



واکنش برخی از صفات خاک و ویژگی‌های کیفی دانه آفتابگردان به رژیم‌های مختلف تغذیه‌ای

فاطمه سلیمانی^۱ - گودرز احمدوند^{۲*} - علی اکبر صفری سنجانی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۶/۲۱

چکیده

به منظور بررسی اثر رژیم‌های گوناگون تغذیه‌ای بر برخی ویژگی‌های کیفی دانه گیاه روغنی آفتابگردان و همچنین خاک تحت کشت آن، آزمایشی در سال ۱۳۹۴ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان اجرا شد. تیمارها شامل: عدم کاربرد هر گونه کود شیمیایی و زیستی، کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی پیشنهاد شده (NP)، ۱/۲ کود شیمیایی نیتروژن و فسفر پیشنهاد شده بدون کود زیستی، کود آلی ورمی کمپوست، کود زیستی فسفونیتروکارا، کود زیستی بیوسولفور، ورمی کمپوست+ فسفونیتروکارا، ورمی کمپوست+ بیوسولفور، ورمی کمپوست+ ۱/۲ کود شیمیایی نیتروژن و فسفر پیشنهاد شده، فسفو نیتروکارا+ ۱/۲ کود شیمیایی نیتروژن و فسفر پیشنهاد شده، بیوسولفور+ ۱/۲ کود شیمیایی نیتروژن و فسفر پیشنهاد شده، ورمی کمپوست+ فسفونیتروکارا+ ۱/۲ کود شیمیایی نیتروژن و فسفر پیشنهاد شده، ورمی کمپوست+ بیوسولفور+ ۱/۲ کود شیمیایی نیتروژن و فسفر پیشنهاد شده بود. نتایج نشان داد که تیمارهای تغذیه‌ای، تمامی صفات به جز درصد روغن دانه و اسیدیته خاک را به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار دادند. بیشترین غلظت عناصر بررسی شده، روغن و پروتئین دانه در تیمارهای تلفیقی مشاهده شد. همچنین کاربرد تلفیقی کودها بالاترین غلظت نیتروژن، فسفر و سولفات در خاک را به همراه داشت. به طور کلی، چنین به نظر می‌رسد که کودهای زیستی مورد مطالعه و ورمی کمپوست به همراه کودهای شیمیایی ضمن تولید عملکرد مطلوب آفتابگردان می‌توانند با بهبود شرایط تغذیه‌ای خاک، تأثیر مثبتی بر پایداری تولید و کاهش مصرف کودهای شیمیایی داشته باشند.

واژه‌های کلیدی: عناصر غذایی، کود زیستی، ورمی کمپوست

مقدمه

دستیابی به حداکثر تولید در واحد سطح استفاده می‌شود. نیتروژن یکی از عناصر غذایی مهم برای رشد گیاهان و پایه ساخت پروتئین و نوکلئیک اسید است. فسفر دومین عنصر محدودکننده تولید گیاهان زراعی پس از نیتروژن می‌باشد و در فرآیندهای بیوشیمیایی و ترکیب‌های انرژی‌زا و انتقال انرژی، تشکیل دانه و سوخت و ساز تبدیل قند به نشاسته نقش پایه‌ای را بر عهده دارد. گوگرد یکی دیگر از عناصر ضروری مورد نیاز گیاهان است که در سال‌های اخیر استفاده از آن کمتر مورد توجه قرار گرفته است. گوگرد نیز مانند نیتروژن از عناصر ضروری در ساختمان پروتئین‌های گیاهی است و نقش ساختاری در آمینواسیدهایی مثل سیستین، سیستین و متیونین، روغن و برخی از پروتئین‌های مؤثر در سنتز ویتامین‌ها و کلروفیل دارد (Marschner, 1995; Weiss, 2000; Kacar and Katkat, 2007). همچنین این عنصر در ایجاد تعادل مطلوب مواد غذایی خاک بسیار مهم است، به طوری که کاربرد میزان مناسبی از گوگرد به همراه نیتروژن می‌تواند نقش مؤثری در افزایش قابلیت دسترسی به عناصر پر کاربرد نظیر نیتروژن، فسفر و پتاسیم و نیز عناصر کم کاربرد مانند آهن، مس، روی و منگنز داشته باشد (Kaplan and Orman, 1998; Erdal et al., 2004; Zapata)

آفتابگردان (*Helianthus annuus L.*) یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی در جهان محسوب می‌شود. بالا بودن میزان اسیدهای چرب غیراشباع لینولئیک و اولئیک که از اسیدهای چرب ضروری بوده باعث افزایش ارزش تغذیه‌ای روغن آفتابگردان شده است (Izquierdo and Aguirrezabal, 2008).

یکی از جنبه‌های بسیار مهم مدیریت زراعی برای دستیابی به عملکرد اقتصادی بالا در هر گیاهی فراهم نمودن مقدار کافی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در خاک است. عملکرد محصول، با میزان عرضه عناصر معدنی و آلی خاک که برای آن قابل بهره‌گیری باشد، متناسب بوده و از دیرباز بشر به اهمیت عناصر معدنی و آلی در رشد گیاه و تولید محصول پی برده است. امروزه از کودها به عنوان ابزار برای

۱ و ۲- به ترتیب دانش‌آموخته دکترای فیزیولوژی گیاهان زراعی و دانشیار گروه

زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

۳- استاد، گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

(Email: gahmadvand@basu.ac.ir

*) نویسنده مسئول:

DOI: 10.22067/gsc.v16i1.54524

(2004). در آزمایشات ورزی و همکاران (Varzi et al., 2011) استفاده تلفیقی از باکتری‌های محرک رشد به همراه کودهای نیتروژنی، فسفر و نیتروژن دانه آفتابگردان را نسبت به تیمار بدون باکتری افزایش داد. در مطالعات جهان و همکاران (Jahan et al., 2013) بر روی انواع کودهای زیستی، بیشترین درصد روغن دانه کنجد (*Sesamum indicum* L.) با ۳۹/۴۶ درصد و پروتئین دانه با ۲۰/۰۴ درصد به ترتیب در تیمارهای تلقیح با بیوسولفور و بیوسففر دیده شد. همچنین کومار و همکاران (Kumar et al., 2014) در بررسی پیامد تلقیح دانه کنجد با باکتری سودوموناس آئروژینوزا (*Pseudomonas aeruginosa*) به همراه کاربرد کامل کود شیمیایی پیشنهادی و ۵۰ درصد آن گزارش کردند که تلقیح دانه به همراه کاربرد نیمی از کود پیشنهاد شده، عملکرد روغن و پروتئین را به ترتیب ۳۳/۳ و ۴۷/۵ درصد در برابر کاربرد کامل کود شیمیایی افزایش داد. احمد و همکاران (Ahmad et al., 2013) نیز در مطالعات خود پی بردند که تلقیح ماش (*Vignaradiate* L.) با ریزوبیوم (*Rhizobium*) و سودوموناس (*Pseudomonas*) تعادل یونی را بهبود داد و غلظت فسفر و پروتئین را در دانه افزود. نتایج بسیاری از مطالعات مبین تأثیر مثبت کودهای زیستی و آلی در بهبود رشد و کیفیت محصولات می‌باشد (Arancon et al., 2004; Roesty et al., 2006; Fankem et al., 2008). باتوجه به موارد ذکر شده و با توجه به اینکه تاکنون مطالعه جامعی در خصوص واکنش توأم عناصر خاک و دانه آفتابگردان به رژیم‌های مختلف تغذیه‌ای در ایران انجام نشده است، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر رژیم‌های گوناگون تغذیه‌ای بر غلظت عناصر دانه و خاک در زراعت آفتابگردان انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا، همدان با مختصات عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۵۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۲ دقیقه شرقی، با ارتفاع ۱۷۴۱ متر از سطح دریا و متوسط بارندگی ۳۳۰ میلی‌متر در سال، انجام شد. به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش، نمونه‌ای مرکب، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک مزرعه تهیه که نتایج تجزیه آن در جدول ۱ ارائه گردیده است. میزان عناصر غذایی و برخی خصوصیات ورمی‌کمپوست مورد استفاده نیز تعیین شد (جدول ۱).

آزمایش در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۳ تیمار و سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل: عدم کاربرد هرگونه کود شیمیایی و زیستی، کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی (NP) پیشنهاد شده بر اساس آزمون خاک، ۱/۲ کود شیمیایی نیتروژن و فسفر پیشنهاد شده بدون کود زیستی، کود آلی ورمی‌کمپوست، کود زیستی فسفونیتروکارا، کود

زیرا گوگرد با تغییر اسیدیته خاک به‌عنوان مهم‌ترین ویژگی خاک، حلالیت و انتقال عناصر مغذی، فعالیت‌های میکروبی و آنزیمی خاک را کنترل می‌کند (Graeme et al., 1993). گوگرد از طریق اکسیداسیون و تولید پروتون اسیدیته خاک را کاهش و قابلیت دسترسی برخی عناصر را افزایش می‌دهد (Modaihsh et al., 1989). از سویی به دلیل قلیایی بودن خاک در اکثر مناطق ایران، تولید اسید سولفوریک در خاک در نتیجه فعالیت باکتری‌های اکسید کننده گوگرد می‌تواند در افزایش جذب عناصر پر کاربرد و کم کاربرد، مؤثر باشد.

هرچند بهره‌گیری از عناصر غذایی شیمیایی از عوامل مهم به‌زراعی است که بر رشد و نمو، عملکرد کمی و کیفی محصول تأثیر قابل توجهی دارد، اما کاربرد بی‌رویه کودهای شیمیایی موجب ایجاد مشکلات زیست‌محیطی فراوانی از جمله آلودگی منابع آب و خاک، افت کیفیت محصولات کشاورزی و کاهش میزان حاصلخیزی خاک‌ها گردیده است. کاربرد منابع تجدیدپذیر و مدیریت صحیح کودی می‌تواند نقش به‌سزایی در کاهش محضلات ذکر شده و تأمین اهداف نظام‌های زراعی سالم و پایدار داشته باشد. یکی از راه‌حل‌ها در مسیر دستیابی به بخشی از اهداف کشاورزی پایدار، استفاده از منابع آلی و زیستی در جهت تغذیه گیاهان زراعی می‌باشد.

کودهای زیستی از یک یا چند گونه میکروارگانیسم سودمند به همراه مواد نگهدارنده و یا فرآورده‌های آن‌ها ساخته شده‌اند (Vessy, 2003). باکتری‌های محرک رشد مانند ازتوباکتر (*Azotobacter* sp.)، آزوسپیریلیوم (*Azospirillum* sp.) و باسیلوس‌ها (*Bacillus* sp.) از طریق فرآیندهای مختلفی از قبیل تثبیت نیتروژن، تولید هورمون‌های محرک رشد همانند اکسین‌ها، جیبرلین‌ها، سیتوکینین‌ها و اتیلن، محلول‌سازی فسفات و افزایش فسفات قابل جذب گیاه از طریق ترشح آنزیم‌های مختلف از قبیل آنزیم فسفاتاز و اسیدهای آلی (Vessy, 2003)، افزایش جذب عناصر، افزایش مقاومت به تنش‌ها، تولید ویتامین‌ها و کنترل زیستی عوامل بیماری‌زا (Kennedy et al., 2004) در رشد گیاه مؤثرند. تیوباسیلوس‌ها (*Thiobacillus* sp.) نیز یکی از مهم‌ترین میکروارگانیسم‌های اکسیدکننده گوگرد در خاک‌های کشاورزی می‌باشند که می‌توانند اثرات قابل ملاحظه‌ای بر اسیدیته محیط، حلالیت عناصر و قابلیت دسترسی آن‌ها داشته باشند (Zapata and Roy, 2004). ورمی‌کمپوست کودی آلی و شامل مخلوط زیستی بسیار فعال از باکتری‌ها، آنزیم‌ها، بقایای گیاهی، کود حیوانی و کپسول‌های کرم خاکی می‌باشد که سبب ادامه تجزیه مواد آلی خاک و پیشرفت فعالیت‌های میکروبی و آنزیمی در بستر کشت گیاه می‌گردد (Bremness, 1999). همچنین از طریق افزایش ظرفیت نگهداری آب، آزادسازی عناصر غذایی موجود در خاک و تولید هورمون‌های گیاهی، می‌تواند رشد و نمو گیاهان را بهبود بخشد (Arancon et al.,

ورمی کمپوست+ فسفونیتروکارا+ 1/2 کود شیمیایی نیتروژن و فسفر پیشنهادشده، ورمی کمپوست+ بیوسولفور+ 1/2 کود شیمیایی نیتروژن و فسفر پیشنهادشده بود.

زیستی بیوسولفور، ورمی کمپوست+ فسفونیتروکارا، ورمی کمپوست+ بیوسولفور، ورمی کمپوست+ 1/2 کود شیمیایی نیتروژن و فسفر پیشنهادشده، فسفونیتروکارا+ 1/2 کود شیمیایی نیتروژن و فسفر پیشنهادشده، بیوسولفور+ 1/2 کود شیمیایی نیتروژن و فسفر پیشنهادشده،

جدول ۱- مشخصات خاک و ورمی کمپوست مورد استفاده
Table 1- Characteristics of the soil and vermicompost used

ماده	نیتروژن کل	پتاسیم قابل استفاده	فسفر قابل استفاده	سولفات کل	اسیدیته pH	مواد خنثی شونده	هدایت الکتریکی
O.C (%)	N _{total} (%)	K _{available} (mg kg ⁻¹)	P _{available} (mg kg ⁻¹)	Sulfate (mg kg ⁻¹)		T.N.V (%)	EC (dS m ⁻¹)
Soil خاک	1	0.1	326	11	141.3	8	0.18
Vermicompost ورمی کمپوست	9.51	1.77	1727	1200	-	8.25	3.36

خاک هر کدام از کرت‌های آزمایشی در عمق توسعه ریشه، براساس روش‌های استاندارد آزمایشگاهی اندازه‌گیری شد (Page et al., 1996). همچنین ویژگی‌های کیفی دانه آفتابگردان شامل درصد نیتروژن با روش کجلدال و روغن با کمک دستگاه سوکسله تعیین گردید. مقدار پروتئین دانه از حاصل ضرب مقدار نیتروژن در ضریب ۶/۲۵ به دست آمد (Anonymous, 1987). عملکرد روغن، پروتئین و عناصر دانه از حاصل ضرب درصد پارامترهای ذکر شده در عملکرد دانه، محاسبه شد. پردازش داده‌ها با بهره‌گیری از نرم‌افزار SAS var9.2 و ترسیم نمودارها نیز توسط نرم‌افزار Excel انجام گرفت. برای مقایسه میانگین تیمارها از روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

غلظت و عملکرد گوگرد دانه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای کودی به‌طور بسیار معنی‌داری غلظت و عملکرد گوگرد دانه را تحت تأثیر قرار دادند (جدول ۲). کاربرد توأم بیوسولفور و ورمی کمپوست بیشترین میزان گوگرد دانه (۰/۲۳۱ درصد) را در پی داشت (جدول ۳). البته تیمار مذکور با تیمارهای بیوسولفور، ورمی کمپوست و تیمار تلفیقی بیوسولفور به همراه ورمی کمپوست و نیمی از کود شیمیایی اختلاف معنی‌داری نداشت. عملکرد گوگرد نیز تحت تأثیر تیمارهای مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین میزان عملکرد گوگرد (۱۱/۱۲) در کاربرد کامل کود شیمیایی مشاهده شد که با کاربرد توأم بیوسولفور+ ورمی کمپوست و بیوسولفور به همراه ورمی کمپوست و نیمی از کود شیمیایی اختلاف آماری نداشت. در مطالعات سلیم‌پور و همکاران

تهیه بستر، شامل عملیات شخم و دیسک‌زنی در اردیبهشت ماه ۱۳۹۴ انجام شد. کاشت بذور آفتابگردان رقم یوروفلور با دست و به‌صورت خشکه‌کاری در نیمه خرداد ماه انجام گرفت. در هر کرت آزمایشی پنج خط به طول پنج متر در نظر گرفته شد و فاصله خطوط ۶۰ سانتی‌متر بود. براساس تیمارهای تغذیه‌ای مورد نظر، کود شیمیایی نیتروژنی از منبع اوره به میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار (یک سوم به‌صورت پایه و دو سوم به‌صورت سرک در زمان آغاز رشد سریع بوته‌ها و قبل از گلدهی) و فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل براساس آزمون خاک به اندازه ۵۰ کیلوگرم در هکتار و نیمی از میزان پیشنهادشده در خاک به کار رفت. کود زیستی فسفونیتروکارا که دارای باکتری‌های حل‌کننده فسفات و تثبیت‌کننده نیتروژن (*Bacillus Azospirillum coagulans*, *Azotobacterchroococcum*, *lipoferum*) است به میزان پیشنهادشده توسط شرکت سازنده (۱۱۰ سی سی به ازای ۱۰ کیلوگرم بذر) و به‌صورت بذرمال استفاده شد. پس از تلقیح، کلیه بذور تیمار شده در سایه و به دور از نور خورشید خشک شدند و بلافاصله پس از خشک شدن کامل بذور تلقیح‌شده، کشت انجام شد. همچنین اعمال کود بیولوژیک بیوسولفور (*Thiobacillus*) به میزان شش کیلوگرم در هکتار به همراه مصرف گوگرد بنتونیت‌دار (۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) به‌صورت جاگذاری در زیر و کنار بذور انجام گرفت. کود آلی ورمی کمپوست نیز در تیمارهای مورد نظر بر پایه میزان ۱۵ تن در هکتار پیش از کاشت با خاک آمیخته شد. جهت ایجاد تراکم گیاهی مورد نظر، تنک کردن بوته‌ها در مرحله ۴ برگی صورت گرفت. کنترل علف‌های هرز در طی فصل رشد به‌صورت دستی و آبیاری نیز به‌صورت نشتی و با استفاده از لوله پلی‌اتیلن انجام گردید.

غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و گوگرد در دانه‌های آفتابگردان و

جدول ۲ - تجزیه واریانس اثر تیمارهای کودی بر صفات اندازه‌گیری شده دانه آفتابگردان
 Table 2- Analysis of variance of fertilizer treatments effect on measured traits of grain sunflower
 میانگین مربعات

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	گوگرد Sulfur		فسفر Phosphor		نیترژن Nitrogen		پروتئین Protein		روغن Oil	
		غلظت Concentration	عملکرد Yield	غلظت Concentration	عملکرد Yield	غلظت Concentration	عملکرد Yield	غلظت Concentration	عملکرد Yield	غلظت Concentration	عملکرد Yield
تکرار Replication	2	0.000007 ^{ns}	0.32 ^{ns}	0.001 ^{ns}	2.93 ^{ns}	0.004 ^{ns}	85.06 ^{ns}	0.145 ^{ns}	3322.73 ^{ns}	236.86 ^{**}	400115.25 [*]
کود Fertilizer	12	0.001 ^{**}	6.55 [*]	0.002 ^{**}	39.07 [*]	0.077 ^{**}	1476.73 ^{**}	3.028 ^{**}	57684.67 ^{**}	15.836 ^{ns}	333070.48 [*]
خطا Error	24	0.0003	1.07	0.0006	3.43	0.006	73.86	0.221	2885.18	10.59	31001.05
ضریب تغییرات CV	-	8.8	12.1	5.7	10.9	3.0	8.0	3.0	8.0	6.7	8.4

^{ns} و ^{**} به ترتیب نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار و وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد است.
 ns, * and ** non significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

(Salimpour et al., 2010)، تیمار خاک فسفات به همراه گوگرد، مواد آلی و تیوباسیلوس بیشترین غلظت گوگرد دانه کلزا (*Brassica napus* L.) به میزان ۰/۷۳ درصد را به همراه داشت. محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2011) نیز در مطالعات خود، افزایش معنی‌دار گوگرد دانه کلزا را در اثر کاربرد کودهای زیستی گزارش کردند.

به‌طور کلی در پژوهش حاضر، با توجه به حضور باکتری‌های تیوباسیلوس که اکسیدکننده گوگرد می‌باشند، میزان گوگرد دانه در تیمارهای حاوی بیوسولفور بیشتر از فسفونیتروکارا و ورمی کمپوست بود (جدول ۳). نتایج نشان می‌دهد که احتمالاً کود زیستی بیوسولفور توانسته از طریق افزایش فعالیت باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد و بهبود دسترسی به این عنصر در ریزوسفر، منجر به تأمین مطلوب گوگرد مورد نیاز گیاه و در نتیجه افزایش غلظت آن در دانه آفتابگردان گردد.

غلظت و عملکرد فسفر دانه: بیشترین میزان فسفر دانه (۰/۴۵ درصد) به تیمارهای فسفونیتروکارا به همراه ورمی کمپوست و کاربرد هم‌زمان بیوسولفور + ورمی کمپوست + نیمی از کود شیمیایی تعلق داشت که به‌طور معنی‌داری ۳۲/۳ درصد بیشتر از شاهد منفی بود. همچنین تیمارهای مذکور با ورمی کمپوست به‌علاوه نیمی از کود شیمیایی، بیوسولفور به همراه ورمی کمپوست، فسفونیتروکارا به‌علاوه نیمی از کود شیمیایی، ورمی کمپوست و کاربرد کامل کود شیمیایی، اختلاف آماری نداشتند (جدول ۳). در بررسی‌های کومار و همکاران (Kumar et al., 2014) نیز کاربرد تنها و توأم باکتری‌های محرک رشد در مقایسه با شاهد عدم تلقیح، افزایش چشمگیری در مقدار جذب فسفر دانه گندم (*Triticumaestivum* L.) نشان دادند. باکتری‌های محرک رشد از طریق ترشح آنزیم‌های مختلف، از قبیل آنزیم فسفاتاز و اسیدهای آلی موجب محلول‌سازی فسفات، افزایش فسفات قابل‌استفاده و فسفر گیاه می‌شوند (Vessy, 2003). کاربرد توأم ورمی کمپوست و فسفونیتروکارا باعث تشدید اثرات مثبت کود زیستی شده که ممکن است به علت افزایش فعالیت بیولوژیکی در محیط رشد دارای ورمی کمپوست و بهبود فراهمی و جذب عناصر غذایی مورد نیاز جهت فعالیت باکتری‌های حل‌کننده فسفات باشد که در نهایت باعث بهبود غلظت فسفر دانه شده است. موهانتی و همکاران (Mohanty et al., 2006) بیان داشتند که مصرف ورمی-کمپوست در مقایسه با شاهد، به علت رهاسازی آهسته فسفر و بهبود فراهمی این عنصر در خاک، باعث افزایش چشمگیر غلظت فسفر دانه بادام‌زمینی (*Arachishypogea* L.) شد.

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در تیمارهای کودی مختلف
Table 3- Means comparison of studied traits in different fertilizer treatments

کود Mineral trait	گوگرد - Sulfur			فسفر - Phosphor			نیترژن - Nitrogen			پروتئین - Protein			روغن - Oil	
	غلظت Concentration (%)	عملکرد Yield (kg ha ⁻¹)	غلظت Concentration (%)	عملکرد Yield (kg ha ⁻¹)	غلظت Concentration (%)	عملکرد Yield (kg ha ⁻¹)	غلظت Concentration (%)	عملکرد Yield (kg ha ⁻¹)	غلظت Concentration (%)	عملکرد Yield (kg ha ⁻¹)	غلظت Concentration (%)	عملکرد Yield (kg ha ⁻¹)	عملکرد Yield (kg ha ⁻¹)	عملکرد Yield (kg ha ⁻¹)
Cf	0.187	11.12	0.42	24.942	2.632	156.246	16.45	976.54	2764.9					
1/2 cf	0.184	7.97	0.4	17.343	2.576	11.719	16.1	698.24	2063.8					
Nf	0.201	6.23	0.34	10.67	2.1	65.223	13.12	420.15	1430					
P	0.198	7.8	0.39	15.358	2.394	94.344	14.962	589.65	1899.9					
B	0.225	9.14	0.39	15.908	2.352	95.752	14.7	598.45	2052.1					
V	0.215	7.79	0.42	15.293	2.366	86.05	14.787	537.81	1901.7					
P+1/2 cf	0.168	7.49	0.42	18.818	2.646	118.516	16.537	740.72	2034.5					
P+V	0.19	7.39	0.45	17.565	2.436	95.287	15.225	595.54	1884.1					
P+V+1/2 cf	0.175	7.96	0.4	18.182	2.688	122.066	16.8	762.91	2082.2					
B+1/2 cf	0.2	8.35	0.41	17.061	2.408	100.451	15.05	627.82	2063.7					
B+V	0.231	10.74	0.43	19.873	2.394	110.775	14.962	692.35	2452.2					
B+V+1/2 cf	0.207	10.71	0.45	23.201	2.445	126.254	15.279	789.09	2523.1					
V+1/2 cf	0.2	8.89	0.44	19.685	2.595	115.221	16.221	720.13	2152.3					
LSD(0.05)	0.0296	1.744	0.0399	3.1198	0.1267	14.483	0.7918	90.517	296.71					

Cf: 100% of the recommended fertilizer, 1/2cf: 1/2 proposed fertilizer, Nf: No fertilizer, V: Vermicompost, P: Phosphonitrokarra, B: Biosulfur
 P: فسفونیتروکارا، B: بیوسولفور، V: ورمی کمپوست، Nf: عدم مصرف کود، 1/2cf: 50 درصد کود شیمیایی پیشنهاد شده، 100cf: 100 درصد کود شیمیایی پیشنهاد شده.

2007) مطابقت داشت. در مقایسه کودهای زیستی، فسفونیتروکارا تأثیر مثبت بیشتری بر نیتروژن دانه داشت که احتمالاً به علت فعالیت باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، این عنصر در طی فصل به صورت مداوم و پایداری فراهم بوده و گیاه با استفاده از آن توانسته میزان نیتروژن بیشتری را در دانه ذخیره کند. در آزمایشات حسنودین (Hasanudin, 2003) پیرامون تأثیر ازتوباکتر به همراه مواد آلی بر روی گیاه ذرت، تلقیح با این باکتری، قابلیت جذب نیتروژن و فسفر را به بالاترین حد افزایش داد. رودریگز و همکاران (Rodrigues *et al.*, 2008) نیز در بررسی‌های خود، شاهد افزایش معنی‌دار نیتروژن دانه برنج (*Oryza sativa* L.) در اثر تلقیح سوبیه‌ای از آزوسپیریلیوم بودند. در آزمایشی دیگر، کاربرد ترکیبی از باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفات بیشترین جذب نیتروژن دانه گندم را در شرایط گلخانه و مزرعه به همراه داشت که در مقایسه با عدم تلقیح به ترتیب ۱/۱۲۶ و ۶/۶۰ درصد افزایش نسبت به شاهد نشان داد (Kumar *et al.*, 2014). تأثیر مثبت باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفات بر میزان نیتروژن دانه آفتابگردان توسط ورزی و همکاران (Varzi *et al.*, 2011) نیز گزارش شده است.

با توجه به اینکه بیشترین عملکرد دانه در تیمار کاربرد کامل کود شیمیایی به دست آمد و همچنین درصد نیتروژن دانه در این تیمار بالا بود حداکثر میزان عملکرد نیتروژن دانه (۱۵۶/۲۴۶ کیلوگرم در هکتار) نیز در این تیمار مشاهده شد که ۴/۲ برابر شاهد منفی بود (جدول ۳). کاربرد منفرد کودهای زیستی و آلی تفاوت معنی‌داری از نظر درصد پروتئین با یکدیگر نداشتند (جدول ۳). در حالی که کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و آلی همراه با کود زیستی فسفونیتروکارا در مقایسه با بیوسولفور، اثر هم‌افزایی بیشتری بر درصد پروتئین دانه داشت. همچنین کلیه تیمارهای مورد بررسی باعث افزایش چشمگیر پروتئین بذر در مقایسه با شاهد منفی (عدم کاربرد کود) شدند (جدول ۳). حداکثر عملکرد پروتئین با کاربرد کود شیمیایی به دست آمد که ۳/۲ برابر شاهد منفی بود. افزایش درصد پروتئین بر اثر استفاده از کودهای بیولوژیک توسط محققین بسیاری گزارش شده است (Kumar *et al.*, 2009; Ahmad *et al.*, 2013; Jahan *et al.*, 2013).

غلظت و عملکرد روغن دانه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر آن است که روغن دانه تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار نگرفت (جدول ۲). با این وجود بیشترین میزان روغن دانه از کاربرد هم‌زمان بیوسولفور و ورمی‌کمپوست (۵۳/۱۲ درصد) به دست آمد که با شاهد منفی (۴۶ درصد) تفاوت داشت. در مطالعات شاکری و همکاران (Shakeri *et al.*, 2012) نیز تیمارهای کودی نتوانستند منجر به تغییرات معنی‌داری در میزان روغن دانه کنبج شوند. علی‌رغم عدم تأثیر معنی‌دار تیمارهای کودی بر درصد روغن دانه،

علی‌رغم عدم تغییر معنی‌دار اسیدیته خاک (جدول ۴)، تأثیر مثبت کود زیستی بیوسولفور بر میزان فسفر دانه می‌تواند به علت فعالیت باکتری‌های تیوباسیلوس و تولید اسید سولفوریک باشد که احتمالاً با کاهش موضعی اسیدیته میکروسایت‌ها در خاک ریزوسفری، باعث حلالیت و قابل‌دسترس ساختن فسفر برای گیاه گردیده است. تیمارهای کاربرد کامل کود شیمیایی و بیوسولفور به همراه ورمی‌کمپوست و نیمی از کود شیمیایی، بیشترین میزان عملکرد فسفر دانه را به ترتیب به میزان ۲۴/۹ و ۲۳/۲ کیلوگرم در هکتار به خود اختصاص دادند (جدول ۳). از نظر عملکرد فسفر دانه، تیمارهای منفرد در مقایسه با شاهد منفی (عدم کاربرد کود) تفاوت چشمگیری داشتند، اما از نظر آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نشان ندادند. همچنین بین تیمارهای تلفیقی به‌جز بیوسولفور + ورمی‌کمپوست + نیمی از کود شیمیایی، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). نتایج محققین بسیاری مبین تأثیر مثبت میکروارگانیزم‌های حل‌کننده فسفات، تثبیت‌کننده نیتروژن و کودهای آلی بر غلظت فسفر دانه است (Fankem *et al.*, 2008; Ahmad *et al.*, 2013; Phonglosa *et al.*, 2015).

غلظت و عملکرد نیتروژن و پروتئین دانه: مقدار نیتروژن و پروتئین دانه در کلیه تیمارهای تغذیه‌ای مورد بررسی نسبت به شاهد منفی افزایش معنی‌داری نشان داد (جدول ۲). بیشترین میزان نیتروژن دانه (۲/۶۸۸ درصد) در کاربرد فسفونیتروکارا به همراه ورمی‌کمپوست و نیمی از کود شیمیایی به دست آمد که با تیمارهای کود شیمیایی، نیمی از کود شیمیایی، فسفونیتروکارا به‌علاوه نیمی از کود شیمیایی و کاربرد توأم ورمی‌کمپوست و نیمی از کود شیمیایی در یک گروه آماری قرار داشتند (جدول ۳). با توجه به اینکه مقدار پروتئین دانه تابع غلظت نیتروژن آن می‌باشد بیشترین میزان پروتئین دانه نیز به تیمار کود زیستی فسفونیتروکارا در تلفیق با کود شیمیایی و آلی (۱۶/۸ درصد) تعلق داشت (جدول ۳). این تیمار سبب افزایش معنی‌دار (۲۸/۰۵ درصد) پروتئین دانه نسبت به تیمار شاهد عدم مصرف کود شد که با توجه به حضور باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفات در کود زیستی دور از ذهن نبود. به نظر می‌رسد که میکروارگانیزم‌های موجود در این کود زیستی توانسته‌اند با تثبیت نیتروژن و فراهمی آن برای گیاه، پیش‌سازهای لازم جهت تولید پروتئین را تأمین نمایند. بنابراین می‌توان با افزودن نیمی از کود اوره پیشنهاد شده به خاک به همراه فسفونیتروکارا، درصد نیتروژن و پروتئین دانه آفتابگردان را افزایش و مصرف کود شیمیایی را کاهش داد.

مصرف هم‌زمان کود آلی و زیستی، جذب نیتروژن از کود شیمیایی را افزایش داد که با نتایج شاتا و همکاران (Shata *et al.*,

درصد روغن با ۳۹/۴۶ درصد در تیمارهای تلقیح با بیوسولفور به‌دست آمد. سلیم‌پور و همکاران (Salimpour et al., 2010) نیز نشان دادند که باکتری‌های اکسیدکننده‌گوگرد می‌توانند در افزایش عملکرد روغن دانه کلزا مؤثر باشند. التاف و همکاران (Altat et al., 2000) اثرات مثبت تیوباسیلوس بر میزان روغن دانه را به جابه‌جایی مناسب‌تر آنزیم‌های فتوسنتز، بهبود فعالیت استیل کوانزیم‌آ و افزایش فراهمی کربن برای بیوسنتز روغن نسبت داده‌اند. با توجه به نقش ساختاری گوگرد در بیوسنتز روغن می‌توان نتیجه‌گیری کرد که باکتری‌های تیوباسیلوس به همراه گوگرد بنتونیت‌دار، توانسته‌اند از طریق اکسایش گوگرد در تأمین این عنصر نقش مثبتی ایفا کرده و منجر به افزایش روغن دانه در تیمارهای مذکور شوند.

غلظت سولفات کل خاک: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها حکایت از تأثیر معنی‌دار تیمارهای مورد مطالعه بر سولفات کل خاک داشت (جدول ۴). بیشترین میزان سولفات کل خاک در تیمار بیوسولفور به همراه ورمی کمپوست (۱۷۰/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) حاصل شد که ۳۶/۲ درصد بیشتر از غلظت سولفات کل خاک در تیمار شاهد منفی بود. همچنین این تیمار، اختلاف معنی‌داری با تیمارهای بیوسولفور، فسفونیتروکارا و کاربرد هم‌زمان فسفونیتروکارا به همراه ورمی کمپوست و نیمی از کود شیمیایی نداشت (شکل ۱).

بیشترین عملکرد روغن (۲۷۶۴/۹ کیلوگرم در هکتار) با توجه به حداکثر بودن عملکرد دانه در تیمار کاربرد کود کامل شیمیایی مشاهده شد (جدول ۳). طبق نظر اوزون و همکاران (Uzun et al., 2008) و شارما و همکاران (Sharma et al., 2005) نیز مصرف نیتروژن به دلیل تأثیر مثبت بر عملکرد دانه، عملکرد روغن را افزایش می‌دهد. کمترین عملکرد روغن نیز در اثر عدم مصرف کود حاصل شد که با سایر تیمارهای مورد بررسی اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۳). رتبه‌های دوم و سوم از نظر عملکرد روغن بعد از تیمار کود کامل شیمیایی در تیمار تلفیقی بیوسولفور، ورمی کمپوست و نیمی از کود شیمیایی و کاربرد هم‌زمان بیوسولفور و ورمی کمپوست به‌دست آمد که به ترتیب ۷۶/۴ و ۷۱/۵ درصد بیشتر از شاهد منفی بود (جدول ۳). عملکرد روغن در تیمار تلفیقی بیوسولفور، ورمی کمپوست و نیمی از کود شیمیایی با کاربرد کامل کود شیمیایی در یک گروه آماری قرار داشتند (جدول ۳). بنابراین در ارتباط با عملکرد روغن می‌توان چنین استنباط کرد که کاربرد هم‌زمان کود زیستی بیوسولفور با کود شیمیایی و آلی می‌تواند موجب کاهش مصرف کودهای شیمیایی گردد. سایر تیمارهای کودی مورد بررسی اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۳). در مطالعات جهان و همکاران (Jahan et al., 2013) بیشترین

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر تیمارهای کودی بر صفات اندازه‌گیری شده در خاک محل آزمایش
Table 4- Analysis of variance of fertilizer treatments effect on soil measured traits

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات			
		سولفات کل Total sulfate	فسفر قابل جذب Available phosphor	نیتروژن کل Total nitrogen	اسیدیته pH
تکرار Replication	2	151.894 ^{ns}	1.099 ^{ns}	0.00006 ^{ns}	0.000002 ^{ns}
کود Fertilizer	12	781.258**	184.38**	0.002**	0.01 ^{ns}
خطا Error	24	181.44	2.13	0.00003	0.032
ضریب تغییرات CV	-	9.5	7.3	6.5	2.5

ns, * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار و وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد است.

ns, * and ** non significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

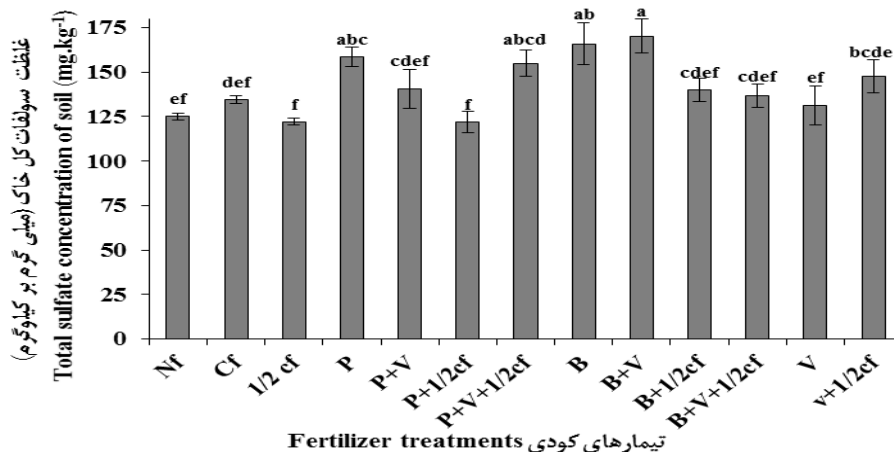
قابل جذب در تیمار فسفونیتروکارا به همراه ورمی کمپوست و نیمی از کود شیمیایی (۳۴/۶۷ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) به‌دست آمد که ۲/۷ برابر فسفر قابل جذب در تیمار شاهد منفی بود (شکل ۲). کاربرد منفرد ورمی کمپوست در مقایسه با شاهد عدم مصرف کود، باعث افزایش دو برابری فسفر قابل جذب خاک گردید. همچنین در تمامی تیمارهای تلفیقی حاوی ورمی کمپوست به جز بیوسولفور+ورمی کمپوست+نیمی از کود شیمیایی، مقدار فسفر قابل جذب خاک بالا بود، که نشان از تأثیر معنی‌دار ورمی کمپوست بر انحلال و افزایش فراهمی فسفر داشت. میزان فسفر قابل جذب در تیمار

صیامی و بشارتی (Siarni and Besharaty, 2012) نیز در بررسی اثر مایه تلقیح باکتری تیوباسیلوس بر روند اکسایش گوگرد و آزاد شدن آهن و روی، در انتهای دوره ۹۰ روزه آزمایش خود، شاهد بیشترین غلظت سولفات خاک (۹۵۱/۰۱ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) در تیمار کاربرد توأم گوگرد عنصری به همراه تلقیح تیوباسیلوس و کمپوست مواد آلی بودند.

غلظت فسفر قابل جذب خاک: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که غلظت فسفر قابل جذب خاک به‌صورت معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار گرفت (جدول ۴). بیشترین میزان فسفر

کاربرد منفرد فسفونیتروکارا بود (شکل ۲).

فسفونیتروکارا به همراه ورمی کمپوست و فسفونیتروکارا به علاوه ورمی کمپوست و نیمی از کود شیمیایی به ترتیب ۲/۲۵ و ۲/۶۱ برابر



شکل ۱- تأثیر تیمارهای کودی بر میزان سولفات کل خاک. (Cf: ۱۰۰ درصد کود شیمیایی پیشنهاد شده، ۱/۲cf: ۵۰ درصد کود شیمیایی پیشنهاد شده، Nf: عدم مصرف کود، V: ورمی کمپوست، P: فسفونیتروکارا، B: بیوسولفور). میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Figure 1- Effect of fertilizer treatments on total sulfate concentration in soil (Cf: 100% of the recommended fertilizer, 1/2cf: ½ proposed fertilizer, Nf: No fertilizer, V: Vermicompost, P: Phosphonitrokarara, B: Biosulfur). Means in each column, followed by the same letters, are not significantly different at 5% probability level- using LSD test.

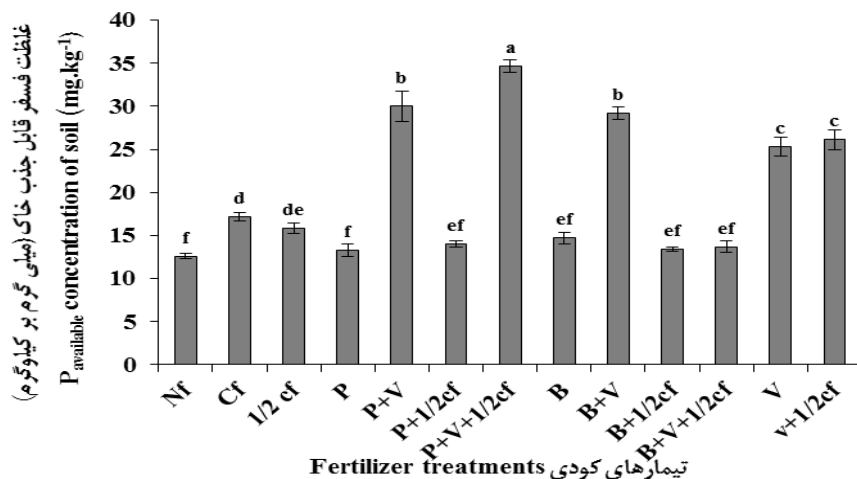
علاوه بر مرتفع ساختن نیاز محصول در طی فصل رشد، در تأمین سفر کشت بعدی نیز مؤثر واقع شود.

غلظت نیتروژن کل خاک: اثر کودهای زیستی و آلی بر درصد نیتروژن خاک معنی‌دار بود و به طور کلی، تمامی تیمارهای کودی بررسی شده در مقایسه با شاهد عدم مصرف کود منجر به افزایش نیتروژن کل خاک شدند (جدول ۴). تیمار تلفیقی کود زیستی فسفونیتروکارا به همراه ورمی کمپوست و نیمی از کود شیمیایی بیشترین مقدار نیتروژن کل خاک (۱۴۲/۰ درصد) را به خود اختصاص داد (شکل ۳). در تیمارهایی که کود شیمیایی نیتروژن به تنهایی یا به همراه کود زیستی به کار رفته در مقایسه با تیمارهای دارای کود آلی ورمی کمپوست میزان نیتروژن کل خاک کمتر بود. از آنجا که میزان فعالیت باکتری‌های آزادی تثبیت‌کننده نیتروژن شدیداً به شرایط محیطی از جمله تأمین کربن آلی بستگی دارد (Matthew *et al.*, 2008) می‌توان اظهار کرد که در تیمارهای دارای ورمی کمپوست، فراهمی کربن باعث بهبود فعالیت باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و در نتیجه افزایش معنی‌دار نیتروژن خاک گردیده است. همچنین، با توجه به قابلیت انحلال کود شیمیایی نیتروژنی در آب، امکان آیشویی این کود بالاست و احتمالاً بخش زیادی از کود اوره در اوایل فصل رشد توسط گیاه جذب شده و یا از طریق شستشو از خاک خارج شده است. همچنین مقادیر پایین‌تر نیتروژن خاک در انتهای فصل در تیمارهایی که کود شیمیایی به تنهایی یا همراه با کود زیستی مصرف

چنین به نظر می‌رسد که کاربرد کود آلی ورمی کمپوست در سیستم کشت، با افزایش هوموس موجود در خاک باعث پوشاندن سطح ذرات رس شده و مانع تثبیت فسفر و در نتیجه افزایش غلظت فسفر قابل جذب شده است. در آزمایشات خان و همکاران (Khan *et al.*, 2015) تیمارهای مختلف ورمی کمپوست و تلفیق زیستی در مقایسه با شاهد، محتوای فسفر قابل جذب خاک را ۶۷/۴ تا ۱۴۰/۶ درصد افزایش دادند. فونگلوزا و همکاران (Phonglosa *et al.*, 2015) نیز گزارش کردند که محتوای فسفر قابل جذب خاک در تیمارهای کودهای شیمیایی، زیستی و آلی بیشتر از کاربرد منفرد کود شیمیایی بود. به طوری که کاربرد هم‌زمان ۷۵ درصد کود نیتروژن و فسفر توصیه شده به همراه پتاسیم+ باکتری‌های حل‌کننده فسفات و کود دامی در مقایسه با کاربرد کامل کود شیمیایی باعث افزایش ۸۴/۲ درصدی مقدار فسفر قابل جذب خاک شد. همچنین ال-دوینی و همکاران (El-Dewiny *et al.*, 2006) بیان کردند وقتی کودهای فسفر با مواد آلی مخلوط می‌شوند باعث افزایش فراهمی فسفر نسبت به کاربرد کودهای فسفر به تنهایی می‌گردند که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت داشت. ایچرلوبرمن و همکاران (Eichler-lobermann *et al.*, 2007) نیز دریافتند که کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی، مقدار فسفر خاک را بیشتر از مصرف منفرد آن‌ها افزایش می‌دهد. بنابراین می‌توان بیان داشت که استفاده تلفیقی از کود زیستی، آلی و شیمیایی می‌تواند با انحلال و رهاسازی آهسته فسفر،

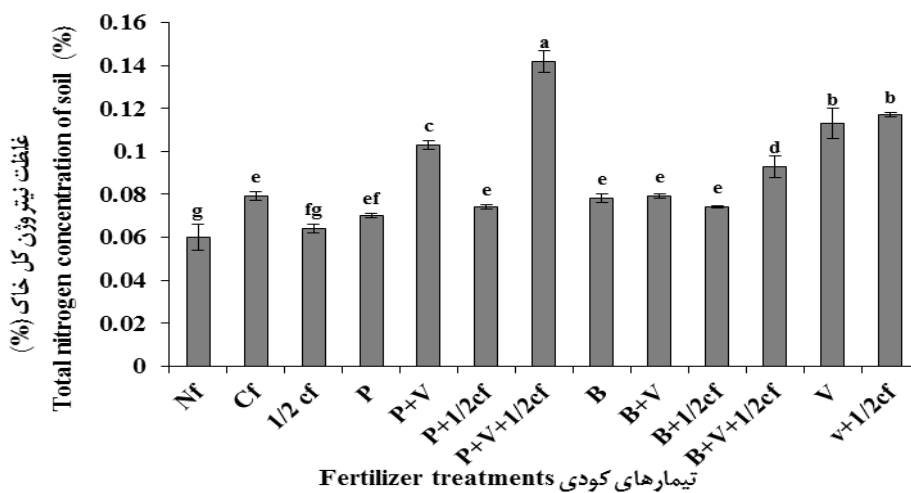
ورمی کمپوست و تیمار تلفیقی بیوسولفور به همراه ورمی کمپوست و نیمی از کود شیمیایی، بیشتر بود (شکل ۳).

شده بود مبین آبشویی بیشتر نیتروژن است. در حالی که مقدار نیتروژن کل خاک در تیمارهای تلفیقی دارای کود آلی، مثل ورمی کمپوست به علاوه نیمی از کود شیمیایی، فسفونیتروکارا همراه با



شکل ۲- تأثیر تیمارهای تغذیه‌ای بر میزان فسفر قابل جذب خاک. (Cf: ۱۰۰ درصد کود شیمیایی پیشنهاد شده، ۱/۲cf: ۵۰ درصد کود شیمیایی پیشنهاد شده، Nf: عدم مصرف کود، V: ورمی کمپوست، P: فسفونیتروکارا، B: بیوسولفور). میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Figure 2- The effect of nutrition treatments on phosphorus concentration in soil (Cf: 100% of the recommended fertilizer, 1/2cf: 1/2 proposed fertilizer, Nf: No fertilizer, V: Vermicompost, P: Phosphonitrokarara, B: Biosulfur). Means in each column, followed by the same letters, are not significantly different at 5% probability level- using LSD test.



شکل ۳- تأثیر تیمارهای تغذیه‌ای بر میزان نیتروژن کل خاک. (Cf: ۱۰۰ درصد کود شیمیایی پیشنهاد شده، ۱/۲cf: ۵۰ درصد کود شیمیایی پیشنهاد شده، Nf: عدم مصرف کود، V: ورمی کمپوست، P: فسفونیتروکارا، B: بیوسولفور). میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Figure 3- The effect of nutrition treatments on total nitrogen concentration in soil (Cf: 100% of the recommended fertilizer, 1/2cf: 1/2 proposed fertilizer, Nf: No fertilizer, V: Vermicompost, P: Phosphonitrokarara, B: Biosulfur). Means in each column, followed by the same letters, are not significantly different at 5% probability level- using LSD test.

تلفیقی ورمی کمپوست و ازتوباکتر مشاهده شد که افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد داشت. همچنین فونگلوزا و همکاران (Phonglosa et

خان و همکاران (Khan et al., 2015) نیز در بررسی‌های خود گزارش کردند که بیشترین محتوای نیتروژن آمونیاکی خاک در تیمار

کاهش اسیدیته خاک داشته باشند، همچنین خاصیت بافری خاک بالا بوده است و کاهش اسیدیته خاک بایستی در طی فرآیندی طولانی مدت صورت گیرد و گوگرد به مقدار زیاد و در دفعات به خاک اضافه شود (Patrici, 2000).

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج پژوهش حاضر به نظر می‌رسد که کودهای زیستی و آلی به تنهایی جوابگوی نیازهای غذایی آفتابگردان نیستند، بلکه کاربرد تلفیقی کودهای زیستی، آلی و شیمیایی در کنار یکدیگر می‌تواند اثربخشی بالایی بر افزایش دسترسی به عناصر غذایی و غلظت آن‌ها در دانه و عملکرد اقتصادی داشته باشد. همچنین مقادیر بالاتر عناصر نیتروژن، فسفر و سولفات خاک در انتهای فصل رشد در تیمارهای دارای کود زیستی و آلی، حکایت از نقش مثبت این کودها در تثبیت نیتروژن، انحلال و رهاسازی آهسته فسفر در طی فصل رشد، افزایش اکسایش گوگرد، کاهش تثبیت عناصر و آبشویی داشت. فراهمی مواد آلی در خاک از طریق کاربرد ورمی کمپوست نیز اثر هم‌افزایی مطلوبی بر عملکرد سایر کودها داشت. بنابراین می‌توان پیشنهاد کرد که کودهای زیستی مانند فسفونیتروکارا و بیوسولفور و کود آلی ورمی کمپوست به صورت مکمل در کنار کودهای شیمیایی می‌توانند با بهبود باروری و حاصلخیزی خاک و کاهش مصرف کودهای شیمیایی در زراعت آفتابگردان، در جهت پایداری تولید و حفظ سلامتی محیط‌زیست مثمر ثمر واقع شوند.

al., 2015) طی آزمایش دو ساله خود مشاهده کردند که مقدار نیتروژن خاک در تیمارهای دارای کود آلی و زیستی نسبت به تیمار کود شیمیایی برتری داشت و بیشترین میزان نیتروژن خاک (۱۷۳/۲۱ کیلوگرم در هکتار) با افزایش ۱۸/۳ درصدی نسبت به شاهد، در کاربرد هم‌زمان ۷۵ درصد کود شیمیایی نیتروژن و فسفر + پتاسیم و ورمی کمپوست به دست آمد. بنابراین به نظر می‌رسد که در تیمارهای دارای ورمی کمپوست میزان آبشویی کمتر، حفظ و تثبیت نیتروژن در خاک بیشتر اتفاق افتاده است که این امر را می‌توان به افزایش ماده آلی خاک و افزایش کلوئیدهای هوموسی نسبت داد (Dorado et al., 2003).

اسیدیته خاک: نتایج آزمون خاک حاکی از عدم تأثیر معنی‌دار کودهای زیستی بر pH خاک بود (جدول ۴). با این وجود کمترین میزان اسیدیته خاک (۷/۷) با کاهش ۰/۳ واحدی نسبت به اسیدیته خاک قبل از اجرای آزمایش، به تیمار تلفیقی بیوسولفور و ورمی کمپوست تعلق داشت. باکتری‌های تیوباسیلوس از طریق اکسایش گوگرد منجر به تولید اسیدسولفوریک شده و در صورتی که خاک خاصیت بافری چشمگیری نداشته باشد، باعث کاهش pH خاک می‌گردند. خاصیت بافری خاک به وجود رس، مواد آلی، آهک، ترکیبات فسفره و بسیاری از ترکیبات شیمیایی دیگر برمی‌گردد، هرگاه مقدار اسیدسولفوریک تولید شده، توان خنثی کردن عوامل بافر را دارا باشد، pH خاک کاهش می‌یابد (Besharaty and Malekzadeh, 2015). یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد که احتمالاً میزان گوگرد به کار رفته جهت تغییر اسیدیته خاک کافی نبوده و باکتری‌ها نتوانسته‌اند فعالیت مناسبی جهت تولید اسیدسولفوریک و در نتیجه

References

- Ahmad, M., Zahir, Z. A., Khalid, M., Nazli, F., and Arshad, M. 2013. Efficacy of rhizobium and pseudomonas strains to improve physiology, ionic balance and quality of *mung bean* under salt-affected conditions on farmer's fields. *Plant Physiology and Biochemistry* 63: 170-176.
- Altaf, A., Ishrat, K., and Abdin, M. Z. 2000. Effect of sulfur fertilization on oil accumulation, acetyl co-A concentration, and acetyl co-A carboxylase activity in the developing seeds of rapeseed (*Brassica campestris* L.). *Australian Journal of Agricultural Research* 51: 1023-1029.
- Anonymous, 1987. Approved Methods of the AACC. Method 11-46, American Association of Chemists Inc. St Paul, MN, USA.
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Bierman, P., Welch, C., and Metzger, J. D. 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. *Bioresource Technology* 93: 145-153.
- Besharaty, H., and Malekzadeh, T. 2015. Effect of sulfur and *thiobacillus* on soybean growth and uptake of some nutrients in four calcareous soils with different buffering capacities. *Iranian Journal of Soil Research* 29 (2): 131-145. (in Persian with English abstract).
- Bremness, L. 1999. Herbs. *Eyewitness Handbook*. London.
- Dorado, J., Zancada, M. C., Almendros, G., and Lopez-Fando, C. 2003. Changes in soil properties and humic substances after longterm amendments with manure and crop residues in dry land farming systems. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 166: 31-38.
- Eichler-Lobermann, B., Kohne, S., and Koppen, D. 2007. Effect of organic, inorganic and combined organic and inorganic P fertilization on plant P and soil P pools. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 170: 623-628.
- El-Dewiny, C. Y., Moursy, Kh. S., and El-Aila, H. I. 2006. Effect of organic matter on the release and availability of phosphorus and their effects on spinach and radish plants. *Research Journal of Agriculture and Biological*

- Sciences 2(3): 103-108.
10. Erdal, I., Kepenek, K., and Kızılgöz, I. 2004. Effect of foliar iron applications at different growth stages on iron and some nutrient concentrations in strawberry cultivars. *Turk Journal Agriculture Forest* 28:421-427.
 11. Fankem, H., Ngo Nkot, L., Deubel, A., Quinn, J., Merbach, W., and Etoa, F. X. 2008. Solubilization of inorganic phosphates and plant growth promotion by strains of *Pseudomonas fluorescens* isolated from acidic soils of Cameroon. *African Journal of Microbiology Research* 2: 171-178.
 12. Graeme, J. B., Rod, B. L., Dana, M., and Anderson, G. C. 1993. Modeling of sulfur oxidation from elemental sulfur. *Plant and Soil* 155/156: 379-382.
 13. Hasanudin, H. 2003. Increasing of the nutrient and uptake availability of N and P and through corn yield of inoculation of Mycorrhiza and Azotobacter on ultisol organic matter. *Journal of Agriculture Sciences of Indonesia* 5 (1): 83-89.
 14. Izquierdo, N. G., and Aguirrezabal, L. A. N. 2008. Genetic variability in the response of fatty acid composition to minimum night temperature during grain filling in sunflower. *Field Crops Research* 106: 116-125.
 15. Jahan, M., Nassiri Mahallati, M., Amiri, M. B., and Ehyayi, H. R. 2013. Radiation absorption and use efficiency of sesame as affected by biofertilizers inoculation in a low input cropping system. *Industrial Crops and Products* 43: 606- 61.
 16. Kacar, B., and Katkat, A.V. 2007. *Plant Nutrition*. 3th Edn. Nobel Press; Ankara, Turkey.
 17. Kaplan, M., and Orman, S. 1998. Effect of elemental sulfur and sulfur containing waste in a calcareous soil in turkey. *Plant Nutrient* 21 (8): 1655-1665.
 18. Kennedy, I. R., Choudhury, A. T. M. A., and Kecske's, M. L. 2004. Non-symbiotic bacterial diazotrophs in crop-farming systems: can their potential for plant growth promotion be better exploited? *Soil Biology and Biochemistry* 36: 1229-1244.
 19. Khan, K., Pankaj, U., Verma, S. K., Gupta, A. K., Singh, R. P., and Verma, R. K. 2015. Bio-inoculants and vermicompost influence on yield, quality of *Andrographis paniculata*, and soil properties. *Industrial Crops and Products* 70: 404-409.
 20. Kumar, S., Pandey, P., and Maheshwari, D. K. 2009. Reduction in dose of chemical fertilizers and growth enhancement of sesame (*Sesamum indicum* L.) with application of rhizospheric competent *Pseudomonas aeruginosa* LES4. *European Journal of Soil Biology* 45: 334-340.
 21. Kumar, A., Maury, B. R., and Raghuvanshi, R. 2014. Isolation and characterization of PGPR and their effect on growth, yield and nutrient content in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 3: 121-128.
 22. Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of higher plants*. 2nd. ed. Academic Pres; San Diago, USA.
 23. Matthew, C. J., Bjorkman, M. K., David, M. K., Saito, A. M., and Zehr, P. J. 2008. Regional distributions of nitrogen-fixing bacteria in the Pacific Ocean. *Limnol. Oceanogr* 53: 63-77.
 24. Modaihsh, S., Al-mustafa, W. A., and Metwally, A. E. 1989. Effect of elemental sulfur on chemical changes and nutrient availability in calcareous soils. *Plant and Soil* 116: 95-101.
 25. Mohammadi, K. H., Ghalavand, A., Aghaalikhani, M., and Rokhzadi, A. 2011. Effect of different methods of increase soil fertility by adding organic, chemicals and biological fertilizers on grain yield and quality of canola (*Brassica napus* L.). *Journal of Agroecology* 3 (3): 298-308. (in Persian with English abstract).
 26. Mohanty, S., Paikaray, N. K., and Rajan, A. R. 2006. Availability and uptake of phosphorus from organic manures in groundnut (*Arachis hypogea* L.)-corn (*Zea mays* L.) sequence using radio tracer technique. *Geoderma* 133: 225-230.
 27. Page, A. L., Somner, C. E., and Nelson, P. W. 1996. *Methods of soil analysis. Part 3. Chemical Methods*. ASA/SSSA Madison, Wisconsin, USA
 28. Patrici, I. 2000. Integrated nutrient management for sustaining crop yield in calcareous soils of India. GAU-PRII-International Potash Institute. National Symposium. Junagadh. Gujarat. India.
 29. Phonglosa, A., Bhattacharyya, K., Ray, K., Mandal, J., Pari, A., Banerjee, H., and Chattopadhyay, A. 2015. Integrated nutrient management for okra in an inceptisol of eastern India and yield modeling through artificial neural network. *Scientia Horticulturae* 187: 1-9.
 30. Rodrigues, E. P., Santos Rodrigues, L., Martinez de Oliveira, A. L., Baldani, V. L. D., Teixeira, K., Urquiaga, S., and Reis, V. M. 2008. *Azospirillum amazonense* inoculation: Effects on growth, yield and N₂ fixation of rice (*Oryza sativa* L.). *Plant and Soil* 302: 249-261.
 31. Roesty, D., Gaur, R., and Johri, B. N. 2006. Plant growth stage, fertilizer management and bio-inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria affect the rhizobacterial. Community structure in rain-fed wheat fields. *Journal of Plant Science* 38: 1111-1120.
 32. Salimpour, S., Khavazi, K., Nadian, H., Besharati, H., and Miransari, M. 2010. Enhancing phosphorous availability to canola (*Brassica napus* L.) using P solubilizing and sulfur oxidizing bacteria. *Australian Journal of Crop Science* 4 (5): 330-334.
 33. Shakeri, E., Amini Dehaghi, M., Tabatabaei, S. A., and Modares Sanavi, S. M. A. 2012. Effect of chemical

- fertilizer and biofertilizer on seed yield, its components, oil and protein percent in sesame varieties. Journal of agricultural science and sustainable production 22 (1): 71-86. (in Persian with English abstract).
34. Sharma, P. B. 2005. Fertilizer management in sesame (*Sesamum indicum* L.) based intercropping system in Tawa command area. Journal of Oilseeds Research 22: 63-65.
 35. Shata, S. M., Mahmoud, A., and Siam, S. 2007. Improving calcareous soil productivity by integrated effect of intercropping and fertilizer. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 3(6): 733-739.
 36. Siami, A., and Besharaty, H. 2012. Effect of sulfur biological oxidation trend on release of iron and zinc. Iranian Journal of Soil Research 26 (3): 255- 267. (in Persian with English abstract).
 37. Uzun, B., Arslan, C., and Furat, S. 2008. Variation in fatty acid compositions, oil content and oil yield in a germplasm collection of Sesame (*Sesamum indicum* L.). Journal of the American Oil Chemists' Society 85: 1135-1142.
 38. Varzi, M. R., Habibi, D., Vazan, S., and Pakzi, A. 2011. The effect of plant growth promoting rhizobacteria and nitrogen fertilizer on grain quality of sunflower. Journal of Crop Ecophysiology 7: 156-160. (in Persian with English abstract).
 39. Vessy, K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant and Soil 255: 571-586.
 40. Weiss, E. A. 2000. Oilseed Crops, 2nd ed., Blackwell Science Ltd., Bodmin, UK.
 41. Zapata, F., and Roy, R. N. 2004. Use of phosphate rocks for sustainable agriculture. p. 117-122. Publication of the FAO Land and Water Development Division.



Some Soil Characters and Qualitative Traits of Sunflower Seeds to Different Nutritional Regimes

F. Soleymani¹- G. Ahmadvand^{2*}- A. A. Safari sinegani³

Received: 12-03-2016

Accepted: 12-09-2017

Introduction

To achieve the high economic yield in crops, supplying enough nutrients for plants is important, that much of it, supplied by chemical fertilizers. But excessive use of chemical fertilizers led to environmental problems that these negative effects have caused attention to healthy and ecological sustainable farming systems. One solution to reduce dependence on chemical fertilizers is application of organic and biological products for plant nutrition. Bio-fertilizers are made from one or more species of beneficial microorganisms with preservatives and/or their products. In addition, vermicompost is an organic fertilizer and mixed of very active biological bacteria, enzymes, plant residues, manure and earthworm capsule which leads to continued organic matter decomposition and development of microbial and enzymatic activities in soil. Several experiments have shown that the using of biological and organic fertilizers improve growth and quality of products.

Materials and Methods

To investigate the effect of various nutritional regimes on seed quality characteristics of sunflower (Euroflour cv.) and some soil characters, an experiment was carried out as a randomized complete block design with 3 replications in 2015 at the Agricultural Faculty of Bu-Ali Sina University. Treatments included no biological or chemical fertilizer application, 100% of the recommended NP fertilizers (250 kg urea per hectare, 50 kg triple superphosphate per hectare), ½ recommended NP fertilizers, vermicompost (15 ton per hectare mixed with soil), phosphonitrokara (including *Bacillus coagulans*, *Azotobacter chroococcum*, *Azospirillum lipoferum*, 110 ml to inoculate 10 kg seeds), biosulfur (including *Thiobacillus*, mix 6 kg of fertilizer with 300 kg sulphur for 1 hectare), vermicompost+ phosphonitrokara, vermicompost+ biosulfur, vermicompost+½ NP fertilizers, phosphonitrokara+½ NP fertilizers, biosulfur+½ NP fertilizers, vermicompost+ phosphonitrokara+½ NP fertilizers, vermicompost+ biosulfur+½ NP fertilizers. Concentrations of nitrogen, phosphorus and sulfur of sunflower seeds and soil were measured by standard methods. Moreover, seed oil content was determined. Data processing and graphs were performed with SAS var 9.2 and Excel software.

Results and Discussion

The results showed that nutritional treatments significantly affected all traits except seed oil content and soil pH. The maximum seed sulfur content (0.231%) belonged to biosulfur+ vermicompost treatment indicating that providing sulfur for sunflower of oxidation in soil increased the concentration of seed sulfur. The highest phosphorous (0.45) obtained from phospho nitro kara+ vermicompost and biosulfur+ vermicompost+ ½ NP fertilizers. Secretion of different enzymes such as phosphatase by rhizobacteria led to solubility and increasing available phosphate. Maximum nitrogen (2.688%) and protein (16.8%) content of seed was observed in phosphonitrokara+ vermicompost+ ½ NP fertilizers treatment. It seems that bacteria in the biological and organic fertilizer along to chemical fertilizer by nitrogen fixing provided the necessary substrate for protein synthesis. According to grain yield, the highest oil yield was achieved in chemical fertilizer that there was no significant difference with biosulfur+ vermicompost+ ½ NP fertilizers. Likely, the positive effects of thiobacillus on oil seed was related to the appropriate turnover of photosynthesis enzymes, activity improvement of acetyl-CoA and increasing availability of carbon for oil biosynthesis. Maximum total sulphate, available phosphorus and total nitrogen content of soil was observed in biosulfur+ vermicompost, phosphonitrokara+ vermicompost+ ½ NP fertilizers and phosphonitrokara+ vermicompost+ ½ NP fertilizers, respectively. In treatments includes vermicompost due to increasing soil organic matter, humus colloids and carbon availability for activity of nitrogen fixing bacteria was occurred less leaching and increased maintenance and fixation of nitrogen in the soil. Soil pH was not affected by treatments. The finding showed that reduction of pH must be done during the process of long term and sulfur to be added to soil plenty and in times.

1, 2 and 3- Respectively Graduated Ph.D. in Crop Physiology, Associate Professor of Agronomy and Professor of Soil science, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan

(*- Corresponding Author Email: gahmadvand@basu.ac.ir)

Conclusions

In general, we can suggest that biological (phosphonitrokarra and biosulfur) and organic (vermicompost) fertilizers along with chemical fertilizers by modifying the nutritional conditions of soil and reduce the use of chemical fertilizers can be effective in stability of production and conservation of environmental health.

Keywords: Biologic fertilizer, Nutritional elements, Vermicompost