بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکده فناوری کشاورزی و منابع طبیعی

گروه علوم خاک

عنوان:

تغییرپذیری زمانی برخی خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی در یک خاک منطقه نیمه خشک اصلاح شده با کود گاوی

استاد راهنما:

دکتر شکراله اصغری

استاد مشاور:

دکتر مجید رئوف

توسط:

معصومه کریمی ارقینی

دانشگاه محقق اردبیلی

آذر ۱۳۹۱

تقدیم به پدر و مادرم

به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه ایثار و از خودگذشتگی

به پاس عاطفه ی سرشار و گرمای امید بخش وجودشان که در این روزگار

بهترین پشتیبان من است

به پاس قلب های بزرگشان که فریادرس است

و سرگردانی و ترس در پناهشان به شجاعت می گراید

و به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند.

سپاس‌گزاری

سپاس خدای را عزوجل که طاعتش موجب قربت است و به شکراندرش مزید نعمت

اینک که در پرتو یاری خداوند متعال موفق به انجام این پایان‌نامه شده‌ام، سپری کردن این راه را مدیون یاری خانواده، اساتید و دوستان خود هستم، و بر خود لازم می‌دانم مراتب قدردانی و تشکر خود را از آنان اعلام دارم.

در آغاز از پدر و مادر و خواهران و برادران عزیزم که یاری و تشویقشان در تمام مراحل زندگی خستگی-هایم را می‌زدود و به پاهایم قوت و به اراده‌ام استحکام می‌بخشید تشکر و قدردانی می‌نمایم و از خداوند منان برایشان سلامتی، سعادت و توفیق روز افزون را خواستارم. از همسر عزیزم که صبر و بردباری و حمایتش پشتوانه‌ای برای ادامه راهم بود صمیمانه تشکر می‌کنم. از استاد فرهیخته و بزرگوارم جناب آقای دکتر شکراله اصغری که در تمام مراحل انجام این پایان نامه همواره در کنار من بوده و با راهنمایی‌های ارزنده خود در انجام این امر مرا یاری نمودند تشکر و قدردانی می‌کنم و توفیق ایشان را در تمام مراحل زندگی از خداوند متعال خواستارم. از استاد مشاورم آقای دکتر رئوف به خاطر مساعدت و همکاریشان در انجام این پایان نامه تشکر و قدردانی می‌نمایم. از مسئول آزمایشگاه علوم خاک آقای مهندس انوار، ممنون وسپاس گزارم. از دوستان خوبم خانم‌ها ایرانیفام و تقی‌زاده که در کارهای عملی و نگارشی پایان نامه حضورشان کمک حالم بود سپاس گزاری می‌نمایم.

نام خانوادگی دانشجو: کریمی ارقینی **نام:** معصومه

عنوان پایان نامه: تغییرپذیری زمانی برخی خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی در یک خاک منطقه نیمه خشک اصلاح شده با کود گاوی

استاد راهنما: دکتر شکراله اصغری

استاد مشاور: دکتر مجید رئوف

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته:** علوم خاک **دانشگاه:** محقق اردبیلی

دانشکده: فناوری کشاورزی و منابع طبیعی **تاریخ فارغ التحصیلی:** آذر ۱۳۹۱ **تعداد صفحه :** ۸۸

کلید واژه‌ها: خاک منطقه نیمه خشک، پارامترهای نفوذ آب در خاک، پایداری خاکدانه، تخلخل کل، هدایت هیدرولیکی، کود گاوی

چکیده:

خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک، فقیر از ماده آلی بوده و به همین علت پایداری خاکدانه‌ها در آنها ضعیف می‌باشد. این مسأله باعث تخریب ساختمان خاک و در نتیجه مختل شدن پدیده نفوذ آب در خاک می‌گردد. هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر کود گاوی بر برخی خواص فیزیکی و هیدرولیکی یک خاک منتخب از منطقه نیمه خشک شامل میانگین وزنی قطر (MWD) خاکدانه‌ها، جرم مخصوص ظاهری (D_b)، جرم مخصوص حقیقی (D_p)، تخلخل کل (n)، هدایت هیدرولیکی اشباع (K_S)، سرعت نفوذ، نفوذ تجمعی و نیز ضرایب معادلات نفوذ فیلیپ، کوستیاکوف و کوستیاکوف اصلاح شده بود. کود گاوی به مقادیر صفر، ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار با لایه صفر تا ۲۰ سانتی‌متری خاک لوم شنی در یک زمین بایر واقع در دانشگاه محقق اردبیلی مخلوط گردید سپس در شرایط طبیعی به مدت ۹ ماه نگهداری شد. همه پارامترهای فوق‌الذکر در زمان‌های صفر (قبل از خاک‌ورزی و کوددهی)، ۶ و ۹ ماه اندازه‌گیری شدند. آزمایش به صورت فاکتوریل (فاکتور اول ۳ سطح مصرفی کود و فاکتور دوم ۳ زمان اندازه‌گیری) و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار اجرا شد. نتایج نشان داد که سطوح مصرفی پایین و بالای کود گاوی به طور معنی‌دار ($P < ۰/۰۱$) و به ترتیب باعث افزایش کربن آلی به میزان ۱۳۱/۲ و ۱۹۳/۷ درصد، میانگین وزنی قطر (MWD) خاکدانه‌ها به میزان ۸۷/۵ و ۱۵۰ درصد و تخلخل کل به میزان ۸/۷۵ و ۲۰/۳۳ درصد و کاهش جرم مخصوص ظاهری به میزان ۷/۷۲ و ۲۲/۷ درصد و جرم مخصوص حقیقی به میزان ۲/۲۱ و ۲/۲۳ درصد گردید. مقادیر مصرفی کود گاوی اثر معنی‌داری بر هدایت هیدرولیکی اشباع، سرعت نفوذ، نفوذ تجمعی نهایی، ضرایب معادلات فیلیپ، کوستیاکوف و کوستیاکوف اصلاح شده نداشت. هدایت هیدرولیکی در زمان‌های ٦ و ۹ ماه نسبت به زمان صفر (قبل از خاک-ورزی و کوددهی) به طور معنی‌دار و به میزان ۱۳٦/۵ و ۱۷۳/۷ درصد افزایش یافت. بر اساس نتایج تحقیق حاضر کود گاوی از طریق افزایش کربن آلی خاک منطقه نیمه خشک باعث افزایش پایداری ساختمان خاک و تخلخل کل و در نتیجه بهبود سرعت نفوذ و نفوذ تجمعی نهایی گردید.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول: مقدمه و مروری بر تحقیقات گذشته.....

مقدمه..... ۲

۱-۱- اهمیت مواد آلی در خاک..... ۳

۱-۲- کودهای حیوانی..... ۴

۱-۳- اثرات مواد آلی بر خصوصیات فیزیکی خاک..... ۵

۱-۳-۱ خاکدانه‌سازی..... ۵

۱-۳-۲- تخلخل و توزیع اندازه منافذ خاک..... ۹

۱-۴- اثرات مواد آلی بر خصوصیات هیدرولیکی خاک..... ۱۵

۱-۴-۱- هدایت هیدرولیکی خاک..... ۱۵

۱-۴-۲- نفوذ آب در خاک..... ۱۷

۱-۵- مدل‌های نفوذ آب در خاک..... ۱۹

۱-۵-۱- معادله کوستیاکوف..... ۲۰

۱-۵-۲- معادله فیلیپ..... ۲۱

۱-۶- اهداف تحقیق..... ۲۲

فصل دوم: مواد و روش‌ها

۲-۱- انتخاب محل آزمایش و تعیین برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک..... ۲۵

۲-۲- انتخاب ماده اصلاح کننده و اندازه‌گیری برخی خصوصیات آن..... ۲۵

۲-۳- انتخاب تیمارهای آزمایش..... ۲۵

۲-۴- طرح آماری آزمایش..... ۲۶

۲-۵- خصوصیات اندازه‌گیری شده در کرت‌های آزمایشی در سه زمان..... ۲۷

۲-۵-۱- کربن آلی..... ۲۷

۲-۵-۲- جرم مخصوص ظاهری و حقیقی..... ۲۷

۲-۵-۳- تخلخل کل..... ۲۸

۲-۵-۴- هدایت هیدرولیکی اشباع..... ۲۸

۲-۵-۵- پایداری خاکدانه‌ها..... ۲۸

۲-۵-۶- آزمایشات نفوذ ۲۹
۲-۶- تجزیه‌های آماری و رسم نمودارها ۳۰
۲-۷- محک‌های آماری ۳۱

فصل سوم: نتایج و بحث
۳-۱- خصوصیات خاک و کود گاوی ۳۳
۳-۲- اثر کود گاوی بر پارامترهای فیزیکی خاک ۳۴
۳-۲-۱- اثر کود گاوی بر کربن آلی (OC) خاک ۳۴
۳-۲-۲- اثر کود گاوی بر میانگین وزنی قطر (MWD) خاکدانه‌ها ۳۶
۳-۲-۳- اثر کود گاوی بر جرم مخصوص ظاهری و حقیقی خاک ۳۹
۳-۲-۴- اثر کود گاوی بر تخلخل کل ۴۲
۳-۳- اثر کود گاوی بر پارامترهای هیدرولیکی خاک ۴۴
۳-۳-۱- اثر کود گاوی بر هدایت هیدرولیکی اشباع (K_S) خاک ۴۵
۳-۳-۲- اثر کود گاوی بر سرعت نفوذ نهایی یا ثابت آب در خاک ۴۷
۳-۳-۳- اثر کود گاوی بر نفوذ تجمعی نهایی آب ۵۷
۳-۴- اثر کود گاوی بر پارامترهای معادلات نفوذ فیلیپ، کوستیاکوف و کوستیاکوف اصلاح شده ۶۵
۳-۴-۱- اثر کود گاوی بر ضرایب معادلات کوستیاکوف و کوستیاکوف اصلاح شده ۶۵
۳-۴-۲- اثر کود گاوی بر ضرایب معادله فیلیپ ۶۷
۳-۵- ارزیابی دقت معادلات نفوذ فیلیپ، کوستیاکوف و کوستیاکوف اصلاح شده ۷۰
۳-۶- نتیجه‌گیری ۷۷
۳-۷- پیشنهادات ۷۸
منابع مورد استفاده ۷۹

فهرست اشکال

شکل ۳-۱- اثرات متقابل مقادیر مصرفی کود و زمان بر کربن آلی خاک..... ۳۵
شکل ۳-۲- اثرات متقابل مقادیر مصرفی کود و زمان بر میانگین وزنی قطر (MWD) خاکدانه ها..... ۳۷
شکل ۳-۳- اثرات متقابل مقادیر مصرفی کود و زمان بر جرم مخصوص ظاهری..... ۴۰
شکل ۳-۴- اثرات متقابل مقادیر مصرفی کود و زمان بر جرم مخصوص حقیقی..... ۴۰
شکل ۳-۵- اثرات متقابل مقادیر مصرفی کود و زمان بر تخلخل کل..... ۴۳
شکل ۳-۶- اثر اصلی زمان بر هدایت هیدرولیکی اشباع (K_S) خاک..... ۴۶
شکل ۳-۷- اثر اصلی زمان بر سرعت نفوذ نهایی آب در خاک..... ۴۸
شکل ۳-۸- منحنی سرعت نفوذ تیمار شاهد (بدون مصرف کود گاوی) در زمان‌های مختلف (تکرار اول) ۵۱
شکل ۳-۹- منحنی سرعت نفوذ تیمار شاهد (بدون مصرف کود گاوی) در زمان های مختلف (تکرار دوم) ۵۱
شکل ۳-۱۰- منحنی سرعت نفوذ تیمار شاهد (بدون مصرف کود گاوی) در زمان های مختلف (تکرار سوم) ۵۲
شکل ۳-۱۱- منحنی سرعت نفوذ تیمار شاهد (بدون مصرف کود گاوی) در زمان های مختلف (تکرار چهارم) ۵۲
شکل ۳-۱۲- منحنی سرعت نفوذ در تیمار ۳۰ تن در هکتار کود گاوی در زمان های مختلف (تکرار اول) ۵۳
شکل ۳-۱۳- منحنی سرعت نفوذ در تیمار۳۰ تن در هکتار کود گاوی در زمان های مختلف (تکرار دوم) ۵۳
شکل ۳-۱۴- منحنی سرعت نفوذ در تیمار۳۰ تن در هکتار کود گاوی در زمان های مختلف (تکرار سوم) ۵۴
شکل ۳-۱۵- منحنی سرعت نفوذ در تیمار۳۰ تن در هکتار کود گاوی در زمان های مختلف (تکرار چهارم) ۵۴
شکل ۳-۱۶- منحنی سرعت نفوذ در تیمار ۶۰ تن در هکتار کود گاوی در زمان های مختلف (تکرار اول) ۵۵
شکل ۳-۱۸- منحنی سرعت نفوذ در تیمار۶۰ تن در هکتار کود گاوی در زمان های مختلف (تکرار سوم) ۵۶
شکل ۳-۱۹- منحنی سرعت نفوذ در تیمار۶۰ تن در هکتار کود گاوی در زمان های مختلف (تکرار چهارم) ۵۶
شکل ۳-۲۰- اثر زمان بر نفوذ تجمعی نهایی آب در خاک..... ۵۷
شکل ۳-۲۱- منحنی نفوذ تجمعی تیمار شاهد (بدون مصرف کود گاوی) در زمان های مختلف (تکرار اول) ۵۹

شکل ۳-۲۲- منحنی نفوذ تجمعی تیمار شاهد (بدون مصرف کود گاوی) در زمان های مختلف (تکرار دوم) ۵۹
شکل ۳-۲۳- منحنی نفوذ تجمعی تیمار شاهد (بدون مصرف کود گاوی) در زمان های مختلف (تکرار سوم) ۶۰
شکل ۳-۲۴- منحنی نفوذ تجمعی تیمار شاهد (بدون مصرف کود گاوی) در زمان های مختلف (تکرار چهارم) ۶۰
شکل ۳-۲۵- منحنی نفوذ تجمعی تیمار ۳۰ تن در هکتار کود گاوی در زمان های مختلف (تکرار اول) ۶۱
شکل ۳-۲۶- منحنی نفوذ تجمعی تیمار ۳۰ تن در هکتار کود گاوی در زمان های مختلف (تکرار دوم) ۶۱
شکل ۳-۲۷- منحنی نفوذ تجمعی تیمار ۳۰ تن در هکتار کود گاوی در زمان های مختلف (تکرار سوم) ۶۲
شکل ۳-۲۸- منحنی نفوذ تجمعی تیمار ۳۰ تن در هکتار کود گاوی در زمان های مختلف (تکرار چهارم) ۶۲
شکل ۳-۲۹- منحنی نفوذ تجمعی تیمار ۶۰ تن در هکتار کود گاوی در زمان های مختلف (تکرار اول) ۶۳
شکل ۳-۳۰- منحنی نفوذ تیمار ۶۰ تن در هکتار کود گاوی در زمان های مختلف (تکرار دوم) ۶۳
شکل ۳-۳۱- منحنی نفوذ تجمعی تیمار ۶۰ تن در هکتار کود گاوی در زمان های مختلف (تکرار سوم) ۶۴
شکل ۳-۳۲- منحنی نفوذ تجمعی تیمار ۶۰ تن در هکتار کود گاوی در زمان های مختلف (تکرار چهارم) ۶۴
شکل ۳-۳۳- اثر زمان بر ضریب a معادله کوستیاکوف..... ۶۶
شکل ۳-۳۴- اثر زمان بر ضریب b معادله کوستیاکوف..... ۶۷
شکل ۳-۳۵- اثرات متقابل مقادیر مصرفی کود و زمان بر پارامتر عبوردهی پروفیل (A) در مدل فیلیپ..... ۶۸
شکل ۳-۳۶- اثرات متقابل مقادیر مصرفی کود و زمان بر ضریب جذبی (S) در مدل فیلیپ..... ۶۸
شکل ۳-۳۷- مقایسه نفوذ تجمعی و سرعت نفوذ اندازه گیری شده و تخمین زده شده با مدل های نفوذ در تیمار شاهد ۷۱
شکل ۳-۳۸- مقایسه نفوذ تجمعی و سرعت نفوذ اندازه گیری شده و تخمین زده شده با مدل های نفوذ در تیمار ۳۰ تن در هکتار ۷۲
شکل ۳-۳۹- مقایسه نفوذ تجمعی و سرعت نفوذ اندازه گیری شده و تخمین زده شده با مدل های نفوذ در تیمار ۶۰ تن در هکتار ۷۳

فهرست جداول

جدول۲-۱- مقادیر مصرفی کود گاوی به کار رفته در آزمایش..... ۲۶
جدول ۳-۱- برخی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش..... ۳۳
جدول ۳-۲- برخی خصوصیات شیمیایی کود گاوی مورد استفاده..... ۳۳
جدول ۳-۳- تجزیه واریانس (مقادیر F) پارامترهای فیزیکی اندازه گیری شده در آزمایش..... ۳۴
جدول ۳-۴- تجزیه واریانس (مقادیر F) پارامترهای هیدرولیکی اندازه گیری شده در آزمایش..... ۴۵
جدول ۳-۳- تجزیه واریانس (مقادیر F) ضرایب معادلات استفاده شده در آزمایش ۶۵
جدول ۳-۶- نتایج مقایسه مدل های مختلف نفوذ در برآورد نفوذ تجمعی و سرعت نفوذ برای تیمارها و تکرارهای مختلف آزمایش ۷۰

فصل اول

مقدمه و مروری بر تحقیقات گذشته

مقدمه

کاهش تولید محصول عموماً به کاهش حاصلخیزی شیمیایی خاک ربط داده می‌شود. تحقیقات دانشمندان و سیاستمداران نیز به منظور افزایش تولیدات کشاورزی بیشتر بر حاصلخیزی شیمیایی خاک متمرکز شده و اهمیت حاصلخیزی فیزیکی خاک در رشد گیاه کمتر مورد توجه قرار گرفته است. مفهوم حاصلخیزی به فراوانی عناصر غذایی در خاک اشاره می‌کند و محیط فیزیکی خاک از طریق تأثیر بر واکنش‌های بیولوژیکی و شیمیایی بر میزان دسترسی گیاه به عناصر غذایی و رشد بهینه گیاه تأثیر می-گذارد (رسول و همکاران، ۲۰۰۷). استفاده از تکنولوژی‌های نامناسب و نابه‌جا باعث کاهش ماده آلی، تخریب ساختمان[۱] و کاهش کیفیت خاک[۲] می‌شود که این عوامل به نوبه خود بر حرکت آب، هوا و مقدار عناصر غذایی در خاک اثر می‌گذارد که نتیجه نهایی آن کاهش رشد گیاه و محصول است (تجادا و همکاران، ۲۰۰۸). بنابراین ماده آلی نقش مهمی در پایداری خاک‌های کشاورزی و اصلاح خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک دارد (روتنبرگ و همکاران، ۲۰۰۷). این در حالیست که خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک ایران اغلب دارای کمتر از یک درصد ماده آلی (شیرانی و همکاران، ۲۰۰۲)، حساسیت به سله‌بندی[۳] و ساختمان ناپایدار می‌باشند (حاج عباسی و همت، ۲۰۰۰؛ شیرانی و همکاران، ۲۰۰۲). مطالعات محدودی در خصوص تأثیر اصلاح کننده‌های آلی بر خصوصیات فیزیکی خاک و نیز تغییر پذیری زمانی این مواد در ایران انجام پذیرفته است. با وجود اطلاعاتی که درباره تأثیر کودهای حیوانی[۴] و سایر کودهای آلی[۵] بر افزایش راندمان محصول در دسترس می‌باشد کشاورزان منطقه برای تولید محصول بیشتر، به کودهای شیمیایی گرایش پیدا کرده و توجه کمتری به حفظ ماده آلی خاک دارند (شیرانی و همکاران، ۲۰۰۲). کودهای معدنی[۶] به سهولت عناصر غذایی را برای گیاهان تأمین می‌نمایند

[1]- Distruction of structure
[2] - Soil quality
[3] - Crust
[4] - Animal fertilizer
[5] - Organic fertilizer
[6] - Inorganic fertilizer
[7] - Green manure

ولی این کودها تأثیری در اصلاح و بهبود شرایط فیزیکی خاک ندارند. در همین راستا استفاده از اصلاح کننده‌های آلی مانند کمپوست حاصل از ضایعات شهری و کشاورزی، کودهای حیوانی، کود سبز[۷] و لجن فاضلاب‌ها[۸] یک عملیات مدیریتی معمول برای حفظ ماده آلی، اصلاح و بهبود خصوصیات خاک و تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد (تجادا و همکاران، ۲۰۰۸).

تحقیق حاضر بر روی یک زمین بایر با کلاس بافت خاک لوم شنی در لایه سطحی واقع در داخل محوطه دانشگاه محقق اردبیلی و با سه مقدار مصرفی کود گاوی[۹] (صفر، ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار) به عنوان یک ماده اصلاح کننده آلی اجرا گردید. ملاک‌های عمده در انتخاب کود گاوی به عنوان یک اصلاح کننده آلی، سهولت دسترسی و اثر بر بهبود خصوصیات فیزیکی خاک دارای ماده آلی ناچیز و ساختمان ضعیف بود. این تحقیق بر فرضیه‌های زیر بنا نهاده شده بود که بعد از مخلوط شدن خاک مورد آزمایش با اصلاح کننده آلی کود گاوی و نگهداری در شرایط رطوبتی و حرارتی طبیعی به مدت ۹ ماه از طریق افزایش ماده آلی و در نتیجه تأثیر بر خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی خاک شامل خاکدانه-سازی[۱۰]، جرم مخصوص ظاهری[۱۱]، تخلخل کل[۱۲] و هدایت هیدرولیکی[۱۳] باعث افزایش سرعت نفوذ[۱۴] و نفوذ تجمعی[۱۵] خواهد گردید.

۱ - ۱ - اهمیت مواد آلی در خاک

مواد آلی جز تکمیل کننده خاک به شمار می‌رود و تأثیری که روی شرایط فیزیکی خاک دارد، حتی در مقادیر کم بسیار زیاد است. ماده آلی بخشی از خاک است که توسط موجودات زنده تولید شده و در برگیرنده بقایای گیاهی و جانوری در مراحل مختلف تجزیه و همچنین سلول‌های میکروبی و موادی است که توسط جانداران در خاک به وجود می‌آید (رفیع، ۱۳۷۰). مواد آلی در خاک باید به هر نحوی افزایش یابد زیرا کاهش مواد آلی در خاک‌های زراعی با کشاورزی منافات داشته و تولیدات کشاورزی را برای نسل آینده به مخاطره می‌اندازد. تحقیقات نشان می‌دهد کاهش ماده آلی خاک با تخریب خصوصیات فیزیکی خاک از جمله کاهش پایداری خاکدانه‌ها و افزایش شاخص‌های مقاومتی از قبیل

---

1 – Sewage sludge
2 – Cattle manure
3- Aggregation
4 - Bulk density
5 - Total porosity
6 - Hydraulic conductivity
7 - Infiltration rate
8 - Accumulated infiltration

جرم مخصوص ظاهری در ارتباط است. شرایط ساختمانی ضعیف خاک و تخریب خاکدانه‌ها رشد ریشه را محدود کرده و در نتیجه مانع پیشروی ریشه گیاه در خاک، جذب عناصر غذایی و آب می‌شود. حفظ و نگهداری شرایط مطلوب فیزیکی خاک از اصول مهم مدیریت حاصلخیزی خاک به شمار می‌رود (هاتی و همکاران، ۲۰۰۷). بدیهی است افزایش مواد آلی در خاک‌های زراعی آهکی علاوه بر بهبود خصوصیات فیزیکی خاک، باعث ارتقای کیفیت شیمیایی خاک از طریق افزایش حلالیت فسفر و عناصر کم مصرف نیز می‌گردد (ملکوتی، ۱۳۷۵). اثر مواد آلی بر ویژگی‌های فیزیکی خاک بستگی زیادی به سرعت تجزیه، مدت زمان و تناوب استفاده از مواد آلی دارد. عوامل مؤثر در سرعت تجزیه مواد آلی شامل ترکیب شیمیایی این مواد (مقدار کربن، نسبت C/N)، درجه حرارت خاک، رطوبت خاک، طرز اضافه کردن (سطحی یا مخلوط کردن با خاک) و مقدار آن در خاک است (لوگان و همکاران، ۱۹۹۶). همچنین مقدار مواد آلی خاک به دلیل اینکه خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و فرآیندهای خاک را شدیداً تحت تأثیر قرار می‌دهد، یکی از شاخص‌های مهم کیفیت خاک محسوب می‌شود (اسپاسینی و همکاران، ۲۰۰۴). از جمله می‌توان به بهبود و تقویت ساختمان خاک در اثر افزودن مواد آلی مختلف اشاره کرد (صفادوست و همکاران، ۱۳۸۶؛پاگلیای و همکاران، ۱۹۸۱؛بریان، ۱۹۹۲؛ نیامانگارا و همکاران، ۲۰۰۱). مواد آلی باعث ایجاد خاکدانه‌های پایدار در آب (فورر و استافر، ۱۹۸۳)، افزایش قدرت نگهداری رطوبت خاک، کاهش مقدار فرسایش[16] (بهره‌مند و همکاران، ۱۳۸۱)، افزایش نفوذپذیری خاک (کلاپ و همکاران، ۱۹۸۶)، کاهش جرم مخصوص ظاهری و افزایش تخلخل خاک می‌گردند (لوگان و بیلیت، ۱۹۹۸).

۱ -۲ - کودهای حیوانی

کود حیوانی یک منبع بیولوژیکی با ارزش است که دارای مزایای مثبت اکولوژیکی و محیطی است و مصرف اصلی آن به صورت کاربرد زراعی است (فلاح و همکاران، ۱۳۸۸). این کود برخی از ویژگی-های خاک از قبیل ماده آلی، کشت‌پذیری، ظرفیت نگهداری آب، اکسیژن و حاصلخیزی خاک را بهبود می‌بخشد (مورتی و همکاران، ۱۹۹۶؛ باهل و تور، ۲۰۰۲؛ بالاک و همکاران، ۲۰۰۲). کودهای حیوانی دو دسته مهم را تشکیل می‌دهند: دسته اول کودهایی که از فضولات حیوانی بدست می‌آید مانند کودهای

[16] - Erosion

اصطبلی که درصد زیادی از کودهای آلی مصرفی دنیا را تشکیل می‌دهد و اهمیت آن نسبت به سایر کودهای حیوانی آنقدر زیاد است که تقریباً زارعین منظورشان از کودهای حیوانی، کودهای اصطبلی می‌باشد. عوامل مختلف در ترکیب کود دامی مؤثر است که مهمترین آنها عبارتند از (۱) نوع دام (۲) سن و شرایط رشد حیوان (۳) نوع علوفه مصرفی دام (۴) روش نگه‌داری و پوساندن و مصرف کود. دسته دوم کودهایی که از مرده یا قسمتی از بدن حیوانات مانند خون، شاخ، مو و استخوان بدست می‌آیند که از بین آنها دو کود آخر در ایران مصرف زیاد دارند (ملکوتی، ۱۳۷۵). استفاده طولانی مدت از کودهای حیوانی از دو طریق باعث افزایش ماده آلی خاک می‌شود: (۱) اضافه کردن مواد آلی موجود در کود دامی (۲) از طریق افزایش مواد آلی موجود در بقایای محصول، در نتیجه تولید محصول بیشتر در خاک‌هایی که از کود دامی استفاده شده است (والن و چنگ، ۲۰۰۲).

۱ – ۳ – اثرات مواد آلی بر خصوصیات فیزیکی خاک

۱ – ۳ – ۱ – خاکدانه سازی

خاکدانه‌ها نتیجه نوآرایی، هم‌آوری و سیمانی شدن ذرات خاک می‌باشند. عوامل سیمانی کننده ذرات شامل کربن آلی، موجودات زنده (مانند هیف‌های قارچی)، پل‌های یونی، رس‌ها و کربنات‌ها هستند. ماده آلی یک عامل پیوندی مهم در خاکدانه‌سازی بوده و به عنوان یک هسته اصلی در تشکیل خاکدانه نقش دارد (برونیک و لال، ۲۰۰۵). مواد آلی پس از تبدیل به ترکیبات هوموسی، مواد مورد نیاز برای تشکیل و پایداری خاکدانه‌ها[17] را فراهم می‌سازد (رفیع، ۱۳۷۰؛ پاگلیای و همکاران، ۱۹۸۱). ساختمان خاک[18] یکی از مهمترین خصوصیات فیزیکی می‌باشد زیرا بر حرکت آب و نگهداشت آن، تشکیل سله، رواناب[19] و فرسایش، آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی، انتشار CO_2، چرخه عناصر غذایی، نفوذ ریشه و عملکرد محصول تأثیر می‌گذارد (برونیک و لال، ۲۰۰۵).

نیامانگارا و همکاران (۲۰۰۱) در مطالعه‌ای سه ساله به منظور بررسی تأثیر کود گاوی در پایداری ساختمان خاک و ظرفیت نگهداری آب یک خاک شن لومی، مقادیر ۳۷/۵ و ۱۲/۵ تن در هکتار کود گاوی را به ترتیب در سال اول آزمایش و هر ۳ سال به کار بردند. این محققان دریافتند که کاربرد کود

1- Aggregate stability
2- Soil structure
19- Runoff

گاوی در دو سطح ۳۷/۵ و ۱۲/۵ تن در هکتار به ترتیب باعث افزایش ۳۸ و ۱۰ درصدی کربن آلی خاک گردید. کربن آلی خاک فقط با کاربرد کود گاوی در سال اول به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت. نتایج آزمایش همچنین پایداری بیشتر خاکدانه‌ها را در نمونه‌های تیمار شده با کود گاوی در برابر نمونه شاهد نشان داد. بطوریکه میانگین وزنی قطر[۲۰] (MWD) خاکدانه‌ها در نمونه‌های تیمار شده با کود گاوی، بیشتر از نمونه شاهد بدست آمد. میانگین وزنی قطر (MWD) خاکدانه‌ها با کاربرد هر سال کود گاوی افزایش بیشتری نسبت به کاربرد آن در سال اول نشان داد. همچنین ظرفیت آب سهل‌الوصول خاک در تیمارهای کود گاوی نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری داشت در حالیکه آب قابل استفاده افزایش معنی‌داری نشان نداد.

فورر و استافر (۱۹۸۳) گزارش کردند که با اضافه کردن لجن فاضلاب به مدت چهار سال در مجموع به میزان ۶۱ تن در هکتار به یک خاک رسی، خاکدانه‌های پایدار در آب ۲ درصد افزایش یافت. به دلیل اینکه خاک مذکور زیر کشت مخلوط شبدر و علوفه بوده و از ابتدا مقدار خاکدانه‌های پایدار در آب زیادی داشت لذا نوع محصول و دوره تناوب در کاشت، اثر لجن فاضلاب را بر پایداری خاکدانه‌ها تعدیل نمود.

مارتنز و فرانکن برگ (۱۹۹۲) گزارش کردند که با افزودن لجن فاضلاب به یک خاک لومی در قطعات آزمایشی با تناوب پنج ساله ذرت، لوبیا و جو، پایداری خاکدانه‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافت.

ملیک و همکاران (۲۰۱۰) در یک مطالعه ۲ ساله اثرات کود دامی مایع با مقادیر۰، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ متر مکعب در هکتار را در عمق ۲۰ – ۰ سانتی‌متری بر روی خصوصیات یک خاک لوم رسی شنی از منطقه نیمه‌گرمسیری بررسی نمودند. نتایج نشان داد که استفاده از کود دامی باعث افزایش کربن آلی خاک در مقایسه با تیمار شاهد شد بطوریکه در همه سطوح کود دامی، مقدار کربن آلی در مقایسه با تیمار شاهد به طور معنی‌داری افزایش یافت. همچنین این محققان گزارش کردند که در دو عمق ۵ – ۰ و ۱۰ – ۵ سانتی‌متری، هدایت هیدرولیکی اشباع و میانگین وزنی قطر (MWD) خاکدانه‌ها در تمامی مقادیر مصرفی کود مایع در مقایسه با تیمار شاهد به طور معنی‌داری افزایش یافت. بیشترین افزایش میانگین وزنی قطر (MWD) خاکدانه‌ها نیز در هر دو عمق در تیمار ۱۸۰ متر مکعب کود در هکتار مشاهده شد.

[20] - Mean Weight Diameter

بویل و همکاران (۱۹۸۹) در یک تحقیق به این نتیجه رسیدند که افزایش مواد آلی از قبیل کودهای حیوانی و باقیمانده‌های گیاهی موجب پایداری خاکدانه‌ها و تشکیل خاکدانه‌های مناسب‌تر (کروی شکل) در خاک‌های تیمار شده با این مواد گردید.

اصغری (۱۳۹۰) در یک آزمایش گلخانه‌ای اثر مصرف لجن فاضلاب را در پنج سطح (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ تن در هکتار) بر یک خاک لوم به مدت شش ماه بررسی کرد. نتایج نشان داد که اضافه نمودن لجن فاضلاب، کربن آلی خاک را در مقایسه با تیمار شاهد به طور معنی‌داری افزایش داد و با افزایش مقدار لجن مصرفی کربن آلی خاک نیز افزایش یافت. ازطرفی بین مقدار کربن آلی در سطوح مختلف اختلاف معنی‌داری وجود داشت و بیشترین افزایش در مقدار کربن آلی در تیمار ۱۰۰ تن در هکتار لجن فاضلاب مشاهده شد. نتایج همچنین نشان داد که میانگین وزنی قطر (MWD) خاکدانه‌ها در تیمارهای لجن فاضلاب در مقایسه با تیمار شاهد تغییر معنی‌داری نداشت وی دلیل این امر را مقدار کم لجن مصرفی و همچنین کوتاه بودن دوره آزمایش بیان کرد.

فرراس و همکاران (۲۰۰۶) در یک تحقیق مزرعه‌ای اثر سه نوع اصلاح کننده آلی شامل ورمی-کمپوست[۲۱] حاصل از ضایعات خانگی، ورمی‌کمپوست حاصل از کود اسبی و خرگوش و کود مرغی را به مقادیر ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار در یک خاک رسی سیلتی بررسی کردند. نتایج آزمایش نشان داد که خاکدانه‌های پایدار در آب در تمامی تیمارها در سطح ۲۰ تن در هکتار نسبت به شاهد افزایش یافت.

نتایج حاصل از تحقیق مزرعه‌ای صفادوست و همکاران (۱۳۸۶) نشان داد که بکارگیری کود گاوی کاملاً پوسیده در دو سطح ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار در یک خاک لوم شنی زیر کشت ذرت، پایداری خاکدانه‌ها را افزایش داد بطوریکه میانگین وزنی قطر (MWD) خاکدانه‌ها در هر دو سطح ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری نشان داد. ازطرفی میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) در تیمار ۶۰ تن در هکتار به طور معنی‌داری بیشتر از تیمار ۳۰ تن در هکتار بدست آمد.

بهره‌مند و همکاران (۱۳۸۱) در یک پژوهش اثر مصرف لجن فاضلاب را در چهار سطح صفر، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ تن در هکتار بر خصوصیات فیزیکی خاک لوم رسی سیلتی که تا عمق ۲۰ سانتی‌متری مخلوط شده بود بررسی کردند. نتایج نشان داد که افزودن لجن فاضلاب در خاک باعث افزایش معنی‌دار پایداری خاکدانه‌ها (روش الک تر[۲۲]) گردید.

1- Vermicompost
2- Wet Sieving

آسفا و همکاران (۲۰۰۴) اثرات کود گاوی را در مقادیر ۷/۶، ۱۵/۲ و ۳۰/۴ تن در هکتار به صورت پخش در سطح خاک و کود مایع گراز را با مقادیر ۳۷/۵، ۷۵/۱ و ۱۵۰/۲ متر مکعب در هکتار به صورت تزریق در عمق ۱۰ سانتی‌متری خاک بر روی خصوصیات فیزیکی دو خاک لوم شنی و لومی به مدت ۴ سال در شرایط مزرعه مطالعه کردند. نتایج نشان داد که در خاک لوم شنی، در سطوح ۱۵/۲ تن در هکتار کود گاوی و ۷۵/۱ متر مکعب در هکتار کود گراز، جرم مخصوص ظاهری در مقایسه با تیمار شاهد به طور معنی‌داری کاهش یافت. همچنین این محققان مشاهده کردند که میانگین وزنی قطر (MWD) خاکدانه‌ها در تیمارهای ۱۵/۲ تن در هکتار کود گاوی و ۱۵۰/۲ متر مکعب در هکتار کود گراز در مقایسه با شاهد کاهش یافت. آنها دلیل کاهش میانگین وزنی قطر (MWD) خاکدانه‌ها را در این دو تیمار در مقایسه با شاهد، پراکنش تعدادی از خاکدانه‌ها در نتیجه افزایش سدیم از طریق کود به خاک بیان کردند. همچنین آنها مشاهده کردند که در خاک لومی هیچ کدام از دو تیمار کودی تأثیر معنی‌داری بر جرم مخصوص ظاهری، میانگین وزنی قطر (MWD) خاکدانه‌ها و نفوذ تجمعی آب در خاک نداشتند.

بلانکو – کانکیو و لال (۲۰۰۷) در مطالعه‌ای ۱۰ ساله اثرات مالچ کاه و کلش گندم را در سه سطح صفر، ۸ و ۱۶ تن در هکتار بر خصوصیات یک خاک لوم سیلتی بررسی کردند. نتایج نشان داد که افزودن مالچ[۲۳] باعث افزایش معنی‌دار کربن آلی و میانگین وزنی قطر (MWD) خاکدانه‌ها در مقایسه با شاهد شد. مالچ همچنین باعث افزایش معنی‌دار درصد خاکدانه‌های درشت (۵ mm <) و کاهش درصد خاکدانه‌های کوچک (۰/۲۵ mm>) شد. آنها همچنین مشاهده نمودند که جرم مخصوص ظاهری و حقیقی خاک در هر دو تیمار مالچ در مقایسه با شاهد به صورت معنی‌داری کاهش یافت بطوریکه به ترتیب کاهش ۵۷ و ۱۵ درصدی در جرم مخصوص ظاهری و حقیقی خاک در بالاترین مقدار مالچ در مقایسه با شاهد دیده شد.

ماتریچرا (۲۰۰۹) در یک آزمایش مزرعه‌ای اثرات مالچ گیاهی و کود گاوی را به ترتیب در مقادیر ۳ و ۵ تن در هکتار در عمق ۰ تا ۱۵ سانتی‌متری یک خاک لوم از منطقه نیمه خشک به مدت دو فصل زراعی متوالی بررسی نمود. نتایج این محقق نشان داد که میانگین وزنی قطر (MWD) خاکدانه‌ها و ظرفیت نگهداری آب خاک در هر دو تیمار در مقایسه با شاهد به صورت معنی‌داری افزایش یافت. همچنین

1- Mulch

مقدار این دو پارامتر در تیمار مالچ گیاهی بیشتر از تیمار کود گاوی بدست آمد. وی همچنین دریافت که جرم مخصوص ظاهری در هر دو تیمار در مقایسه با تیمار شاهد به صورت معنی‌داری کاهش یافت.

۱ – ۳ – ۲ – تخلخل و توزیع اندازه منافذ خاک

تخلخل حجمی از خاک است که به وسیله فضاهای خالی اشغال شده و با جرم مخصوص ظاهری خاک نسبت عکس دارد. تخلخل و جرم مخصوص ظاهری به عنوان شاخصی برای خواص فیزیکی دیگر خاک مثل تراکم، نفوذ آب، هوا و ریشه در خاک بکار می‌رود. یکی دیگر از خصوصیات خاک توزیع اندازه منافذ در خاک می‌باشد. منافذ کوچکتر از ۵۰ میکرومتر را منافذ ذخیره‌ای[۲۴] می‌گویند. منافذ بزرگتر از ۵۰ میکرومتر، در نقطه ظرفیت مزرعه[۲۵]، زهکشی می‌شوند. منافذ ذخیره‌ای به عنوان منبع نگه-داری آب و مواد غذایی برای گیاهان و میکروب‌ها هستند (گرین لند، ۱۹۷۷). منافذ با قطر بین ۵۰ تا ۵۰۰ میکرومتر را منافذ انتقالی[۲۶] می‌گویند این منافذ برای حرکت آب و نفوذ ریشه در خاک لازم هستند. بیشتر ریشه‌ها برای رشد به منافذ با قطر ۱۰۰ تا ۲۰۰ میکرون نیاز دارند (پاگلیای و همکاران، ۱۹۸۳).

عمدتاً منافذ درشت (بزرگتر از ۱۵ میکرون) تحت تأثیر عوامل مدیریتی مثل افزودن اصلاح کننده‌های آلی به خاک، خاکورزی و آبیاری قرار می‌گیرند و این منافذ از نظر وقوع جریان‌های ترجیحی آب و املاح در خاک و در نتیجه اتلاف آب و عناصر غذایی از طریق نفوذ عمقی از عمق خاک‌های زراعی حائز اهمیت هستند (واریک، ۲۰۰۲). پاگلیای و همکاران (۱۹۸۱) گزارش کردند که با افزودن لجن فاضلاب در مقادیر ۵۰ و ۱۵۰ تن در هکتار طی دو سال متوالی به خاک لوم شنی، تخلخل کل، منافذ درشت یا غیر مؤئینه افزایش یافت و این افزایش در خاک‌های با بافت متفاوت و سطوح مختلف تا ۱۲ ماه پس از اضافه کردن لجن دیده شد. همچنین افزایش تخلخل در طول فصل زراعی پس از اضافه کردن لجن به خاک بسیار مشهود بود ولی پس از ماه‌های زمستان کاهش یافت، در هر صورت مقدار آن از تیمار شاهد بیشتر بود .

1 -Storage pores
2- Field capacity
3- Transmission pores

هامریگهاسن (۱۹۸۶) با آزمایشاتی که انجام داد به این نتیجه رسید که مصرف ۵۰ تن در هکتار کود کمپوست کافی نیست و نمی‌تواند تغییر زیادی در خواص فیزیکی خاک نظیر تخلخل، ظرفیت نگه‌داری آب، تهویه و انتقال گرما بدهد (به نقل از چن و آونیملچ، ۱۹۸۶).

هیلل (۱۹۸۲) گزارش کرد که تخلخل کل خاک به طور معمول بین ۳۰ تا ۶۰ درصد بوده و تخلخل خاک با افزودن لجن تا سطح ۳۰ تن در هکتار، کاهش یافت ولی با افزودن مقدار بیشتر لجن افزایش یافت بطوریکه با اضافه کردن ۳۰۰ تن در هکتار لجن به خاک تخلخل خاک ۸/۵ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت (به نقل از بیلیت و لوگان، ۱۹۹۸).

ویبر و همکاران (۲۰۰۷) با بررسی سه ساله اثرات استفاده از کمپوست ضایعات جامد شهری در مقادیر ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ تن در هکتار در یک خاک شنی مشاهده کردند که در تیمارهای ۶۰ و ۱۲۰ تن در هکتار کمپوست مصرفی، کربن آلی خاک و تخلخل کل یک ماه بعد از افزودن کمپوست به طور معنی-داری افزایش یافت در حالیکه در سال‌های دوم و سوم انجام آزمایش مقدار آن‌ها در مقایسه با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نشان نداد.

اوبی و ابو (۱۹۹۵) در یک آزمایش مزرعه‌ای مشاهده کردند که افزودن ۱۰ تن در هکتار کود مرغی به یک خاک ریز بافت شدیداً تخریب یافته و التی سول واقع در نیجریه، طی دو فصل زراعی کشت ذرت، باعث کاهش معنی‌دار جرم مخصوص ظاهری ($P < ۰/۰۵$) و افزایش معنی‌دار ماده آلی، تخلخل کل، نفوذ آب به خاک و هدایت هیدرولیکی گردید. همچنین ظرفیت نگهداری در مکش‌های ۰/۱ و ۰/۳ بار و آب قابل استفاده گیاه به علت کاهش جرم مخصوص ظاهری و یا افزایش تخلخل کل، به طور معنی‌داری ($P <۰/۰۵$) افزایش یافت.

آذرمی و همکاران (۲۰۰۸) تأثیر ورمی‌کمپوست را بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بررسی کردند. آزمایشات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. مقادیر مختلفی از ورمی‌کمپوست (صفر، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار) تا عمق ۱۵ سانتی‌متری بالای خاک مخلوط شد. سه ماه بعد از کاربرد ورمی‌کمپوست، نمونه‌برداری‌ها از عمق ۱۵ – ۰ سانتی‌متری خاک انجام شد. نتایج نشان داد افزودن ورمی‌کمپوست به میزان ۱۵ تن در هکتار به طور معنی‌داری مقدار کربن آلی خاک را افزایش داد. همچنین ویژگی‌های فیزیکی مانند جرم مخصوص ظاهری و تخلخل در خاک با افزایش ورمی‌کمپوست به ترتیب کاهش و افزایش یافت.