نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۰، ص. ۳۰۸-۲۹۸

Journal of Agroecology
Vol. 3, No. 3, Fall 2011, p. 298-308

تأثیر روش‌های مختلف افزایش حاصلخیزی خاک از طریق افزودن کودهای آلی، شیمیایی و بیولوژیکی بر عملکرد و کیفیت دانه کلزا (*Brassica napus* L.)

خسرو محمدی[1*]، امیر قلاوند[2]، مجید آقا علیخانی[3] و اسعد رخزادی[1]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۲/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۴/۰۳

چکیده

منابع مختلف کودی بر عملکرد دانه، درصد روغن و کیفیت دانه تأثیر می‌گذارند. اطلاعات تأثیر همزمان منابع کودهای آلی، شیمیایی و بیولوژیک در زراعت کلزا (*Brassica napus* L.) در دسترس نمی‌باشد. به منظور بررسی تأثیر روش‌های افزایش حاصلخیزی خاک بر عملکرد کمی و کیفیت دانه کلزا رقم طلایه، یک آزمایش مزرعه‌ای در دو سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ و ۸۸-۱۳۸۷ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گریزه سنندج انجام گردید. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. شش راهبرد تأمین کود پایه شامل کود دامی (N_1)، کمپوست (N_2)، کود شیمیایی (N_3)، کمپوست+ کود دامی (N_4)، کمپوست+ کود دامی+ کود شیمیایی (N_5) و شاهد (N_6) به عنوان سطوح عامل اصلی تعیین شدند و چهار ترکیب کودهای زیستی شامل: باکتری باسیلوس و سودوموناس (B_1)، قارچ *تریکودرما* (B_2)، باکتری باسیلوس و سودوموناس + قارچ *تریکودرما* (B_3) و شاهد (بدون قارچ و باکتری) (B_4) به عنوان سطوح عامل فرعی انتخاب شدند. نتایج نشان داد که منابع مختلف کود پایه و زیستی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه دارد. بیشترین عملکرد دانه در تیماری که کودهای آلی و شیمیایی به طور همزمان مورد استفاده قرار گرفته بود (N_5) حاصل گردید. کلروفیل برگ به طور معنی‌داری تحت تأثیر روش‌های مختلف کوددهی قرار گرفت. بیشترین میزان نیتروژن دانه (۴۲/۸۵ میلی‌گرم در گرم) و کمترین نسبت (N/S) در تیمار N_5 به دست آمد. بیشترین درصد روغن در تیمار (N_1) و (N_2) بیشترین عملکرد روغن در تیمار (N_5) حاصل گردید. در نهایت کاربرد کودهای آلی و بیولوژیک در کنار کود شیمیایی باعث بهبود عملکرد و کیفیت دانه کلزا گردید.

واژه‌های کلیدی: کمپوست، کود دامی، کود زیستی، روغن

مقدمه

کلزا (*Brassica napus* L.) یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی می‌باشد. فاکتورهای متعددی کمیت و کیفیت دانه کلزا را تحت تأثیر قرار می‌دهند. نحوهٔ تغذیه کلزا یکی از عوامل تأثیر گذار بر عملکرد دانه، درصد روغن و کیفیت دانه آن می‌باشد. روغن کلزا تنها روغن خوراکی است که حاوی اسیدهای چرب گوگرد دار است. قسمت عمدهٔ ترکیب اسیدهای چرب روغن کلزا را اسیدهای چرب غیر اشباع تشکیل می‌دهد (Ohara et al., 2009). استفاده از کودهای شیمیایی معدنی سریعترین راه برای تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان می‌باشد، اما هزینه‌های زیاد مصرف کودهای شیمیایی، ایجاد آلودگی، تخریب محیط زیست و خاک نگران‌کننده می‌باشد. این در حالی است که توسعهٔ کاربرد منابع گیاهی و دامی قابل تجدید و منابع بیولوژیک به جای منابع شیمیایی می‌تواند نقش مهمی در باروری و حفظ فعالیت‌های بیولوژیک، مواد آلی خاک، سلامت بوم نظام زراعی و افزایش کیفیت محصولات زراعی داشته باشد (Zaidi et al., 2003). مواد آلی به علت اثرات سازنده‌ای که بر خصوصیات فیزیکی 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 (Tejada et al., 2008). کودهای دامی و کمپوست علاوه بر نقش تغذیه‌ای، در بهبود کیفیت محصولات، خواص فیزیکی و افزایش فعالیت بیولوژیک خاک تأثیر معنی‌داری دارند. استفاده از کمپوست و کودهای دامی به افزایش ماده آلی، عناصر معدنی، بهبود ساختمان خاک و عملکرد دانه منتهی می‌شود (Mohammadi et al., 2007; Courtney & Mullen, 2008). استفاده از کمپوست به افزایش طول ریشه، ماده خشک کل، جذب نیتروژن و عملکرد دانه کلزا منجر می‌گردد (Keeling et al., 2003).

۱، ۲ و ۳- به ترتیب استادیار گروه زراعت دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سنندج، دانشیار و استادیار گروه زراعت دانشگاه تربیت مدرس
(*- نویسنده مسئول: E-mail: kh.mohammadi@modares.ac.ir)

Archive of SID
www.SID.ir

فسفر یکی از عناصر ضروری مورد نیاز گیاهان زراعی است که قابلیت جذب آن به دلیل تثبیت توسط یون‌های معدنی نظیر آلومینیوم، آهن در خاک‌های اسیدی و کلسیم در خاک‌های قلیایی به شدت کاهش می‌یابد (Gaur et al., 1980). باکتری‌های *Pseudomonas putida* و *Bacillus lentus* باعث آزادسازی فسفات از ترکیبات معدنی می‌گردند (Gaur et al., 1980; Rudresh et al., 2005). جوتور و ردی (Jutur & Reddy, 2007) تأثیر مثبت این باکتری‌ها در حلالیت فسفر را به اثبات رساندند. علاوه بر توانایی حل کنندگی فسفات، این باکتری‌ها با خاصیت ضدپاتوژنی باعث کاهش بیماری‌ها، بهبود ساختمان خاک و تحریک رشد رویشی گیاه نیز می‌شوند (El-Komy, 2005; Rosas et al., 2006). حدود ۵ تا ۱۰ درصد عملکرد محصولات مختلف زراعی تحت تأثیر عوامل بیماری‌زا کاهش می‌یابد (Verma et al., 2007). در حال حاضر قارچ *Trichoderma* sp. به عنوان یک قارچ‌کش زیستی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Elad, 2000). این کود زیستی علاوه بر مبارزه بیولوژیک بر علیه پاتوژن‌ها به عنوان یک محرک رشد نیز محسوب می‌گردد. دوبی و همکاران (Dubey et al., 2007) نشان دادند که ایزوله‌های مختلف قارچ *تریکودرما* علاوه بر کاهش خسارت ناشی از فوزاریوم باعث افزایش رشد نیز می‌گردند. وجود این قارچ از طریق رقابت بر سر عناصر غذایی و ترشح آنزیم‌هایی نظیر سلولاز، همی‌سلولاز و پروتئاز و متابولیت‌های ثانویه موجب کاهش جمعیت پاتوژن‌ها می‌گردد. اثرات آنتاگونیستی این قارچ با عوامل بیماری‌زای مختلفی مانند: *Rhizoctonia solani*, *Crinipellis perniciosa*, *Fusarium* sp., *Bacteroides fragilis*, *Colletotrichum truncatum* اثبات گردیده است (Verma et al., 2007). در این آزمایش نیز تأثیر منابع مختلف کودی آلی و زیستی بر عملکرد و کیفیت دانه کلزا ارزیابی شد، تا بتوان بر اساس آن مدیریت مناسب کوددهی را در زراعت کلزا اعمال نمود و امکان جایگزینی نهاده‌های آلی و بیولوژیک به جای کودهای شیمیایی بررسی شود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در دو سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ و ۸۸-۱۳۸۷ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گریزه (استان کردستان) به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. کود پایه در شش سطح شامل: ۲۰ تن کود دامی در هکتار (N_1)، ۱۰ تن کمپوست زباله شهری درهکتار (N_2)، کود شیمیایی شامل ۱۰۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل + ۱۵۰ کیلوگرم اوره و ۵۰ کیلو گرم سولفات پتاسیم در هکتار (N_3)، ۵ تن کمپوست زباله شهری + ۱۰ تن کود دامی (N_4) و پنج تن کمپوست زباله شهری + ۱۰ تن کود دامی + ۵۰ کیلو گرم سوپر فسفات تریپل + ۷۵ کیلو گرم اوره+ ۲۵ کیلو گرم سولفات پتاسیم در هکتار (N_5) و تیمار شاهد (N_6) به عنوان عامل اصلی تعیین شدند. همچنین چهار ترکیب کود زیستی شامل باکتری *باسیلوس لنتوس* و *سودوموناس پوتیدا* (B_1)، قارچ *تریکودرما هارزیانوم* (B_2)، باکتری باسیلوس و سودوموناس + قارچ *تریکودرما* (B_3) و تیمار شاهد بدون تلقیح با قارچ و باکتری (B_4) به عنوان سطوح عامل فرعی در نظر گرفته شدند.

به منظور آگاهی از وضعیت عناصر غذایی در واحدهای آزمایشی قبل از کشت در هر دو سال از خاک محل انجام آزمایش نمونه برداری به عمل آمد و در آزمایشگاه تجزیهٔ خاک و آب استان کردستان آنالیز گردید (جدول ۱). در این آنالیز نیتروژن کل با استفاده از روش کجلدال (Bremner & Mulvaney, 1982)، فسفر قابل جذب به روش اولسن و همکاران (Olsen et al., 1954)، بافت خاک بر اساس روش هیدرومتر (Gee & Bauder, 1979)، EC و pH عصاره اشباع خاک بر اساس روش اسمیت و دوران (Smith & Doran, 1996.) و پتاسیم قابل جذب با استفاده از عصاره گیر استات آمونیوم و بر اساس روش کارتر (Carter, 1993) اندازه گیری شد. کود دامی و کمپوست مورد استفاده قبل از مصرف بر اساس روش کارتنی و مولن (Courtney & Mullen, 2008) تجزیه گردید تا درصد عناصر آن مشخص گردد (جدول ۲). بذر کلزا رقم طلایه با فاصله خطوط ۳۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف پنج سانتی‌متر، در خطوطی به طول هشت متر در تاریخ ۲۰ شهریور در سال اول و ۲۵ شهریور در سال دوم کشت گردید. آبیاری به روش بارانی و زمان آن بر اساس ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A تعیین گردید.

جهت تلقیح هر کیلوگرم بذر کلزا با ۷۰۰ میلی‌لیتر آب و ۲۰۰ 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* سویهٔ P_5 و *Pseudomonas putida* سویهٔ P_{13} از شرکت زیست فناور سبز (کود بارور ۲ که حاوی 10^8 اندام فعال باکتری در هر گرم[1] بود) و قارچ *Trichoderma harzianum* سویهٔ T_{39} از موسسه تحقیقات گیاهپزشکی وزارت جهاد کشاورزی تهیه گردید. در پایان فصل عملکرد دانه در تمام واحدهای آزمایشی اندازه‌گیری شد. نیتروژن دانه با استفاده از روش کجلدال و گوگرد دانه با روش سدیم پراکسید و بر اساس استانداردهای ای‌اُی‌سی (AOAC, 1998) اندازه‌گیری شد. محتوی روغن دانه با استفاده از روش استاندارد سوکسله و به کمک حلال متانول-کلروفرم تعیین گردید. تعیین ترکیب اسیدهای چرب به وسیله دستگاه کروماتوگرافی گازی مدل IGO 120 DFL انجام گرفت (Ahmad & Abdin, 2000). محتوی کلروفیل برگ در مرحلهٔ گل‌دهی با استفاده از دستگاه Spad-520 ساخت کمپانی مینولتای ژاپن تعیین گردید.

1- $CFU.g^1$

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- تجزیهٔ فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه قبل از کاشت

Table 1- Physical and chemical analysis of soil before sowing

سال Year	بافت خاک Soil texture	هدایت الکتریکی ($dS.m^{-1}$) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay	نیتروژن کل Total nitrogen	فسفر قابل استفاده Available phosphorus	پتاسیم قابل استفاده Available potassium
				(٪)				(ppm)	
اول The first	Clay loam	1.2	7.55	27	42	31	0.11	9.2	295
دوم The second	Clay loam	1.15	7.60	28	42	30	0.14	9.4	307

جدول ۲- ترکیبات موجود در کود دامی و کمپوست مورد استفاده در آزمایش

Table 2- Compositions of manure and compost used in the experiment

	اسیدیته pH	نیتروژن Nitrogen	فسفر Phosphorus	پتاسیم Potassium	کلسیم Calcium	منیزیم Magnesium	روی Zinc	سولفات Sulfur	مس Copper
			(٪)				(ppm)		
کود دامی Manure	7.45	0.74	0.49	0.31	745	1100	23	659	27
کمپوست Compost	7.20	0.70	1.15	0.51	1950	1890	42	1898	292

داده‌های حاصل از نمونه‌برداری‌ها برای سهولت در محاسبه‌های ریاضی در صفحات گسترده برنامهٔ Excel ثبت شدند و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها مطابق روش تجزیه واریانس (PROC ANOVA) از برنامهٔ آماری SAS ver. 9.1 استفاده شد (SAS, 2003). مقایسهٔ میانگین‌های صفات نیز به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن (سطح احتمال پنج درصد) انجام گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد که منابع مختلف کود پایه و زیستی تأثیر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) بر عملکرد دانه داشت (جدول ۳). به طوری که در مقایسهٔ میانگین‌ها (جدول ۴) مشخص شد که تیمار N_5 نسبت به سایر تیمارها از نظر عملکرد دانه اختلاف آماری معنی‌داری داشت. در توجیه این مطلب می‌توان اظهار داشت که به موازات رفع نیاز فسفر و نیتروژن گیاه توسط کود شیمیایی اضافه نمودن کود دامی و کمپوست باعث فراهمی عناصر کم مصرف برای گیاه گردید. ارهارت و هارتل (Erhart & Hartl, 2003) نشان دادند که استفاده از کمپوست باعث افزایش فسفر، پتاسیم، منیزیم و کلسیم قابل دسترس گیاه می‌گردد. از طرف دیگر، کمپوست مورد استفاده در این آزمایش حاوی درصد گوگرد (S) نسبتاً بالایی بود. گوگرد از جمله عناصری است که کلزا نسبت به آن عکس‌العمل مثبت نشان می‌دهد (Zhao et al., 1997). اضافه نمودن کودهای آلی علاوه بر تأمین عناصر غذایی با بهبود خواص فیزیکی خاک شرایط مناسبی را برای رشد و توسعه ریشه فراهم می‌نمایند (Mohammadi et al., 2007). بنابراین کاربرد کودهای آلی نظیر کود دامی و کمپوست باعث بهبود خواص فیزیکی خاک و کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک می‌گردد (Hati et al., 2006) و فضای مناسب برای رشد و توسعه ریشه فراهم می‌گردد. در بررسی اثرات متقابل سال × کودهای پایه (جدول ۵) مشخص شد که در سال اول تفاوتی از نظر آماری بین تیمارهای N_3 و N_4 وجود نداشت، اما در سال دوم کاربرد همزمان کود دامی و کمپوست باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه نسبت به تیمار کاربرد کود شیمیایی گردید. به نظر می‌رسد که با توجه به آزاد سازی تدریجی عناصر غذایی موجود در کودهای آلی، کارایی آن‌ها با گذشت زمان افزایش می‌یابد.

در مقایسهٔ میانگین کودهای زیستی مشخص شد که بیشترین عملکرد دانه در تیماری که قارچ و باکتری به طور همزمان مورد استفاده قرار گرفته بود (B_3) حاصل گردید (جدول ۴). باکتری‌های حل کننده فسفات با ترشح اسیدهای آلی و فسفاتاز باعث آزاد سازی عناصر از کمپلکس‌های موجود در خاک می‌گردند و دسترسی گیاه به عناصر غذایی افزایش پیدا می‌کند (Jutur & Reddy, 2007; Rudresh et al., 2005; Mohammadi et al., 2009). جونز و داراه (Jones & Darrah, 1996) نیز در آزمایش خود نشان دادند که

Archive of SID

www.SID.ir

اسیدهای آلی آزاد شده از ریز جاندارانی نظیر باسیلوس و سودوموناس علاوه بر فسفر، باعث آزادسازی منگنز، روی، آهن و منیزیم از کمپلکس‌های موجود در خاک می‌گردند. آنان اظهار داشتند که حلالیت فسفات در خاک در حضور اسیدهای آلی تا ۱۰۰۰ برابر افزایش می‌یابد. بنابراین، فراهمی مواد غذایی بر اثر وجود کودهای زیستی یکی از دلایل افزایش عملکرد می‌باشد. ستار و گاور (Sattar & Gaur, 1987) نیز افزایش عملکرد و تحریک رشد را به علت تولید اکسین و جیبرلین توسط باکتری‌های حل‌کنندهٔ فسفات گزارش نمودند. حالت آنتاگونیستی قارچ *تریکودرما* با اغلب عوامل بیماری‌زا در آزمایش‌های متعددی گزارش شده است (Verma et al., 2007; Dubey et al., 2007; Vinale et al., 2008). افزایش عملکرد دانه را می‌توان به کاهش عوامل بیماری‌زا ناشی از کاربرد قارچ *تریکودرما* نسبت داد. از طرف دیگر، بیشتر استرین‌های *تریکودرما*، محیط اطراف را به وسیلهٔ 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 که وجود باکتری‌های آزاد کننده فسفر با افزایش دسترسی به عناصر غذایی و قارچ *تریکودرما* با کاهش عوامل بیماری‌زا و تنش‌زا به افزایش تعداد غلاف بارور و عملکرد دانه منجر شده است.

رودرش و همکاران (Rudresh et al., 2005) نیز در آزمایش خود نشان دادند که کاربرد همزمان باکتری‌های حل کنندهٔ فسفات و قارچ *تریکودرما* باعث افزایش جذب عناصر غذایی و عملکرد دانه می‌گردد. یافته‌های فرناندو و همکاران (Fernando et al., 2007) نیز نشان داد که باکتری‌های باسیلوس و سودوموناس با کنترل بیولوژیک بیماری اسکلروتینیا در کلزا باعث افزایش عملکرد دانه می‌گردد. وجود رطوبت و عناصر غذایی و عدم وجود پاتوژن‌ها از مهم‌ترین عوامل باروری غلاف و تولید دانه می‌باشند (Vinale et al., 2006; Rai & Takabe, 2006). بدیهی است مساعد نمودن شرایط برای فعالیت باکتری‌های حل کننده فسفات و قارچ *تریکودرما* توسط کودهای آلی یکی از فاکتورهای افزاینده عملکرد دانه محسوب می‌گردد.

جدول ۳ - تجزیهٔ واریانس مرکب (میانگین مربعات) عملکرد دانه و برخی صفات کیفی کلزا

Table 3- Combined analysis of variance (means of squares) of canola grain yield and some qualitative traits

منابع تغییرات S.O.V	درجهٔ آزادی df	عملکرد دانه Grain yield	کلروفیل Chlorophyll	نیتروژن دانه Grain N	گوگرد دانه Grain S	نسبت نیتروژن به گوگرد N/S ratio
سال Year	1	193.7^{ns}	0.038^{ns}	0.021^{ns}	0.016^{ns}	0.8^{ns}
بلوک (سال) Block (year)	4	511^{ns}	0.0036^{ns}	0.31**	0.002^{ns}	0.066^{ns}
کود پایه Basal fertilizer	5	2390201**	442.5**	1127.1**	43.73**	64.49**
کود پایه × سال year×Basal fertilizer	5	131682**	0.67^{ns}	0.08^{ns}	0.145*	0.8^{ns}
خطای اصلی Main error	20	15152	0.037	0.027	0.028	0.23
کود زیستی Biofertilizer	3	109555**	10.21**	10.04**	0.39**	0.69**
کود زیستی × پایه Basal × Biofertilizer	15	1132^{ns}	0.04^{ns}	0.01^{ns}	0.007^{ns}	0.102^{ns}
کود زیستی× سال Year × Biofertilizer	3	1529^{ns}	0.092^{ns}	0.044^{ns}	0.004^{ns}	0.024^{ns}
کود زیستی × پایه× سال year× basal×biofertilizer	15	2794^{ns}	0.077^{ns}	0.013^{ns}	0.003^{ns}	0.028^{ns}
خطای فرعی Sub error	72	2200	0.029	0.065	0.003	0.065

^{ns} ، * و ** به ترتیب نشانه معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

ns, * and ** are Non- significant and significant at the 5 and 1% probability levels, respectively.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٤ - مقایسهٔ میانگین‌های عملکرد دانه و برخی صفات کیفی کلزا

Table 4- Means comparisons of canola grain yield and some qualitative traits

تیمار Treatment	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	کلروفیل برگ (عدد اسپد) Leaf Chlorophyll (Spad reading)	نیتروژن دانه (میلی‌گرم در گرم) Grain N ($mg.g^{-1}$)	گوگرد دانه (میلی‌گرم در گرم) Grain S ($mg.g^{-1}$)	نسبت نیتروژن به گوگرد N/S ratio
کود پایه Basal fertilizer					
کود دامی (N_1) Manure (N_1)	2405.6 d*	30.10 e	28.33 e	3.06 d	9.25 b
کمپوست (N_2) Compost (N_2)	2629.1 c	30.76 d	30.74 d	3.35 c	9.17 b
کود شیمیایی (N_3) Chemical fertilizer (N_3)	3161.6 b	34.28 b	40.93 b	5.18 b	7.90 c
دامی + کمپوست (N4) Manure + compost (N_4)	3115.0 b	30.88 c	37.87 c	4.98 b	8.06 c
شیمیایی+دامی+کمپوست (N5) Chemical + Manure + Compost (N_5)	4169.4 a	37.91 a	42.85 a	5.67 a	7.55 d
شاهد (N_6) Control (N_6)	1158.0 e	25.14 f	26.74 f	2.23 e	12.02 a
کود زیستی Biofertilizer					
باکتری‌های حل کننده فسفات (B_1) Phosphate solubilizing bacteria (B_1)	2795.4 b*	31.63 b	34.79 b	4.06 b	8.97 b
قارچ *تریکودرما* (B_2) *Trichoderma* fungi (B_2)	2805.1 b	31.57 b	34.67 b	4.02 c	9.04 ab
باکتری+قارچ (B_3) Bacteria + fungi (B_3)	2956.4 a	32.05 a	35.03 a	4.16 a	8.81 c
شاهد (B_4) Control (B_4)	2536.1 c	30.78 c	33.81 c	3.89 d	9.14 a

*میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشد.

*Mean values in each column with the same superscript(s) do not differ significantly by DMRT (P = 0.05).

کلروفیل برگ

بر اساس تجزیهٔ واریانس داده‌ها (جدول ۳) کلروفیل برگ به طور معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) تحت تأثیر روش‌های مختلف کوددهی قرار گرفت، اما میزان کلروفیل در دو سال مختلف اجرای آزمایش اختلاف معنی‌داری نداشت. مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد که استفادهٔ همزمان از باکتری‌های حل کننده فسفات و قارچ *تریکودرما* باعث افزایش کلروفیل برگ گردید (جدول ۴). راجندران و همکاران (Rajendran et al., 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 (Rudresh et al., 2005) نشان داد که کاربرد همزمان باکتری‌های حل کننده فسفات و قارچ *تریکودرما* باعث افزایش نیتروژن و کلروفیل برگ گردید. به نظر می‌رسد که فراهمی فسفر تأثیر معنی‌داری بر افزایش کلروفیل برگ داشته است. کمبود فسفر باعث کاهش کلروفیل برگ و فلورسانس آن می‌گردد (Lima et al., 1999). در مقایسهٔ میانگین‌ها بین سطوح کودهای پایه مشخص شد که بیشترین میزان کلروفیل در تیمار N_5 ایجاد گردید. پس از تیمار N_5، تیمار N_3 به طور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها برتر بود (جدول ۴). فراهمی عناصر معدنی نظیر آهن، منیزیم و منگنز با کاربرد توأم کمپوست و کود دامی و نیتروژن و گوگرد توسط کود شیمیایی می‌تواند یکی از دلایل افزایش کلروفیل برگ در این تیمارها باشد. با توجه به نقش کلیدی عناصری مانند نیتروژن، آهن و منیزیم در ساختمان کلروفیل، به نظر می‌رسد که تأمین این عناصر دلیل اصلی افزایش کلروفیل برگ باشد. همبستگی مثبت بین افزایش فراهمی نیتروژن و میزان کلروفیل برگ در مطالعات مختلفی گزارش شده است (Ding et al., 2005; DaMatta et al., 2002).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵ - مقایسهٔ میانگین عملکرد و گوگرد دانه کلزا تحت تأثیر برهمکنش سال و کودهای پایه

Table 5- Means comparison of grain yield and sulfur affected by interaction of year and basal fertilizers

سال Year	کود پایه Basal fertilizer	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	گوگرد دانه (میلی‌گرم در گرم) Grain S ($mg.g^{-1}$)
اول First	کود دامی (N_1) Manure (N_1)	2336.6 c*	3.05 d
	کمپوست (N_2) Compost (N_2)	2585.8 c	3.33 d
	کود شیمیایی (N_3) Chemical fertilizer (N_3)	3091.5 b	5.20 b
	دامی + کمپوست (N_4) Manure + compost (N_4)	3162.6 b	4.66 c
	شیمیایی+دامی+کمپوست (N_5) Chemical + Manure + Compost (N_5)	4155.6 a	5.72 a
	شاهد (N_6) Control (N_6)	1300.4 d	2.15 e
دوم Second	کود دامی (N_1) Manure (N_1)	2474.6 d	3.07 c
	کمپوست (N_2) Compost (N_2)	2672.4 d	3.36 c
	کود شیمیایی (N_3) Chemical fertilizer (N_3)	3038.3 c	5.15 b
	دامی + کمپوست (N_4) Manure + compost (N_4)	3160.4 b	4.83 b
	شیمیایی+دامی+کمپوست (N_5) Chemical + Manure + Compost (N_5)	4183.2 a	5.62 a
	شاهد (N_6) Control (N_6)	1017.1 e	2.30 d

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

*Mean values in each column with the same superscript(s) do not differ significantly by DMRT (P = 0.05).

نیتروژن و گوگرد

تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد که کودهای پایه تأثیر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) بر نیتروژن (N)، گوگرد (S) دانه و نسبت نیتروژن به گوگرد (N/S) دانه دارد (جدول ۳). اثر متقابل کودهای پایه و سال نیز تأثیر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) بر گوگرد دانه داشت. در مقایسهٔ میانگین‌ها مشخص شد که بیشترین میزان نیتروژن دانه (۴۲/۸۵ میلی‌گرم در گرم) در تیمار N_5 به دست آمد. 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 (Hatch et al., 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. بررسی اثر متقابل سال × کود پایه مشخص شد که میزان گوگرد دانه در تیمار N_4 در سال دوم افزایش یافت. یافته‌های ساهنی و همکاران (Sahni et al., 2008) نشان داد که کاربرد کمپوست درصد گوگرد و نیتروژن دانه را افزایش می‌دهد. میزان گوگرد دانه در تیمار ترکیب کود دامی و کمپوست (N_4) اختلاف معنی‌داری با تیمار کود شیمیایی (N_3) نداشت (جدول ۴). کمترین نسبت (N/S) در تیمار N_5 مشاهده گردید. این تیمار دارای بیشترین عملکرد دانه نیز بود. نسبت نیتروژن به گوگرد یک پارامتر ژنتیکی محسوب می‌گردد، ولی عوامل محیطی و تغذیه‌ای نیز روی این نسبت تأثیر گذارند (Zhao et al., 1998). افزایش این نسبت تا حدی برای گیاه مطلوب می‌باشد، در کلزا افزایش این نسبت باعث بروز علائم کمبود گوگرد در گیاه می‌گردد (Barker & Pilbeam, 2007).

نتایج برخی بررسی‌ها نشان داده است که افزایش بیش از حد نسبت نیتروژن به گوگرد دانه در کلزا عملکرد دانه را کاهش می‌دهد (Zhao et al., 1997). علاوه بر این، گوگرد نقش مهمی در

Archive of SID

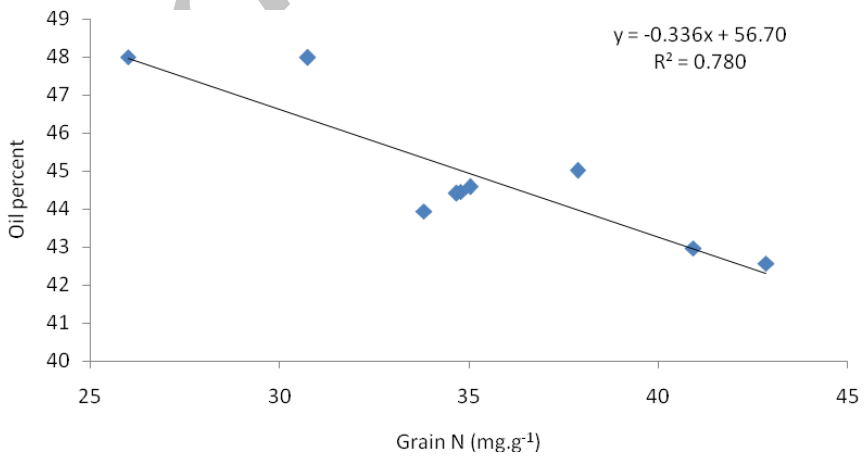
www.SID.ir

متابولیسم اسیدهای چرب، اسیدهای آمینه گوگرد دار و کلروفیل برگ دارد و می‌تواند باعث افزایش عملکرد دانه گردد (Barker & Pilbeam, 2007). بنابراین می‌توان یکی از دلایل کاهش عملکرد در این تیمار را به افزایش نسبت (N/S) مرتبط دانست. کودهای زیستی نیز تأثیر معنی‌داری بر نیتروژن، گوگرد و نسبت (N/S) دانه داشتند (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد همزمان باکتری‌های حل کننده فسفات و قارچ *تریکودرما* باعث افزایش نیتروژن و گوگرد دانه و کاهش نسبت (N/S) گردید. به نظر می‌رسد که 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 (Sahni et al., 2008) مطابقت دارد. آنان اظهار داشتند که کاربرد باکتری سودوموناس میزان نیتروژن، گوگرد، آهن و منگنز دانه را افزایش می‌دهد.

روغن دانه و ترکیب اسیدهای چرب

نتایج نشان داد که کودهای پایه و زیستی تأثیر معنی‌داری ($p\leq ۰/۰۱$) بر درصد روغن و عملکرد روغن دانه داشتند (جدول ۶). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین درصد روغن در تیمار (N_1) و (N_2) بیشترین عملکرد روغن در تیمار (N_5) حاصل گردید (جدول ۷). در این تیمار کاربرد کود دامی و کمپوست در کنار کودهای شیمیایی باعث افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه گردید و کمترین درصد روغن در این تیمار گزارش گردید ولی به دلیل داشتن بیشترین عملکرد دانه، عملکرد روغن این تیمار در واحد سطح از سایر تیمارهای آزمایش بیشتر گردید. گزارش‌های متعددی در مورد کاهش درصد روغن دانه کلزا با افزایش نیتروژن وجود دارد (Hocking et al., 2002; Bilsborrow et al., 1993). در این مطالعه نیز همبستگی بالایی بین درصد روغن و نیتروژن دانه مشاهده گردید (شکل ۱). کاربرد کود دامی و کمپوست به صورت منفرد باعث افزایش درصد روغن دانه کلزا گردید، ولی عملکرد روغن را افزایش معنی‌داری نداد، اما کاربرد توأم کود دامی و کمپوست عملکرد روغن را نسبت به تیمار کود شیمیایی به صورت معنی‌داری افزایش داد. بیشترین عملکرد و درصد روغن در ترکیب همزمان باکتری‌های حل کننده فسفات و قارچ *تریکودرما* حاصل گردید.

با توجه به این‌که میزان روغن دانه یکی از مهم‌ترین صفات کیفی دانه کلزا محسوب می‌گردد، بنابراین می‌توان اظهار داشت که کاربرد کودهای آلی و زیستی باعث افزایش کیفیت دانه کلزا گردیده است. کودهای پایه تأثیر معنی‌داری بر اسیدهای چرب امگا ۶ یا اسید لینولئیک (۱۸:۲) و امگا ۹ یا اسید اولئیک (۱۸:۱) داشتند، ولی تأثیر کودهای پایه بر اسیدهای چرب اسید پالمتیک (۱۶:۰)، اسید استئاریک (۱۸:۰) و اسید لینولنیک (۱۸:۳) معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد کود دامی و کمپوست در مقایسه با کاربرد کودهای شیمیایی باعث افزایش معنی‌دار امگا ۹ و امگا ۶ گردید (جدول ۷). این دو اسید چرب جز اسیدهای چرب غیراشباع محسوب می‌گردند. افزایش اسیدهای چرب غیراشباع نیز باعث افزایش کیفیت روغن کلزا می‌گردد (Ahmad & Abdin, 2000)، اما کاربرد کودهای شمیایی باعث کاهش درصد اسید اولئیک گردید. یافته‌های راسکه و همکاران (Rathke et al., 2006) نیز نشان داد که افزایش فراهمی نیتروژن باعث کاهش درصد اسید اولئیک دانه می‌گردد. کودهای زیستی تأثیر معنی‌داری نیز بر اسید پالمتیک داشتند و کاربرد آن‌ها باعث افزایش امگا ۶ و امگا ۹ گردید.



شکل ۱- همبستگی بین درصد روغن و نیتروژن دانه کلزا (میلی‌گرم بر گرم)

Fig. 1- Correlation between oil percent and grain nitrogen (mg.g^{-1}) of canola

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه‌گیری

به عنوان نتیجه گیری نهایی می‌توان چنین اظهار داشت که بیشترین افزایش و بهبود در عملکرد دانه، روغن کلزا و سایر خصوصیات کیفی دانه در تیمار N_5B_3 که در آن کمپوست، کود دامی، شیمیایی و کودهای زیستی به طور همزمان مورد استفاده قرار گرفته بود حاصل گردید و این ترکیب تیماری در مقایسه با سایر تیمارها، تیمار برتر بود. علاوه بر این به نظر می‌رسد که ترکیب تیماری مذکور از نظر اقتصادی و زیست محیطی نیز مفید و مثمر ثمر می‌باشد و می‌تواند گامی مؤثر در جهت نیل به کشاورزی پایدار محسوب گردد. بدین ترتیب، پیشنهاد می‌گردد که در مطالعات دیگری تأثیر سطوح مختلف کمپوست و کود دامی بر صفات اندازه‌گیری شده در این آزمایش ارزیابی گردد.

سپاسگزاری

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس بابت تأمین هزینه و از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان به خاطر تأمین فضای اجرای آزمایش کمال تشکر را داریم.

جدول ٦ – تجزیهٔ واریانس مرکب (میانگین مربعات) روغن و ترکیب اسیدهای چرب دانه کلزا

Table 6- Combined analysis of variance (mean squares) of oil and canola grain fatty acids

منابع تغییرات S.O.V	درجهٔ آزادی df	روغن دانه Grain oil	عملکرد روغن Oil yield	اسید پالمتیک Palmetic acid	اسید استئاریک Stearic acid	اسید اولئیک Oleic acid	اسید لینولئیک Linoleic acid	اسید لینولنیک Linolenic acid
سال Year	1	0.747 *	391.1 ns	0.002 ns	0.002 ns	0.01 ns	0.001 ns	0.06 ns
بلوک (سال) Block (year)	4	0.060ns	11250**	0.06**	0.001 ns	0.04*	0.002 ns	0.04 ns
کود پایه Basal fertilizer	5	236.7 **	449240**	0.007 ns	0.002 ns	35.1**	12.3**	0.01 ns
کود پایه × سال year×Basal fertilizer	5	0.01 ns	2587 ns	0.001 ns	0.004 ns	0.02 ns	0.004 ns	0.05 ns
خطای اصلی Main error	20	0.109	3323	0.006	0.01	0.04	0.003	0.05
کود زیستی Biofertilizer	3	0.08 ns	234243**	0.01*	0.001 ns	4.6**	1.3**	0.008 ns
کود زیستی × پایه Basal × Biofertilizer	15	0.027 ns	836 ns	0.006 ns	0.002 ns	0.08 ns	0.01 ns	0.05 ns
کود زیستی× سال Year × Biofertilizer	3	0.036 ns	180 ns	0.001 ns	0.003 ns	0.01 ns	0.055 ns	0.01 ns
کود زیستی × پایه× سال year× basal×biofertilizer	15	0.105 ns	171 ns	0.003 ns	0.002 ns	0.008 ns	0.026 ns	0.006 ns
خطای فرعی Sub error	72	0.02	456.3	0.003	0.002	0.005	0.029	0.02

ns، ** و * به ترتیب نشانه عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد می‌باشد.

Ns, * and ** are Non- significant, Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۷ – مقایسهٔ میانگین‌های روغن و ترکیب اسیدهای چرب دانه کلزا

Table 7- Means comparisons of oil and fatty acids of canola grain

تیمار Treatment	روغن دانه (درصد) Grain oil (%)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) Oil yield ($kg.ha^{-1}$)	اسید پالمتیک Palmetic acid	اسید استئاریک Stearic acid	اسید اولئیک Oleic acid	اسید لینولئیک Linoleic acid	اسید لینولنیک Linolenic acid
			(%)				
کود پایه Basal fertilizer							
کود دامی (N_1) Farmyard manure (N_1)	47.65 a*	1146.5 e	5.01 a	1.71 a	61.14 b	22.76 a	9.15 a
کمپوست (N_2) Compost (N_2)	47.98 a	1261.8 d	5.04 a	1.70 a	61.21 ab	22.84 a	9.15 a
کود شیمیایی (N_3) Chemical fertilizer (N_3)	42.97 c	1358.7 c	5.02 a	1.69 a	59.32 d	21.66 b	9.14 a
دامی + کمپوست (N_4) Farmyard + compost (N_4)	45.01 b	1402.4 b	5.05 a	1.70 a	61.33 a	22.99 a	9.16 a
شیمیایی +دامی +کمپوست (N_5) Chemical + Farmyard + Compost (N_5)	42.57 c	1775.4 a	5.02 a	1.70 a	59.84 c	22.31 ab	9.15 a
شاهد (N_6) Control (N_6)	39.91 d	465.6 f	5.04 a	1.68 a	58.50 e	21.17 b	9.14 a
کود زیستی Biofertilizer							
باکتری‌های حل کننده فسفات (B_1) Phosphate solubilizing bacteria (B_1)	44.45 b*	1245.1 b	5.01 b	1.70 a	60.20 a	22.31 a	9.16 a
قارچ تریکودرما (B_2) *Trichoderma* fungi (B_2)	44.42 b	1248.3 b	5.04 a	1.70 a	60.24 a	22.24 b	9.15 a
باکتری +قارچ (B_3) Bacteria + fungi (B_3)	44.58 a	1320.0 a	5.05 a	1.71 a	60.20 a	22.31 a	9.15 a
شاهد (B_4) Control (B_4)	43.95 c	1125.2 c	5.01 b	1.69 a	60.00 b	22.25 b	9.15 a

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

* Mean values in each column with the same superscript(s) do not differ significantly by DMRT (P = 0.05).

www.SID.ir

منابع

1- Ahmad, A., and Abdin, M.Z. 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.
2- 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.
3- Barker, A.V., and Pilbeam, D.J. 2007. Handbook of Plant Nutrition. CRC Press 662 pp.
4- Bilsborrow, P.E., Evans, E.L., and Zhano, F.J. 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.
5- Bremner, J.M., and Mulvaney, C.S. 1982. Nitrogen- total. In: Page, A.L. (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 2. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America p. 595-624.
6- Carter, M.R. 1993. Soil Sampling and Methods of Analysis. Canadian Society of Soil Science. Lewis Publisher. 1224 pp.
7- Courtney, R.G., and Mullen, G.J. 2008. Soil quality and barley growth as influenced by the land application of two compost types. Bioresource Technology 99: 2913-2918.
8- DaMatta, F.M., Loos, R.A., and Loureiro, M.E. 2002. Limitations to photosynthesis in *Coffea canephoraas* a result of nitrogen and water availability. Journal of Plant Physiology 159: 975-981.
9- Ding, L., Wang, K.J., Jiang, G.M., Li, L.F., and Li, Y.H. 2005. Effects of nitrogen deficiency on photosynthetic traits of maize hybrids released in different years. Annals of Botany 96: 925-930.
10- Dubey, S.C., Suresh, M., and Singh, B. 2007. Evaluation of *Trichoderma* species against *Fusarium oxysporum* f. sp. ciceris for integrated management of chickpea wilt. Biological Control 40: 118-127.
11- El-Komy, H.A. 2005. Coimmobilization of *Azospirillum lipoferum* and *Bacillus megaterium* for plant nutrition. Food Technology and Biotechnology 43(1): 19–27.
12- Elad, Y. 2000. Biological control of foliar pathogens by means of *Trichoderma harzianum* and potential modes of action. Crop Protection 19: 709-714.
13- 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.
14- Fernando, W.G.D., Nakkeeran, S., 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.
15- Gaur, A.C., Ostwal, K.P., and Mathur, R.S. 1980. Save super phosphate by using phosphate-solubilizing cultures and rock phosphate. Kheti 32: 23-25.
16- Gee, G.W., and Bauder, J.W. 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.
17- Hatch, D.J., Goodlass, G., Joynes, A., and Shepherd, M.A. 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.
18- Hati, K.M., Mandal, K.G., Misra, A.K., Ghosh, P.K., and Bandyopadhyay, K.K. 2006. Effect of inorganic fertilizer and farmyard manure on soil physical properties, root distribution, and water-use efficiency of soybean in Vertisols of central India. Bioresource Technology 97: 2182-2188.
19- Hocking, P.J., Kirkegaard, J.A., Angus, J.F. Bernardi, A., and Mason, L.M. 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.
20- Jones, D.L., and Darrah, P.R. 1996. Re-sorption of organic compounds by roots of *Zea mays* L. and its consequences in the rhizosphere. Plant and Soil 178: 153-160.
21- Jutur, P.P., and Reddy, A.R. 2007. Isolation, purification and properties of new restriction endonucleases from *Bacillus badius* and *Bacillus lentus*. Microbiological Research 162: 378-383.
22- Keeling, A.A., McCallum, K.R., and Beckwith, C.P. 2003. Mature green waste compost enhances growth and nitrogen uptake in wheat (*Triticum aestivum* L.) and oilseed rape (*Brassica napus* L.) through the action of water-extractable factors. Bioresource Technology 90: 127-132.
23- Lima, J.D., Mosquim, P.R., and DaMatta, F.M. 1999. Leaf gas exchange and chlorophyll fluorescence parameters in *Phaseolus vulgaris* as affected by nitrogen and phosphorus deficiency. Photosynthetica 37: 113-121.
24- Mohammadi, K., Kalamian, S., and Nouri, F. 2007. Use of agricultural wastage as compost and its effect on grain yield of wheat cultivars. In proceedings National conference on agricultural wastage. Tarbiat Modarres University, Iran p. 219-224. (In Persian with English Summary)
25- Mohammadi, K., Ghalavand, A., Aghaalikhani, M., Sohrabi, Y., and Heidari, G.R. 2009. Impressibility of chickpea seed quality from different soil fertility systems. Electronic Journal of Crop Production 3(1): 103-119. (In Persian with English Summary)

Archive of SID

www.SID.ir

26- Ohara, N., Naito, Y., Kasama, K., Nagata, T., and Okuyama, H. 2009. Similar changes in clinical and pathological parameters in Wistar Kyoto rats after a 13-week dietary intake of canola oil or fatty acid composition-based interesterified canola oil mimic. Food and Chemical Toxicology 47: 157-162.
27- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., and Dean, L.A. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. US Dept. Agric. Washington DC, Circular 939 pp.
28- Rai, A., and Takabe, T. 2006. Abiotic Stress Tolerance in Plants, Toward the Improvement of Global, Environment and Food. Published by Springer 256 pp.
29- Rajendran, G., Desai, A.J., 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.
30- Rathke, G.W., Behrens, T., and Diepenbrock, W. 2006. Integrated nitrogen management strategies to improve seed yield, oil content and nitrogen efficiency of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. Agriculture, Ecosystems and Environment 117: 80-108.
31- Rosas, S.B., Andres, G.A., Rovera, M., and Correa, N.S. 2006. Phosphate-solubilizing *Pseudomonas putida* can influence the *Rhizobia* legume symbiosis. Soil Biology and Biochemistry 38: 3502-3505.
32- Rudresh, D.L., Shivaprakash, M.K., and Prasad, R.D. 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.
33- Sahni, S., Sarma, B.K., Singh, D.P., Singh, H.B., and Singh, K.P. 2008. Vermicompost enhances performance of plant growth-promoting rhizobacteria in *Cicer arietinum* rhizosphere against *Sclerotium rolfsii*. Crop Protection 27: 369-376.
34- SAS Institute. 2003. The SAS System for Windows. Release 9.1. SAS Inst., Cary, NC.
35- Sattar, M.A., and Gaur, A.C. 1987. Production of Auxins and Gibberellins by phosphate dissolving microorganisms. Zentralbl Mikrobiology 142: 393-395.
36- Smith, J.L., and Doran, J.W. 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.
37- Tejada, M., Gonzalez, J.L., García-Martínez, A.M., and Parrado, J. 2008. Effects of different green manures on soil biological properties and maize yield. Bioresource Technology 99: 1758-1767.
38- Verma, M., Brar,. S.K., Tyagi, R.D., Surampalli, R.Y., and Valèro, J.R. 2007. Antagonistic fungi, *Trichoderma* spp.: Panoply of biological control. Biochemical Engineering Journal 37: 1-20.
39- Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E.L., Woo, S.L., and Lorito, M. 2008. *Trichoderma*-plant-pathogen interactions. Soil Biology and Biochemistry 40: 1-10.
40- Zaidi, A., Saghir, M., and Amil, M.D. 2003. Interactive effect of rhizotrophic microorganisms on yield and nutrient uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.). European Journal of Agronomy 19: 15-21.
41- Zhao, F.J., Bilsborrow, P.E., and McGrath, S.P. 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.
42- Zhao, F.G., Evans, E.J., Bilsborrow, P.E., and Syers, J.K. 1998. Sulphur uptake and distribution in double and single low varieties of oilseed rape (*Brassica napus* L.). Plant and Soil 150: 69-76.

Archive of SID

www.SID.ir