Plant Production and Genetics **تولید و ژنتیک گیاهی**
Vol. 4, No. 1, Spring & Summer 2023, p. 105-120 **جلد ۴، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۲، صفحه ۱۲۰-۱۰۵**
DOI: 10.22034/PLANT.2023.62759 مقاله پژوهشی

تأثیر مدیریت زراعی با استفاده از تناوب و سیستم کوددهی تلفیقی بر عملکرد دانه و ویژگی های بیولوژیک خاک در زراعت آفتابگردان

فائزه دریایی[1*]

۱- استادیار، گروه کشاورزی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۴

چکیده

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس در سال های زراعی ۱۳۸۸و ۱۳۸۹به مدت دو سال اجرا گردید. گیاهان کاشته شده در تناوب زراعی شامل خلر (*Lathyrus sativus* L.) به عنوان کود سبز و آفتابگردان به عنوان گیاه زراعی اصلی و گیاه کلزای علوفه‌ای در فصل پاییز بود. طرح آزمایشی به صورت طرح کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود که در آن عامل اصلی عبارت بود از سیستم کشت تناوبی در ۲ سطح با و بدون کود سبز شامل ۱- کود سبز- آفتابگردان -کودسبز- آفتابگردان (GM) و ۲- آیش- آفتابگردان -آیش-آفتابگردان (Fa) و عامل فرعی عبارت بود از ۵ نوع سیستم تغذیه‌ای شامل ۱- کود آلی زئوپونیکس (Z100) ۲- کود تلفیقی (۷۵٪ آلی زئوپونیکس + ۲۵٪ کود شیمیایی (اوره بر اساس آزمایش خاک)(Z75F25) ، ۳- کود تلفیقی (٪۵۰ آلی زئوپونیکس + ۵۰٪ کود شیمیایی) (Z50F50)، ۴- کود تلفیقی (۲۵٪ آلی زئوپونیکس + ۷۵٪ کود شیمیایی) (Z25F75) و ۵- کود شیمیایی اوره (F100). نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در سیستم ۱۰۰ درصد شیمیایی و ۱۰۰ درصد زئوپونیکس حاصل گردید و سپس در سیستم ۵۰ درصد شیمیایی + ۵۰ درصد زئوپونیکس بدست آمد. سیستم های تغذیه تلفیقی در هر دو تناوب به طور کارآمدی سبب افزایش میزان ماده آلی خاک شدند تیمار آیش دارای مقدار بیشتری کربن بیوماس میکروبی و تنفس میکروبی نسبت به تیمار کودسبز در خاک بود. تجزیه مرکب داده های دو سال آزمایش برای نسبت کربن به نیتروژن نشان داد که تناوب تاثیر معنی‌داری بر این نسبت داشت و مقایسه میانگین‌ها نشان داد که این نسبت در تیمار آیش بیشتر است. در میان سیستم‌های مختلف تغذیه تیمار ۱۰۰٪ زئوپونیکس بیشترین میزان نسبت کربن به نیتروژن را نشان داد و کمترین میزان مربوط به تیمار ۲۵٪ زئوپونیکس + ۷۵٪ شیمیایی بود. به طور کلی با اجرای مدیریت تغذیه تلفیقی گیاه از طریق به کارگیری کودسبز، زئوپونیکس و شیمیایی به عنوان یک رهیافت بوم شناختی می‌توان به نظام‌های کشاورزی پایدار با هدف کاهش مصرف کودهای شیمیایی و افزایش بهره‌وری نهاده‌ها و پایداری تولید محصولات زراعی دست یافت.

کلید واژگان: تناوب، کودسبز، زئوپونیکس، سیستم تغذیه تلفیقی، ویژگی‌های بیولوژیک خاک

*ایمیل نویسنده مسئول: daryaeif@phu. ac.ir

مقدمه

قرن‌ها منابع ارگانیک به عنوان اصلاح کننده‌ای با ارزش برای خاک و کودی مناسب برای تغذیه گیاهان بکارمی رفتند. کودها همیشه به عنوان نیروی ورودی با ارزش در خاک برای تولید گیاه ارزیابی می‌شوند. در یک مفهوم کلی، مدیریت کودی با کاربرد مناسب کود آلی بر اساس توانایی و اهداف کشت که کیفیت خاک، مواد غذایی مورد نیاز گیاه و مزیت کشت را افزایش می‌دهند متناسب است (Westerman and Bicudo, 2005). هدف از عملیات کشاورزی ارگانیک افزایش تنوع زیستی، ایجاد چرخه‌های بیولوژیک و فعالیت بیولوژیک خاک در سیستم‌های زراعی است که همانند اکوسیستم‌های طبیعی از نظر اجتماعی، اکولوژیکی و اقتصادی پایدار باشد (Samman *et al.*, 2008). کربن آلی خاک یکی از علائم پایداری سیستم تولید و تحت تاثیر عملیات مدیریتی می‌بلشد که کیفیت آن را از طریق بهبود ساختمان خاک، نگهداری مواد غذایی و فعالیت‌های بیولوژیک افزایش می‌دهد. کاربرد ماده آلی به صورت کود دامی سطوح کربن آلی را در خاک افزایش می‌دهد و تاثیرات مستقیم و غیرمستقیم بر خصوصیات و فرایندهای خاک دارد (Prakash *et al.*, 2007; Ghosh *et al.*, 2003). از جمله تاثیرات مفید کودهای آلی شامل کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب و افزایش ساختمان دانه ای و بالا بردن فعالیت‌های میکروبی و آنزیمی می‌باشد. تاثیرات مفید کودهای آلی مختلف مانند کاربرد کودهای دامی، مرغی و کمپوست‌ها روی رشد گیاه و خصوصیات مختلف خاک برای جبران اعمال تخریبی انجام گرفته توسط بشر اغلب گزارش شده است (Gryndler *et al.*, 2008, Niemi *et al.*, 2008). کاهش حاصلخیزی خاک در بسیاری از کشورهای درحال توسعه و استفاده دائم گیاهان از ذخایر غذایی خاک، بدون جایگزینی مناسب و کافی باعث کاهش توان تولیدی و عناصر غذایی خاک شده است. در این رابطه استفاده از کودهای شیمیایی به عنوان سریعترین راه برای جبران کمبود عناصر غذایی خاک به کار رفته است. ولی هزینه رو به افزایش تولید کودهای شیمیایی، آلودگی خاک و آب ناشی از مواد شیمیایی و کاهش کیفیت تولیدات کشاورزی باعث ایجاد مسائل بغرنج شده است. در این راستا کاربرد توام کودهای معدنی و آلی نه تنها مقدار کاربرد کودهای شیمیایی را کاهش می‌دهد، بلکه به ذخیره انرژی، کاهش آلودگی محیط و بهبود شرایط فیزیکی خاک کمک خواهد نمود (Adim *et al.*, 2022). زئولیت‌ها بدلیل داشتن تخلخل بالا و ساختار کریستالی قادرند بیش از ۶۰ درصد وزنی شان آب را نگهدارند . مولکولهای آب می توانند بدون اینکه باعث خرابی در ساختار زئولیت شوند تبخیر شده و مجدد جذب شوند . بنابراین از زئولیتها می توان به عنوان یک ذخیره مطمئن آب در دوره‌های خشک بهره برد .زئولیتها قابلیت مرطوب شدن داشته و به ریشه گیاهان قابلیت گسترش جانبی را می‌دهند .آب ذخیره شده در شبکه به تدریج جذب گیاه می شود .در طول روز به علت تابش مستقیم آفتاب مقداری از آب سطحی خاک در اثر تبخیر از بین می رود ولی در طول شب با پایین آمدن درجه حرارت محیط با جذب رطوبت هوا، مجددا مقداری از آب از دست رفته را جبران می‌کند (Polite *et al.*, 2004) . شکل ساختاری و جذب رطوبت و آمونیاک توسط زئولیت، این ماده را مناسب برای استفاده در بستر مرغداری ها نموده است. زئوپونیکس مخلوط کود مرغی با زئولیت است که پس از پایان هر دوره پرورش مرغ، به علت اشباع بودن آن از آمونیاک، کاتیون ها و کود مرغی، مناسب برای استفاده به عنوان کود آلی بوده و از ارزش افزوده بالایی برخوردار است. کود مرغی به دلیل تغذیه طیور از دانه، از نظر عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیوم و گوگرد از غنی ترین کودها بوده و می تواند به طور مؤثری در تأمین نیاز غذایی گیاهان به ویژه در زمین‌های با قابلیت تبادل کاتیونی پایین (شنی)، مفید باشد.

جامعه خاکزیان از مهم‌ترین اجزای خاک می‌باشند که معمولاً با ترکیب‌های مواد آلی خاک وابستگی شدیدی دارند. بنابراین شناسایی و اندازه‌گیری فراوانی آنها، تنوع یا فعالیت آنها به عنوان شاخص‌های بالقوه کیفیت خاک محسوب می‌شوند. اکثر تحقیقات افزایش مواد آلی و فعالیت‌های بیولوژیک خاک در اثر مصرف کودآلی را گزارش کرده‌اند. در مطالعه (Kanchikerimath *et al.*, 2001) میزان مواد آلی خاک و بیوماس میکروبی در اثر مصرف طولانی مدت کود شیمیایی و دامی مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده شد که با کاربرد کودگاوی به میزان ۱۵ تن در هکتار، بیوماس میکروبی از ۱۲۲ میلی‌گرم برکیلوگرم خاک در تیمار عدم مصرف کودآلی به ۳۳۱ میلی‌گرم در تیمار کود آلی افزایش پیدا کرد. طبق گزارش Aggarwal *et al.*, (1997) کاربرد کود دامی و بقایای گیاهی از طریق افزایش

فعالیت آنزیم‌های دهیدروژناز، فسفاتاز اسید و فسفاتاز الکین باعث افزایش معنی‌دار فعالیت بیولوژیک خاک می‌شود. گزارش (Peacock *et al*., 2001) هم نشان داد که در اثر مصرف کود آلی، کربن آلی خاک و بیوماس میکروبی خاک افزایش یافت. مصرف ورمی کمپوست در خاک بیوماس و تنفس میکروبی را افزایش داد. یافته‌های مشابهی توسط Goyal *et al*., (1999)گزارش شده است. آنها گزارش کردند که بیوماس میکروبی و تنفس میکروبی بعد از افزودن ماده آلی به خاک سریعاً واکنش نشان می‌دهد و افزایش می‌یابد. این افزایش در بیوماس میکروبی و تنفس می‌تواند به ورود ماده آلی قابل تجزیه به خاک نسبت داده شود که باعث افزایش فعالیت و مشارکت میکروارگانیسم‌های خاک می‌شود.

فعالیت تنفسی خاک (تولید CO_2) یکی از مهمترین شاخص‌های اندازه‌گیری فعالیت بیولوژیک خاک است. معمولاً با CO_2 آزاد شده (هم در آزمایشگاه و هم در مزرعه) اندازه‌گیری می‌شود. همچنین یک شاخص قوی از فعالیت متابولیک و اکولوژیک خاک است (Santruckova, 1993). تنفس میکروبی منعکس کننده شدت تجزیه ماده آلی خاک، معدنی شدن و فعالیت میکروارگانیسم‌ها در خاک است (Anderson and domsch, 1990). بطوریکه ارتباط نزدیکی بین فعالیت تنفسی خاک، کربن بیوماس میکروبی و مقدار کربن آلی کل وجود دارد، همچنین فعالیت تنفسی خاک می‌تواند یکی از شاخص‌های ثبات و پایداری ماده آلی خاک برای تخمین قابلیت دسترسی به عناصر غذایی و یا در مجموع برای نشان دادن کیفیت خاک باشد (Novak *et al*., 1963; Novak and Apfelthaler, 1964) بنابراین فعالیت تنفسی خاک یک شاخص ارزشمند برای تعیین تأثیر عملیات کشاورزی بر کیفیت خاک و پایداری سیستم‌های زراعی است. تنفس میکروبی خاک به واسطهٔ روابطش با بیولوژی خاک، اندازه‌گیری آسان و واکنش سریع نسبت به تغییر مدیریتی خاک به عنوان شاخص بیولوژی خاک معرفی شده است. کودهای آلی منجر به افزایش ماده آلی و ایجاد چرخه در خاک می‌شوند (Mercik *et al*., 1995, Kubat, *et al*., 1999)، اضافه کردن ماده آلی به خاک و تجمع آن در خاک نیز باعث افزایش تنفس میکروبی می‌شود (Kandeler and Eder, 1990). این در حالی است که کودهای شیمیایی منجر به کاهش ماده آلی خاک شده و از فعالیت بیولوژیک در خاک جلوگیری می‌کنند (Kandeler and Eder, 1990) با توجه به موارد گفته شده هدف از انجام این تحقیق، بررسی تأثیر رعایت راهبردهای مورد استفاده در کشاورزی پایدار از جمله تناوب زراعی و کاربرد توأم کود آلی و شیمیایی بر خصوصیات بیولوژیک خاک می باشد.

مواد و روش‌ها

زمان و مکان انجام آزمایش

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس واقع در کیلومتر ۱۶ اتوبان تهران-کرج با مختصات جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۴ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۱۳۵۲ متر از سطح دریا در سال های زراعی ۱۳۸۸و ۱۳۸۹به مدت دو سال اجرا گردید.

گیاهان کاشته شده در تناوب زراعی شامل خلر (*Lathyrus sativus*.) به عنوان کود سبز و آفتابگردان رقم زودرس بلیزار به عنوان گیاه زراعی اصلی و دانه روغنی در فصل تابستان و گیاه کلزای علوفه‌ای در فصل پاییز بود. هدف از کشت گلزای علوفه‌ای فی ما بین اجرای آزمایش دو ساله کشت آفتابگردان، در درجه اول رها نکردن زمین زراعی بدون پوشش در فصولی از سال که مقدار بارندگی زیاد است و احتمال شستشو و فرسایش خاک با توجه به سبک بودن بافت خاک مزرعه وجود دارد، همچنین ایجاد تنوع زیستی در اکوسیستم زراعی و افزایش فعالیت فون و فلور خاک در راستای پیشبرد اکوسیستم به سمت سیستمی خود کفا و همسو با آرمان‌های کشاورزی پایدار، تولید یک محصول علوفه جنبی در فصلی از سال که تولید علوفه کم است و استفاده از بقایای کودهای آلی برجای مانده و درحال تجزیه از زراعت آفتابگردان جهت تولید محصول علوفه به طوری که کوددهی در زراعت آفتابگردان عیناً مشابه سال اول تکرار شود. بدین منظور عمل کوددهی در زراعت کلزا صورت نگرفته و علوفه تولیدی حاصل از بقایای کودی زراعت قبلی بود. در ۲۰ فروردین ۸۸ خلر به عنوان کود سبز کشت شده و در ۱۵ خرداد در مرحله گلدهی کامل به خاک برگردانده شد. در ۵ تیرماه آفتابگردان کشت شده و تا ابتدای پاییز به مرحله رسیدگی رسید. این سیستم کشت در سال ۸۹ نیز تکرار شد. طرح آزمایشی به صورت طرح کرت های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود که در آن عامل اصلی عبارت بود از سیستم کشت تناوبی در ۲ سطح با و بدون کود سبز شامل ۱- کود سبز-آفتابگردان -

کودسبز-آفتابگردان (GM) و ۲- آیش- آفتابگردان -آیش- آفتابگردان (Fa) و عامل فرعی عبارت بود از ۵ نوع سیستم تغذیه ای شامل ۱- کود آلی زئوپونیکس (Z100) ۲- کود تلفیقی (۷۵٪ آلی زئوپونیکس + ۲۵٪ کود شیمیایی (اوره بر اساس آزمایش خاک)(Z75F25) ، ۳۳- کود تلفیقی (۵۰٪ آلی زئوپونیکس + ۵۰٪ کود شیمیایی) (Z50F50)، ۴- کود تلفیقی (۲۵٪ آلی زئوپونیکس + ۷۵٪ کود شیمیایی) (Z25F75) و ۵- کود شیمیایی اوره (F100). تیمارهای کودی در هر توالی کشت در زمان کشت آفتابگردان اعمال شدند. برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه، قبل از آماده‌سازی و اجرای نقشه آزمایش، نمونه-برداری از عمق ۶۰-۰ سانتی متر برای آزمون خاک بعمل آمد (جدول۱).

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیائی خاک قبل از انجام آزمایش در سال اول

عمق	PH	EC (mmhos/cm)	سولفور معدنی (mg/kg)	فسفرقابل دسترس (mg/kg)	پتاسیم قابل تبادل (mg/kg)	نیتروژن کل (٪)	نیتروژن معدنی (mg/kg)	کربن آلی(٪)
۳۰-۰	۷/۵	۱/۶۸	۴۸	۳۰۰/۶۶	۴۳۳	۰/۰۹	۱۷	۱/۰۹
۶۰-۳۰	۷/۲	۱/۶۱	۴۵	۲۹۶/۳۳	۴۱۵	۰/۱۱	۱۹	۱/۰۷

جدول ۲- نتایج تجزیه کود آلی زئوپونیکس

مشخصات نمونه	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	آرسنیک	روی	مس	آهن	سرب	نیکل
	(درصد)			(ppm)	(ppm)			(ppm)	
زئوپونیکس	۲/۲۶	۱/۰۵	۰/۹	ناچیز	۱۶۰/۸	۴۰/۰۵	۸۵۰	ناچیز	ناچیز

اندازه‌گیری خصوصیات بیوشیمیایی خاک تحت تأثیر تیمارهای اعمال شده در آزمایش طبق روش های زیر انجام شد.

کربن آلی و نیتروژن کل خاک

به منظور اندازه گیری سایر خصوصیات خاک پس از انجام نمونه برداری مرکب از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری و خشک کردن نمونه ها به صورت هوا خشک ، از الک ۰/۵ میلیمتری عبور داده شدند ، سپس برای ارزیابی میزان کربن آلی و نیتروژن، آماده گردیدند (ISRIC, 1986).

برای اندازه گیری کربن آلی از روش والکلی و بلاک استفاده شد . نیتروژن کل خاک به روش تقطیر و تیتراسیون توسط دستگاه کجلدال مورد بررسی قرار گرفت

اندازه‌گیری بیوماس میکروبی خاک

از روش (Vance *et al.*, 1987) برای اندازه گیری بیوماس میکروبی خاک استفاده شد.

تنفس میکروبی

برای اندازه گیری تنفس میکروبی از روش (Alef and Nannipieri, 1995) استفاده شد.

تجزیه آماری

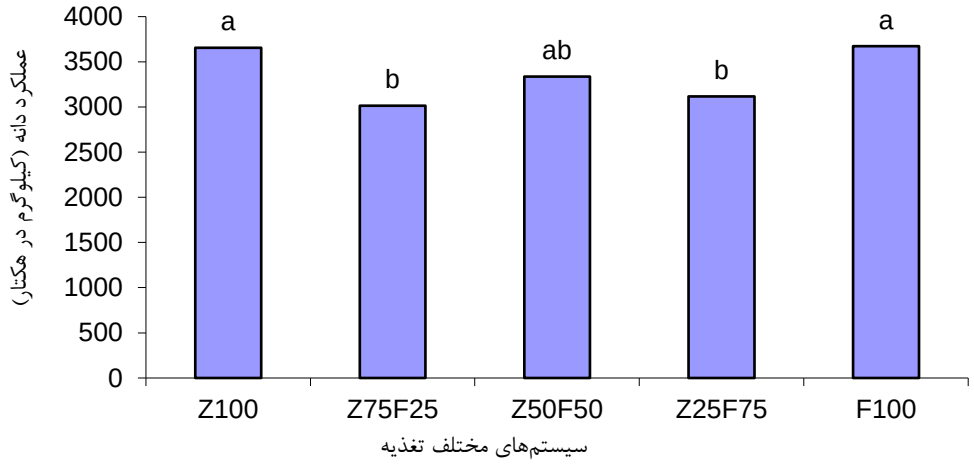
تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح ۵ درصد صورت گرفت. برای داده های دو ساله‌ای که آزمون بارتلت در مورد آنها معنی‌دار نشد، تجزیه مرکب انجام شد ولی برای آن دسته از صفات که این آزمون برای آنها معنی‌دار بود، تجزیه آماری به صورت مجزا برای هر سال انجام گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد دانه آفتابگردان

نتایج تجزیه واریانس مرکب بیانگر این است که تناوب کشت اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه نداشت. اما سیستم‌های مختلف تغذیه اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشتند. مقایسه میانگین عملکرد دانه در تیمارهای مختلف سیستم تغذیه‌ای در شکل (۱) نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود بیشترین عملکرد دانه در سیستم ۱۰۰ درصد شیمیایی و ۱۰۰ درصد زئوپونیکس حاصل گردید و سپس در سیستم ۵۰ درصد شیمیایی + ۵۰ درصد زئوپونیکس

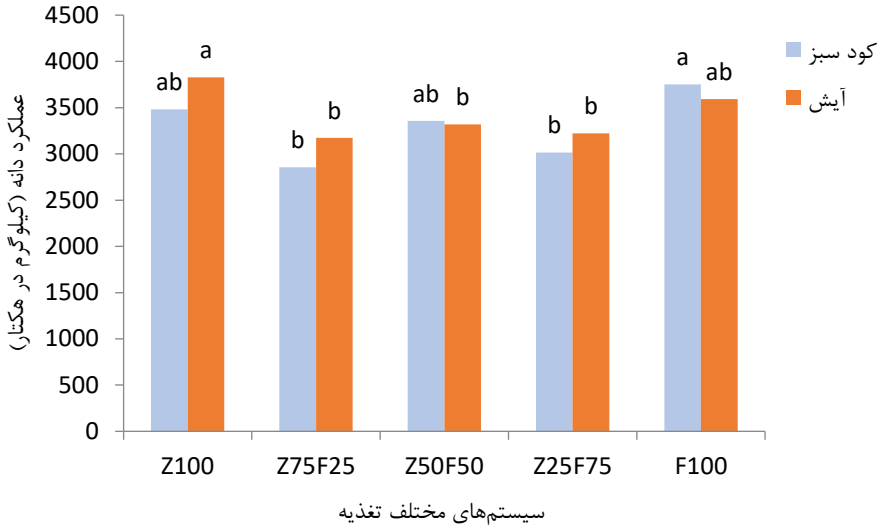
بدست آمده است. در مطالعه اکبری (۱۳۸۷) سیستم‌های تغذیه تلفیقی بیشترین عملکرد دانه را داشته و در بین آن‌ها سیستم تغذیه‌ی تلفیقی ۵۰ درصد آلی +۵۰ درصد شیمیایی بیشترین میزان عملکرد دانه معادل ۴۱ درصد را نسبت به پایین‌ترین میزان عملکرد دانه داشته است. علت بیشتر بودن عملکرد در سیستم ۱۰۰٪ شیمیایی تسهیم بیشتر نیتروژن معدنی به بخش زایشی پس از اعمال کود سرک و تولید دانه های با وزن هزار دانه بالاتر نسبت به سیستم های دیگر تغذیه می باشد. کود سرک مقدار قابل توجهی یون نیترات آماده جذب در موقعی که نیاز گیاه به نیتروژن زیاد است (مرحله زایشی) در اختیار گیاه قرار داده که نقش مهمی در پر شدن دانه ایفا می‌کند. تیمار ۱۰۰٪ زئوپونیکس عملکردی در سطح تیمار ۱۰۰٪ شیمیایی تولید کرده است. دلیل این امر احتمالاً به دلیل تداوم فراهمی یون نیتروژن موجود در زئوپونیکس برای گیاه است. .بطوری که در اوائل رشد که نیاز غذایی کم است میزان نیتروژن معدنی زئوپونیگس کمتر از کود شیمیایی است، ولی در مراحل رشد زایشی به علت تداوم فرایند معدنی شدن، جذب تا مدت زمان طولانی‌تری ادامه پیدا می کند. همچنین کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب و ساختمان دانه ای خاک، افزایش فعالیت‌های میکروبی و آنزیمی و آزاد سازی عناصر غذایی موجود در کلوئیدهای خاک از دلایل افزایش عملکرد در اثر استفاده از کودهای آلی می‌باشد. وجود جمعیت‌های میکروبی در خاک بوسیله ایجاد چرخه مواد غذایی و قابل دسترس ساختن آن و افزایش جذب مواد غذایی باعث رشد و عملکرد بیشتر گیاه می‌شوند (Alipour Yosefvand *et al.*, 2023).



شکل ۱– تاثیر سیستم تغذیه بر عملکرد دانه آفتابگردان در دو سال

بررسی میانگین اثرات متقابل تناوب کشت و سیستم تغذیه ای بر عملکرد دانه در شکل (۲) نشان داده شده است. بیشترین میزان عملکرد دانه در تیمارهای کودسبز/۱۰۰٪ شیمیایی، کودسبز۵۰٪ زئوپونیکس + ۵۰٪ شیمیایی، آیش۱۰۰٪ زئوپونیکس و آیش۱۰۰٪ شیمیایی بدست آمد. پژوهشگران گزارش کرده‌اند که به علت ساکن‌سازی نیتروژن معدنی توسط کودهای آلی، قابلیت دسترسی این عنصر به خصوص در مراحل اولیه رشد گیاه کمتر از کودهای شیمیایی است (علی پور یوسفوند و همکاران، ۱۴۰۲). بعد از کاربرد کود دامی، فعالیت‌های میکروبی خاک جهت تجزیه بقایای آلی افزایش پیدا کرده و مقدار قابل توجهی از نیتروژن معدنی را به مصرف می‌رسانند. در هر سطح تناوب کشت، حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین سیستم های مختلف تغذیه می باشد که برای مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل از روش برش دهی توسط بای By) در برنامه SAS استفاده شده است

.



شکل ۲- تاثیر متقابل توالی کشت و سیستم‌های مختلف تغذیه بر عملکرد دانه آفتابگردان در دو سال

کربن آلی

در هر دو سال اجرای آزمایش درصد کربن آلی خاک به طور معنی داری تحت تاثیر تناوب کشت قرار گرفت و تیمار آیش درصد بیشتری از کربن آلی را در خاک نشان داد (جدول های ۳ و ۴). دلیل این امر را می‌توان به آبشویی بیشتر مواد آلی تجزیه شده در اثر آبیاری خلر طی دوره رشد نسبت داد. در خاک با بافت شنی قابلیت نگهداری مواد آلی و عناصر معدنی کم بوده و مقدار قابل توجهی از عناصر غذایی در اثر بارندگی و آبیاری شسته شده و به اعماق می روند. یک دلیل دیگر برای توجیه افزایش مواد آلی خاک در تیمار آیش را می توان به دستخوردگی کمتر خاک ربط داد. در تیمار کود سبز به سبب زیر و رو شدن بیشتر خاک جهت برگرداندن گیاه به خاک، فرایند تجزیه مواد آلی به دلیل هوازدگی بیشتر می شود. از طرفی با توجه به سبک بودن خاک محل آزمایش، این فرایند تجزیه به سبب تهویه بالای ذاتی خاک سریع تر بوده و میزان کربن آلی در تیمار کود سبز کاهش یافته است. همچنانکه یافته‌های محققین بیانگر اینست که میزان کربن آلی خاک در سیستم کشاورزی بی خاکورزی در مقایسه با کشاورزی متداول افزایش داشته است (Bayer, *et al*., 2002; Pacala and Socolow, 2004). اثر سیستم های مختلف تغذیه بر درصد کربن آلی در سال اول معنی دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها در سال اول نشان داد که سیستم تغذیه تلفیقی کارایی بیشتری در حفظ مواد آلی خاک داشت. به طوریکه سیستم‌های تغذیه ۵۰ درصد زئوپونیکس + ۵۰ درصد شیمیایی و ۷۵ درصد زئوپونیکس + ۲۵ درصد شیمیایی بیشترین درصد کربن آلی را داشتند. کمترین میزان کربن آلی مربوط به سیستم تغذیه ۱۰۰٪ شیمیایی بود (جدول ۵). یافته‌های این پژوهش با نتایج حاصل از مطالعات Moshiri *et al*(2222) در خصوص بالا بودن کربن آلی در سیستم تغذیه تلفیقی مطابقت دارد.

با مشاهده میانگین های اثرات متقابل تناوب کشت و سیستم تغذیه در سال اول (جدول ۷) مشاهده شد که سیستم های تغذیه تلفیقی در هر دو تناوب به طور کارآمدی سبب افزایش میزان ماده آلی خاک شده اند. دلیل این موضوع ایجاد شرایط بهینه برای رشد و فعالیت میکروارگانیسم های خاک از نظر فیزیکوشیمیایی است. تیمار کودسبز/۱۰۰٪ زئوپونیکس نیز به دلیل داشتن بیشترین میزان ماده آلی بواسطه کاربرد توام کود سبز (بقایای گیاهی) و زئوپونیکس (بقایای کود مرغی) در صدر قرار داشت. تجزیه بقایای گیاهی و مرغی که از ترکیبات شیمیایی متفاوتی برخوردارند، محیط متعادلی از نظر نسبت C/N بوجود آورده و سبب تجزیه و افزایش میزان ماده آلی خاک می شوند. نتایج بویراحمدی و همکاران (۱۳۸۹) نشان داد که حضور گیاه در خاک بهبود بیوماس میکروبی و سنتز برخی آنزیم های خاک را به همراه داشت. بررسی های (Lalfakzuala, *et al*., 2008) نیز نشان داد که بالا بودن کربن آلی خاک در تیمار تلفیقی کود شیمیایی NPK + کود دامی به سبب وجود ماده آلی بالا در کود دامی بود.

پژوهش‌های Kanchikerimath, and Singh (2001) افزایش درصد کربن آلی خاک در اثر مصرف ۹۶ (در طول ۶ سال) و ۱۹۵ (در طول ۱۳ سال) تن کود دامی در هکتار بصورت مکمل، را بترتیب ۷۰ و ۲۰ ٪ نسبت به تیمار ۱۰۰ ٪ شیمیایی نشان داد. در سیستم کشاورزی متداول که فقط از کودهای شیمیایی استفاده می‌شود، جمعیت کوچکی از میکروارگانیسم‌ها ولی با فعالیت متابولیک بالا از مواد آلی خاک به عنوان غذا استفاده کرده و میزان کربن آلی خاک کاهش می‌یابد.

در سال دوم بیشترین میزان کربن آلی در تیمارهای ۱۰۰٪ زئوپونیکس و ۲۵ درصد زئوپونیکس + ۷۵ درصد شیمیایی بدست آمد (جدول ۶).

در سال دوم با مراجعه به میانگین‌های اثرات متقابل توالی کشت و سیستم تغذیه مشاهده می شود که تیمار آیش/۷۵٪ زئوپونیکس + ۲۵٪ شیمیایی دارای بیشترین میزان کربن آلی خاک بود (جدول ۸). در این تیمار احتمالا به سبب بهینه بودن میزان C/N به دلیل تلفیق متعادلی از هیدرات‌های کربن در بقایای گیاهی و ترکیبات نیتروژنی در کود مرغی، میزان ماده آلی خاک افزایش یافته است. همچنین مشاهده می شود که در سال دوم به سبب تداوم افزودن مواد آلی به خاک از طریق فعالیت های بهزراعی (کاربرد کود سبز) تیمار کودسبز۱۰۰٪ شیمیایی نیز نسبت به سال گذشته افزایش ماده آلی را نشان داده است. کودهای آلی منجر به افزایش ماده آلی و ایجاد چرخه درخاک می‌شوند (Mercik *et al*. 1995, Kubát *et al*. 1999). یافته های Moshiri *et al* (2022) نیز بیانگر افزایش میزان ماده آلی خاک با استفاده ازسیستم تغذیه تلفیقی بود.

نیتروژن کل

در هر دو سال اجرای آزمایش درصد نیتروژن کل خاک به طور معنی‌داری تحت تاثیر تناوب کشت قرار گرفت و تیمار آیش درصد بیشتری از نیتروژن را در خاک نشان داد (جدول‌های ۵ و ۶). دلیل این امر را می‌توان به آبشویی بیشتر مواد آلی تجزیه شده در اثر آبیاری خلر طی دوره رشد نسبت داد. در خاک با بافت شنی ظرفیت تبادل کاتیونی پایین است و درنتیجه قابلیت نگهداری مواد آلی و عناصر معدنی کم بوده و مقدار قابل توجهی از عناصر غذایی در اثر بارندگی و آبیاری شسته شده و به اعماق می‌روند.

اثر سیستم‌های مختلف تغذیه بر درصد نیتروژن کل در هر دو سال معنی‌دار بود (جدول ۳ و۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در سال اول سیستم تغذیه تلفیقی کارایی بیشتری در حفظ مواد آلی خاک داشت. به طوریکه سیستمهای تغذیه ۵۰ درصد زئوپونیکس + ۵۰ درصد شیمیایی و ۷۵ درصد زئوپونیکس + ۲۵ درصد شیمیایی بیشترین درصد نیتروژن کل خاک را داشتند. کمترین میزان نیتروژن کل مربوط به سیستم تغذیه ۱۰۰٪ شیمیایی بود (جدول ۵). در سال دوم سیستم ۱۰۰٪ زئوپونیکس دارای بیشترین میزان نیتروژن کل در خاک بود و بقیه تیمارها در جایگاه بعدی قرار گرفتند (جدول ۶). زئولیت با توجه به ظرفیت تبادل کاتیونی بالا با جلوگیری از آبشویی نیتروژن Gholamhosseini *et al*., 2009; Huang and Petrovic, 1994) باعث افزایش نیتروژن خاک گردید.

اثر متقابل در سال دوم نتایج اندکی تفاوت نشان داد. در حالی که هنوز سیستم تغذیه تلفیقی ۵۰ درصد زئوپونیکس + ۵۰ درصد شیمیایی جایگاه برتر خود را در نگهداری نیتروژن کل خاک در صدر تیمارها حفظ کرده بود، تیمار ۱۰۰٪ شیمیایی در رده سوم از لحاظ جلوگیری از آبشویی نیتروژن خاک قرار گرفت که نسبت به سال اول متفاوت بود (جدول‌های ۵ و ۶). دلیل این امر را می‌توان به این موضوع نسبت داد که با اجرای آزمایش طی دو سال و کاشت گیاهان مختلف در مزرعه و اضافه شدن مواد آلی در اثر تجزیه بقایای آنها در خاک، نیتروژن افزوده شده از طریق کود شیمیایی احتمالا در اثر بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک، به مقدار کمتری شسته شده است. در مطالعه مشیری و همکاران (۱۴۰۱) نیز افزایش محتوای نیتروژن خاک را در اثر استفاده از مدیریت تغذیه تلفیقی گزارش شده است.

کربن بیوماس میکروبی

یکی از مهمترین فاکتورهایی که اکثر محققین جهت نشان دادن فعالیت‌های بیولوژیک خاک اندازه گیری می کنند بیوماس میکروبی است . علی رغم کم بودن درصد بیوماس میکروبی از کل ماده آلی خاک، ولی پر نوسان ترین جزء ماده آلی است و ذخیره مهمی از عناصر غذایی مثل نیتروژن و فسفر در خاک محسوب می شود (Jenkinson and Ladd, 1981). بیوماس میکروبی یک فاکتور حساس به تغییر عملیات زراعی و سایر آشفتگی های خاک است (Smith and Paul, 1990). مقدار و فعالیت آن وابسته به مقدار و کیفیت کربن و سایر عناصر غذایی ناشی از بقایای گیاهی، کودهای آلی و تراوشات ریشه دارد (Powelson *et al*.,

(1987 نتایج تجزیه مرکب نشان داد که تناوب تاثیر معنی-داری در سطح ۵٪ بر کربن بیوماس میکروبی داشت (جدول۹). به طوری که تیمار آیش دارای مقدار بیشتری کربن بیوماس میکروبی نسبت به تیمار کودسبز در خاک بود (جدول ۱۰). آشفتگی و بر هم زدن خاک حتی به مقدار اندک نیز سبب کاهش قابل ملاحظه‌ای از کربن بیوماس میکروبی خاک می‌شود (Silva, *et al*., 2010) این امر به خاطر تشدید معدنی شدن و کاهش توازن میکروبی خاک ایجاد می‌شود. از طرف دیگر، در خاکهای سبک و شنی، سرعت تجزیه مواد آلی نیز بیشتر است. آشفتگی کمتر در خاک سبب کاهش تخریب هیف‌های قارچی، حفاظت محل زندگی میکروارگانیسم‌های خاک، افزایش محتوای رطوبت و کاهش نوسانات دمایی خاک می‌شود (Rhoton, 2000) .

اثر سیستم‌های مختلف تغذیه بر میزان کربن بیوماس میکروبی معنی‌دار بود (جدول ۹) و این مقدار در پلات‌های دریافت کننده زئوپونیکس بطور معنی‌داری افزایش یافت. بالاترین میزان کربن بیوماس میکروبی در تیمار ۵۰ درصد زئوپونیکس + ۵۰ درصد شیمیایی مشاهده شد (جدول ۱۰). (Li *et al*., (2003) مشاهده کردند که بیوماس میکروبی در سیستم تلفیقی بیشتر از بیوماس میکروبی در سیستم کود شیمیایی بود .کربن قابل متابولیسم آماده و نیتروژن موجود در زئوپونیکس به اضافه افزایش رشد ریشه و در نتیجه افزایش تراوشات ریشه می‌توانند عوامل اصلی موثر در بهبود بیوماس میکروبی باشند. استفاده از کودهای آلی، مواد آلی خاک را در سطح بالا حفظ کرده و سبب افزایش فعالیت میکروبی می‌شود (Goyal *et al*., 1999; Simek *et al*., 1999). در گزارش Kanchikerimath, and Singh (2001) هم مشاهده شد که کاربرد کود دامی به میزان ۱۵ تن بر هکتار، بیوماس میکروبی را از ۱۲۲ میلی گرم بر کیلوگرم خاک در تیمار عدم مصرف کود آلی به ۳۳۱ میلی گرم در تیمار کود آلی افزایش داد.

بررسی‌های Peacock *et al*.,(2001) نشان داد که با افزایش کربن آلی خاک به میزان ۵۲ ٪ ، بیوماس میکروبی خاک به میزان ۶۶ ٪ بهبود می یابد. کمترین میزان کربن بیوماس میکروبی در تیمار ۱۰۰ درصد زئوپونیکس . سپس ۱۰۰ درصد شیمیایی به دست آمد (جدول ۱۰). کم بودن میزان فعالیت میکروبی در تیمار کود آلی خالص شاید به این علت باشد که توازن میان نسبت کربن به نیتر.ژن وجود نداشته و میزان C/N بالا بوده است (جدول ۱۰). بالا بودن این نسبت سبب کندی روند تجزیه مواد آلی در خاک و کاهش فعالیت میکروبی می‌گردد (Li *et al*., 2003). در مطالعه (Lalfakzuala *et al*., 2008) کمترین میزان کربن بیوماس میکروبی در تیمار ۱۰۰ درصد شیمیایی نسبت به تیمار تغذیه تلفیقی مشاهده شد. ایشان دلیل این امر را چنین توجیه کردند که فراهمی بالای نیتروژن، تغییر در کیفیت مواد غذایی مورد نیاز میکروب ها و همچنین تغییر در رشد ریشه و تغییر در رقابت و ساختار جمعیت میکروبی، سرکوبی فعالیت‌های آنزیمی و تشکیل ترکیبات مضر و سمی احتمالا سبب کاهش فعالیت‌های میکروبی در خاک های تغذیه شده با کود شیمیایی می‌شوند.

بیوماس میکروبی خاک که معمولا در حدود ۱ تا ۵ ٪کل کربن آلی خاک را تشکیل می‌دهد (Jenkinson and Ladd, 1981) می‌تواند یک نشانه هشدار دهنده موثر و زود هنگام در مورد تخریب یا بهبود کیفیت خاک در اثرعملیات زراعی باشد (Powelson *et al*., 1987). نتایج حاصل از تحقیق Moshiri *et al* (2022) نشان داد که با مقایسه کربن بیوماس میکروبی و کربن کل خاک ،درصد کربن بیوماس میکروبی بین ۱/۶ تا ۲ درصد کربن کل خاک متغییر است که از حد متوسط ذکر شده توسط جینکینسون و لاد (۱۹۸۱) پایینتر بود و نشان از ضعف فعالیت های بیولوژیک خاک داشت. با مقایسه دامنه داده های بدست آمده برای کربن بیوماس میکروبی در تحقیق حاضر و تحقیق Moshiri *et al*(2022) مشخص می‌شود که میزان کربن بیوماس میکروبی در تحقیق حاضر پایین تر است. اثر متقابل تناوب و سیستم‌های مختلف تغذیه بر میزان کربن بیوماس میکروبی معنی‌دار نبود (جدول ۱۱).

تنفس میکروبی

تنفس خاک بخش وسیعی از میزان تولید اولیه ناخالص کربن در اکوسیستم‌های خشکی را تشکیل می‌دهد. ارزیابی و اندازه گیری آن اهمیت زیادی در برقراری و بودجه بندی کربن اکوسیستم دارد. تنفس میکروبی خاک تحت تأثیر ترکیب شیمیایی یا کیفیت مواد آلی، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی محیط، ساختار جمعیت میکروبی، رطوبت خاک، قابلیت دسترسی عناصر غذایی، کیفیت مواد، شوری، بافت و ساختمان خاک قرار دارد. در فرآیند تجزیه بیولوژیکی بقایای گیاهی میزان دی اکسیدکربن متصاعد شده را اندازه گیری می‌کنند که رابطه بسیار خوبی با سرعت تجزیه مواد آلی دارد. نتایج سال اول و دوم انجام آزمایش نشان داد که تناوب کشت اثر معنی داری بر میزان تنفس میکروبی داشت (جدول‌های۳ و ۴). مقایسه میانگین ها نشان داد که میزان تنفس میکروبی در تیمار آیش نسبت به تیمار کود سبز بیشتر بود (جدول‌های ۵ و ۶). برخی شرایط مدیریتی که منجر به کاهش بیوماس میکروبی خاک شود، کارایی میکروارگانیسم‌ها در استفاده از کربن آلی خاک را کاهش داده و سبب افزایش در میزان تنفس در واحد بیوماس میکروبی خاک می‌شود (Anderson and Domsch, 1990). در تیمار کود سبز به علت به هم خوردگی خاک در اثر شخم و زیر و رو کردن و برگرداندن خلر به خاک، میکروارگانیسم‌ها فعالیت متابولیکی قابل توجهی داشته و توانایی هیدرولیز مواد آلی به سبب تهویه زیاد، بالا بوده و مواد آلی به سرعت تجزیه شده و هنگام اندازه گیری تنفس میکروبی خاک پس از برداشت آفتابگردان مقدار کمتری مواد آلی در خاک نسبت به تیمار آیش باقی مانده که سبب کاهش تنفس میکروبی در تیمار دارای کود سبز در تناوب گردیده است. این نتایج با نتایج Moshiri *et al*(2022) مطابقت دارد. ایشان گزارش کردند که تنفس پایه در سیستم کشاورزی فشرده آشفتگی و برهم زدن خاک نسبت به سیستم‌های کشاورزی نیمه فشرده و مرتع به علت حضور جامعه میکروبی کوچکتر اما فعال تر بیشتر است. سیستم های مختلف تغذیه نیز در سال اول و دوم اثر معنی‌داری بر میزان تنفس میکروبی داشتند (جدول‌های ۳و ۴). در سال اول سیستم ۱۰۰ درصد زئوپونیکس دارای بیشترین میزان تنفس و سیستم ۲۵ درصد شیمیایی + ۷۵ درصد زئوپونیکس دارای کمترین میزان تنفس بودند (جدول ۵). این در حالیست که در سال دوم سیستم ۷۵ درصد شیمیایی + ۲۵ درصد زئوپونیکس بیشترین و ۵۰ درصد شیمیایی + ۵۰ درصد زئوپونیکس کمترین میزان تنفس را نشان دادند (جدول ۶). اضافه کردن نیتر.ژن به طور مداوم سبب کاهش تنفس خاک می‌گردد (Söderström *et al.*, 1983). دلیل این امر به خاطر تغییر اسیدیته خاک در اثر اضافه کردن نیتروژن به خاک است. احتمالا میزان تنفس میکروبی در تیمارهای مختلف تغذیه از سال اول به سال دوم به دلایل گوناگونی از جمله رطوبت خاک، دما، قابلیت دسترسی عناصر غذایی و ساختمان خاک تغییر کرده است. اثر متقابل تناوب و سیستم های تغذیه بر میزان تنفس میکروبی معنی‌دار بود (جدول های ۳ و ۴). بیشترین میزان تنفس میکروبی در سال اول در تیمار آیش/۲۵٪ زئوپونیکس + ٪۷۵ شیمیایی و سپس کودسبز/۱۰۰٪ زئوپونیکس بودند (جدول ۷). بالا بودن تنفس نشانه بیشتر بودن میزان معدنی شدن کربن در اثر فعالیت های میکروبی طی تجزیه بقایای مواد آلی می‌باشد. در سال دوم میزان تنفس به علت اضافه شدن مواد آلی خاک طی تداوم کاربرد کودهای آلی بیشتر شده و سیستم های تلفیقی به خوبی نقش موثر خود را در افزایش میزان تجزیه بقایای آلی نشان دادند. به طوری که تیمارهای کودسبز ۲۵٪ زئوپونیکس + ۷۵٪ شیمیایی، آیش۵۰٪ زئوپونیکس + ۵۰٪ شیمیایی، آیش ۱۰۰٪ شیمیای و آیش/۲۵٪ زئوپونیکس + ۷۵٪ شیمیایی بیشترین مقدار تنفس را داشتند (جدول ۸). توجیه بالا بودن میزان تنفس در تیمارهای اثر متقابل اندکی پیچیده است. چرا که این میزان از روال و ترتیب خاصی پیروی نکرد. انتظار این بود که تیمارهای تغذیه شده با کود شیمیایی دارای کمترین میزان تنفس باشند که این نتیجه به دست نیامد و این تیمارها در حالت بینابینی از میزان تنفس بودند. دلیل این موضوع شاید این باشد که مقدار دی اکسیدکربن اندازه گرفته شده از خاک ناشی از تنفس ریشه گیاهان زراعی و یا علف‌های هرز موجود در خاک بوده باشد.

نسبت کربن به نیتروژن

تجزیه مرکب داده های دو سال آزمایش برای نسبت کربن به نیتروژن نشان داد که تناوب تاثیر معنی‌داری بر این نسبت داشت (جدول ۹). مقایسه میانگین ها نشان داد که این نسبت در تیمار آیش بیشتر است (جدول ۱۰). وقتی که خاک کمتر زیر و رو شود، تثبیت کربن توسط بیوماس میکروبی سبب افزایش ماده آلی خاک شده و نسبت کربن به نیتروژن افزایش می یابد. نتایج Silva *et al*, (2010) نیز

نشان داد که نسبت کربن به نیتروژن در سیستم بی خاکورزی که شخم و زیر و رو کردن خاک انجام نمی‌شود، افزایش می‌یابد. سیستم‌های مختلف تغذیه بر نسبت کربن به نیتروژن اثر معنی‌داری گذاشتند (جدول ۹). به طوریکه تیمار ۱۰۰٪ زئوپونیکس بیشترین میزان نسبت کربن به نیتروژن را نشان داد و کمترین میزان مربوط به تیمار ۲۵٪ زئوپونیکس + ۷۵٪ شیمیایی بود (جدول ۱۰). در تیمارهای تغذیه تلفیقی ۵۰٪ زئوپونیکس + ۵۰٪ شیمیایی و ۷۵٪ زئوپونیکس + ۲۵٪ شیمیایی نسبت کربن به نیتروژن کاهش یافت. هرچند که تفاوت معنی‌داری با تیمار ۱۰۰٪ زئوپونیکس نداشتند. مطالعه Li *et al* (2003) نشان داد که با افزودن کود خوکی به میزان ۵۰٪ بیشتر از مقدار توصیه شده برای گیاه به خاک به صورت تلفیق با کود شمیایی NPK کمترین سبت کربن به نیتروژن را نسبت به تیمارهای NPK + بقایای گندم مخلوط شده با خاک و NPK + بقایای ذرت مخلوط شده با خاک داشت. افزودن کودهای حیوانی به دلیل داشتن ترکیبات نیتروژنی بیشتر نسبت به بقایای گیاهی نسبت کربن به نیتروژن را کاهش می‌دهند. وجود تفاوت معنی‌دار بین تیمارها دراثر متقابل توالی کشت و سیستم‌های مختلف تغذیه برای نسبت کربن به نیتروژن مشاهده نشد (جدول ۱۱).

جدول۳- تجزیه واریانس برخی خصوصیات شیمیایی خاک تحت تناوب و سیستم‌های مختلف تغذیه در سال اول

منابع تغییر	درجه آزادی	کربن آلی	نیتروژن کل	تنفس میکروبی
تکرار	۲	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۰۰۱	۲۱/۵^{ns}
تناوب	۱	۱/۳**	۰/۰۱۱**	۱۲۲/۲۱**
خطای کرت اصلی	۲	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰۲	۰/۱۶
سیستم تغذیه	۴	۰/۱۵**	۰/۰۰۱۱**	۹/۷۹**
تناوب × سیستم تغذیه	۴	۰/۱۳**	۰/۰۰۰۸**	۲/۵۴**
خطای آزمایشی	۱۶	۱/۸۳	۰/۰۰۰۰۱	۰/۱۲
ضریب تغییرات (٪)		۱/۵۶	۲/۰۰۷	۲/۷۵

جدول۴- تجزیه‌ی واریانس برخی خصوصیات شیمیایی خاک تحت تناوب و سیستم‌های مختلف تغذیه‌در سال دوم

منابع تغییر	درجه آزادی	کربن آلی	نیتروژن کل	تنفس میکروبی
تکرار	۲	۰/۰۰۱۳**	۰/۰۰۰۷	۰/۱۴**
تناوب	۱	۰/۵۸**	۰/۰۰۱۲**	۱۰۵/۷۵**
خطای کرت اصلی	۲	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۰۰۱	۰/۰۱
سیستم تغذیه	۴	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۰۶**	۳۴/۳**
تناوب × سیستم تغذیه	۴	۰/۰۱۷**	۰/۰۰۰۱۵**	۸۳/۶**
خطای آزمایشی	۱۶	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۵
ضریب تغییرات (٪)		۰/۸۷	۰/۶۳	۰/۴

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

جدول۵- مقایسه میانگین برخی خصوصیات بیوشیمیایی خاک تحت تناوب و سیستم‌های مختلف تغذیه ای در سال اول

سیستم های حاصلخیزی	کربن آلی (%)	نیتروژن کل (%)	تنفس میکروبی (µg/g soil.h)
کود سبز	۱/۶۲b	۰/۱۴۵b	۱۱b
آیش	۲/۰۴a	۰/۱۸۵a	۱۵/۰۴a
۱۰۰درصد زئوپونیکس(Z100)	۱/۸۷b	۰/۱۶۶b	۱۳/۹۹a
۷۵درصدزئوپونیکس+۲۵درصد شیمیایی(Z75F25)	۱/۹۵a	۰/۱۷۵a	۱۰/۷۷c
۵۰درصدزئوپونیکس+۵۰درصد شیمیایی(Z50F50)	۱/۹۶a	۰/۱۷۵a	۱۳/۳۶b
۲۵درصدزئوپونیکس+۷۵درصد شیمیایی(Z25F75)	۱/۸۲c	۰/۱۶۸b	۱۳/۵۲b
۱۰۰درصد شیمیایی(F100)	۱/۵۶d	۰/۱۴۱c	۱۳/۴۳b

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون برای هر عامل بر اساس آزمون LSD در سطح ۰/۰۵ اختلاف معنی‌داری با هم ندارند

جدول۶- مقایسه میانگین برخی خصوصیات بیوشیمیایی خاک تحت تناوب و سیستم های مختلف تغذیه‌ای در سال دوم

سیستم های حاصلخیزی	کربن آلی (%)	نیتروژن کل (%)	تنفس میکروبی (µg/g soil.h)
کود سبز	۱/۳۷b	۰/۱۳۷b	۱۵/۱۸b
آیش	۱/۶۵a	۰/۱۴۹a	۱۸/۹۴a
۱۰۰درصد زئوپونیکس(Z100)	۱/۵۲۶a	۰/۱۴۵a	۱۶/۹۶c
۷۵درصدزئوپونیکس+۲۵درصد شیمیایی(Z75F25)	۱/۵۱b	۰/۱۴۲b	۱۶/۷۶d
۵۰درصدزئوپونیکس+۵۰درصد شیمیایی(Z50F50)	۱/۵۱b	۰/۱۴۳b	۱۳/۴e
۲۵درصدزئوپونیکس+۷۵درصد شیمیایی(Z25F75)	۱/۵۲ab	۰/۱۴۳b	۱۹/۸a
۱۰۰درصد شیمیایی(F100)	۱/۵۱ab	۰/۱۴۲b	۱۸/۳۸b

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون برای هر عامل بر اساس آزمون LSD در سطح ۰/۰۵ اختلاف معنی داری با هم ندارند

جدول۷- مقایسه میانگین اثرات متقابل برخی خصوصیات بیوشیمیایی خاک تحت تناوب و سیستم‌های مختلف تغذیه ای در سال اول

سیستم های حاصلخیزی	کربن آلی (%)	نیتروژن کل (%)	تنفس میکروبی (µg/g soil.h)
کود سبز/۱۰۰درصد زئوپونیکس(GMZ100)	۱/۷۵a	۰/۱۵a	۱۲/۵a
کود سبز/۷۵درصدزئوپونیکس+۲۵درصد شیمیایی(GMZ75F25)	۱/۶۷b	۰/۱۵a	۸/۴۱e
کود سبز/۵۰درصدزئوپونیکس+۵۰درصد شیمیایی(GMZ50F50)	۱/۷۲ab	۰/۱۵a	۱۱/۹۸b
کود سبز/۲۵درصدزئوپونیکس+۷۵درصد شیمیایی(GMZ25F75)	۱/۴۳d	۰/۱۳۶b	۱۰/۵۶d
کود سبز/۱۰۰درصد شیمیایی(GMF100)	۱/۵۶c	۰/۱۸۳a	۱۱/۵۳c
آیش/۱۰۰درصد زئوپونیکس(FaZ100)	۲b	۰/۱۴۳b	۱۵/۴۸b
آیش/۷۵درصدزئوپونیکس+۲۵درصد شیمیایی(FaZ75F25)	۲/۲۳a	۰/۲a	۱۳/۱۳c
آیش/۵۰درصدزئوپونیکس+۵۰درصد شیمیایی(FaZ50F50)	۲/۲a	۰/۲a	۱۴/۷۵b
آیش/۲۵درصدزئوپونیکس+۷۵درصد شیمیایی(FaZ25F75)	۲/۲۱a	۰/۲a	۱۶/۴۸a
آیش/۱۰۰درصد شیمیایی(FaF100)	۱/۵۶c	۰/۱۴۲c	۱۵/۳۳b

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون برای هر عامل بر اساس آزمون LSD در سطح ۰/۰۵ اختلاف معنی داری با هم ندارند

جدول۸- مقایسه میانگین اثرات متقابل برخی خصوصیات بیوشیمیایی خاک تحت تناوب و سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای در سال دوم

سیستم های حاصلخیزی	کربن آلی (%)	نیتروژن کل (%)	تنفس میکروبی (µg/g soil.h)
کودسبز/۱۰۰درصد زئوپونیکس(GMZ100)	۱/۳۶d	۰/۱۳۶d	۱۴/۸d
کودسبز/۷۵درصدزئوپونیکس+۲۵درصد شیمیایی(GMZ75F25)	۱/۲۹e	۰/۱۲۸e	۱۹/۷۳a
کودسبز/۵۰درصدزئوپونیکس+۵۰درصد شیمیایی(GMZ50F50)	۱/۴۳a	۰/۱۴۳a	۵/۹e
کودسبز/۲۵درصدزئوپونیکس+۷۵درصد شیمیایی(GMZ25F75)	۱/۴۱b	۰/۱۴b	۱۸/۷۳b
کودسبز/۱۰۰درصد شیمیایی(GMF100)	۱/۳۹c	۰/۱۳۸c	۱۸/۷۶c
آیش/۱۰۰درصد زئوپونیکس(FaZ100)	۱/۶۹b	۰/۱۵۴b	۱۹/۱۳c
آیش/۷۵درصدزئوپونیکس+۲۵درصد شیمیایی(FaZ75F25)	۱/۷۳a	۰/۱۵۶a	۱۳/۸d
آیش/۵۰درصدزئوپونیکس+۵۰درصد شیمیایی(FaZ50F50)	۱/۵۹d	۰/۱۴۴d	۲۰/۸۸a
آیش/۲۵درصدزئوپونیکس+۷۵درصد شیمیایی(FaZ25F75)	۱/۶۳c	۰/۱۴۷cd	۲۰/۸۸a
آیش/۱۰۰درصد شیمیایی(FaF100)	۱/۶۴c	۰/۱۴۷c	۲۰/۰۱a

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون برای هر عامل بر اساس آزمون LSD در سطح ۰/۰۵ اختلاف معنی داری با هم ندارند

جدول۹- تجزیه‌ی واریانس مرکب برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی خاک تحت تناوب و سیستم‌های مختلف تغذیه در دو سال

منابع تغییر	درجه‌آزادی	نسبت کربن به نیتروژن	کربن بیوماس میکروبی
سال	۱	۴/۸**	۳۲۱۰/۶۳**
خطا ۱	۴	۰/۰۵	۵/۹۳
توالی کشت	۱	۲/۹۸**	۵۴۲/۷**
توالی کشت / سال	۱	۴/۹۳**	۴۴۶۴/۳**
خطا ۲	۴	۰/۱	۴/۰۶
سیستم تغذیه	۴	۰/۰۸	۹۵۹/۱۵**
توالی کشت / سیستم تغذیه	۴	۰/۱۹*	۶۷۰/۰۶**
سال / سیستم تغذیه	۴	۰/۱۶*	۴۰۶/۸۹**
سال / توالی کشت / سیستم تغذیه	۴	۰/۱۸*	۳۵۲/۳۵**
خطا ۳	۳۲	۰/۰۵۵	۴/۲
ضریب تغییرات (٪)		۲/۱۷	۳/۴

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

جدول۱۰- مقایسه میانگین برخی خصوصیات بیوشیمیایی خاک تحت تناوب و سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای در دو سال

سیستم های حاصلخیزی	نسبت کربن به نیتروژن	کربن بیوماس میکروبی (mg/Kg soil)
کود سبز	۱۰/۵۹b	۵۷/۳۳b
آیش	۱۱/۰۴a	۶۳/۳۴a
۱۰۰درصد زئوپونیکس(Z100)	۱۰/۸۸a	۴۸/۳e
۷۵درصدزئوپونیکس+۲۵درصد شیمیایی(Z75F25)	۱۰/۸۴ab	۶۰/۱۴c
۵۰درصدزئوپونیکس+۵۰درصد شیمیایی(Z50F50)	۱۰/۸۶ab	۷۱/۶۳a
۲۵درصدزئوپونیکس+۷۵درصد شیمیایی(Z25F75)	۱۰/۶۷b	۶۵/۶۵b
۱۰۰درصد شیمیایی(F100)	۱۰/۸۱ab	۵۵/۹۷d

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون برای هر عامل بر اساس آزمون LSD در سطح ۰/۰۵ اختلاف معنی‌داری با هم ندارند

جدول۱۱- مقایسه میانگین اثرات متقابل برخی خصوصیات بیولوژیک خاک تحت تناوب و سیستم‌های مختلف تغذیه ای در دو سال

سیستم های حاصلخیزی	نسبت کربن به نیتروژن	کربن بیوماس میکروبی (mg/Kg soil)
کودسبز/۱۰۰درصد زئوپونیکس(GMZ100)	۱۰/۸۱a	۳۶/۱۲a
کودسبز/۷۵درصدزئوپونیکس+۲۵درصد شیمیایی(GMZ75F25)	۱۰/۵۹a	۵۲/۵۲a
کودسبز/۵۰درصدزئوپونیکس+۵۰درصد شیمیایی(GMZ50F50)	۱۰/۷۳a	۷۸/۰۵a
کودسبز/۲۵درصدزئوپونیکس+۷۵درصد شیمیایی(GMZ25F75)	۱۰/۲۷a	۶۷/۹۵a
کودسبز/۱۰۰درصد شیمیایی(GMF100)	۱۰/۵۶a	۵۲/۰۳a
آیش/۱۰۰درصد زئوپونیکس(FaZ100)	۱۰/۹۵a	۶۰/۵a
آیش/۷۵درصدزئوپونیکس+۲۵درصد شیمیایی(FaZ75F25)	۱۱/۱a	۶۷/۷۵a
آیش/۵۰درصدزئوپونیکس+۵۰درصد شیمیایی(FaZ50F50)	۱۰/۹۹a	۶۵/۲۲a
آیش/۲۵درصدزئوپونیکس+۷۵درصد شیمیایی(FaZ25F75)	۱۱/۰۷a	۶۳/۳۷a
آیش/۱۰۰درصد شیمیایی(FaF100)	۱۱/۰۶a	۵۹/۹۱a

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون برای هر عامل بر اساس آزمون LSD در سطح ۰/۰۵ اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

نتیجه‌گیری کلی

استفاده از خلر به عنوان کودسبز قبل از کشت آفتابگردان سبب کاهش خصوصیات شیمیایی خاک گردید. به طوری که میزان کربن آلی، نیتروژن کل، کربن بیوماس میکروبی، تنفس میکروبی و نسبت کربن به نیتروژن در صورت عدم وجود کود سبز در تناوب یعنی در تیمار آیش از میزان بیشتری برخوردار بودند. این امر به دلیل بالاتر بودن میزان شستشو و تجزیه مواد غذایی در خاک‌های شنی، تشدید معدنی شدن و کاهش توازن میکروبی خاک در اثر آشفتگی و برهم خوردن بیشتر خاک زیر کشت کود سبز به وجود آمد. وجود زئوپونیکس در سیستم‌های مختلف تغذیه سبب افزایش معنی‌دار خصوصیات بیوشیمیایی خاک شامل کربن آلی، نیتروژن کل، کربن بیوماس میکروبی، تنفس میکروبی و نسبت کربن به نیتروژن نسبت به تیمار ۱۰۰٪ شیمیایی گردید. در یک جمع بندی کلی با ورود کود مرغی همراه با زئولیت در سیستم کشت و اجرای مدیریت تغذیه تلفیقی گیاه با به کارگیری کودسبز، زئوپونیکس و شیمیایی به عنوان یک رهیافت بوم شناختی می‌توان به نظام‌های کشاورزی پایدار با هدف کاهش مصرف کودهای شیمیایی و افزایش بهره‌وری نهاده‌ها و پایداری تولید محصولات زراعی دست یافت.

سپاسگزاری

از دانشگاه تربیت مدرس بابت همکاری در این پژوهش قدردانی می‌گردد.

منابع

Adim, Gh, Malekzadeh, E, Dordipour. E, Kiani, F, Mokhtarpour, H., & Moazzemi, S. (2022). Evaluation of the integrated effect of chemical and bio-organic fertilizers on yield and yield components of rapeseed. *Agricultural Engineering*, *45*(2), 119-135. (In Persian).

Alipour Yosefvand, N. BidabadiI. A.A. Lakzian,A., & Maleki, A. (2023). Effect of Mycorrhiza Fungi and Seaweed Biofertilizer on Soil Physicochemical Properties Under Deficit Irrigation Conditions in Fenugreek Cultivation. *Environment and Water Engineering*, *9*(1), 29-44. (In Persian).

Aggarwal, R. K; K.Praveen., & J.F.Power. (1997). Use of crop residue and manure to can serve water and enhance nutrient availability and pearl millet yields in an arid tropical region. *Soil Tillage Research*, *41*, 43-57.

Alef, K., & Nannipieri, J. C. (1995). Methods in applied soil microbiology and biochemistry. Academic press. Ltd. Pp: 50-313.

Anderson, T. H., C., & Domsch, K. H. (1990). Application of eco-physiological quotients on microbial biomasses from soils of different cropping histories. *Soil Biology and Biochemistry*, *22*, 251–255.

Bayer, C., Mielniczuk, J., Martin-Neto, L., V& Ernani, P.R. (2002). Stocks and humification degree of organic matter fractions as affected by no-tillage on a subtropical soil. *Plant Soil* 238, 133–140.

Gholamhosseini, M., Ghalavand, A., Dolatabadian, A., Jamshidi, E., & Khodaei Joghan, A. (2009). Integrated fertilizer management to attain sunflower sustainable production under different irrigation regimes. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 1–15, iFirst article.

Ghosh, P.K., Mandal, K.G., Wangari, R.H., & Hati, K.M. (2003). Optimization of fertilizer schedules in fallow and groundnut-based cropping systems and an assessment of system sustainability. *Field Crop Research, 80*, 83-98.

Goyal S., Chander K., Mundra M. C., & Kapoor K. K. (1999). Influence of inorganic fertilizers and organic amendments on soil organic matter and soil microbial properties under tropical conditions. *Biology and Fertility of SoiEs*, *29*, 196-200.

Gryndler, M., Sudova, R., & Rydlova, J. (2008). Cultivation of high-biomass crops on mine spoil banks: Can microbial inoculation compensate for high doses of organic matter? *Bioresource Technology*, *99*, 6391–6399.

Huang, Z., & petrovic, A. M. (1994). Clinoptilolite zeolite influence on nitrute leaching and nitrogen use efficiency in simulated sandbased golf greens. *Journal of Environmental Quality*, *23*, 1190-1194.

International Soil Reference and Information Center (ISRIC). (1986). Prcedure for Soil Analysis. Wageningen Agriculture University.

Jenkinson, D.S., & Ladd, J. N. (1981). Microbial biomass in soil: measurement and turnover in*: Soil Biochemistry*. Eds. E.A. Paul and J.N.Ladd. Vol 5, pp. 415-471. Marcel Dekker, New york.

Kanchikerimath, M., & Singh, D. (2001). Soil organic matter and biological properties after 26 years of maize-wheat-cowpea cropping as affected by manure and ertilization in a combisol India. *Agriculture Ecosystem & Environment*, *86*, 155-162.

Kanchikerimath, M., & Singh, D. (2001). Soil organic matter and biological properties after 26 years of maize-wheat-cowpea cropping as affected by manure and fertilization in a combisol India. *Agriculture Ecosystem and Environment*, *86*, 155-162.

Kandeler E., & Eder, G. (1990). Soil microbiological processes and aggregate stability of a 25-year permanent fallow plot under different mineral and organic fertilizer regimes. Mitt. Dtsch. *Bodenk. Gesell.*: 63–66.

Kubát J., Nováková J., Mikanová O., & Apfelthaler, R. (1999). Organic carbon cycle, incidence of microorganisms and respiration activity in long-term field experiment. Rostl. Výr., *9*, 389–395.

Lalfakzuala, R., Kayang, H., & Dkhar, M. S. (2008). The effects of fertilizers on soil microbial components and chemical properties under leguminose cultivation. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*, *3* (3), 314-324.

Li, X., K. Inubushi., & Sacamoto. K. (2002). Nitrouse oxide concentration in an andisol profile and emission to the atmosphere as influenced by the application of nitrogen fertilizers and manure. *Biology and fertility of soils*, *35*, 108-113.

Mercik S., Körschens M., Bielavski W., Russel S., & Rumpel J. (1995). Ammonification, nitrification activity and soil respiration intensity as affected by long-term fertilization and soil type type. *Annals of Warsaw Agricultural University - Forestry and Wood Technology*, *29*, 27–35.

Moshiri,F. Balali, M. R, Rejali , F., & Sedaghat, A. (2022). A Framework for Integrated Soil Fertility and Plant Nutrition Management in Iran. *Journal of land Management*, *10*(1), 19-35. (In Persian).

Niemi, R.M., Vepsalainen, M., Wallenius, K., Erkomma, K., Kukkonen, S., Palojarvi, A., & Vestbery, M. (2008). Convential versus organic cropping and peat amendment: impact on soil microbiota and their activities. *European Journal of Soil Biology*, *44*, 419 – 428

Novák B., & Apfelthaler, R. (1964). A contribution to the methods for the determination of the respiration activity as an indicator of microbiological processes in soil. Rostl. Výr., 10, 145–150

Novák B., Kozová J., Löbl F., & Apfelthaler R. (1963). Effect of organic substances in various degree of humification on microbiological and biochemical processes in soil. *Rostl. Výr*., 36, 770–779

Pacala, S., & Socolow, R. (2004). Stabilization wedges: solving the climate problem for the next 50 years with current technologies, *Science 305*, 968–972.

Peacock, A. D., Mullen, M. D., Ringellberg, D. B., Tyler, D. D., Hedruicl, D. B., Gale, P. M., & Whithe, D. C. (2001). Soil microbial community responses to dairy manure or ammonium nitrate application. *Soil Biochemistry*, *33*, 1011-1019.

Polite, E., M. Karuca, H. Demire., & N. Onus. (2004). Use of natural zeolite (clinoptilolite) in agriculture. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, *12*, 183-189.

Powelson, D. S., Brookers, P. C., & Christensen, B. T. (1987). Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total organic matter due to straw incorporation. *Soil Biology and Biochemistry*, *19*, 159-164.

Prakash, V., Bhattacharyya, R., & Selvakumar, G. (2007). Long-term effects fertilization on some properties under rainfed soybean-wheat cropping hn the Indian Himalayas. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, *170*, 224-233.

Rhoton, F.E. (2000). Influence of time on soil response to no-till practices. *Soil Science Society of American Journal*, *64*, 700–709.

Samman, S., Chow, J. W. Y., Foster, M. J., Ahmad, Z. I., Phuyal, J. L., & Petocz, P. (2008). Fatty acid composition of edible oils derived from certified organic and conventional agricultural methods. *Food Chemistry*, *109*, 670–674.

Šantrucková H. 1993. Respiration activity of soil as a criterion of its biological activity. Rostl. Výr., 39, 769–778.

Silva, A. P., Babujia, L. C., Franchinia, J. C., Souza, R. A., & Hungria, M. (2010). Microbial biomass under various soil- and crop-management systems in shortand long-term experiments in Brazil. *Field Crops Research*, *119*: 20-26.

Simek M, Hopkins D W, Kaliik J, Picek T, Santruckova H, Stana J., & Trivnik K. (1999). Biological and chemical properties of arable soils affected by long-term organic and inorganic fertilizer applications. *Biology and Fertiliiy of Soils*, *29*, 300-308.

Smith, J. L., & Paul, E. A. (1990). The significance of soil microbial biomass estimation. *Soil Biochemistry*, *6*, 357-396.

Söderström, B., Baath, E., & Lundgren, B. (1983). Decrease in soil microbial activity and biomasses owing to nitrogen amendments. Revue Canadienne de Microbiologie. (Canadian Journal of Microbiology) 29, 1500e1506.

Vance, C.P. (2001). Symbiotic nitrogen fixtion and phosphorus acquisition. Plant nutrition in a world of declining *renewable sources.Plant Physiology*, *127*, 390-397.

Vance, ED; PC Brookes & DS Jenkinson. (1987). An extraction method for measuring soil microbial biomass. *Soil Biology and Biochemistry*, *19*, 703-707.

Westerman, P.W., & Bicudo, J.R., (2005). Management considerations for organic waste use in agriculture. *Bioresource Technology*, *96* (2), 215–221.

Plant Production and Genetics **تولید و ژنتیک گیاهی**

Vol. 4, No. 1, Spring & Summer 2023, p. 105-120 **جلد ۴، شماره ۱، بهار و تابستان، ۱۴۰۲، صفحه ۱۲۰-۱۰۵**

Research Article **DOI:** 10.22034/PLANT.2023.62759

Effect of crop management using rotation and integrated fertilization system on seed yield and soil biological characteristics in sunflower cultivation

Faezeh Daryaei[*1]

1-Assistant Professor, Department of Agriculture, Faculty of Technical Engineering, Payam Noor University, Theran, Iran

Received: 08-01-2023

Accepted: 15-03-2023

Abstract

The experiment was carried out in the research farm of the Faculty of Agriculture of Tarbiat Modares University in 2010 and 2009 for two years. The plants was sown in the crop rotation included vetchlings (*Lathyrus sativus* L.) as green manure and sunflower as the main crop and canola as fodder in the fall season. The experimental design was in the form of a split plot design based on randomized complete blocks with three replications, in which the main factor was the rotation system on 2 levels with and without green manure, including 1- green manure-sunflower-green manure- sunflower (GM) and 2- fallow-sunflower-fallow-sunflower (Fa) and the sub-plots were 5 types of nutritional systems including 1- zooponics organic fertilizer (Z100), 2-integrated fertilizer (75% organic zooponics + 25% chemical fertilizer (urea based on soil test) (Z75F25), 3- integrated fertilizer (50% organic zooponics + 50% chemical fertilizer) (Z50F50), 4- integrated fertilizer (25% organic zooponics + 75% chemical fertilizer) (Z25F75) and 5- fertilizer Chemical urea (F100). The results showed that the highest seed yield was obtained in the 100% chemical and 100% zooponics, and then in the 50% chemical + 50% zooponics fertilizing systems. Integrated feeding systems in both rotations efficiently increased the amount of soil organic matter.The fallow treatments had a higher amount of soil microbial biomass carbon and microbial respiration than the green manure treatments. The combined analysis of the data of two years of the experiment for the ratio of C/N showed that rotation had a significant effect and the mean comparison of the treatments showed that this ratio was higher in the fallow. Among the different fertilizing systems, 100% zeoponics treatment showed the highest ratio of C/N, and the lowest amount was found in 25% zeoponics + 75% chemical fertilizer. In general, by implementing integrated plant nutrition management through the use of green manure, zooponics and chemical fertilizers as an ecological approach, it is possible to achieve sustainable agricultural systems with the aim of reducing the consumption of chemical fertilizers and increasing the productivity of the soil.

Keywords: Rotation, green manure, zeoponix, integrated fertilizing system, soil biological properties

Citation: Daryaei, F. (2023). Effect of crop management using rotation and integrated fertilization system on seed yield and soil biological characteristics in sunflower cultivation. *Plant Production and Genetics*, 4(1), 105-120. https://doi.org/10.22034/PLANT.2023.62759.

Copyrights:
Copyrights rights for this article is retained by the author (s), with publication rights granted to Plant Production and Genetics. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

*Corresponding Author Email: daryaeif@phu.ac.ir