Journal of Soil Management and Sustainable Production

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Print ISSN: 2322-1267
Online ISSN: 2322-1275

Comparison of the effect of organic amendment on soil properties in agricultural land

Mahsa Miri[1], Ali Beheshti Ale Agha[*2], Soheila Aghabeigi Amin[3]

1. M.Sc. Graduate in Soil Fertility and Biotechnology, Dept. of Soil Science and Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: m.miri@yahoo.com
2. Corresponding Author, Associate Prof., Dept. of Soil Science and Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: beheshtiali97@gmail.com
3. Assistant Prof., Dept. of Natural Resources Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: saghabeigi@yahoo.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 05.23.2022
Revised: 04.20.2023
Accepted: 04.24.2023

Keywords:
Bulk Density,
Microbial Biomass Carbon,
Mineralization,
Sheep Manure,
Waste Compost

ABSTRACT

Background and Objectives: Soil erosion threatens sustainable agriculture by reducing soil organic carbon, degradation, and declining soil fertility. Organic amendments, with their effect on the soil's physical, chemical, and biological properties, are an excellent way to protect the soil, improve soil properties, and reduce the use of chemical fertilizers. This study aimed to investigate the effect of organic amendments on soil's physical, chemical, and biological properties on agricultural land.

Materials and Methods: In the Merek River basin, nine plots (three replicates for each of three plots) with dimensions of 1 ×2 m^2 were created for arable farming. Organic modifiers (control (without a modifier), sheep manure, and municipal waste compost) were added to the plots at 1.5 kg for each plot. The plots were in wheat-fallow-barley crop rotation. The modifiers were added on the first of June, and soil sampling was done from the plots three months after adding the modifiers. During these three months, the plots containing the modifier were moistened (60% of Field Capacity) every 15 days for the better effect of the added modifier. The experiment design was a Randomized Complete Block Design (RCBD). Physical, chemical, and biological characteristics of soil, including bulk density, electrical conductivity, pH, soil organic carbon, available phosphorus and potassium, microbial biomass carbon, basal respiration and substrate-induced respiration (SIR), microbial metabolic quotient (qCO_2) and enzyme activity such as urease, invertase, and alkaline phosphatase were measured after experimental treatments.

Results: The results showed that the application of amendments reduced the bulk density and increased soil organic carbon, soil pH, EC, phosphorus, and potassium. The addition of amendments increased carbon microbial biomass (2.8-fold in sheep manure and 2.7-fold in waste compost) and basal respiration (73.7% in sheep manure and 56.7% in waste compost) and decreased metabolic quotient (40% in sheep manure and 42.2% in waste compost). Adding sheep manure and municipal waste compost amendments increased the activity of invertase and alkaline phosphatase enzymes compared to the control.

Conclusion: The use of organic amendments in agricultural soils can increase the productivity of these lands and the yield of agricultural products due to the improvement of soil characteristics and the increase of

organic matter and microbial biomass. The comparison of the two organic amendments indicates the more significant effect of sheep manure than urban waste compost in improving soil characteristics. Other tests should be conducted on the impact of long-term use of this modifier in the soil and the effect of urban waste compost on the concentration of heavy metals or other pollutants so that one can be accurately suggested for wide use in agricultural soils.

Cite this article: Miri, Mahsa, Beheshti Ale Agha, Ali, Aghabeigi Amin, Soheila. 2023. Comparison of the effect of organic amendment on soil properties in agricultural land. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 13 (3), 63-80.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/EJSMS.2023.20245.2062
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار

شاپا چاپی: ۱۲۶۷-۲۳۲۲

شاپا آنلاین: ۱۲۷۵-۲۳۲۲

مقایسه تأثیر اصلاح‌کننده‌های آلی بر ویژگی‌های خاک در کاربری کشاورزی

مهسا میری[۱]، علی بهشتی آل آقا[*۲]، سهیلا آقا بیگی امین[۳]

۱. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد مدیریت حاصلخیزی و زیست‌فناوری خاک، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: m.miri@yahoo.com

۲. نویسنده مسئول، دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: beheshtiali97@gmail.com

۳. استادیار گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: saghabeigi@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۰۲
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۱/۳۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۰۴

واژه‌های کلیدی:
جرم مخصوص ظاهری،
کربن زیست‌توده میکروبی،
کمپوست زباله،
کود گوسفندی،
معدنی شدن

چکیده

سابقه و هدف: فرسایش خاک از طریق کاهش کربن آلی، تخریب ساختمان و کاهش باروری خاک، کشاورزی پایدار را تهدید می‌کند. اصلاح‌کننده‌های آلی با تأثیری که بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک دارند، به‌عنوان یک راهکار مناسب در حفاظت خاک و کاهش مصرف کودهای شیمیایی هستند. این پژوهش با هدف بررسی تأثیر اصلاح‌کننده‌های آلی بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک در کاربری کشاورزی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: در حوزه رودخانه مرک تعداد ۹ کرت (۳ تکرار برای هر ۳ قطعه) با ابعاد ۱ در ۲ مترمربع در کاربری کشاورزی ایجاد شد. اصلاح‌کننده‌های آلی (شاهد (بدون اصلاح‌کننده)، کود گوسفندی و کمپوست زباله شهری) هر کدام به مقدار ۱/۵ کیلوگرم به کرت‌ها اضافه گردید. کرت‌ها در تناوب زراعی گندم- آیش- جو قرار داشتند. اصلاح‌کننده‌ها در اول خردادماه اضافه شدند و نمونه‌برداری خاک ۳ ماه بعد از اضافه شدن اصلاح‌کننده‌ها، از کرت‌ها صورت گرفت. در طول این ۳ ماه، هر ۱۵ روز یک‌بار کرت‌های حاوی اصلاح‌کننده، جهت تأثیر بهتر اصلاح‌کننده افزوده شده، به میزان یکسان مرطوب (۶۰ درصد ظرفیت مزرعه) گردیدند. طرح آزمایشی از نوع بلوک کاملاً تصادفی بود. ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک از جمله جرم مخصوص ظاهری، قابلیت هدایت الکتریکی، pH، کربن آلی خاک، فسفر و پتاسیم قابل دسترس، کربن زیست‌توده میکروبی، تنفس پایه و تنفس برانگیخته، سهم متابولیکی (qCO_2) و فعالیت آنزیم‌های اوره آز، اینورتاز و فسفاتاز قلیایی، پس از اعمال تیمارهای آزمایشی اندازه‌گیری شدند.

یافته‌ها: نتایج بررسی نشان داد که کاربرد اصلاح‌کننده‌ها سبب کاهش جرم مخصوص ظاهری و افزایش کربن آلی، pH، قابلیت هدایت الکتریکی، مقدار فسفر و پتاسیم قابل دسترس خاک

شدند. افزودن اصلاح‌کننده‌ها سبب افزایش کربن زیست‌توده میکروبی (۲/۸ برابری در کود گوسفندی و ۲/۷ برابری در کمپوست زباله) و تنفس پایه (۷۳/۷ درصد در کود گوسفندی و ۵٦/۷ درصد در کمپوست زباله) و کاهش سهم متابولیکی (٤٠ درصد در کود گوسفندی و ٤۲/۲ درصد در کمپوست زباله) نسبت به شاهد شدند. افزودن اصلاح‌کننده‌های کود گوسفندی و کمپوست زباله شهری سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های اینورتاز و فسفاتاز قلیایی نسبت به شاهد شدند ولی تأثیری بر فعالیت آنزیم اوره آز نداشتند.

نتیجه‌گیری: کاربرد اصلاح‌کننده‌های آلی در خاک‌های کشاورزی به‌دلیل بهبود ویژگی‌های خاک و افزایش ماده آلی و زیست‌توده میکروبی می‌تواند موجب افزایش بهره‌وری این اراضی و افزایش عملکرد محصولات کشاورزی گردد. نتایج مقایسه دو اصلاح‌کننده آلی بیانگر تأثیر بیش‌تر کود گوسفندی نسبت به کمپوست زباله شهری در بهبود ویژگی خاک است. باید آزمایش‌های دیگری مبنی بر تأثیر استفاده طولانی‌مدت از این اصلاح‌کننده در خاک و هم‌چنین تأثیر کمپوست زباله شهری بر میزان غلظت فلزات سنگین و یا آلودگی‌های دیگر انجام شود تا بتوان به‌دقت یکی از اصلاح‌کننده‌ها را برای استفاده گسترده در خاک‌های کشاورزی پیشنهاد کرد.

استناد: میری، مهسا، بهشتی آل آقا، علی، آقا بیگی امین، سهیلا (۱۴۰۲). مقایسه تأثیر اصلاح‌کننده‌های آلی بر ویژگی‌های خاک در کاربری کشاورزی. *نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار*، ۱۳ (۳)، ۸۰-۶۳.
DOI: 10.22069/EJSMS.2023.20245.2062

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

خاک مراتع به دلیل دارا بودن مواد آلی فراوان و ساختمان مناسب، همواره مورد توجه کشاورزان بوده است. ولی تغییر در مدیریت کاربری آن و اعمال خاک‌ورزی، تأثیر زیادی بر مقدار مواد آلی و دیگر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک دارد (۱). پژوهش‌ها نشان می‌دهد تغییراتی که پس از جنگل‌تراشی و اجرای عملیات زراعی اتفاق می‌افتد می‌توانند سبب افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک، فرسایش خاک، ایجاد رواناب، کاهش میزان تخلخل، نفوذپذیری و ظرفیت نگه‌داری آب شود (۲، ۳ و ٤).

مواد اصلاح‌کننده یا مواد بهساز خاک موجب اصلاح ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک می‌شوند ولی کاربرد اصلاح‌کننده‌ها در انواع خاک‌ها رفتار مشابه و یکسانی نخواهند داشت؛ زیرا خاک‌های مختلف دارای ویژگی‌های بسیار گوناگون هستند (۵). استفاده از مواد اصلاحی که دارای عناصر غذایی مورد نیاز گیاه بوده و یا شرایط را برای جذب عناصر غذایی موجود در خاک فراهم می‌کند ضروری می‌باشد. ولی مطالعات نشان داده است مصرف بیش‌ازحد و نامتعادل مواد معدنی در بلندمدت باعث کاهش عملکرد گیاهان زراعی، فعالیت‌های زیستی، ویژگی‌های فیزیکی خاک شده و تجمع نیترات و فلزات سنگین در خاک افزایش می‌یابد که درنهایت پیامدهای زیستی محیطی فراوانی را در پی دارد (٦).

اصلاح‌کننده‌های آلی به دلیل دارا بودن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، افزایش فعالیت زیستی و بهبود شرایط فیزیکی خاک از دیرباز مورد استفاده قرار گرفته‌اند. هم‌چنین این اصلاح‌کننده‌ها از بروز عوارض منفی ناشی از مصرف زیاد کودهای شیمیایی جلوگیری نموده و از هزینه‌های تولید نه تنها در کوتاه‌مدت، بلکه در بلندمدت به‌دلیل بهبود ساختار فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک کاسته و موجب افزایش درآمد کشاورزان می‌شوند (۷). با استفاده زیاد از اصلاح‌کننده‌های معدنی، به دلیل کاهش نسبت کربن به نیتروژن (C/N) و سرعت معدنی شدن کربن آلی، فعالیت زیستی خاک مختل می‌گردد و پایداری خاکدانه‌ها در خاک کاهش می‌یابد و در درازمدت باعث ناپایداری، ازهم‌پاشیدگی ساختمان خاک و تخریب خاک می‌شود (۸). اصلاح‌کننده‌های آلی شامل کود حیوانی، کمپوست زباله شهری، ورمی‌کمپوست و کاه و کلش و اصلاح‌کننده‌های معدنی شامل کربنات کلسیم، گچ و پرلیت می‌باشند (۹ و ۱۰).

دسیلوا و همکاران (۱۹۹٤) با مطالعه تأثیر کود دامی، کاه برنج و کود سبز بر ویژگی‌های فیزیکی خاک، گزارش کردند که تیمارهای مواد آلی (به میزان ۵ و ۱۰ تن در هکتار)، میزان آب قابل استفاده در خاک را پس از یک ماه، به مقدار قابل‌توجهی افزایش داد (۳). دیک (۱۹۹٦) بیان کرد که فعالیت آنزیم‌های برون‌سلولی در خاک تنها به‌وسیله فعالیت‌های میکروبی تنظیم نمی‌شود. بلکه فاکتورهای محیطی و مدیریتی نیز بر آن اثر دارند و هم‌چنین اصلاح‌کننده‌های آلی باعث افزایش معنی‌دار طیف وسیعی از آنزیم‌های خاک می‌شوند و تغییر کاربری اراضی می‌تواند فعالیت آنزیم‌های خاک را تحت‌تأثیر قرار دهد (۱۲). کریستین و جانسون (۱۹۹۷) مشاهده کردند که ویژگی زیستی و شیمیایی خاک به اضافه کردن مواد آلی در خاک بسیار حساس بوده و به سرعت بهبود می‌یابند (۱۳).

با افزایش کمپوست پسماند شهری، ویژگی خاک بهبود یافته که دلیل آن، افزایش کربن آلی خاک است (۱٤). به عقیده لال و همکاران (۱۹۹۸) تبدیل اکوسیستم‌های طبیعی به کشاورزی و متعاقب آن افزایش شدت شخم باعث کاهش سطوح کربن آلی و افزایش معنی‌دار غلظت دی اکسید کربن در اتمسفر می‌گردد (۱۵). نتایج پژوهش‌های والاس و تری (۱۹۹۸) نشان داد که کشت زیاد و متراکم محصولات

کشاورزی می‌تواند باعث کاهش کیفیت فیزیکی خاک‌ها شود. این امر باعث کاهش کارایی و سود بخشی تولید محصول گشته و تأثیرات منفی بر محیط‌زیست دارد و موجب ایجاد فرسایش آبی و بادی، آبشویی، ورود آفت‌کش‌ها و عناصر غذایی به منابع آب سطحی و زیرزمینی می‌شود (۱۶).

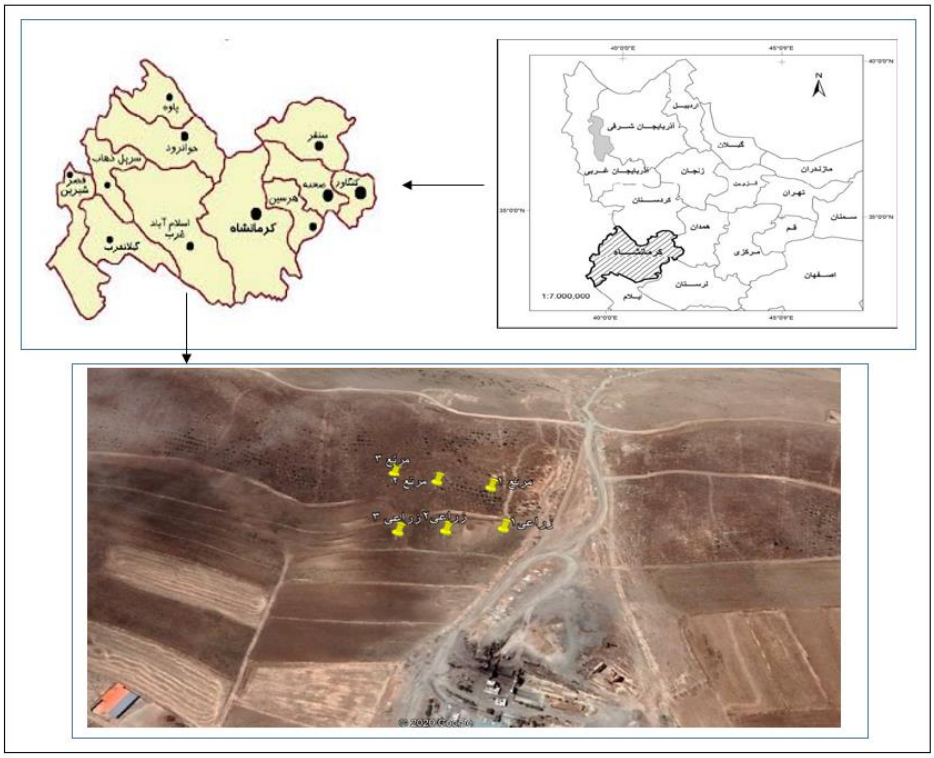
شخم و کشت و کار ممکن است از راه کاهش میزان مواد آلی و تخریب ساختمان خاک باعث افزایش فرسایش خاک و کاهش توانایی نگهداری آب در خاک و درنتیجه افزایش رواناب و بروز سیل گرد (۱۷). اسلام و ویل (۲۰۰۰) گزارش کردند که تغییر کاربری جنگل‌های طبیعی مناطق حاره به زمین‌های کشاورزی موجب کاهش چشمگیر در کربن زیست‌توده میکروبی و کاهش کیفیت خاک شد (۱۸). رز و همکاران (۲۰۰۳) طبق آزمایشی در خاک‌های مدیترانه‌ای، تأثیر دو نوع ماده آلی تازه و کمپوست شده را بر ویژگی میکروبی خاک بررسی نمودند (۱۹). نتایج حاصل از پژوهش‌های آن‌ها نشان داد که خاک غنی شده با ماده آلی کمپوست شده، نسبت به خاک شاهد و خاک غنی شده با ماده آلی تازه، در میزان تنفس پایه، زیست‌توده میکروبی و فعالیت آنزیمی افزایش معنی‌داری دارد. هم‌چنین سومار و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند که کربن آلی در خاک‌های تیمار شده با کمپوست پسماند شهری افزایش معنی‌داری را نسبت به شاهد و خاک‌های تیمار شده با کودهای شیمیایی دارد (۲۰).

میرسکی و همکاران (۲۰۰۸) اراضی قسمت مرکزی پنسیلوانیا را بررسی کردند (۲۱). نتایج آن‌ها نشان داد اراضی که دارای تناوب زراعی بودند و به‌طور مداوم کودهای آلی دریافت کرده بودند میزان کربن بیش‌تری نسبت به بقیه کاربری‌ها داشتند. تجادا و همکاران (۲۰۰۹) دریافتند که افزودن بقایای آلی به‌عنوان یک عامل سیمانی‌کننده عمل می‌کند و باعث هماوری ذرات و تشکیل خاکدانه‌های پایدار می‌شود و این بستگی به ترکیب شیمیایی مواد آلی افزوده شده به خاک دارد (۲۲).

بوآجیلا و سانا (۲۰۱۱) بیان نمودند که افزایش کربن آلی و نیتروژن کل در کمپوست زباله شهری و لجن فاضلاب به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از کود دامی بوده که مستقیماً متناسب با مقدار ماده آلی به کار گرفته شده می‌باشد (۲۳). محمدی و همکاران (۲۰۰۵) در پژوهشی بر روی تغییرپذیری کیفیت خاک سطحی در اکوسیستم‌های مختلف مرتع و کشاورزی در منطقه زاگرس مرکزی نشان دادند که نوع کاربری و مدیریت اراضی به‌طور معنی‌داری بر تنفس میکروبی، مواد آلی و نیتروژن خاک تأثیر می‌گذارد. به‌نحوی‌که بیش‌ترین مواد آلی و نیتروژن کل در کاربری جنگل و کم‌ترین آن در کاربری کشاورزی به‌دست آمد و در مراتع این مقادیر حد واسط بود. هم‌چنین بیش‌ترین تنفس میکروبی در کاربری کشاورزی اندازه‌گیری گردید (۲۴). رسولی و مفتون (۲۰۱۰) گزارش کردند که تأثیر باقی‌مانده کود دامی در رشد و ترکیب شیمیایی گیاه و ویژگی فیزیکی و شیمیایی خاک بیش از کمپوست زباله شهری می‌باشد (۲۵). در این پژوهش تأثیر دو اصلاح‌کننده آلی (کود گوسفندی و کمپوست زباله) تحت شرایط کاملاً طبیعی در کاربری کشاورزی بررسی گردید و ویژگی‌های مختلف خاک اندازه‌گیری شدند. این پژوهش در یکی از زیربخش‌های حوزه رودخانه مرک انجام شد که از نظر کشاورزی بسیار پر رونق بوده و استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی و اصلاح‌کننده‌های آلی (کود گوسفندی و کمپوست زباله) موجب تخریب خاک در آینده نزدیک خواهد شد. هدف این پژوهش معرفی یک اصلاح‌کننده آلی کارآمد برای منطقه کرمانشاه است.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در یکی از زیر بخش‌های حوزه رودخانه مرک در ۵ کیلومتری استان کرمانشاه انجام شد. منطقه مورد مطالعه دارای کاربری کشاورزی می‌باشد. موقعیت و مختصات جغرافیایی منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است (شکل ۱ و جدول ۱).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و نقاط نمونه‌برداری در استان کرمانشاه.

Figure 1. Location of the study area and sampling points in Kermanshah province.

جدول ۱- مختصات جغرافیایی منطقه مورد مطالعه.

Table 1. Location of the study area.

نوع کاربری اراضی Type of land use	شماره قطعه زمین No. of land	ارتفاع از سطح دریا The height of sea level	طول جغرافیایی Longitude	عرض جغرافیایی Latitude
		(m)		(m)
کشاورزی Farmland	1	1580	681560	3795544
	2	1577	681611	3795535
	3	1576	681648	3795520

در منطقه مذکور تعداد ۹ کرت (۳ تکرار برای هر ۳ قطعه) با ابعاد ۱ در ۲ مترمربع در کاربری کشاورزی ایجاد شد. کرت‌های (تکرار) یک قطعه زمین با فاصله ۱ متری از یکدیگر قرار داشتند ولی فاصله بین هر قطعه زمین با قطعه زمین بعدی ۵۰ متر بود. اصلاح‌کننده‌های آلی (شاهد (بدون اصلاح‌کننده)، کود

گوسفندی و کمپوست زباله شهری) هر کدام به مقدار ۱/۵ کیلوگرم به ۱۰ سانتی‌متری خاک سطحی هر کرت اضافه گردید. کرت‌ها در تناوب زراعی گندم- آیش- جو قرار داشتند. اصلاح‌کننده‌ها در اول خردادماه اضافه شدند و نمونه‌برداری خاک ۳ ماه بعد از اضافه شدن اصلاح‌کننده‌ها، از کرت‌ها صورت گرفت. نمونه‌برداری به‌صورت تصادفی- مرکب و از ۱۰ سانتی‌متر خاک سطحی کرت‌ها انجام شد. در طول این ۳ ماه، هر ۱۵ روز یک‌بار کرت‌های حاوی اصلاح‌کننده، جهت تأثیر بهتر اصلاح‌کننده افزوده شده، به میزان یکسان مرطوب (۶۰ درصد ظرفیت مزرعه) گردیدند. برای تعیین ظرفیت مزرعه خاک هر منطقه، در ابتدای آزمایش ۳ نمونه دست‌نخورده با سیلندر تهیه شده و با استفاده از دستگاه صفحات فشاری ظرفیت مزرعه تعیین شد سپس با توجه به نوع بافت خاک هر ۱۵ روز یک‌بار کرت‌ها تا ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه مرطوب شدند. ویژگی‌های شیمیایی اصلاح‌کننده‌های مورد استفاده در کاربری کشاورزی در جدول ۲ و ویژگی فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از اعمال تیمارها در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۲- ویژگی‌های شیمیایی اصلاح‌کننده‌های مورد استفاده در کاربری کشاورزی.

Table 2. Chemical properties of modifiers used in farmland.

اصلاح‌کننده آلی Organic modifier	pH	قابلیت هدایت الکتریکی EC	کربن آلی OC	نیتروژن کل Total N	C/N	فسفر P	پتاسیم K	روی Zn	کادمیوم Cd	سرب Pb	نیکل Ni
	-	($dS.m^{-1}$)	(%)		-	(%)		($mg.kg^{-1}$)			
کمپوست زباله Waste compost	7.10	3.70	11	1.40	7.86	0.40	0.74	810	1.60	130	140
کود گوسفندی Sheep manure	8	25.30	77.30	3.62	21.35	0.68	2.97	148	-	-	-

جدول ۳- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در هر دو کاربری قبل از اعمال تیمارها.

Table 3. Physical and chemical properties of soil in both land uses before treatments.

نوع کاربری اراضی Type of land use	pH	قابلیت هدایت الکتریکی EC	کربن آلی OC	مواد خنثی‌شونده TNV	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay	بافت خاک Soil Texture
	-	($dS.m^{-1}$)	(%)					-
کشاورزی Farmland	7.98	0.46	1.26	22	37	33	30	Clay Loam

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک با روش‌های آزمایشگاهی مرسوم اندازه‌گیری شد. بافت خاک به روش هیدرومتر (۲۶)، هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع (ECe) با دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی در عصاره گل اشباع (۱۳)، pH گل اشباع با دستگاه pH متر (۱۳)، جرم مخصوص ظاهری به روش سیلندر (۲۶) و مقدار فسفر و پتاسیم قابل‌جذب به روش عصاره‌گیری (۲۶) در نمونه‌ها تعیین شدند. میزان کربن آلی خاک (OC[1]) در نمونه‌ها به روش واکلی و بلک (۱۹۳۴) تعیین شد (۱۶). تنفس پایه (BR[2])، (۲۷) تنفس برانگیخته (SIR[3]) (۲۷) و سهم متابولیکی (qCO_2[4]) با روش‌های تأیید شده و مرسوم به دست آمدند. در اندازه‌گیری تنفس برانگیخته همه مراحل

1- Organic Carbon
2- Basal Respiration
3- Substrate-Induced Respiration
4- Metabolic Quotient

مانند اندازه‌گیری تنفس یک روزه صورت گرفت با این تفاوت که به خاک مقدار ۲-۱ میلی‌لیتر سوبسترا گلوکز ۰/۰۱ درصد اضافه شد (۲۷). کربن زیست‌توده میکروبی با روش گازدهی و طی ۱۰ روز خوابانیدن (۲۷) تعیین گردید و ضریب بازیافت یا راندمان تجزیه کربن میکروبی معادل ۰/٤٥ در نظر گرفته شد. فعالیت آنزیم‌های اوره آز[1]، اینورتاز[2] و فسفاتاز قلیایی (ALP[3]) با روش‌های مرسوم اندازه‌گیری شدند (۲۷). هم‌چنین ویژگی‌های شیمیایی اصلاح‌کننده‌های آلی با روش‌های آزمایشگاهی مرسوم اندازه‌گیری شد (۵).

پس از تجزیه‌های آزمایشگاهی، داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار SPSS 27 پس از احراز و تأمین پیش‌شرط‌های تجزیه واریانس (توزیع نرمال داده‌ها با استفاده از آزمون اندرسون- دارلینگ[4] و همگن بودن واریانس تیمارها با استفاده از آزمون له ون[5] بررسی شد) مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند. میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد مقایسه شدند. طرح آزمایشی از نوع بلوک کاملاً تصادفی بود.

نتایج و بحث

تأثیر اصلاح‌کننده‌های آلی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک: تأثیر اصلاح‌کننده‌های آلی بر ویژگی هم‌چون جرم مخصوص ظاهری، کربن آلی، pH خاک، هدایت الکتریکی، فسفر و پتاسیم قابل‌دسترس خاک معنی‌دار بود (جدول ٤). نتایج نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار جرم مخصوص ظاهری به‌ترتیب برای شاهد و تیمار کمپوست زباله شهری به‌دست آمد. میزان جرم مخصوص ظاهری در هر دو تیمار کود گوسفندی و کمپوست زباله شهری نسبت به شاهد ۷/۱ و ۱۰/۰ درصد کاهش یافت (جدول ۵). در حقیقت افزودن اصلاح‌کننده‌های آلی به خاک، به‌دلیل افزایش پایداری ساختمان خاک سبب افزایش تخلخل در خاک می‌شوند که در نتیجه کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک را در پی دارد. به عبارتی تراکم‌پذیری خاک با افزودن اصلاح‌کننده‌ها به خاک کاهش می‌یابد. ساکین (۲۰۱۲) و ساکین و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که افزایش ماده آلی در خاک موجب کاهش جرم مخصوص ظاهری در خاک می‌شود (۲۸ و ۲۹). هم‌چنین چااودهاری و همکاران (۲۰۱۳) تأثیر ماده آلی بر جرم مخصوص ظاهری خاک و تأثیر جرم مخصوص ظاهری را در افزایش تخلخل خاک مثبت ارزیابی کردند (۳۰).

میزان کربن آلی در هر دو تیمار مواد اصلاح‌کننده کود گوسفندی و کمپوست زباله شهری نسبت به شاهد ۱۱/٤ و ۱۵ گرم بر کیلوگرم افزایش داشت. به‌عبارتی افزودن تیمارهای کود گوسفندی و کمپوست زباله شهری سبب افزایش معنی‌دار کربن آلی نسبت به شاهد شدند (جدول ۵). گراس و گلسر (۲۰۲۱) با بررسی ترکیبات آلی مختلف نتیجه گرفتند که استفاده از انواع ترکیبات آلی که منشأ حیوانی، انسانی و یا زباله‌های کمپوست شده دارند می‌توانند میزان ماده آلی و کربن آلی خاک را در نسبت‌های متفاوتی، بسته به مقدار اولیه ماده آلی در اصلاح‌کننده و ویژگی خاک و اقلیم افزایش دهند (۳۱).

1- Urease
2- Invertase
3- Alkaline phosphatase
4- Anderson-Darling Test
5- Levene's Test

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک.

Table 4. The analysis of variance of data of physical and chemical properties of soil.

Sources of Variance	df	میانگین مربعات (MS)					
		ρb	OC	pH	EC	Available P	Available K
تکرار Repetition	2	0.001	0.921	0.001	0.018	123.73	11116.0
اصلاح‌کننده آلی Organic modifier	2	5.194**	1411.22**	189.467**	10.54**	9195.60*	2361325.30**
خطای آزمایشی Error	4	0.0005	4.046	0.002	0.066	211.86	2807.83
درصد ضریب تغییرات Coefficient of Variations (%)	-	1.73	8.30	0.52	15.20	26.20	8.50

** و * به‌ترتیب در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار و ns اختلاف معنی‌دار نیست

** and * significant at 1% and 5% and ns, not significant respectively

جدول ٥- تأثیر نوع اصلاح‌کننده آلی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک.

Table 5. The effect of organic modifier type on physical and chemical properties of soil.

اصلاح‌کننده آلی Organic modifier	ρb	OC	pH	EC	Absorbable P	Absorbable K
	($gr.cm^{-3}$)	($g.kg^{-1}$)	-	($dS.m^{-1}$)	($mg.kg^{-1}$)	
شاهد Control	1.39 a	11.90 b	7.98 a	0.46 b	35.10 b	689.30 c
کمپوست زباله Waste compost	1.25 b	26.90 a	7.85 b	0.86 b	39.00 b	881.60 b
کود گوسفندی Sheep manure	1.29 b	23.30 ab	8.04 a	3.09 a	80.20 a	1053.00 a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آزمون چنددامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال درصد ندارند

In each column, means with similar letters don't have significantly different in probability level of 5%, from the view point of Duncan's multiple range tests

نتایج بررسی نشان داد که افزودن کود گوسفندی موجب افزایش pH و EC نسبت به تیمار شاهد شدند (جدول ۵). بر اساس اطلاعات جدول ویژگی‌های اصلاح‌کننده‌های آلی (جدول ۲) کود گوسفندی به‌دلیل داشتن pH و EC بیش‌تر، موجب افزایش بیش‌تر pH و EC در کرت‌های حاوی این کود شده است. درحالی‌که به دلیل پایین بودن pH و EC اولیه در کمپوست زباله شهری نسبت به شاهد و کود گوسفندی و احتمالاً عدم تجزیه کافی کمپوست زباله شهری در خاک در مدت‌زمان آزمایش، کرت‌های حاوی این کود نیز pH و EC کم‌تری را نسبت به سایر کرت‌ها نشان دادند. احمدآبادی و همکاران (۲۰۱۲) از تیمارهای کمپوست زباله شهری، ورمی‌کمپوست و کود دامی، در خاک استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که قابلیت هدایت الکتریکی در کرت تیمار شده با کود دامی بیش‌تر از بقیه تیمارها بود (۳۲).

نتایج نشان داد که افزودن کود گوسفندی سبب افزایش میزان فسفر و پتاسیم قابل‌دسترس خاک نسبت به تیمار شاهد شد. چنین به نظر می‌رسد به‌دلیل بالا بودن مقدار فسفر و پتاسیم در کود گوسفندی نسبت به کمپوست زباله شهری، کرت‌های حاوی کود گوسفندی نیز مقدار فسفر و پتاسیم بیش‌تری را نشان دادند (جدول ۵). مطیلجی و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند کاربرد کودهای آلی در افزایش فسفر قابل دسترس و کربن آلی خاک مؤثر بوده و برای بهبود شاخص‌های کیفی خاک توصیه می‌شود (۳۳). مخابلا و وارمن (۲۰۰۵) گزارش کردند که افزودن کودهای دامی سبب افزایش فسفر در خاک می‌شود (۳٤). آلدر و سیکورا (۲۰۰۳) در مطالعه اثر ماده آلی بر فسفر در چند خاک مختلف به این نتیجه رسیدند که کودهای آلی انحلال فسفر را به‌وسیله تولید اسیدهای آلی یا مواد هیومیکی که با فسفر برای مکان‌های جذب رقابت می‌کنند، افزایش می‌دهند و نهایتاً فسفر محلول خاک را افزایش می‌دهند (۳۵). بوستانی و نجفی قیری (۲۰۱۸) تأثیر کودهای آلی (گوسفندی و مرغی) را بر غلظت شکل‌های مختلف پتاسیم در خاک آهکی بررسی کردند، نتایج افزایش تمام شکل‌های پتاسیم (تبادلی، غیرتبادلی و محلول) با کاربرد کودهای آلی را نشان داد و افزایش مقدار پتاسیم با کاربرد کود گوسفندی بیش‌تر از کود مرغی بود (۹). نجفی قیری و همکاران (۲۰۱۷) نیز افزایش ۳ برابری پتاسیم در دو خاک آهکی و رسی را با کاربرد کود گوسفندی و مرغی گزارش کردند. افزایش میزان پتاسیم با کاربرد ترکیبات آلی توسط ویتبرد و همکاران (۲۰۰۰) نیز گزارش شده است (۳٦).

تأثیر اصلاح‌کننده‌های آلی بر ویژگی‌های زیستی خاک: بررسی نتایج نشان داد که تأثیر اصلاح‌کننده‌های آلی بر ویژگی هم‌چون کربن زیست‌توده میکروبی، تنفس پایه و سهم متابولیکی معنی‌دار بود ولی تأثیر اصلاح‌کننده‌های آلی بر تنفس برانگیخته معنی‌دار نشد (جدول ٦). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار کربن زیست‌توده میکروبی به ترتیب برای تیمار کود گوسفندی و شاهد به دست آمد. میزان کربن زیست‌توده میکروبی در هر دو تیمار مواد اصلاح‌کننده نسبت به شاهد افزایش یافت، به‌عبارتی افزودن کود گوسفندی و کمپوست زباله شهری سبب افزایش کربن زیست‌توده میکروبی نسبت به شاهد شد (جدول ۷). به‌طورکلی اضافه کردن کودهای آلی (کود گوسفندی و کمپوست زباله شهری) به‌عنوان منبع کربن موجب افزایش کربن قابل‌دسترس برای ریزجانداران و در نتیجه افزایش جمعیت میکروبی خاک می‌شود. عنایتی ضمیر و همکاران (۲۰۲۰) بیان کردند هر عاملی که باعث افزایش کربن آلی شود، تنفس و جمعیت میکروبی را افزایش می‌دهد (۳۷). در پژوهش‌های خمدی و همکاران (۲۰۱۵) افزودن کودهای آلی بر روی جمعیت میکروبی خاک معنی‌دار بود و موجب افزایش جمعیت میکروبی خاک شد (۳۸).

جدول ٦- نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های زیستی خاک.

Table 6. The analysis of variance of data of soil biological properties.

میانگین مربعات (MS)				df	Sources of Variance
Metabolic quotient	Substrate-induced respiration (SIR)	Basal respiration (BR)	Microbial biomass carbon		
0.178	116316.78	23187.444	2462.85	2	تکرار Repetition
34.734*	23195884.00ns	3223460.22*	409756.30*	2	اصلاح‌کننده آلی Organic modifier
0.67	21349.11	14703.11	2247.29	4	خطای آزمایشی Error
21.60	8.30	13.00	13.90	-	درصد ضریب تغییرات Coefficient of Variations (%)

** و * به‌ترتیب در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار و ns اختلاف معنی‌دار نیست

** and * significant at 1% and 5% and ns, not significant respectively

میزان تنفس پایه دو تیمار کود گوسفندی و کمپوست نسبت به شاهد ۷۳/۷ درصد و ٥٦/۷ درصد افزایش یافت (جدول ۷). افزایش جمعیت میکروبی خاک در نتیجه افزایش کود گوسفندی و کمپوست زباله شهری به خاک موجب افزایش شدت فعالیت میکروب‌ها برای استفاده از کربن سهل‌الوصول اضافه شده به خاک می‌شود و در نتیجه موجب بالا رفتن تنفس در این کرت‌ها نسبت به کرت شاهد می‌گردد (جدول ۷). کریستین و جانسون (۱۹۹۷) مشاهده کردند که ویژگی زیستی خاک ازجمله تنفس به اضافه کردن مواد آلی در خاک بسیار حساس بوده و به سرعت بهبود می‌یابد (۳). زیاوگانگ و همکاران (۲۰۰٦) و استاهاور و مک‌نیل (۲۰۰۳) به این نتیجه رسیدند که فعالیت‌های میکروبی در خاک با اضافه کردن کود دامی به‌عنوان مواد اصلاح‌کننده به دلیل تحریک جمعیت میکروبی و تأمین انرژی برای جمعیت میکروبی، افزایش می‌یابد (۳۹ و ٤۰).

میزان سهم متابولیکی در هر دو تیمار کود گوسفندی و کمپوست نسبت به شاهد ٤۰ درصد و ٤۲/۲ درصد کاهش یافت (جدول ۷). سهم متابولیکی نشان‌دهنده این است که به‌ازای هر واحد زیست‌توده میکروبی چه مقدار کربن به شکل دی‌اکسیدکربن در تنفس تولید می‌شود. این نسبت در قارچ‌ها و اکتینومیست‌ها نسبت به باکتری‌ها به‌ویژه باکتری‌های فرصت‌طلب در خاک، به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای کم‌تر است. ازاین‌رو این امکان وجود دارد که با اضافه کردن توده‌های کودی، گونه‌های مختلفی از قارچ‌ها و اکتینومیست‌ها نیز همراه مواد اصلاح‌کننده به خاک اضافه شده و در خاک به فعالیت خود ادامه داده باشند (٤۱ و ٤۲). به همین دلیل و بر اساس نتایج به‌دست آمده میانگین سهم متابولیکی در خاک تیمار شده با اصلاح‌کننده‌های آلی نسبت به شاهد کاهش یافت (جدول ۷).

جدول ۷- تأثیر نوع اصلاح‌کننده آلی بر ویژگی‌های زیستی خاک.

Table 7. The effect of organic modifier type on soil biological properties.

Metabolic quotient ($\mu g\ C\text{-}CO_2.g^{-1}MBC.day^{-1}$)	Basal respiration (BR) ($\mu g\ C.kg^{-1}\ soil.\ day^{-1}$)	Microbial biomass carbon ($mg\ C.kg^{-1}\ soil$)	اصلاح‌کننده آلی Organic modifier
4.50 [a]	705.70 [b]	158.70 [b]	شاهد Control
2.60 [b]	1106 [a]	430 [a]	کمپوست زباله Waste compost
2.70 [b]	1225.70 [a]	446.80 [a]	کود گوسفندی Sheep manure

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آزمون چنددامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال درصد ندارند

In each column, means with similar letters don't have significantly different in probability level of 5%, from the view point of Duncan's multiple range tests

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر تیمارهای کود گوسفندی و کمپوست زباله شهری بر فعالیت آنزیم اینورتاز در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۸). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین فعالیت آنزیم اینورتاز به‌ترتیب برای تیمار کود گوسفندی و شاهد به دست آمد. میزان فعالیت آنزیم اینورتاز در هر دو تیمار کود گوسفندی و کمپوست به‌ترتیب نسبت به شاهد ۶۳/۹ درصد و ۵۳/۷ درصد افزایش داشت. (جدول ۹). احتمالاً افزودن اصلاح‌کننده عالی تنوع و ترکیب جامع مبکروبی خاک را تغییر داده و باعث بهبود آن شده است که در نتیجه آن فعالیت آنزیمی افزایش یافت (۴۳).

جدول ۸- نتایج تجزیه واریانس فعالیت‌های آنزیمی خاک.

Table 8. The analysis of variance of data of soil enzyme activities.

میانگین مربعات (MS)			df	Sources of Variance
Alkaline phosphatase (ALP)	Urease	Invertase		
4637.44	1053.78	723.00	2	تکرار Repetition
195591.44 [*]	1925.44 [ns]	15225.30 [*]	2	اصلاح‌کننده آلی Organic modifier
17187.97	853.27	1820.33	4	خطای آزمایشی Error
16.70	18.10	13.10	-	درصد ضریب تغییرات Coefficient of Variations (%)

** و * به‌ترتیب در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار و ns اختلاف معنی‌دار نیست

** and * significant at 1% and 5% and ns, not significant respectively

روش تغذیه ریزجانداران موجود در خاک اسموتروفی است که با ترشح آنزیم از منابع غذایی، تغذیه می‌کنند. با افزودن کودهای آلی به خاک به دلیل افزایش جمعیت میکروبی خاک، ترشح آنزیم بیش‌تری صورت می‌گیرد. به همین دلیل میزان فعالیت آنزیم اینورتاز در کرت‌های حاوی کود نسبت به کرت شاهد افزایش یافته است. چنین به نظر می‌رسد که افزودن اصلاح‌کننده‌های آلی از یک‌سو سبب افزایش منابع کربن خاک شده و از سوی دیگر با تحریک جامعه میکروبی سبب افزایش جمعیت و فعالیت میکروبی (از جمله فعالیت آنزیمی) در خاک می‌گردد. به این دلیل که جمعیت افزایش یافته میکروبی جهت تأمین ترکیبات غذایی مورد نیاز خود ناگزیر به ترشح آنزیم بیش‌تر می‌باشند. حجتی‌زاده و همکاران (۲۰۰۶) افزایش فعالیت آنزیم‌ها را در خاک‌های تیمار شده با کود دامی را گزارش کردند (۳). هم‌چنین مندال و همکاران (۲۰۰۷) بیش‌ترین فعالیت‌های آنزیمی را در کرت‌های تیمار شده با کودهای آلی به‌دلیل افزایش فعالیت‌های میکروبی گزارش کردند (٤٤).

جدول ۹- تأثیر نوع اصلاح‌کننده آلی بر فعالیت‌های آنزیمی خاک.

Table 9. The effect of organic modifier type on soil enzyme activities.

Alkaline phosphatase (ALP)	Invertase	اصلاح‌کننده آلی
(µg PNP. g^{-1}. h^{-1})	(µg Glucose. g^{-1}.$24h^{-1}$)	Organic modifier
528.60 [b]	207.6 [b]	شاهد Control
539 [b]	319 [ab]	کمپوست زباله Waste compost
976 [a]	340.3 [a]	کود گوسفندی Sheep manure

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آزمون چنددامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال درصد ندارند

In each column, means with similar letters don't have significantly different in probability level of 5%, from the view point of Duncan's multiple range tests

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر تیمارها بر فعالیت آنزیم اوره آز معنی‌دار نبوده ولی بر فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۸). بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار آنزیم فسفاتاز قلیایی به‌ترتیب برای تیمار کود گوسفندی و شاهد به‌دست آمد. میزان آنزیم فسفاتاز قلیایی دو تیمار کود گوسفندی و کمپوست زباله نسبت به شاهد ۸٤/٦ و ۲/۰ درصد افزایش داشت (جدول ۹). بر اساس نتایج، کاربرد کود گوسفندی سبب افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی شده است و کمپوست زباله اختلاف معنی‌داری در فعالیت این آنزیم نسبت به کرت شاهد ایجاد نکرد (جدول ۹). احتمالاً مقادیر زیاد فسفر آلی موجود در کود گوسفندی (جدول ۲) سوبسترای بیش‌تری را برای فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی ایجاد کرده است. به‌همین دلیل با افزایش منابع فسفر آلی در کرت‌های تیمار شده، فعالیت میکروبی نیز برای تولید و ترشح آنزیم فسفاتاز قلیایی نسبت به کرت شاهد افزایش یافته است. ابوالفضلی و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی تأثیر کودهای دامی و کمپوست زباله شهری به این نتیجه رسیدند که کاربرد کودهای آلی فعالیت آنزیم اوره آز و فسفاتاز قلیایی را افزایش داد (٤٥). سها و

همکاران (۲۰۰۸) نیز به این نتیجه رسیدند که با اضافه کردن کودهای آلی، فضولات دامی، کمپوست و ورمی‌کمپوست فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی و اسیدی افزایش یافت و افزایش فعالیت آنزیمی در کاربرد کود ورمی‌کمپوست بیش‌تر بود (٤٦). نتایج پژوهش شهابی‌فر (۲۰۲۰) در تأثیر کود گوسفندی و کمپوست زباله شهری بر فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز قلیایی و اسیدی بیان کردند که با کاربرد کمپوست زباله شهری حداکثر فعالیت آنزیمی فسفاتاز قلیایی و اسیدی حاصل می‌شود، احتمالاً نسبت کربن و نیتروژن بالای موجود در کمپوست زباله شهری دلیل این امر می‌باشد که با نتایج پژوهش ما مغایرت دارد (۳۹ و ٤٧).

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی افزودن اصلاح‌کننده‌های کود گوسفندی و کمپوست زباله شهری به خاک موجب بهبود ویژگی‌های خاک شد، به‌طوری‌که اصلاح‌کننده‌های آلی سبب کاهش جرم مخصوص ظاهری و موجب افزایش کربن آلی، فسفر و پتاسیم خاک شدند. کاربرد اصلاح‌کننده‌های آلی در خاک ویژگی‌های زیستی خاک مانند کربن زیست‌توده میکروبی و فعالیت‌های آنزیمی را افزایش داد. کاربرد اصلاح‌کننده‌های آلی در خاک‌های کشاورزی به‌دلیل بهبود ویژگی‌های خاک و افزایش ماده آلی و زیست‌توده میکروبی می‌تواند موجب افزایش بهره‌وری این اراضی و افزایش عملکرد محصولات کشاورزی گردد. نتایج مقایسه دو اصلاح‌کننده آلی بیانگر تأثیر بیش‌تر کود گوسفندی نسبت به کمپوست زباله شهری در بهبود ویژگی خاک است. باید آزمایش‌های دیگری مبنی بر تأثیر استفاده طولانی‌مدت از این اصلاح‌کننده در خاک و هم‌چنین تأثیر کمپوست زباله شهری بر میزان غلظت فلزات سنگین و یا آلودگی‌های دیگر انجام شود تا بتوان به‌دقت یکی از اصلاح‌کننده‌ها را برای استفاده گسترده در خاک‌های کشاورزی پیشنهاد کرد.

منابع

1. Hajabbasi, M. A., Jalalian, A., Khajedin, J., & Karimzadeh, H. R. (2002). Depasturation effects on physical characteristics, fertility, and tilth index of soil: A case study of Boroojen. *Journal of Water and Soil Science*, 6 (1), 149-161. **dor: 20.1001.1.24763594.1381.6.1.5.2**. [In Persian]
2. Ajami, M., Khormali, F., & Ayoubi, Sh. (2012). Role of deforestation and land-use change on erodibility of loess soils in eastern Golestan province. *Watershed Management Research Journal*, 1 (94), 36-44. [In Persian]
3. Desilva, A., & Kar, B. D. (1994). Effect of organic matter on available water in noncalcarous brown soils. Sirlankan. *Journal of Agricultural Science*, 31, 82-92. **doi: 10.22067/gsc.v12i4.24950**.
4. Durai, M. V. (2013). A Handbook of Soil-Plant-Water-Fertilizer and Manure Analysis. India: New India Publishing Agency. p. 246.
5. Roosta, M., Enayati, K., Soleimanpour, S., & Kamali, K. (2021). Assessment of Environmental Performance of Flood Spreading with Respect to Carbon Sequestration in Soil and Plant. *Water and Soil*, 34(6), 1323-1336. **doi: 10.22067/jsw.2020.15049.0**. [In Persian]
6. Ebrahimi, E., Rahimi, G., Moradi, S., & Yari, M. (2018). Effect of municipal waste solid compost, cow and Poultry manure on available heavy metal in three different soil texture. *Applied Soil Research*, 6 (3), 130-145. [In Persian]
7. Mirzashahi, K., & Rouhipour, H. (2019). Effect of sources and rates of organic matter on the soil aggregate stability and bulk density in northern Khuzestan. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 12 (4), 395-407. **doi: https:// doi.org/ 10.22092/ ijrdr.2019.119559.** [In Persian]
8. Boostani, H., & Najafighiri, M. (2018). Effect of organic manures, their biochar

and mycorrhizae fungi application on the chemical forms of potassium in calcareous soil. *Journal of Water and Soil Conservation*, 24 (6), 159-176. **doi: 10.22069/jwsc.2017.13894.2863.** [In Persian]

9. Jack, A., & Thies, J. E. (2006). Compost and vermicompost as amendments promoting soil health. Biological Approaches to Sustainable Soil Systems. CRC Press. **doi: 10.1201/9781420017113.ch31.**
10. Wong, J. W. C., & Ho, G. E. (1991). Effects of gypsum and sewage sludge amendment on physical properties of fine bauxite refining residue. *Soil Science*, 152 (5), 322-326. **doi: https://hdl.handle.net/11250/3066268.**
11. Desilva, A., & Kar, B. D. (1994). Effect of organic matter on available water in noncalcarous brown soils. Sirlankan. *Journal of Agricultural Science*, 31, 82-92. **doi: 10.22067/gsc.v12i4.24950.**
12. Dick, R. P., Barkwill, D., & Turco, R. (1996). Soil enzyme activities and biodiversity measurements as integrating biological indicators. In: Doran, J. W. & Jones, A. J. (eds.). Methods for Assessment of Soil Quality. Soil Science Society of American Special Publication. Madison. WI. pp. 247-272.
13. Christenen, B. T., & Johnston, A. E. (1997). Soil organic matter and soil quality lessons learned from long-term experiments at Askov and Rothamsted. pp. 157-159, In: Gregorich, E.G. & Catrer, M.R. (eds.), Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health, Elsevier, Amsterdam.
14. Perucci, P. (1990). Effect of the addition of municipal solid waste compost on microbial biomass and enzyme activities in soil. *Biology and Fertility of Soils*, 10, 221-226. **doi: https://doi.org/10.1007/BF00336141**.
15. Lal, R., Kimble, J. M., Follett, R. F., & Cole, C. V. (1998). The potential of US cropland to sequester carbon and mitigate the greenhouse effect. Ann Arbor Press, Chelsea, MI, USA. p.144.
16. Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37 (1), 29-38. **doi: http://dx.doi.org/10.1097/00010694-193401000-00003.**
17. Shahrivar, A., Nur, H., & Khazayi, M. (2017). Environmental issues of soil erosion. Agricultural Research and Training Center and Natural Resources of Khorasan Razavi Province.
18. Islam, K. R., & Weil R. R. (2000). Soil quality indicator properties in mid-Atlantic soils as influenced by conservation management. *Journal of Soil and Water Conservation*, 54, 64-78.
19. Ros, M., Hernandez, M. T., & Garcia, C. (2003). Soil microbial activity after restoration of semiarid soil by organic amendments. *Soil Biology and Biochemistry*, 35, 463-469. **doi: 10.1016/S0038-0717(02)00298-5.**
20. Soumare, M., Tack, G., & Verloo, M. G. (2003). Effects of municipal solid waste compost and mineral fertilization on plant growth in two tropical agricultural soils of Mali. *Bioresource Technology*, 86, 15-20. **doi: 10.1016/s0960-8524(02)00133-5.**
21. Mirsky, S. B., Lanyon, L. E., & Needelman, B. A. (2008). Evaluating soil management using particulate and chemically labile soil organic matter fractions. *Soil Science Society of America Journal*, 72 (1), 180-185. **doi: 10.2136/sssaj2005.0279.**
22. Tejada, M., García-Martínez, A. M., & Parrado, J. (2009). Effects of a vermicompost, composted with beet vinasse on soil properties, soil losses and soil restoration. *Catena*, 77 (3), 238-247. **doi: 10.1016/j.catena.2009.01.004.**
23. Bouajila, K., & Sanaa, M. (2011). Effects of organic amendments on soil physicochemical and biological properties. *Journal of Materials and Environmental Science*, 2(1), 485-490. **doi: 10.4236/gep.2017.58007.**
24. Mohammadi, J., Khademi, H., & Nael, M. (2005). Study the Variability of Soil Quality in Selected Ecosystems of Central Zagros. *Journal of Crop Production and Processing*, 9 (3), 105-119. **dor: 20.1001.1.22518517.1384.9.3.9.6.** [In Persian]

25. Rasoli, F., & Maftoon, M. (2010). Residual Effects of Two Organic Matters With or Without Nitrogen on Growth and Chemical Composition of Wheat and Some Soil Chemical Properties. *Journal of Water and Soil*, 24 (2), 262-273. **doi: 10.22067/jsw. v0i0.3243**. [In Persian]
26. Estefan, G., Sommer, R., & Ryan, J. (2013). Methods of soil, plant, and water analysis. A manual for the West Asia and North Africa region. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas. p. 243.
27. Nannipieri, P., & Alef, K. (1995). Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. Netherlands: Elsevier Science. p. 608.
28. Sakin, E. (2012). Organic carbon organic matter and bulk density relationships in arid-semi arid soils in Southeast Anatolia region. *African Journal of Biotechnology*, 11 (6), 1373-1377. **doi: 10.5897/AJB11.2297**.
29. Sakin, E., Deliboran, A., & Tutar, E. (2011). Bulk density of Harran plain soils in relation to other soil properties. *African Journal of Agricultural Research*, 6 (7), 1750-1757.
30. Chaudhari, P. R., Ahire, D. V., Ahire, V. D., Chkravarty, M., & Maity, S. (2013). Soil bulk density is related to soil texture, organic matter content and available total nutrients of Coimbatore soil. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 3 (2), 1-8. **doi: http://www.ijsrp.org/research-paper-0213.php?rp=P14721**
31. Gross, A., & Glaser, B. (2021). Meta-analysis on how manure application changes soil organic carbon storage. *Scientific Reports*, 11(1), 1-3. **doi: https:// doi.org/ 10.1038/ s41598-021-82739-7.**
32. Ahmad Abadi, Z., Ghajar Sepanlou, M., & Rahimi Alashti, S. (2012). Effect of vermicompost on physical and chemical properties of soil. *Journal of Water and Soil* Science, 15 (58), 125-137 **dor: 20. 1001. 1.24763594.1390.15.58.13.7**. [In Persian]
33. Motileji, S., Landi, A., & Zalaghi, R. (2019). Effects of application of filter cake, biochar and PGPR bacteria as organic- and bio-fertilizers on some soil quality indices and wheat growth. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 9 (1), 151-162. **doi: 10.22069/ejsms.2019.15145.1822**. [In Persian]
34. Mkhabela, M. S., & Warman, P. R. (2005). The influence of municipal solid waste compost on yield, soil phosphorus availability and uptake by two vegetable crops grown in a Pugwash sandy loam soil in Nova Scotia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 106, 57-67. **doi: 10.1016/j.agee.2004.07.014.**
35. Adler, P. R., & Sikora, L. J. (2003). Changes in soil phosphorus availability with poultry compost age. *Communications in soil science and plant analysis*, 34 (1-2), 81-95. **doi: 10.1081/CSS-120017417.**
36. Najafi-Ghir, M., Nowzari, S., Niksirat, N. H., & Soleimanpur, L. (2017). Effects of different plant residues and manures on potassium pools distribution of two clayey soils under different moisture conditions. *Water and Soil Science*, 27 (3), 161-172. [In Persian]
37. Enayatizamir, N., Noruzi Masir, M., & Ghadamkhanii, A. (2020). The effect of plant growth promoting bacteria on some biological indicators and soil organic carbon forms under wheat cultivation. *Journal of Water and Soil Science*, 23 (4), 171-181. **dor: 20.1001. 1.24763594.1398.23.4.7.9**. [In Persian]
38. Khamadi, F., Mesgarbashi, M., Hosaibi, P., Enaiat, N., & Farzaneh, M. (2015). The effect of crop residue and nitrogen fertilizer levels on soil biological properties and nitrogen indices and redistribution of dry matter in wheat (*Triticum aestivum*). *Applied Field Crops Research*, 28(4), 149-157. **doi: 10.22092/aj.2016.106752**. [In Persian]
39. Silva, G. D. C., Kitano, I. T., Ribeiro, I. A. D. F., & Lacava, P. T. (2022) The potential use of actinomycetes as microbial inoculants and biopesticides in agriculture. *Frontiers in Soil Science*, 2, 833181. **doi: 10.3389/ fsoil. 2022. 833181.**

40. Xiaogang, L., Fengmin, L., Bhupinderpal, S., Zhijun, C., & Zed, R. (2006). Decomposition of maize straw in saline soil. *Biology and Fertility of Soils*, 42, 336-370. **doi: 10.1007/s00374-005-0042-9.**
41. Evgenia, V. B., & Traute-Heidi, A. (1998). Interactive effects of pH and substrate quality on the fungal-to-bacterial ratio and qCO_2 of microbial communities in forest soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 30 (10-11), 1269-1274. **doi: 10.1016/S0038-0717(98)00050-9.**
42. Sakamoto, K., & Oba, Y. (1994). Effect of fungal to bacterial biomass ratio on the relationship between CO_2 evolution and total soil microbial biomass. *Biology and Fertility of Soils*, 17, 39-44. **doi: https://doi.org/10.1007/BF00418670.**
43. Mandal, A., Patra, A. K., Singh, D., Swarup, A., & Masto, R. E. (2007). Effect of long-term application of manure and fertilizer on biological and biochemical activities in soil during crop development stage. *Bioresource Technology*, 98, 3585-3592. **doi: 10.1016/j.biortech.2006.11.027.**
44. Antonious, G. F., Eric, T. T., & Mohammad, H. D. (2020). Monitoring Soil Enzymes Activity before and after Animal Manure Application. *Agriculture*, 10 (5), 166. **doi: https://doi.org/10.3390/agriculture10050166.**
45. Abolfazli, F., Forghani, A., & Norouzi, M. (2012). Effects of phosphorus and organic fertilizers on phosphorus fractions in submerged soil. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12 (2), 349-362. **doi: http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162012000200014**.
46. Saha, S., Mina, B. L., Gopinath, K. A., Kundu, S., & Gupta, H. S. (2008). Relative changes in phosphatase activities as influenced by source and application rate of organic composts in field crops. *Bioresource Technology*, 99, 1750-1757. **doi: 10.1016/ j.biortech. 2007.03.049.**
47. Shahabifar, J. (2020). Effect of chemical and organic fertilizers on acid and alkaline phosphatase activities in the Qazvin region. *Journal of Soil Biology*, 8 (2), 143-154. **doi: 0.22092/ sbj.2020. 122738**. [In Persian]