز نیتروژن گیاه با کاربرد کود شیمیایی اوره + تأمین ۵۰ درصد نیاز نیتروژن گیاه با کاربرد کمپوست دامی؛ F_6: تأمین ۵۰ درصد نیاز نیتروژن گیاه با کاربرد کود شیمیایی اوره + تأمین ۵۰ درصد نیاز نیتروژن گیاه با کاربرد کمپوست دامی + ۸ تن در هکتار زئولیت؛ F_7: تأمین ۵۰ درصد نیاز نیتروژن گیاه با کاربرد کود شیمیایی اوره + تأمین ۵۰ درصد نیاز نیتروژن گیاه با کاربرد آزوکمپوست؛ F_8: تأمین ۵۰ درصد نیاز نیتروژن گیاه با کاربرد کود شیمیایی اوره + تأمین ۵۰ درصد نیاز نیتروژن گیاه با کاربرد آزوکمپوست + ۸ تن در هکتار زئولیت و F_9: عدم کاربرد هر نوع کود شیمیایی، کمپوست دامی، آزوکمپوست و زئولیت) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. مقدار ۱۳۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌ترتیب برای کلزا و گندم از طریق تیمارهای مختلف کوددهی تأمین گردید. برای کاربرد نیاز نیتروژنی گیاه از طریق منابع مختلف، ابتدا مقدار نیتروژن موجود در خاک با استفاده از معادله زیر برآورد شد:

$$\text{مقدار نیتروژن خاک (kg/ha)} = \frac{\text{نیتروژن قابل دسترس در خاک (mg/kg)} \times \text{وزن مخصوص ظاهری (g/cm}^3\text{)} \times \text{عمق خاک (m)} \times 10000\ \text{m}^2\text{(one hectare)}}{\text{(ضریب تبدیل به کیلوگرم در هکتار)}\ 1000}$$

برای تعیین مقدار نیتروژن اضافه شده به خاک در نتیجه معدنی‌شدن ماده آلی خاک از معادله‌های زیر استفاده شد:

$$\text{مقدار ماده آلی خاک (kg/ha)} = \text{درصد ماده آلی خاک} \times 10000\ \text{m}^2 \times \text{عمق خاک (m)} \times \text{وزن مخصوص ظاهری خاک (g/cm}^3\text{)} \times 1000\ \text{(ضریب تبدیل به کیلوگرم در هکتار)}$$

$$\text{نیتروژن آلی خاک (kg/ha)} = \text{مقدار ماده آلی خاک (kg/ha)} \times 0.058\ \text{(۵/۸ درصد از ماده آلی حاوی نیتروژن آلی است)}$$

$$\text{معدنی شدن نیتروژن آلی (کیلوگرم در هکتار در سال)} = \text{نیتروژن آلی خاک (kg)} \times 0.015\ \text{(ضریب معدنی شدن)}$$

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی کود دامی و آزوکمپوست

Table 2- Chemical properties of fresh manure and azocompost

خصوصیات Property	واحد Unit	کود دامی manure		آزوکمپوست Azocompost	
		2010	2012	2010	2012
اسیدیته pH		8.7	9.1	8.2	7.9
هدایت الکتریکی Electrical Conductivity	(dS.m^{-1})	21.5	20.7	1.9	2.2
ماده آلی Organic matter		48.6	50.2	24.7	25.9
کربن آلی Organic carbon		28.9	29.6	17.5	19.2
نیتروژن قابل دسترس Available N	(%)	1.3	1.4	1.2	1.4
سدیم قابل دسترس Available Na		1.2	0.9	ND[a]	ND
فسفر قابل دسترس Available P		0.63	0.71	0.53	0.81
پتاسیم قابل دسترس Available K		2.5	2.1	0.79	090
آهن قابل دسترس Available Fe	(mg.kg^{-1})	7332	6878	1177	954
روی قابل دسترس Available Zn		108.4	96.7	28.8	36.7
مس قابل دسترس Available Cu		17.9	14.7	33.0	23.4
منگنز قابل دسترس Available Mn		284.0	293.4	360	440

[a] Not detected

با توجه به معادله‌های بالا مقدار نیتروژن خاک برابر با ۲۸ کیلوگرم در هکتار بود که ۲۰ کیلوگرم در نتیجه معدنی شدن ماده آلی در طی سال به خاک اضافه گردید. قابلیت دسترسی به نیتروژن در کمپوست دامی در طی سال‌های اول تا چهارم به‌ترتیب برابر با ۲۵، ۲۰، ۱۰ و ۵ درصد (Eghball & Power, 1999) و این مقدار برای آزوکمپوست در سال‌های اول و دوم برابر با ۱۵ و ۱۰ درصد می‌باشد (Yousefzadeh et al., 2013). با توجه به میزان آزادسازی و قابلیت دسترسی در کودهای آلی برای تعیین مقدار مورد نیاز از معادله زیر استفاده شد:

www.SID.ir

Archive of SID

$$\text{وزن خشک کود آلی (کیلوگرم در هکتار)} = \frac{\text{مقدار نیتروژن مورد نیاز (کیلوگرم در هکتار)}}{\text{درصد نیتروژن قابل دسترس} \times \text{درصد نیتروژن کود}}$$

آزوکمپوست و کمپوست دامی قبل از کاشت تا عمق ۱۵ سانتی‌متری با خاک مخلوط شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی کود دامی و آزوکمپوست در جدول ۲ نشان داده شده است. کود شیمیایی به سه بخش تقسیم شده و در مراحل کاشت، طویل شدن ساقه و آغاز گلدهی مورد استفاده قرار گرفت. رقم‌های مورد کاشت شامل اوکاپی (کلزا)، ویلیامز (سویا) و پیشتاز (گندم) بود. برای اطمینان از استقرار مناسب گیاهان، واحدهای آزمایشی متراکم کشت شده و سپس در مرحله سه برگی برای رسیدن به تراکم ۸۴ بوته در مترمربع (کلزا)، ۴۵ بوته در متر مربع (سویا) و ۲۵۰ بوته در متر مربع (گندم) تنک شد. علف‌های هرز در طول فصل رشد با دست وجین شد. بلافاصله پس از کاشت آبیاری انجام گرفت. حجم آب آبیاری مورد استفاده با استفاده از کنتور تعیین شد. برای کنترل رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه از لوله‌های دستگاه (Time-Domain Reflectometry, England) TDR در عمق ۰ تا ۸۰ سانتی‌متری واحدهای آزمایشی استفاده شد.

در طی سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۸۹، پس از حذف حاشیه، مساحتی حدود ۴ متر مربع از بخش مرکزی هر واحد آزمایشی انتخاب شد و عملکرد دانه کلزا و گندم برحسب کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. بعد از برداشت به‌طور جداگانه از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری واحدهای آزمایشی نمونه خاک گرفته شده و محتوی کربن آلی خاک (Reeuwijk, 1993) و نیتروژن خاک (Page, 1982) اندازه‌گیری شد.

به منظور تعیین کارایی زراعی نیتروژن تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی، پس از جدا سازی کاه و دانه در نمونه‌های آزمایشی و توزین آن‌ها، به صورت تصادفی و به مقدار مساوی از ماده‌ی بیولوژیک و دانه‌ی هر کرت نمونه‌ای انتخاب شده و پس از آسیاب کردن غلظت نیتروژن کل (Walinga et al., 1989) در نمونه‌های گیاهی اندازه‌گیری گردید. همچنین مقدار جذب نیتروژن در دانه و ماده‌ی خشک از حاصل‌ضرب غلظت نیتروژن دانه و کاه در عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به‌دست آمد. از معادله زیر جهت برآورد کارایی زراعی نیتروژن استفاده شد (Baligar & Fageria, 2015):

$$\text{کارایی زراعی نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)} = \frac{\text{عملکرد دانه در شاهد - عملکرد دانه در کوددهی}}{\text{مقدار نیتروژن کاربردی}}$$

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین با استفاده از نرم‌افزار (version SAS 9.3) و رویه GLM انجام گرفت. فرض‌های تجزیه واریانس مبنی بر یکنواختی واریانس‌ها، تصادفی بودن خطاها و نرمال بودن داده‌ها قبل از اجرای تجزیه مورد آزمون قرار گرفت. برای مقایسه میانگین از آزمون LSD استفاده شد. آزمون بارتلت یکنواختی واریانس تیمارهای مورد بررسی در سال‌های آزمایشی را نشان داد. رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه

اثر اصلی تیمارهای کوددهی و اثر متقابل تیمارهای کوددهی × سال برای عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در هر دو گیاه معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین نشان داد که عملکرد دانه در سال دوم اجرای آزمایش در هر دو گیاه بالاتر بود (داده‌ها نشان داده نشده است). تیمار کوددهی F_6 بیشترین عملکرد بیولوژیک (۶۸۸۵ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد دانه (۳۵۷۱ کیلوگرم در هکتار) را در سال ۱۳۹۱ برای کلزا و بیشترین عملکرد بیولوژیک (۷۳۶۵ کیلوگرم در هکتار) و دانه (۴۰۰۱ کیلوگرم در هکتار) را در سال ۱۳۹۳ برای گندم تولید کرد (جدول ۴). در هر دو سال، کاربرد زئولیت به‌طور معنی‌داری عملکرد بیولوژیک و دانه را در تمامی تیمارهای شیمیایی، آلی و تلفیقی افزایش داد (F_2، F_4، F_6 و F_8). کمپوست دامی + زئولیت (F_6) ۱۱ و ۱۲ درصد عملکرد بیولوژیک و ۲۲ و ۳۴ درصد عملکرد دانه بیشتری نسبت به تیمار اوره + زئولیت (F_2) به‌ترتیب برای کلزا و گندم تولید کرد (جدول ۴). برای گندم اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای F_6 و F_8 در هر دو سال مشاهده نشد (جدول ۴). نتایج تحقیق نشان داد که بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیک و دانه در تیمارهای تلفیقی به‌دست آمد. نتایج به‌دست آمده از یافته‌های محققین نشان داد که کاربرد کمپوست دامی به همراه کودهای شیمیایی به دلیل مصادف شدن نیاز گیاه با تأمین عناصر غذایی مورد نظر آن، منجر به افزایش عملکرد بیولوژیک و دانه گیاهان زراعی می‌شود (Vats et al., 2001; Wang et al., 2003). مواد آلی قابلیت دسترسی عناصر غذایی را افزایش داده و منجر به افزایش عملکرد گیاهان زراعی می‌گردد (Liang et al., 2011). کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک، افزایش قابلیت نگهداری آب و بهبود فعالیت میکروبی خاک در نتیجه کاربرد کود دامی می‌تواند سبب افزایش عملکرد دانه گردد (Bhattacharyya et al., 2008). فراهمی بیشتر نیتروژن ناشی از به کارگیری کود دامی و زئولیت، باعث افزایش شاخص سطح برگ و افزایش پوشش گیاهی گردیده که منجر به افزایش دریافت تشعشع، افزایش تثبیت دی

www.SID.ir

Archive of SID

اکسید کربن و در نهایت افزایش ماده خشک می‌گردد (Srinivasarao et al., 2014). زئولیت از طریق افزایش سطح ویژهٔ خاک و قابلیت تبادل کاتیونی خاک (CEC) مانع هدرروی نیتروژن از طریق آبشویی شده و در اثر فراهمی طولانی مدت نیتروژن، اثرگذاری آن را بیشتر کرده باعث افزایش تولید مادهٔ خشک گیاهی و عملکرد دانه می‌گردد (Harland et al., 1999).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثرات پارامترهای مختلف روی صفات اندازه‌گیری شده در کلزا و گندم

Table 3- Analysis of variance for the effects of different parameters on the measured traits in canola and wheat

منابع تغییرات کلزا Source of variance of canola	درجه آزادی DF	عملکرد بیولوژیک DMY	عملکرد دانه SY	مقدار نیتروژن جذب شده TNU	نیتروژن خاک SN	کربن آلی خاک SOC	درجه آزادی DF	کارایی زراعی نیتروژن AE
سال Year (Yr)	1	12541.8^{ns}	805253.4**	238.818^{ns}	0.00239*	0.00277^{ns}	1	105.98**
بلوک در سال Replication × Yr	4	125764.0	26705.7	36.736	0.00027	0.01912	4	4.09
تناوب Crop rotation (CR)	1	343884.4^{ns}	98551.6^{ns}	13.982^{ns}	0.00080^{ns}	0.08003^{ns}	1	0.55^{ns}
سال × تناوب Yr × CR	1	26404.7^{ns}	3824.5^{ns}	15.885^{ns}	0.00034^{ns}	0.00020^{ns}	1	0.10^{ns}
بلوک (سال × تناوب) Replication (Yr × CR)	4	94768.1	47183.8	31.647	0.00161	0.02949	4	1.40
تیمارهای کوددهی Fertilizer treatments (F)	8	11350826.8**	5802438.2**	6256.027**	0.02387**	0.25442**	7	181.37**
تناوب × تیمارهای کوددهی CR × F	8	78114.2^{ns}	17828.2^{ns}	21.390^{ns}	0.00003^{ns}	0.00079	7	1.19^{ns}
سال × تیمارهای کوددهی Yr × F	8	583920.9**	215981.0**	193.921**	0.00070*	0.02177*	7	12.93**
سال × تناوب × تیمارهای کوددهی Yr × CR × F	8	67400.7^{ns}	12777.9^{ns}	34.542^{ns}	0.00009^{ns}	0.00055^{ns}	7	0.86^{ns}
خطا Error	64	100055.6	23053.2	51.055	0.00028	0.00939	56	1.51
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		5.7	6.7	8.6	13.6	9.8		10.4
منابع تغییرات گندم Wheat source of variance	**درجه آزادی DF**	**عملکرد بیولوژیک DMY**	**عملکرد دانه SY**	**مقدار نیتروژن جذب شده TNU**	**نیتروژن خاک SN**	**کربن آلی خاک SOC**	**درجه آزادی DF**	**کارایی زراعی نیتروژن AE**
سال Year (Yr)	1	20446.3^{ns}	992591.9**	1729.200*	0.00145^{ns}	0.00082^{ns}	1	332.79**
بلوک در سال Replication × Yr	4	122724.5	41369.3	88.357	0.00041	0.01871	4	3.71
تناوب Crop rotation (CR)	1	79872.3^{ns}	179280.4^{ns}	223.920^{ns}	0.00288^{ns}	0.09754^{ns}	1	0.446^{ns}
سال × تناوب Yr × CR	1	1481.5^{ns}	7594.2^{ns}	2.308^{ns}	0.00040^{ns}	0.00105^{ns}	1	0.05^{ns}
بلوک (سال × تناوب) Replication (Yr × CR)	4	40486.6	59180.2	120.834	0.00130	0.03172	4	2.15
کوددهی Fertilizer (F)	8	12750063.1**	6016233.6**	6960.539**	0.02891**	0.35026**	7	202.22**
تناوب × تیمارهای کوددهی CR × F	8	6332.2^{ns}	6339.6^{ns}	24.196^{ns}	0.00019^{ns}	0.00173^{ns}	7	0.27^{ns}
سال × تیمارهای کوددهی Yr × F	8	598531.2**	278760.5**	532.189**	0.00046*	0.02375*	7	19.95**
سال × تناوب × تیمارهای کوددهی Yr × CR × F	8	3304.1^{ns}	5079.3^{ns}	3.634^{ns}	0.00010^{ns}	0.00111^{ns}	7	0.15^{ns}
خطا Error	64	77854.5	58373.8	135.337	0.00021	0.00999	56	2.80
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		4.5	8.4	14.3	11.4	10.0		9.9

Statistical analysis of dry matter yield (DMY), seed yield (SY), total N uptake (TNU), soil nitrogen (SN), soil organic carbon (SOC), ns: not significant at the 0.05 or 0.01 probability levels. agronomic efficiency (AE).

*، ** و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد، ۱ درصد و غیرمعنی‌داری

(* and ** and ns: Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels and non-significant, respectively).

www.SID.ir

Archive of SID

مقدار نیتروژن جذب شده و کارایی زراعی نیتروژن

اثر اصلی تیمارهای کوددهی و اثر متقابل تیمارهای کوددهی × سال بر مقدار نیتروژن جذب شده و کارایی زراعی نیتروژن کلزا و گندم معنی‌دار بود (جدول ۳). در هر دو سال بیشترین نیتروژن جذب شده از تیمار $F_۶$ و کمترین مقدار آن از تیمار $F_۹$ برای هر دو گیاه کلزا و گندم به‌دست آمد. کاربرد زئولیت جذب نیتروژن را در تمامی تیمارهای کوددهی افزایش داد. میانگین دو ساله داده‌ها نشان داد که تیمارهای $F_۶$ (به‌ترتیب با ۲۴ و ۲۱ درصد) و $F_۸$ (به‌ترتیب با ۲۲ و ۱۵ درصد) جذب نیتروژن را نسبت به تیمار شیمیایی $F_۲$ به‌ترتیب برای کلزا و گندم افزایش دادند. افزایش جذب نیتروژن توسط تیمارهای تلفیقی نشان دهنده این موضوع می‌باشد که کودهای معدنی اثرات منفی ناشی از کاربرد کودهای دامی با مقدار نیتروژن پایین را کاهش می‌دهد (Liang et al., 2011). قابلیت دسترسی به نیتروژن با کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و آلی در خاک افزایش یافته و منجر به افزایش غلظت نیتروژن در توده گیاهی می‌گردد (Yang et al., 2006). افزایش جذب نیتروژن توسط گیاهان در آزمایش‌هایی که در آن کود دامی و شیمیایی به‌صورت تلفیقی استفاده شده بود گزارش شد (Srinivasarao et al., 2014). کاربرد زئولیت منجر به افزایش جذب نیتروژن در تمامی تیمارهای آزمایشی شد. افزایش جذب نیتروژن توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Gholamhoseini et al., 2012; Harland et al., 1999). محققان کاهش شستشوی نیتروژن و افزایش جذب آن را در حضور زئولیت کلینوپتیلولیت در شرایط محیطی کنترل شده گزارش کردند (Huang & Petrovic, 1994; Nus & Brauen, 1991). مهم‌ترین دلیل برای کاهش شستشوی نیتروژن در حضور زئولیت کلینوپتیولیت مربوط به ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی منحصر به فرد این ماده معدنی بوده که با جذب آمونیوم در ساختار خود تبدیل آمونیوم به نیترات را کاهش داده و افزایش فراهم‌آوری نیتروژن برای گیاهان را به‌همراه دارد (Mumpton, 1999).

بیشترین کارایی زراعی نیتروژن از تیمار کوددهی $F_۶$ در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۳ به‌ترتیب برای کلزا و گندم به‌دست آمد (جدول ۴). در تیمار کوددهی $F_۶$ به ازای هر کیلوگرم نیتروژن کاربردی ۱۶/۶ و ۲۱/۰۱ کیلوگرم دانه برای کلزا و ۱۹/۹ و ۲۶/۳ کیلوگرم عملکرد دانه برای گندم حاصل شد (جدول ۴). همچنین هر کیلوگرم نیتروژن کاربردی ۱۲/۹ و ۱۱/۶۸ کیلوگرم دانه برای کلزا ۱۶/۳ و ۱۷/۲ کیلوگرم دانه برای گندم در تیمار شیمیایی $F_۲$ تولید کرد (جدول ۴). نتایج تحقیق نشان داد، کارایی زراعی نیتروژن در تیمارهای تلفیقی نسبت به زمانی که هر کدام از آن‌ها به‌تنهایی مورد استفاده قرار گرفتند افزایش معنی‌داری داشت. نتایج مشابه توسط سایر محققین گزارش شده است (Gholamhoseini et al., 2013; XU et al., 2008). کاربرد کودهای آلی در تلفیق با کودهای معدنی منجر به افزایش ماده آلی خاک و فعالیت میکروبی خاک شده و در نهایت با افزایش عملکرد دانه کارایی زراعی نیتروژن را افزایش می‌دهد (Pan et al., 2009). افزایش کارایی زراعی نیتروژن ناشی از کاربرد زئولیت احتمالا مربوط به کاهش هدرروی نیتروژن، افزایش جذب نیتروژن و نهایتا عملکرد دانه بالاتر در حضور زئولیت می‌باشد. افزایش کارایی کودهای شیمیایی بوسیله زئولیت توسط محققین گزارش شده است (Rehakova et al., 2004).

محتوی کربن آلی و نیتروژن خاک

اثر اصلی تیمارهای کوددهی و اثر متقابل تیمارهای کوددهی × سال بر محتوی کربن آلی و نیتروژن خاک برای هر دو گیاه معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین میزان محتوی کربن آلی خاک از تیمار $F_۶$ به‌دست آمد. این مقدار در سال دوم آزمایش برای کلزا ۱/۲۲ درصد و برای گندم ۱/۲۶درصد بود (جدول ۲). تیمارهای آلی و تلفیقی ($F_۸$–$F_۳$) منجر به افزایش میزان کربن آلی خاک شدند در حالی‌که این صفت در تیمارهای شیمیایی ($F_۱$ و $F_۲$) کاهش یافت. بیشترین میزان افزایش در کربن آلی خاک از تیمار $F_۴$ به میزان ۹ درصد و بیشترین کاهش از تیمار $F_۱$ به میزان ۱۴ و ۱۷ درصد به‌ترتیب برای کلزا و گندم حاصل شد (جدول ۴). استفاده از کودهای شیمیایی باعث شسته شدن و یا هیدرولیز کربن آلی خاک گشته و ماده آلی سطح خاک را کاهش می‌دهد، بنابراین کاربرد مداوم کودهای شیمیایی ضعف زمین-های زراعی را به دنبال دارد، در حالی که استفاده از کود دامی افزایش فعالیت‌های بیولوژیک خاک، بهبود ساختار فیزیکی و شیمیایی خاک را در پی خواهد داشت (Agegnehu et al., 2016b). تحقیقات نشان داد که مصرف ۲۵ و ۵۰ تن کود دامی در هکتار (به مدت ۶ سال) به‌صورت مکمل به ترتیب باعث بهبود کربن آلی به میزان ۱۷ و ۴۰ درصد نسبت به تیمار کاملا شیمیایی و منجر به افزایش ۳۰ و ۵۰ درصدی نسبت به تیمار عدم مصرف هرگونه کود شد (Peacock et al., 2001).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای کوددهی × سال برای صفات محتوی کربن آلی و نیتروژن خاک، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و کارایی زراعی نیتروژن کلزا و گندم.

Table 4- Mean comparison of interaction effects of year × fertilizer treatments on soil organic carbon, soil nitrogen, dry matter yield, seed yield and agronomic efficiency of canola and wheat.

الف- کلزا A. Canola	عملکرد بیولوژیک DMY (kg ha^{-1})		عملکرد دانه SY (kg ha^{-1})		مقدار نیتروژن جذب شده TNU (kg ha^{-1})		نیتروژن خاک SN (%)		کربن آلی خاک SOC (%)		کارایی زراعی نیتروژن AE (kg ha^{-1})	
تیمارهای کوددهی Fertilizer treatments	2010	2012	2010	2012	2010	2012	2010	2012	2010	2012	2010	2012
F_1	5533f	4963f	2073.1de	1884.4e	81.18cd	72.43e	0.0895d	0.0814e	0.9161b	0.7859de	8.94de	8.02e
F_2	6113ab	5738d	2599.5c	2359.8cd	90.57bc	86.85c	0.0938d	0.0915e	0.9663b	0.8671d	12.99c	11.68cd
F_3	4792d	5166f	1606.3f	2001.7e	64.01e	71.33e	0.1126c	0.1376d	0.9553b	1.0327c	5.35f	8.93e
F_4	5397c	5506e	1957.5e	2250.7d	74.71d	79.04d	0.1379b	0.1608bc	0.9988b	1.0892bc	8.05e	10.84d
F_5	5808bc	6027c	2215.4d	2478.6c	87.23c	95.80b	0.1325b	0.1493bcd	0.9905b	1.0416c	10.03d	12.60c
F_6	6432a	6885a	3078.6a	3571.0a	105.99a	115.16a	0.1661a	0.19147a	1.1668a	1.2254a	16.67a	21.01a
F_7	5593c	5773d	2086.4de	2450.1c	82.98cd	86.57c	0.1303bc	0.1396cd	0.9743b	1.0313c	9.04de	12.38c
F_8	6283ab	6484b	2813.1b	3058.0b	100.95ab	115.11a	0.1561a	0.1681b	1.1190a	1.1781ab	14.63b	17.06b
F_9	3721e	2935g	910.7g	840.6f	38.26f	30.34f	0.0431e	0.0263f	0.7555c	0.6821e	-	-
ب- گندم B. Wheat	عملکرد بیولوژیک DMY (kg ha^{-1})		عملکرد دانه SY (kg ha^{-1})		مقدار نیتروژن جذب شده TNU (kg ha^{-1})		نیتروژن خاک SN (%)		کربن آلی خاک SOC (%)		کارایی زراعی نیتروژن AE (kg ha^{-1})	
تیمارهای کوددهی Fertilizer treatments	2011	2013	2011	2013	2011	2013	2011	2013	2011	2013	2011	2013
F_1	6114d	5748d	2744.1c	2475.7d	75.34cd	62.50e	0.0952d	0.0873g	0.8764e	0.7317cd	13.09c	11.77f
F_2	6662b	6375b	3165.1b	3059.6c	92.23ab	89.07d	0.1093d	0.1131f	0.9378de	0.8424c	16.33b	17.26d
F_3	5493f	5816cd	2228.9d	2545.7d	54.66e	67.72e	0.1130d	0.1314e	1.0022cd	1.0595b	9.13d	13.48e
F_4	5852e	6212bc	2519.6cd	2871.7c	66.81de	83.72d	0.1526bc	0.1624bc	1.0454bc	1.1426ab	11.37cd	16.48d
F_5	6342c	6588b	3098.7b	3512.7b	87.26bc	104.03bc	0.1367c	0.1484cd	1.0115cd	1.0494b	16.16b	20.58c
F_6	7024a	7365a	3587.7a	4001.4a	100.16a	120.42a	0.1805a	0.2026a	1.1884a	1.2644a	19.92a	26.34a
F_7	6212cd	6471b	3110.8b	3522.2b	85.66bc	97.37cd	0.1362c	0.1430de	0.9980cd	1.0381b	15.91b	20.49c
F_8	6930a	7214a	3401.2ab	3840.9a	94.11ab	114.43ab	0.1594b	0.1765b	1.1369ab	1.2046a	18.15ab	23.44b
F_9	4155g	3245e	1041.3e	793.1e	39.05f	28.03f	0.0321e	0.0164h	0.7402f	0.6540d	-	-

F_1: 100 درصد کاربرد کود شیمیایی اوره؛ F_2: 100 درصد کاربرد کود شیمیایی اوره + 8 تن در هکتار زئولیت؛ F_3: 100 درصد کاربرد کمپوست دامی؛ F_4: 100 درصد کاربرد کمپوست دامی + 8 تن در هکتار زئولیت؛ F_5: 50 درصد کاربرد کود شیمیایی اوره + ۵۰ درصد کاربرد کمپوست دامی؛ F_6: 50 درصد کاربرد کود شیمیایی اوره + ۵۰ درصد کاربرد کمپوست دامی + ۸ تن در هکتار زئولیت؛ F_7: 50 کاربرد کود شیمیایی اوره + ۵۰ درصد کاربرد آزوکمپوست؛ F_8: 50 درصد کاربرد کود شیمیایی اوره + ۵۰ درصد کاربرد آزوکمپوست + ۸ تن در هکتار زئولیت و F_9: عدم کاربرد هر نوع کود شیمیایی، کمپوست دامی، آزوکمپوست و زئولیت.

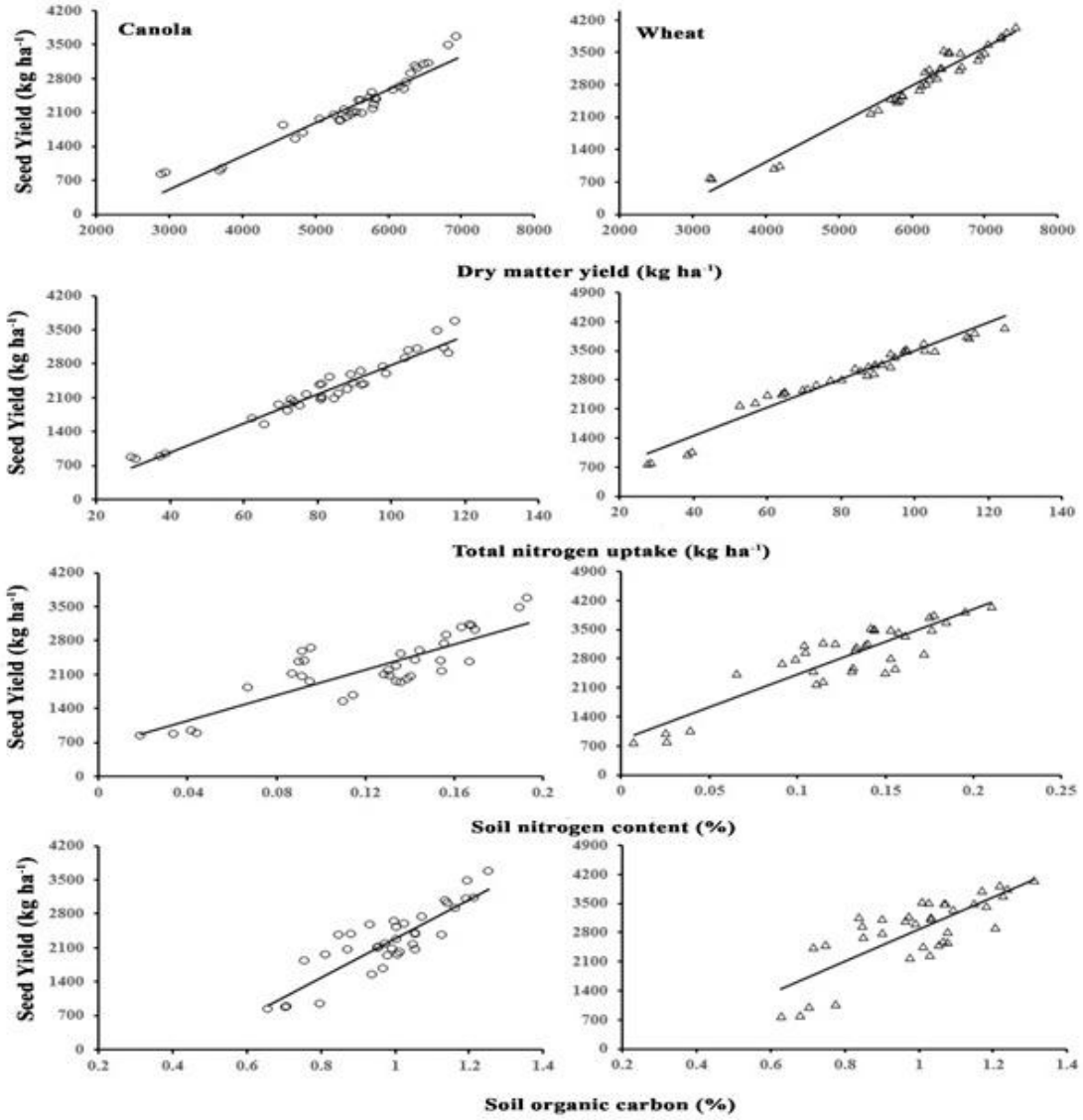
100 % urea (F_1), 100 % urea with 8 ton ha^{-1} zeolite (F_2), 100 % composted manure (F_3), 100 % composted manure with 8 ton ha^{-1} zeolite (F_4), 50 % urea + 50 % composted manure (F_5), 50 % urea + 50 % composted manure with 8 ton ha^{-1} zeolite (F_6), 50 % urea + 50 % azocompost (F_7), 50 % urea + 50 % azocompost with 8 ton ha^{-1} zeolite (F_8) and without any fertilizer and zeolite (F_9).

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

Means within each column of each section followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- رابطه رگرسیونی خطی بین عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک، نیتروژن جذب شده، نیتروژن و کربن آلی خاک

Fig. 1- Regression relationship between seed yield with dry matter yield, total nitrogen uptake, soil nitrogen and soil organic carbon

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین نیتروژن خاک از تیمار تلفیقی F_6 به میزان ۰/۱۹ و ۰/۲۰ درصد و کمترین میزان از تیمار F_9، ۰/۰۱ و ۰/۰۲ درصد در سال دوم آزمایش به‌ترتیب برای کلزا و گندم به‌دست آمد. بیشترین میزان افزایش در نیتروژن خاک از تیمار آلی F_3 به میزان ۲۲ و ۱۶ درصد و بیشترین کاهش در تیمار شاهد F_9 به میزان ۳۹ و ۴۹ درصد به‌ترتیب برای کلزا و گندم حاصل شد (جدول ۲). منابع متعددی افزایش میزان نیتروژن خاک، هنگامی که کودهای دامی و شیمیایی به صورت تلفیقی استفاده شوند را تأیید نموده‌اند (Gong et al., 2012; Pan et al., 2010; Wang et al., 2009). یافته‌های پیشین نشان داده است که افزایش ماده خشک ناشی از افزایش فعالیت و گستردگی سیستم ریشه‌ای در گیاه می‌باشد (Gao et al., 2009). جذب بیشتر نیتروژن در سیستم‌های تلفیقی در مطالعه حاضر نیز این موضوع را تایید می‌کند. بنابراین مقدار بیشتر نیتروژن موجود در خاک را می‌توان به فرآیند پوسیدگی ریشه مرتبط دانست (Wang et al., 2009). در هر یک از سیستم‌های حاصلخیزی تیمارهای دارای زئولیت بیشترین مقدار نیتروژن خاک را در انتهای آزمایش برای هر دو گیاه نشان دادند. به نظر می‌رسد که با حضور زئولیت در خاک هدرروی نیتروژن کمتر شده و علاوه بر اینکه نیتروژن در توده گیاهی افزایش می‌یابد، مقدار بیشتری از آن در انتهای آزمایش در خاک باقی می‌ماند (Bigelow et al., 2004; Harland et al., 1999). استفاده از زئولیت به طور معنی‌داری در جذب، نگهداری و کاهش آبشویی نیتروژن مؤثر بود و هرچه مقدار

www.SID.ir

Archive of SID

زئولیت به کار رفته افزایش یافت این تأثیر بیشتر شد. استنباط می‌شود که کاهش آبشویی نیتروژن و افزایش فراهمی آن در خاک در حضور زئولیت، ناشی از جذب انتخابی آمونیوم توسط زئولیت کلینوپتیلولیت است (Gholamhoseini et al., 2013).

تجزیه رگرسیونی

رابطه رگرسیونی میان عملکرد با عملکرد بیولوژیک و کربن آلی و نیتروژن خاک در شکل ۱ نشان داده شده است. تجزیه رگرسیون خطی نشان داد که عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری ($p < ۰/۰۰۱$) با عملکرد بیولوژیک ($R^۲ = ۰/۹۲$ و $R^۲ = ۰/۹۴$)، مقدار نیتروژن جذب شده ($R^۲ = ۰/۹۴$ و $R^۲ = ۰/۹۵$)، نیتروژن خاک ($R^۲ = ۰/۷۰$ و $R^۲ = ۰/۷۹$) و محتوی کربن آلی خاک ($R^۲ = ۰/۷۵$ و $R^۲ = ۰/۶۲$) به‌ترتیب برای کلزا و گندم داشت (جدول ۵). وجود رابطه خطی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه و خصوصیات خاک در این تحقیق نشانگر این مطلب می‌باشد که افزایش کربن آلی و نیتروژن خاک سبب افزایش عملکرد می‌شود. کودهای آلی با افزایش این شاخص‌ها منجر به افزایش عملکرد دانه شدند. کربن آلی یک شاخص قوی برای پیش‌بینی ثبات خاک دانه‌ها و تخلخل خاک می‌باشد و اثر اولیه ماده آلی مربوط به نقش آن در افزایش نیتروژن قابل دسترس می‌باشد (Zhengchao et al., 2013). کودهای آلی به دلیل بهبود ظرفیت نگهداری آب خاک و فراهم‌آوری عناصر غذایی منجر به افزایش رشد محصول و ایجاد رابطه مثبت و معنی‌دار میان عملکرد دانه با محتوی کربن آلی و نیتروژن خاک شود. مطالعات پیشین رابطه خطی میان عملکرد دانه با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و همچنین عملکرد بیولوژیک و اجزای عملکرد را گزارش کردند (Agegnehu et al., 2016a; Solaiman et al., 2012).

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق نشان داد کاربرد مواد آلی منجر به افزایش عملکرد دانه کلزا و گندم در طی دوره چهارساله آزمایش شد. بیشترین عملکرد دانه از تیمارهای تلفیقی ترکیب شده با زئولیت حاصل شد. کاربرد زئولیت در تمامی تیمارهای کوددهی منجر به افزایش عملکرد، کارایی نیتروژن، مقدار نیتروژن جذب شده، محتوی کربن آلی و نیتروژن خاک شد. مواد آلی به تنهایی یا در ترکیب با کودهای معدنی منجر به افزایش محتوی کربن آلی و نیتروژن خاک و در نهایت افزایش عملکرد شد. وجود رابطه مثبت و معنی‌دار بین خصوصیات خاک و عملکرد دانه نشان‌گر این موضوع می‌باشد که کودهای آلی با بهبود این شاخص‌ها منجر به افزایش رشد گیاه و درنهایت، عملکرد دانه می‌گردند. نتایج نشان داد که استفاده از کود دامی و زئولیت روشی مناسب برای کاهش کاربرد کودهای شیمیایی و بهبود پایداری در سیستم‌های کشاورزی می‌باشد.

جدول ۵- معادله رگرسیونی خطی میان عملکرد در مقابل عملکرد بیولوژیک، مقدار نیتروژن جذب شده، نیتروژن و کربن آلی خاک

Table 5- The linear regression function between seed yield versus dry matter yield, total nitrogen uptake, soil nitrogen and soil organic carbon

الف- کلزا A. Canola	شیب خط Slope	خطا معیار SE	عرض از مبدا Intercept	خطای معیار SE	R^2	P value
عملکرد بیولوژیک در برابر عملکرد دانه DMA *vs.* SY	0.68	0.03	-1534.9	190.9	0.92	0.001
مقدار نیتروژن جذب شده در برابر عملکرد دانه TNU *vs.* SY	29.88	1.20	-219.1	102.6	0.94	0.001
نیتروژن خاک در برابر عملکرد دانه SN *vs.* SY	13112.56	1466.18	626.7	190.6	0.70	0.001
کربن آلی خاک در برابر عملکرد دانه SOC *vs.* SY	4025.54	391.01	-1740.1	390.3	0.75	0.001
ب- گندم B. Wheat	**شیب خط Slope**	**خطا معیار SE**	**عرض از مبدا Intercept**	**خطای معیار SE**	**R^2**	**P value**
عملکرد بیولوژیک در برابر عملکرد دانه DMA *vs.* SY	0.85	0.03	-1870.14	195.27	0.94	0.001
مقدار نیتروژن جذب شده در برابر عملکرد دانه TNU *vs.* SY	34.08	1.28	92.50	108.45	0.95	0.001
نیتروژن خاک در برابر عملکرد دانه SN *vs.* SY	15754.34	1374.81	852.09	187.10	0.79	0.001
کربن آلی خاک در برابر عملکرد دانه SOC *vs.* SY	3882.47	520.48	-1003.88	525.77	0.62	0.001

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

Adediran, J.A., Taiwo, L.B., Akande, M.O., Sobulo, R.A., and Idowu, O.J. 2005. Application of organic and inorganic fertilizer for sustainable maize and cowpea yields in Nigeria. Journal of Plant Nutrition 27(7): 1163–1181.

Agegnehu, G., Bass, A.M., Nelson, P.N., and Bird, M.I. 2016. Benefits of biochar, compost and biochar–compost for soil quality, maize yield and greenhouse gas emissions in a tropical agricultural soil. Science of the Total Environment 543: 295–306.

Baligar, V.C., and Fageria, N.K. 2015. Nutrient use efficiency in plants: An overview. in Nutrient use efficiency: From Basics to Advances: 1–14.

Bandyopadhyay, K.K., Misra, A.K., Ghosh, P.K., and Hati, K.M. 2010. Effect of integrated use of farmyard manure and chemical fertilizers on soil physical properties and productivity of soybean. Soil and Tillage Research 110(1): 115–125.

Bhattacharyya, R., Kundu, S., Prakash, V., and Gupta, H.S. 2008. Sustainability under combined application of mineral and organic fertilizers in a rainfed soybean–wheat system of the Indian Himalayas. European Journal of Agronomy 28(1): 33–46.

Bigelow, C.A., Bowman, D.C., and Cassel, D.K. 2004. Physical properties of three sand size classes amended with inorganic materials or sphagnum peat moss for putting green rootzones. Crop Science 44(3): 900–907.

Carter, M.R., Sanderson, J.B., Ivany, J.A., and White, R.P. 2002. Influence of rotation and tillage on forage maize productivity, weed species, and soil quality of a fine sandy loam in the cool-humid climate of Atlantic Canada. Soil and Tillage Research 67(1): 85–98.

Conacher, J., and Conacher, A. 1998. Organic farming and the environment, with particular reference to Australia: a review. Biological Agriculture and Horticulture 16(2): 145–171.

De Vita, P., Di Paolo, E., Fecondo, G., Di Fonzo, N., and Pisante, M. 2007. No-tillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in southern Italy. Soil and Tillage Research 92(1): 69–78.

Edmeades, D.C. 2003. The long-term effects of manures and fertilisers on soil productivity and quality: a Review. Nutrient Cycling in Agroecosystems 66(2): 165–180.

Eghball, B. 2002. Soil properties as influenced by phosphorus-and nitrogen-based manure and compost applications. Agronomy Journal 94(1): 128–135.

Eghball, B., and Power, J.F. 1999. Phosphorus- and Nitrogen-based maure and compost applications: Corn production and soil phosphorus. Soil Science Society of America Journal 63: 895–901.

Gao, H.Y., Guo, S.L., Liu, W.Z., and CHE, S. 2009. Effects of fertilization on wheat yield and soil organic carbon accumulation in rainfed loessial tablelands. Plant Nutrition and Fertilizer Science 15(6): 1333–1338.

Gholamhoseini, M., Aghaalikhani, M., Khodaei-Joghan, A., Zakikhani, H., and Dolatabadian, A. 2012. How zeolite controls nitrate leaching and modifies canola grain yield and quality. Agricultural Research and Reviews 1(4): 113–126.

Gholamhoseini, M., Ghalavand, A., Khodaei-Joghan, A., Dolatabadian, A., Zakikhani, H., and Farmanbar, E. 2013. Zeolite-amended cattle manure effects on sunflower yield, seed quality, water use efficiency and nutrient leaching. Soil and Tillage Research 126: 193–202.

Gong, W., Yan, X., and Wang, J. 2012. The effect of chemical fertilizer on soil organic carbon renewal and CO_2 emission—a pot experiment with maize. Plant and Soil 353(1–2): 85–94.

Harland, J., Lane, S., and Price, D. 1999. Further experiences with recycled zeolite as a substrate for the sweet pepper crop. Acta Horticulture 481: 187–194.

Huang, Z.T., and Petrovic, A.M. 1994. Clinoptilolite zeolite influence on nitrate leaching and nitrogen use efficiency in simulated sand based golf greens. Journal of Environmental Quality 23(6): 1190–1194.

Leggo, P.J., Ledésert, B., and Christie, G. 2006. The role of clinoptilolite in organo-zeolitic-soil systems used for phytoremediation. Science of the Total Environment 363(1): 1–10.

Liang, B., Yang, X.Y., He, X.H., and Zhou, J.B. 2011. Effects of 17 years fertilization on soil microbial biomass C and N and soluble organic C and N in loessial soil during maize growth. Biology and Fertility of Soils: 121–128.

Martiniello, P. 2011. Cereal–forage rotations effect on biochemical characteristics of topsoil and productivity of the crops in Mediterranean environment. European Journal of Agronomy 35(4): 193–204.

Mumpton, F.A. 1999. La roca magica: uses of natural zeolites in agriculture and industry. Proceedings of the National Academy of Sciences 96(7): 3463–3470.

Page, A.L. 1982. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy.

Pan, G., Xu, X., Smith, P., Pan, W., and Lal, R. 2010. An increase in topsoil SOC stock of China's croplands between 1985 and 2006 revealed by soil monitoring. Agriculture, Ecosystems & Environment 136(1): 133–138.

Pan, G., Zhou, P., Li, Z., Smith, P., Li, L., Qiu, D., Zhang, X., Xu, X., Shen, S., and Chen, X. 2009. Combined inorganic/organic fertilization enhances N efficiency and increases rice productivity through organic carbon accumulation in a rice paddy from the Tai Lake region, China. Agriculture, Ecosystems and Environment 131(3–4): 274–280.

Peacock, A., Mullen, M.D., Ringelberg, D.B., Tyler, D.D., Hedrick, D.B., Gale, P.M., and White, D.C. 2001. Soil

www.SID.ir

Archive of SID

microbial community responses to dairy manure or ammonium nitrate applications. Soil Biology and Biochemistry 33(7): 1011–1019.
Prakash, V., Bhattacharyya, R., Selvakumar, G., Kundu, S., and Gupta, H.S. 2007. Long-term effects of fertilization on some soil properties under rainfed soybean-wheat cropping in the Indian Himalayas. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 170(2): 224–233.
Reeuwijk, L.P. 1993. Procedures for soil analysis. International Soil Reference and Information Centre.
Reganold, J.P. 1995. Soil quality and profitability of biodynamic and conventional farming systems: A review. American Journal of Alternative Agriculture 10(1): 36–45.
Rehakova, M., Čuvanová, S., Dzivak, M., Rimár, J., and Gaval'Ova, Z. 2004. Agricultural and agrochemical uses of natural zeolite of the clinoptilolite type. Current Opinion in Solid State and Materials Science 8(6): 397–404.
Solaiman, Z.M., Murphy, D.V., and Abbott, L.K. 2012. Biochars influence seed germination and early growth of seedlings. Plant and Soil 353(1–2): 273–287.
Srinivasarao, C., Venkateswarlu, B., Lal, R., Singh, a.K., Kundu, S., Vittal, K. P.R., Patel, J.J., and Patel, M.M. 2014. Long-term manuring and fertilizer effects on depletion of soil organic carbon stocks under pearl millet-cluster bean-castor rotation in Western India. Land Degradation and Development 25(2): 173–183.
Vats, M., Sehgal, D., and Mehta, D. 2001. Integrated effect of organic and inorganic manuring on yield sustainability in long-term fertilizer experiments. Indian Journal of Agriculture Research 35: 19–24.
Walinga, I., Van Vark, W., Houba, V.J.G., and Van der Lee, J.J. 1989. Soil and plant analysis, a series of syllabi, part 7: Plant analysis procedures. Wageningen Agricultural University, Wageningen, Netherlands.
Wang, J., Liu, H., Wang, S., and Han, X. 2003. Law of nutrient equilibrium, gain and loss in black soil farmland. Acta Pedol Sinica 40: 246–251.
Wang, Q., Zhang, L., Li, L., Bai, Y., Cao, J., and Han, X. 2009. Changes in carbon and nitrogen of Chernozem soil along a cultivation chronosequence in a semi- arid grassland. European Journal of Soil Science 60(6): 916–923.
Yang, S.M., Malhi, S.S., Song, J.R., Xiong, Y.C., Yue, W.Y., Lu, L.L., Wang, J.G., and Guo, T.W. 2006. Crop yield, nitrogen uptake and nitrate-nitrogen accumulation in soil as affected by 23 annual applications of fertilizer and manure in the rainfed region of Northwestern China. Nutrient Cycling in Agroecosystems 76(1): 81–94.
Yousefzadeh, S., Modarres-Sanavy, S.A.M., Sefidkon, F., Asgarzadeh, A., Ghalavand, A., and Sadat-Asilan, K. 2013. Effects of Azocompost and urea on the herbage yield and contents and compositions of essential oils from two genotypes of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) in two regions of Iran. Food Chemistry 138: 1407–1413.
Zhao, C., Hu, C., Huang, W., Sun, X., Tan, Q., and Di, H. 2010. A lysimeter study of nitrate leaching and optimum nitrogen application rates for intensively irrigated vegetable production systems in Central China. Journal of Soils and Sediments 10(1): 9–17.
Zhengchao, Z., Zhuoting, G., Zhouping, S., and Fuping, Z. 2013. Effects of long-term repeated mineral and organic fertilizer applications on soil organic carbon and total nitrogen in a semi-arid cropland. European Journal of Agronomy 20–26.

www.SID.ir

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 4, Winter 2019, p. 1245-1257

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۷، ص. ۱۲۵۷-۱۲۴۵

Effects of Nutritional Management on Yield, Nitrogen Use Efficiency, Soil Organic Carbon and Nitrogen in Canola-Wheat Crop Rotation

H. Akbari[1], and S.A.M. Modares Sanavy[2*]
Submitted: 09-04-2017
Accepted: 25-06-2017

Akbari, H., and Modares Sanavy, S.A.M. 2019. Effects of nutritional management on yield, nitrogen use efficiency, soil organic carbon and nitrogen in canola-wheat crop rotation. Journal of Agroecology. 10(4):1245-1257.

Introduction

Environmental concerns are raising due to nutrient leaching resulting from agricultural activities. There are new researches activities focusing on the practical management options for lowering nutrient runoff and leaching to the ground water. Alternative farming strategies such as organic and integrated fertilizer management, are being promoted recently because these managements minimize the environmental devastation.

Materials and Methods

This research was carried out at the Experimental Farm of Agronomy Department, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran (35°41′N, 51°19′E, 1215 m above sea level), during 2010-2013 growing seasons. Research farm was subjected to shallow plowing in Sep 2010 following by disk to be fully prepared for cultivation practice. Weed control was done chemically by application of Trifluralin (PubChem: 5569, 3.5 lit ha^{-1}) afterward weed biomass using a disk incorporated into the soil. Total area for each experimental unit was $12m^2$ (4m×3m), the distance between each adjacent plot was one meter. There were 2m gaps between the blocks and 1m alley was also established between each plot to prevent any interferences. The experiment was conducted with a split-plot layout based on a randomized complete block design with three replications. Crop rotation (Canola-Soybean-Wheat (C1) and Canola-Wheat (C2)) provided the whole-plot treatments with nine fertilization management (F_1: urea, F_2: urea + zeolite, F_3: composted manure, F_4: composted manure + zeolite, F_5: urea + composted manure, F_6: urea+ composted manure + zeolite, F_7: urea+ azocompost, F_8: urea+ azocompost + zeolite and F_9: Control) providing the sub-plots.

Results and Discussion

The variance analysis showed that fertilizer treatment main effect and interaction effects of year × fertilizer treatments, significantly affected all parameters including dry matter yield (DMY), seed yield (SY), amount of nitrogen absorbed (TNU), soil nitrogen (SN), soil organic carbon (SOC), nitrogen crop efficiency (AE) in both crops (Canola and Wheat) (Table 3). As shown in Table 4, the F_6 fertilizer treatment in 2012 had the highest DMY (6885 kg.ha^{-1}) and SY (3571 kg.ha^{-1}) for canola, also F_6 for wheat produced the highest DMY (7365 kg.ha^{-1}) and SY (4001 kg.ha^{-1}) in 2013. The maximum TNU was found in the F_6 treatment, whereas the minimum TNU was obtained in F_9 for canola and wheat (Table 4). The maximum SOC (1.22 and 1.26) was observed in the second year by the F_6 fertilizer treatments while the lowest soil organic carbon (0.1294 and 0.1201) were observed in F_9 in canola and wheat, respectively (Table 4). In the F_6 fertilizer treatment, 16.6 and 21.0kg for canola, and 19.9 and 26.3kg for wheat of seed yield were obtained per 1kg of applied N during 2010-2012 and 2011-2013, respectively.

Conclusions

The results of this study showed that the application of organic matter resulted in increased yield of rapeseed and wheat during the four-year period of the experiment. The highest grain yield was obtained from integrative treatments with combining zeolite. Application of zeolite in all fertilizer treatments resulted in increased both crops yield, nitrogen efficiency, absorbed nitrogen content, organic carbon content and soil nitrogen. Organic matter alone or in combination with mineral fertilizers resulted in an increase in the organic carbon content and nitrogen content of the soil and eventually increased yield in both crops. There is a positive and significant relationship between soil properties and

1 and 2- Ph.D. Student and Professor, Department of Agronomy, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: Modaresa@modares.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v10i4.63624

www.SID.ir

Archive of SID

grain yield indicating that organic fertilizers improve the growth of the plant and ultimately the grain yield, by improving these indices. The results showed that using manure and zeolite is a suitable method for reducing the application of chemical fertilizers and improving stability in agricultural systems. Our results demonstrated that organic amendments and zeolite in combination of chemical fertilizer could be useful methods to achieve sustainable agricultural systems.

Keywords: Azocompost, Combined fertilization, Sandy soil, Sustainable agriculture, Zeolite

www.SID.ir

www.SID.ir