

تأثیر کاربرد کود گاوی پوسیده و ورمی کمپوست بر خواص میکرومرفولوژیک در یک خاک لوم‌شنی

علی اصغر جعفرزاده^{1*}، طرلان شیخاوندی²، ویدا منتخبی کلجاهی³، محمدرضا نیشابوری¹، شکرالله اصغری⁴

تاریخ دریافت: 90/01/27 تاریخ پذیرش: 90/07/30

¹ استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

² دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

³ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

⁴ استادیار گروه علوم خاک دانشگاه محقق اردبیلی

* مسئول مکاتبه E-mail: ajafarzadeh@tabrizu.ac.ir

چکیده

مطالعات میکرومرفولوژیک در رابطه با اندازه خاکدانه‌ها، منافذ و نحوه توزیع آنها می‌تواند اطلاعات دقیق از ساختمان خاک را فراهم کرده و تفسیر رفتار خاک را تسهیل نماید. هدف از این تحقیق، بررسی اثر کاربرد مواد اصلاح‌کننده طبیعی (ورمی کمپوست و کود دامی پوسیده) بر خصوصیات میکرومرفولوژیک خاک می‌باشد که شامل الگوی توزیع اندازه منافذ خاک، خاکدانه‌ها، تخلخل کل و ساختمان (ریزساختار) در یک خاک لوم‌شنی می‌باشد. در این مطالعه فرض بر افزایش خاکدانه‌سازی و تخلخل بر اثر کاهش نسبی منافذ میکرو و ماکرو نسبت به مزو و بهبود ساختمان خاک در مقایسه با تیمار شاهد می‌باشد. بدین منظور نمونه‌ها از ستون‌های خاک (لوله‌های PVC) با تیمارهای مختلف (خاک مخلوط شده با مقادیر متفاوت ورمی کمپوست و کود دامی پوسیده و تحت زمان‌های مختلف انکوباسیون 30 و 180 روزه و در رطوبت (0/75 FC) توسط جعبه‌های کوبیانا به ابعاد 3×4×6 سانتی‌متر از قسمت بالایی 0-30 سانتی‌متری لوله‌ها تهیه گردید. پس از هوا خشک شدن، نمونه‌ها بوسیله رزین و سخت‌کننده، سفت و سخت گردیده و از آن‌ها مقاطع نازک تهیه و با میکروسکوپ پلاریزان مورد مطالعه قرار گرفتند. بر اساس نتایج بدست آمده توسعه یافتگی ساختمان بویژه در سطح دوم هر دو اصلاح‌کننده (به ترتیب برای ورمی کمپوست و کود دامی پوسیده 5 و 25 گرم در کیلوگرم خاک خشک) و زمان انکوباسیون 180 روز مشاهده شد که تأثیر قابل توجهی را بر خاکدانه‌سازی داشته و خاکدانه‌های درشت و کاملاً توسعه یافته را بوجود آورده‌اند. هر دو اصلاح‌کننده آلی، منافذ مزو و ماکرو را افزایش داده که در سطح دوم و زمان انکوباسیون 180 روز این تغییرات چشمگیر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: اصلاح‌کننده آلی، تخلخل کل، توزیع اندازه منافذ، خاکدانه‌سازی، ساختمان خاک، میکرومرفولوژی

Effect of Manure and Vermicompost Applications on Micromorphological Properties of a Sandy Loam Soil

AA Jafarzadeh^{1*}, T Shaikhavandi², V Montakhabi³ MR Neyshabouri¹ and Sh Asghari⁴

Received: 16 April 2011 Accepted: 22 October 2011

¹. Prof., Dept. of Soil Sci., Faculty of Agric., Univ. of Tabriz, Iran.

². Former MSc Student, Dept. of Soil Sci., Faculty of Agric., Univ. of Tabriz, Iran.

³. MSc Student, Dept. of Soil Sci., Faculty of Agric., Univ. of Tabriz, Iran.

⁴. Assist. Prof., Dept. of Soil Sci., Faculty of Agric., Univ. of Mohaghegh Ardabil, Iran.

* Corresponding Author E-mail: ajafarzadeh@tabrizu.ac.ir

Abstract

Micromorphological observations on aggregates size, pores and their distribution can provide precise expression of soil structure and simplify the interpretation of soil behavior. This research aim was to study the effect of two natural organic conditioners (vermicompost and manure) on soil micromorphological characteristics such as pore and aggregates size distributions, total porosity and microstructure in a sandy loam soil. In this study it was assumed that the aggregation and porosity increase due to reduction in macro and micropores portion with respect to mesopores in soil, and the structure of the soil improves comparing with the control treatment. Soil sampling has been done by Kubina boxes (3×4×6 cm) in 0-30 centimeters of topsoil of soil columns treated by two conditioners and incubated during 30 or 180 days at 0.75F_c. All samples were impregnated with resin and hardener after drying and then thin sections were prepared and finally studied with polarizing microscope. Based on the obtained results, structure development by both conditioners especially at the second application rate (5 & 25 g/kg dry soil for vermicompost and manure, respectively) and 180 days of incubation was observed that had remarkable effect on aggregation and caused large and highly developed aggregates. Both organic conditioners increased meso and macropores conspicuously at the second application rate and 180 days of incubation.

Keywords: Aggregation, Micromorphology, Organic conditioner, Pore size distribution, Soil structure, Total porosity

میکرومرفولوژیکی اطلاعات زیادی را راجع به توزیع منافذ خاک فراهم می‌کند در حالیکه برای اندازه‌گیری مرزهای بین ذرات، اندازه‌گیری فراکتالی بایستی صورت گیرد. طی آزمایشات انجام شده توسط ماریناری و

مقدمه

اختلاف در تخلخل خاک‌ها به منظور بررسی تغییرات مربوط به فعالیت‌های مدیریتی و پدوژنیکی بایستی مورد اندازه‌گیری قرار گیرد. مشاهدات

درشت‌بافت نیز باعث ایجاد ساختمان می‌شود. به منظور بررسی پتانسیل کمپوست در سطح صفر (کنترل) و 8/4 تن در هکتار در سال به خاک شنی افزوده شد. آزمایش به مدت 2 سال انجام گردید و نتایج نشان دهنده بهبود در ساختمان و ظرفیت تبادل کاتیونی در خاک می‌باشد. در مطالعه برش نازک نمونه‌های خاک شنی توسط میکروسکوپ پلاریزان بهبود در ماکرو و میکرومورفولوژی و بویژه ساختمان خاک را نشان داده و نیز ماده آلی به صورت کوتینگ بر دیواره منافذ مورد مشاهده قرار گرفت. پاگلیای و همکاران (1981) در مطالعه خود تاثیر دو سطح 50 و 150 تن در هکتار لجن فاضلاب هوازی و غیرهوازی، کمپوست و بخش آلی زباله‌های شهری را در مقایسه با کود دامی در خاک‌های لوم‌شنی ایتالیا مورد بررسی قرار دادند. اندازه‌گیری در برش نازک از خاک دست‌نخورده و بررسی پایداری خاکدانه‌ها با روش الک خیس نشان‌دهنده بهبود در تخلخل کل در اثر افزایش هر گونه مواد آلی بوده و اختلاف چندانی بین دو سطح اعمال شده مشاهده نگردید و نیز افزایش در پایداری خاکدانه‌ها در استفاده از لجن فاضلاب غیرهوازی مشاهده شد. در این تحقیق تعیین تغییرات حاصله در پی بهره‌گیری از مواد اصلاح‌کننده آلی در خاک لوم شنی به صورت مشاهده‌ای در برش‌های نازک انجام گردیده است.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری خاک

نمونه‌های خاک از یک مزرعه بایر در ایستگاه تحقیقاتی کرکج دانشگاه تبریز (عرض جغرافیای 38° 5' شمالی و طول جغرافیای 46° 17' شرقی) از عمق 0-30 سانتی‌متر ستون‌های استفاده شده در تحقیق اصغری (1387) تهیه گردید که خاک مورد آزمایش در سطح رده‌بندی زیرگروه به صورت Typic Calcixerept می‌باشد. نمونه‌های خاک پس از عبور از الک 4/76 میلی‌متر هواخشک گردیده و در لوله‌های PVC به ارتفاع

همکاران (2000) تخلخل کل در پی بکارگیری دو گروه اصلاح‌کننده خاک آلی و غیرآلی به طور چشمگیری افزایش می‌یابد. مطالعات بسیاری از مولفان حاکی از افزایش فعالیت بیولوژیکی خاک در راستای بهره‌گیری از اصلاح‌کننده‌های آلی می‌باشد. تاثیر اصلاح‌کننده‌های آلی از طریق افزایش ماده آلی بوده و در تحقیقات بلند مدت پس از بکارگیری لجن فاضلاب، کمپوست از فاضلاب شهری، حیوانات اهلی و کود شیمیایی تخلخل خاک به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد. با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق بهره‌گیری از ورمی‌کمپوست و کود دامی باعث بهبود در خاکدانه‌سازی و تخلخل گردیده و خاکدانه‌سازی شواهد بهتری بر نقش مهم مواد آلی در عدم تشکیل سله نیز دارد (واها با 2007). در مطالعه آزرمی و همکاران (2008) میزان تاثیر ورمی‌کمپوست بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد بررسی قرار گرفته و تغییرات بر مزرعه با کاربری گوجه‌فرنگی اعمال و طی طرح کاملاً تصادفی سطوح مختلف ورمی‌کمپوست شامل 0، 5، 10 و 15 تن در هکتار در 4 تکرار به 15 سانتی‌متر اولیه خاک افزوده شده و نمونه‌برداری 3 ماه پس از افزودن، نشان دهنده افزایش در تخلخل کل و کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک می‌باشد. آگیلیز و لوندر (2000) در مطالعه خود کودهای آلی تولیدی حاوی 62% کمپوست زباله شهری، 21% لجن فاضلاب و 17% خاک اره در 4 سطح صفر (کنترل)، 75، 150 و 300 تن در هکتار بر خاک لومی و رسی وارد کردند و خصوصیات فیزیکی از جمله توزیع اندازه منافذ، خاکدانه‌سازی و پایداری خاکدانه‌ها را مورد بررسی قرار دادند. در بیشتر موارد تاثیر بصورت موضعی و متاثر از افزایش کمپوست بوده، ولی بطور کلی تمامی خصوصیات در هر دو خاک و در خاک لومی بیشتر از رسی بهبود وضعیت را نشان داد. واها با (2007) با مطالعه خود در برخی از خاک‌های مصر گزارش نمودند که مواد کمپوستی نه تنها ساختار خاک‌های ریزبافت را بهبود می‌بخشد بلکه در خاک‌های

نمودن سطح برش داده شده به لام چسبیده شدند. نمونه‌های چسبیده شده به لام بوسیله دستگاه برش مجدداً به ضخامت 2-1 میلی‌متر بریده شده و در مرحله اول به کمک پودر کربید سیلیسیم به شماره‌های 100 و 300 گریت به حدود 40 میکرومتر رسانده و ادامه سایش را با پودرهای شماره 600 و 1000 گریت انجام و تا ضخامت 30-20 میکرون و ظاهر شدن سطح شفاف این کار ادامه می‌یابد. سپس برش‌های نازک تهیه شده با میکروسکوپ پلاریزان مدل Olympus مورد مطالعه قرار گرفته و خواص مورد نظر بررسی گردید.

مطالعات آزمایشگاهی

نمونه‌های خاک انتقال یافته به آزمایشگاه پس از خشک شدن در هوای آزاد از الک 2 میلی‌متری عبور داده شد و در صورت وجود ذرات درشت‌تر از شن درصد آن محاسبه گردید و تعیین بافت خاک به روش هیدرومتر انجام گرفت (کلوت 1986)، آنالیز اندازه ذرات با یک هیدرومتر در سوسپانسیونی که در معرض ته‌نشینی می‌باشد به آسانی قابل اندازه‌گیری است و جزئیات توزیع اندازه ذرات می‌تواند با حداقل کار بدست آید. تعیین درصد کربنات کلسیم معادل با روش تیتراسیون (بی نام 1992) انجام گرفت. گل اشباع تهیه شده را بر روی قیف بوختر ریخته و روی آن با سلفون پوشانده شد. سپس به کمک پمپ خلا از گل اشباع عصاره‌گیری شده و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره با استفاده از دستگاه EC متر اندازه‌گیری گردید. pH خاک در عصاره اشباع توسط دستگاه pH متر مدل EYE اندازه‌گیری شد. همچنین کربن آلی بر اساس روش والکی و بلک (1934) اندازه‌گیری گردید که در جدول 1 کلیه ویژگیهای اندازه‌گیری شده مربوط به خاک و اصلاح‌کننده‌ها گزارش شده است.

25 و قطر 15 سانتی‌متر در رطوبت FC 0/75 و در دمای $22 \pm 4^\circ \text{C}$ نگهداری و برای کنترل رطوبت از تانسومتر استفاده گردید. همچنین ارتفاع در نظر گرفته شده برای ستون‌های خاک‌ها 20 سانتی‌متر بوده که پس از افزودن هر 5 سانتی‌متر خاک با جرم مخصوص ظاهری 1/48 گرم بر سانتی‌متر مکعب فشرده شده است. در این تحقیق بر اساس مطالعات اصغری (1387) تعداد 16 نمونه از نمونه‌هایی که روی آنها آزمایشات انجام شده انتخاب و به منظور بررسی اثر دو نوع اصلاح‌کننده بر خواص میکرومورفولوژیک مورد استفاده قرار گرفتند. لازم به توضیح است نمونه‌ها دارای ورمی‌کمپوست در مقادیر 2/5 و 5 گرم به ازای هر کیلوگرم خاک هواخشک (معادل 11/1 و 22/2 تن در هکتار) و کود دامی پوسیده به مقدار 12/5 و 25 گرم به ازای هر کیلوگرم خاک هواخشک (معادل 55/5 و 111 تن در هکتار) و شاهد یا خاک بدون اصلاح‌کننده بوده و در نهایت اصلاح‌کننده‌ها در حالت خشک با خاک مخلوط و سپس همه به مدت 30 و 180 روز انکوبه گردیده‌اند.

آزمایشات میکرومورفولوژیکی

برای مطالعات میکرومورفولوژیکی، نمونه‌های موجود در لوله‌های PVC به آزمایشگاه منتقل و پس از ایجاد برش در دیواره لوله‌ها به وسیله حرارت، توسط جعبه‌های کوبیانا به ابعاد $3 \times 4 \times 6$ سانتی‌متر از مقطع برش داده شده نمونه‌برداری و جهت خشک شدن در هوای آزمایشگاه قرار داده شدند. پس از خشک شدن نمونه‌ها به کمک 600 میلی‌لیتر رزین وستاپول H و 400 میلی‌لیتر استون و 6 قطره سخت‌کننده کبالت اکتات و 12 قطره کاتالیست سیکلوهگزان پراکسید در مکش 70 کیلوپاسکال (به کمک دستگاه مکش و دسیکاتور در حالت خلاء) اشباع گردیدند. پس از سخت شدن نمونه‌ها بوسیله دستگاه سنگ‌بر، بریده شده و پس از صاف

جدول 1. خواص مختلف خاک و اصلاح‌کننده‌های مورد استفاده در این آزمایش

ورمی کمپوست	کود دامی	خاک	ویژگی
8	7/7	8/1	pH عصاره اشباع
14/65	15	1/87	EC عصاره اشباع (ds/m)
16/5	34/8	0/62	کربن آلی (%)
2	0/4	-	نیترژن کل (%)
8/25	87	-	نسبت کربن به نیترژن (C/N)
		21	کربنات کلسیم معادل (%)
		69/4	شن (%)
		20/9	سیلت (%)
		9/6	رس (%)
		لوم شنی	کلاس بافت

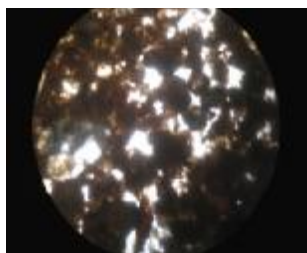
نتایج و بحث

2/5 گرم ورمی کمپوست افزایش نسبی را در منافذ ماکرو نشان می‌دهد (شکل‌های 1 و 2).

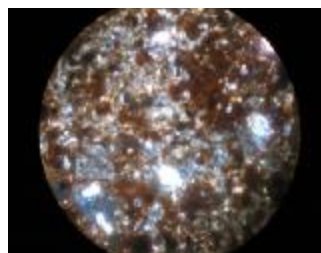
مقایسه نتایج بدست آمده از نمونه مربوط به سطح 5 گرم ورمی کمپوست و زمان انکوباسیون 30 روز با نمونه شاهد، زمان 30 روز نشان دهنده بهبود ساختمان در این سطح و زمان انکوباسیون، در پی بهبود خاکدانه‌سازی و اندازه و فراوانی منافذ می‌باشد و نتایج مربوط به زمان انکوباسیون 180 روز در مقایسه با شاهد نیز نتیجه‌ای مشابه را در جهت تایید بهبود ساختمان خاک در نمونه مورد نظر می‌باشد، لذا زمان انکوباسیون بر این فرایند تاثیر اندکی داشته است (شکل-های 3 و 4). تصاویر بدست آمده از نمونه سطح 2/5 گرم در زمان انکوباسیون 30 روز در مقایسه با شاهد این زمان پیشرفت در خاکدانه‌سازی را با خاکدانه‌سازی متوسط و شروع خاکدانه‌سازی در نقاط مختلف را تایید می‌کند. خاکدانه‌ها با توسعه یافتگی متوسط و نسبتاً توسعه یافته شاهدی بر تاثیر سطح 2/5 گرم ورمی کمپوست در زمان انکوباسیون 180 نسبت به نمونه شاهد این زمان می‌باشد. مقایسه سطح 2/5 گرم در دو زمان انکوباسیون 30 و 180 روز حاکی از تاثیر

مقایسه نتایج حاصله از نمونه 2/5 گرم ورمی کمپوست در زمان 30 روز انکوباسیون با شاهد بیانگر افزایش تخلخل در پی بهره‌گیری از 2/5 گرم ورمی کمپوست در خاک می‌باشد. نتایج حاصله از نمونه 5 گرم ورمی کمپوست نشان دهنده تاثیر چشمگیری بر افزایش تخلخل خاک بوده و مقایسه نمونه‌های هم‌سطح 2/5 گرم ورمی کمپوست در دو زمان انکوباسیون مختلف 30 و 180 روز بیانگر تاثیر زمان انکوباسیون بر افزایش تخلخل در راستای حضور منافذ درشت‌تر می‌باشد، که هر دو سطح استفاده شده نتایج گزارش شده توسط آزرمی و همکاران (2008) و سایر محققین را تایید می‌کنند (شکل‌های 1 و 2). مشاهدات انجام گرفته بر اساس برش‌های نازک حاکی از افزایش منافذ مزو به صورت منافذ بسته، در نمونه سطح 2/5 گرم در زمان 30 روز نسبت به نمونه شاهد حاوی منافذ ریز با اکثریت مربوط به منافذ میکرو می‌باشد ولی نتایج مربوط به زمان 180 روز انکوباسیون نشان دهنده افزایش اندازه منافذ و حضور منافذ ماکرو و مزو بصورت وگ می‌باشد که مقایسه این دو زمان انکوباسیون در سطح

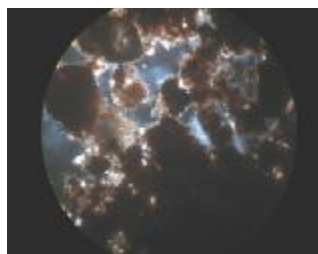
قابل توجه زمان انکوباسیون بر این روند بهبود می باشد (شکل های 5 و 6).



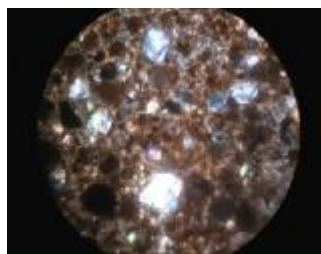
شکل 1-ب - وضعیت تخلخل در نمونه 2/5 گرم ورمی کمپوست با زمان انکوباسیون 30 روز (xpl, 40x)



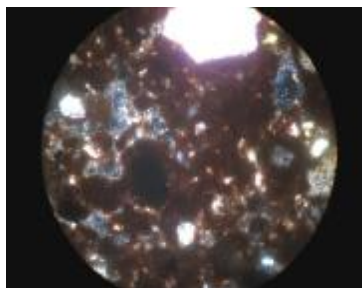
شکل 1-الف - وضعیت تخلخل خاک در نمونه شاهد با زمان انکوباسیون 30 روز (xpl, 40x)



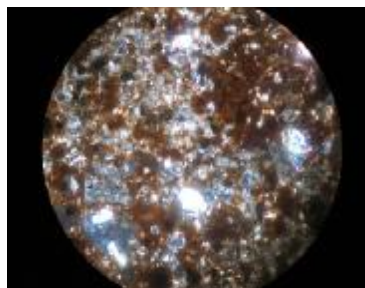
شکل 2-ب - وضعیت تخلخل در نمونه 2/5 گرم ورمی کمپوست با زمان انکوباسیون 180 روز (xpl, 40x)



شکل 2-الف - وضعیت تخلخل خاک در نمونه شاهد با زمان انکوباسیون 180 روز (xpl, 40x)

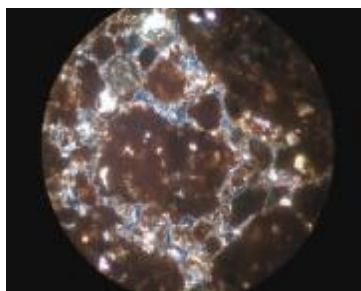


شکل 3-ب - وضعیت خاکدانه ها در نمونه 5 گرم ورمی کمپوست با زمان انکوباسیون 30 روز (40x, xpl)

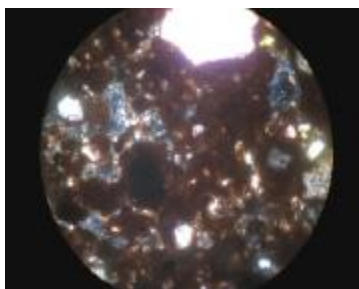


شکل 3-الف - وضعیت خاکدانه ها در نمونه شاهد با زمان انکوباسیون 30 روز (40x, xpl)

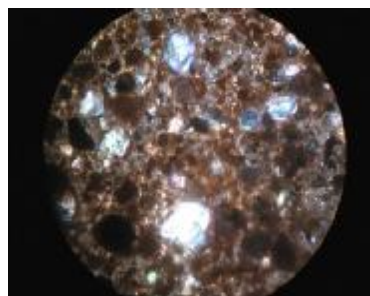




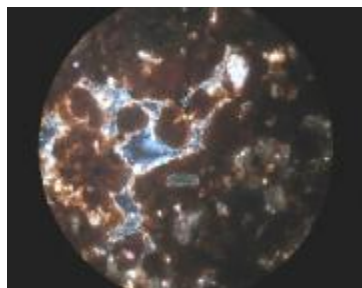
شکل 3-ج- وضعیت خاکدانه‌ها در نمونه 5 گرم ورمی کمپوست با زمان انکوباسیون 180 روز (40x, xpl)



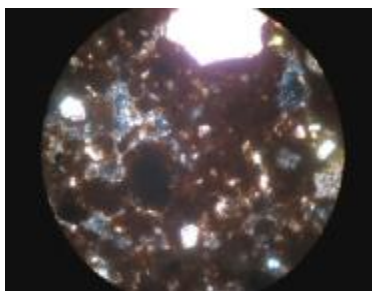
شکل 4-ب- وضعیت خاکدانه‌ها در نمونه 5 گرم ورمی کمپوست با زمان انکوباسیون 30 روز (40x, xpl)



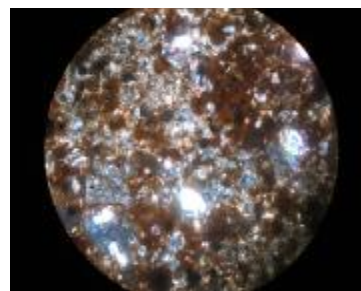
شکل 4-الف- وضعیت خاکدانه‌ها در نمونه شاهد با زمان انکوباسیون 180 روز (40x, xpl)



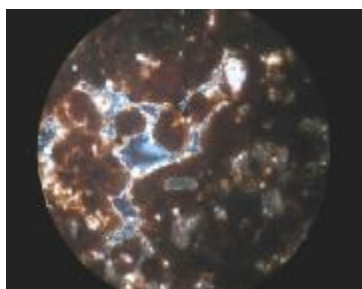
شکل 4-ج- وضعیت خاکدانه‌ها در نمونه 5 گرم ورمی کمپوست با زمان انکوباسیون 180 روز (40x, xpl)



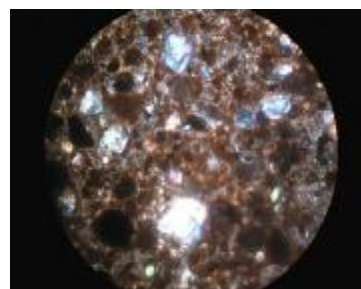
شکل 5-ب - ساختمان خاک در نمونه 5 گرم
ورمی کمپوست با زمان انکوباسیون 30 روز (40x, xpl)



شکل 5-الف - ساختمان خاک در نمونه شاهد با زمان
انکوباسیون 30 روز (40x, xpl)



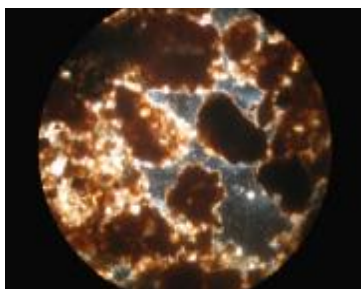
شکل 6-ب - ساختمان خاک در نمونه 5 گرم ورمی کمپوست
با زمان انکوباسیون 180 روز (40x, xpl)



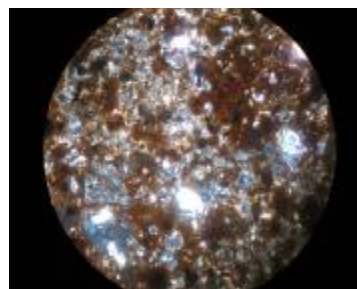
شکل 6-الف - ساختمان خاک در نمونه شاهد با زمان
انکوباسیون 180 روز (40x, xpl)

نقاط مختلف نمونه شامل اندازه‌های مزو و ماکرو بوده و به شکل منافذ بسته مشاهده می‌شود که در مقایسه با نمونه شاهد با منافذ مختلف تغییر چشمگیری یافته است، ولی در زمان 180 روز انکوباسیون منافذ به صورت صفحه‌ای و کانالی قابل مشاهده در آمده که اندازه این منافذ بیشتر مزو می‌باشد. لذا می‌توان تغییر منافذ از منافذ تصادفی شاهد را بدین صورت در تصاویر مشاهده نمود و زمان انکوباسیون بر این روند تأثیری نشان نمی‌دهد (شکل‌های 7 و 8).

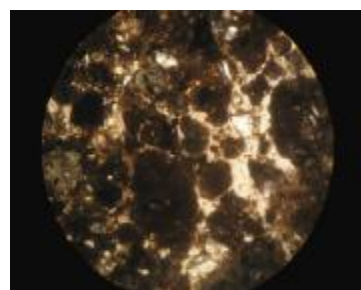
مقایسه نتایج حاصله از نمونه 12/5 گرم کود دامی در 30 روز با تصاویر شاهد بیانگر افزایش چشمگیر تخلخل خاک در پی افزایش اندازه و تعداد منافذ در خاک بوده و سطح 12/5 گرم کود دامی در زمان انکوباسیون 180 روز نیز باعث افزایش تخلخل در پی ایجاد منافذ ریز بیشتر می‌گردد که بر اساس نتایج، زمان انکوباسیون تأثیری بر روند افزایش تخلخل در نمونه نداشته و حتی اندکی کاهش نشان می‌دهد. منافذ قابل مشاهده در سطح 12/5 گرم کود دامی در زمان انکوباسیون 30 روز در



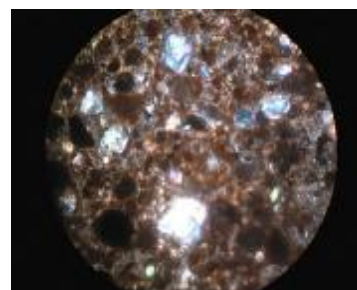
شکل 7-ب- وضعیت تخلخل در نمونه 12/5 گرم کود دامی با زمان انکوباسیون 30 روز (40x, xpl)



شکل 7-الف- وضعیت تخلخل در نمونه شاهد با زمان انکوباسیون 30 روز (40x, xpl)



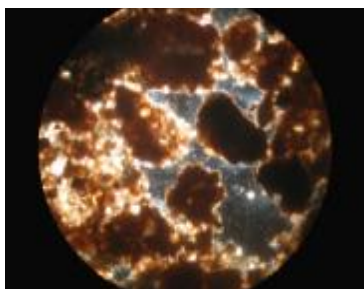
شکل 8-ب- وضعیت تخلخل در نمونه 12/5 گرم کود دامی با زمان انکوباسیون 180 روز (40x, xpl)



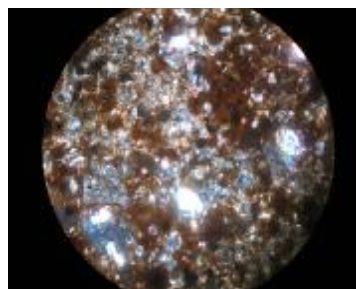
شکل 8-الف- وضعیت تخلخل در نمونه شاهد با زمان انکوباسیون 180 روز (40x, xpl)

برش نازک حاصل از نمونه با سطح 12/5 گرم کود دامی در زمان 30 روز خاکدانه‌های کروی دانه‌ای با ریز ساختار کروی را نشان می‌دهد که تغییر چشمگیری نسبت به شاهد مشاهده می‌شود. بررسی برش‌های نازک نمونه 12/5 گرم در زمان انکوباسیون 180 روز حاکی از بهبود ساختمان در پی ایجاد خاکدانه‌های توسعه یافته و منافذ ایجاد شده در پی خاکدانه‌سازی بهتر می‌باشد و زمان انکوباسیون بر روند بهبود ساختمان تاثیر اندکی داشته است (شکل‌های 9 و 10).

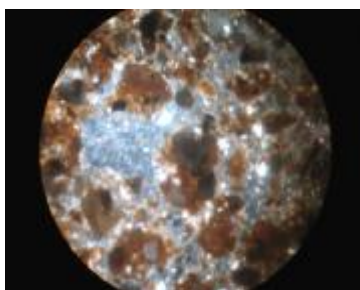
نتایج قابل مشاهده در نمونه حاصل از سطح 12/5 گرم در زمان انکوباسیون 30 روز در مقایسه با شاهد، پیشرفت چشمگیری در خاکدانه‌سازی نشان می‌دهد و خاکدانه‌های کروی متوسط تا قوی در تصاویر قابل مشاهده هستند. مقایسه تصاویر مربوط به سطح 12/5 کیلوگرم در زمان 180 روز با نمونه شاهد نشان دهنده ایجاد خاکدانه‌های کروی متوسط و در برخی نقاط خاکدانه‌های توسعه یافته بوده و زمان انکوباسیون بر این روند تاثیر اندکی داشته است (شکل‌های 9 و 10). مقایسه نمونه شاهد در زمان انکوباسیون 30 روز با



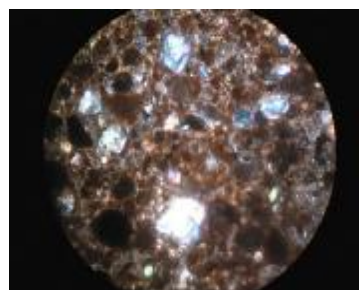
شکل 9-ب - وضعیت خاکدانه‌ها در نمونه 12/5 گرم
کود دامی با زمان انکوباسیون 30 روز (40x, xpl)



شکل 9-الف - وضعیت خاکدانه‌ها در نمونه شاهد
با زمان انکوباسیون 180 روز (40x, xpl)



شکل 10-ب - وضعیت خاکدانه‌ها در نمونه 12/5 گرم
کود دامی با زمان انکوباسیون 30 روز (40x, xpl)



شکل 10-الف - وضعیت خاکدانه‌ها در نمونه شاهد
با زمان انکوباسیون 30 روز (40x, xpl)

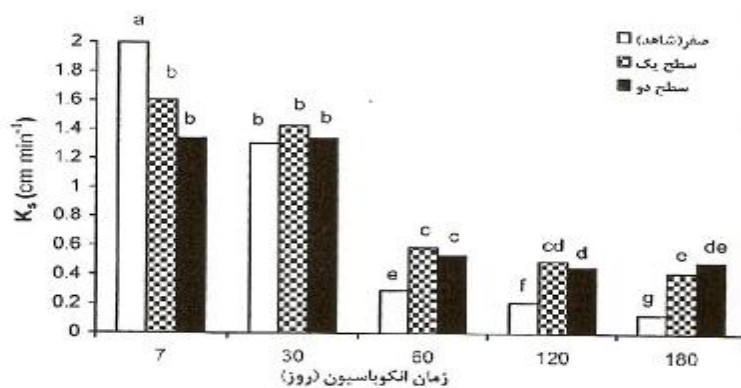
نتیجه‌گیری کلی

عمده ورمی‌کمپوست در سطح 2/5 گرم بر کیلوگرم خاک هواخشک در زمان 180 روز، دلیل بر افزایش تخلخل، تعدیل منافذ و خاکدانه‌سازی می‌باشد. خاکدانه‌های ایجاد شده در اندازه مختلف بوده و توسعه‌یافتگی متوسط مشاهده می‌شوند، بدین ترتیب کود دامی به منظور افزایش تخلخل و بهبود ساختمان در کوتاه مدت و ورمی‌کمپوست می‌تواند به منظور اهداف بلند مدت مورد استفاده قرار گیرند. بر اساس نتایج بدست آمده در این تحقیق، هر دو اصلاح کننده باعث افزایش تخلخل خاک گردیده، اگرچه میزان افزایش در اصلاح کننده‌ها، سطوح مصرفی آنها و زمان انکوباسیون متفاوت می‌باشد. بر اساس برخی مطالعات سایر محققین نیز افزایش هر گونه ماده آلی باعث افزایش در تخلخل خاک می‌گردد. در یک

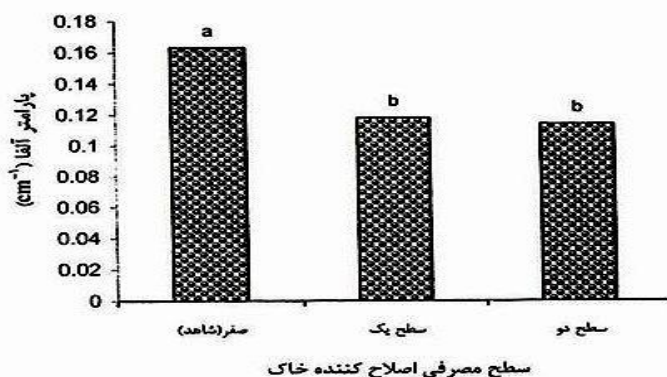
بررسی نتایج بدست آمده حاکی از توسعه‌یافتگی ساختمان در کود دامی و ورمی‌کمپوست بویژه در سطح دوم مصرفی و زمان انکوباسیون 180 روز می‌باشد. کود دامی در سطح 25 گرم در کیلوگرم خاک هواخشک و هر دو زمان 30 و 180 روز تاثیر بیشتری بر افزایش تخلخل خاک داشته است. خاکدانه‌های ایجاد شده در این تیمار درشت‌تر و توسعه یافته‌تر از سایر تیمارها بوده و کانال‌ها و چمبرها بخش عمده منافذ را در این مقاطع به خود اختصاص داده‌اند که حضور منافذ ماکرو و مزو در این نمونه‌ها قابل توجه می‌باشد و می‌تواند به عنوان تعدیل کننده منافذ مورد مصرف قرار گیرد. مقاطع نازک مربوطه حاکی از تاثیر

قطر خاکدانه‌ها (MWD) در خاک لوم‌شنی و در اثر افزودن 30 و 60 تن در هکتار کود دامی می‌باشد، تایید کننده نتایج حاصل از تحقیق است. نتایج حاصل حاکی از اثر چشمگیر ورمی کمپوست و کود دامی بر بهبود ساختمان خاک می‌باشد که هر دو سطح مصرفی دو اصلاح کننده در هر دو زمان انکوباسیون ساختمان متوسط و توسعه یافته ایجاد نموده‌اند. تحقیقات واهابا (2007) ایجاد ساختمان در خاک‌های درشت‌بافت را در پی بهره‌گیری از کمپوست بیان می‌کند که تایید کننده نتایج بدست آمده در این تحقیق می‌باشد. نتایج تحقیق اصغری (1387) که بر اساس تعیین K_s و پارامتر α انجام گرفته، نشان دهنده تغییر اندازه منافذ در جهت تایید نتایج مطالعه میکرومورفولوژیکی می‌باشد. در مدت 6 ماه انکوباسیون K_s به طور معنی‌داری از طریق پایین آوردن K_s خاک در زمان انکوباسیون 30 روز و افزایش آن در زمان انکوباسیون 180 روز این فاکتور را در حد مطلوب نگهداری میکند (شکل 11). کاهش پارامتر α که نشان دهنده کاهش قطر بزرگترین منفذ می‌باشد، حاکی از کاهش قطر منافذ در هر دو سطح مصرفی اصلاح‌کننده‌هاست (شکل 12). نهایتاً پیشنهاد میگردد که تغییرات بیولوژیکی در نمونه‌ها نیز بررسی گردیده و مطالعات میکرومورفولوژیکی نیز در نمونه‌ها با تنوع بیشتر در مقادیر اصلاح‌کننده انجام گردد.

تحقیق پالگیای و همکاران (1981)، تاثیر دو سطح 50 و 150 تن در هکتار لجن فاضلاب هوازی و غیرهوازی، کمپوست و بخش آلی زباله‌های شهری را در مقایسه با کود دامی در خاک‌های لوم‌شنی ایتالیا مورد بررسی قرار دادند و بهبود در تخلخل کل را گزارش کردند. در مطالعه انجام شده خاک تحت تیمار کود دامی و ورمی کمپوست به وضوح افزایش تخلخل را نشان می‌دهد. آزرمی و همکاران (2005)، در تحقیق انجام شده طی طرح کاملاً تصادفی سطوح مختلف ورمی کمپوست شامل 0، 5، 10 و 15 تن در هکتار در چهار تکرار به 15 سانتی‌متر اولیه خاک، افزایش در تخلخل را گزارش دادند. مختاری و همکاران (1384) نیز افزایش سرعت نفوذ نهایی خاک را در مقادیر مختلف کود گاوی (25، 50 و 100 تن در هکتار) نسبت به خاک نمونه شاهد گزارش نمودند. طبق نتایج حاصله از این تحقیق کود دامی در هر دو سطح (12/5 و 25 گرم) بهبود چشمگیری را در خاکدانه‌سازی در دو زمان انکوباسیون 30 و 180 روز ایجاد نموده است، بدین نحو که در سطح 12/5 گرمی در هر دو زمان انکوباسیون و در سطح 25 گرمی در زمان انکوباسیون 30 روز خاکدانه‌های کروی شکل توسعه یافته مشاهده می‌گردد و در انکوباسیون 180 روز خاکدانه‌های مکعبی زاویه‌دار قابل مشاهده بوده و تحقیقات صفادوست و همکاران (1386) نیز که بیانگر افزایش معنی‌دار میانگین



شکل 11- اثرات متقابل سطح مصرفی و زمان انکوباسیون بر هدایت هیدرولیکی اشباع (اصغری 1387)



شکل 12- اثر سطح مصرفی اصلاح کننده‌ها در مدل وان گنوختن بر پارامتر α (1)

منابع مورد استفاده

- اصغری ش، 1387. اثر چهار ماده اصلاح کننده آلی بر توزیع اندازه منافذ، پایداری خاکدانه، ضرایب هیدرولیکی و انتقال املاح در یک خاک لوم شنی. رساله دکتری. دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.
- صفادوست آ، مصدقی م، محبوبی ع، نوروزی ع و اسدیان ق، 1386. تاثیر کوتاه مدت خاک‌ورزی و کود دامی بر ویژگی‌های ساختمانی خاک. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد 11، شماره 41(الف)، صفحه‌های 91 تا 100.
- مختاری ش، موسوی س ف و افیونی م، 1384. اثرات تجمعی و باقی مانده مواد آلی بر نفوذپذیری یک خاک لوم رسی در اصفهان. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی ایران، شماره 12. صفحه‌های 43 تا 45.
- Aggelides SM and Londra PA, 2000. Effects of compost produced from town wastes and sewage sludge on the physical properties of a loamy and a clay soil. *Bioresource Technology* 71: 253-259.
- Anonymus, 1992. Soil Survey Laboratory Methods and Procedures for Collecting Soil Sample. USDA-SCS. Soil Surv Invest Rep, No. 2. US Gov. Printing Office, Washington DC.
- Azarmi R, Torabi M and Didar R, 2008. Influence of vermicompost on soil chemical and physical properties in tomato field. *African Journal of Biothecnology* 7: 2397-2401.
- Klute, A., 1986. Method of Soil Analysis. Part I. Physical and Mineralogical Methods 2nd, Agron. Monogor. 9. ASA and SSSA. Madison, WI.
- Marinari S, Masciandaro G, Ceccanti B and Grego S, 1999. Influence of organic and mineral fertilizers on soil biological and physical properties. *Bioresource Technology* 72: 9-7.
- Pagliai M, Guidi M, Lamarca M, Giachetti M and Lucamante G, 1981. Effects of sewage sludges and composts on soil porosity and aggregation. *Journal of Environ Qual* 10: 556-561.
- Wahaba MM, 2007. Influence of compost on morphological and chemical properties of sandy soils, Egypt. *Journal of Applied Sciences Research* 3: 1490-1493
- Walkley A and Black LA, 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of chromic acid titration method. *Journal of Soil Siences* 37: 29-38