۱۳۸۶/۱۲/۲۵

۹۳۵۲٤

دانشگاه بوعلی سینا

دانشکده کشاورزی

گروه خاک‌شناسی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته خاک‌شناسی

عنوان:

ارزیابی برخی روش‌های اندازه‌گیری پایداری ساختمان خاک و اصلاح آنها برای خاک‌های همدان

استاد راهنما

دکتر محمدرضا مصدقی

استاد مشاور

دکتر علی‌اکبر محبوبی

۱۳۸۶/۱۲/۲۵

پژوهشگر:

علی خزائی

بهار ۱۳۸۶

۹۲۵۶۴

دانشگاه بوعلی سینا

دانشکده کشاورزی

با نام و یاری خداوند متعال

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته خاکشناسی

آقای علی خزائی

تحت عنوان

" ارزیابی برخی روش های اندازه گیری پایداری ساختمان خاک و اصلاح آنها برای خاک‌های همدان "

به ارزش **۶ واحد** در روز **چهار شنبه** مورخ **۸۶/۳/۲۳** و در محل دانشکده کشاورزی با حضور جمعی از اساتید و دانشجویان برگزار گردید و با نمره ۱۸.۹۱ و درجه عالی به تصویب کمیته تخصصی زیر رسید.

۱- استاد راهنما	دکتر محمدرضا مصدقی	امضاء
۲- استاد مشاور	دکتر علی اکبر محبوبی	امضاء
۳- اساتید داور	دکتر علی‌رضا حسین پور	امضاء
	دکتر علی اکبر صفری سنجانی	امضاء
	دکتر محسن جلالی	امضاء
۴- مدیر گروه	دکتر محمدرضا مصدقی	امضاء
۵- سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکتر فرشاد دشتی	امضاء

تقدیم به پدر و مادرم
برای همه زحماتشان

پیشکش به همسرم
به خاطر صبوریش

چکیده

ساختمان خاک یکی از مفاهیم بسیار مهم در فیزیک خاک بوده و به طور مستقیم و غیرمستقیم بر بسیاری از ویژگی‌های فیزیکی خاک از جمله نگهداری آب در خاک، هدایت هیدرولیکی، تهویه و دمای خاک مؤثر است. همچنین ساختمان خاک با تأثیر بر مقاومت مکانیکی خاک و انتشار عناصر غذائی، بر رشد گیاه و تولید محصول اثر می‌گذارد. دو گروه عمده عوامل بر پایداری خاکدانه‌ها تأثیر می‌گذارند: فاکتورهای داخلی یا ویژگی‌های ذاتی خاک و فاکتورهای خارجی. بافت، ماده‌آلی و کربنات کلسیم خاک از جمله عوامل گروه اول هستند که در این پژوهش اثر آنها بر پایداری خاکدانه‌های برخی از خاک‌های استان همدان (۲۱ سری خاک) با استفاده از روش‌های الک تر، الک خشک و اندازه‌گیری مقاومت کششی بررسی شد. همچنین اثر شرایط آزمایش و پیش-تیمارهای مرطوب نمودن خاک مورد مطالعه قرار گرفت. از شاخص‌های مختلف برای بیان پایداری ساختمان خاک استفاده شد. توزیع اندازه خاکدانه‌ها، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD)، میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها (GMD)، شاخص پراکنش نسبی خاکدانه‌ها (RSI)، درصد تخریب خاکدانه‌ها (PAD)، درصد خاکدانه‌های درشت پایدار (بزرگتر از ۰/۲۵ میلی‌متر)، درصد خاکدانه‌های ریز پایدار (۰/۲۵ — ۰/۰۵ میلی‌متر)، چند شاخص ناپایداری، شاخص پایداری دولینهیر و دوبوت، درصد خاکدانه‌های پایدار بزرگتر از ۰/۲۵ میلی‌متر در برابر زمان الک کردن، مقدار رس قابل انتشار (MDC)، مقاومت کششی (Y) و تردی (F) خاکدانه‌ها از جمله این شاخص‌ها بودند. سه زمان متفاوت ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه الک‌کردن خاکدانه‌ها در آب در روش الک تر به منظور اعمال تنش‌های هیدرومکانیکی در نظر گرفته شد. همچنین از دو شیوه مرطوب کردن سریع و آهسته (تا مکش‌های ماتریک ۳۰ و ۲۰۰kPa) خاکدانه‌ها استفاده شد. مقاومت کششی خاکدانه‌ها در دو شرایط رطوبتی هوا-خشک و مکش ماتریک ۵۰۰kPa اندازه‌گیری شد. زمان‌های کوتاه الک کردن خاکدانه‌ها، برای تشخیص تفاوت پایداری ساختمانی ناشی از ویژگی‌های ذاتی خاک‌های مورد بررسی مناسب‌تر بود. در بین ویژگی‌های مؤثر بر پایداری ساختمان خاک، بیشترین نقش مربوط به ماده آلی بود. پس از ماده آلی، رس و کربنات کلسیم مهم‌ترین ویژگی‌های ذاتی مؤثر بر پایداری ساختمان خاک بودند. برای اکثر شاخص‌های مورد بررسی، با افزایش زمان تکان دادن الک‌ها در آب، نقش رس در پایداری خاکدانه‌ها افزایش و نقش ماده آلی و کربنات کلسیم کاهش یافت. مرطوب کردن سریع به دلیل داشتن انرژی تخریبی بالا، حبس ناگهانی هوا در منافذ وآماس غیرهمگن و سریع خاک منجر به پراکنش بیشتر خاکدانه‌ها شد. در حالی که مرطوب کردن آهسته انرژی تخریبی کمتری داشت و امکان تفکیک خاک‌های ناپایدار را بهتر از روش مرطوب کردن سریع فراهم کرد. از سه ویژگی ذاتی، اثرگذاری ماده آلی بر مقاومت کششی خاکدانه‌ها به مراتب بیشتر از دو ویژگی دیگر بود. بالاترین ضریب تبیین (R^2) برای رابطه بین Y خاکدانه‌ها و ویژگی‌های ذاتی خاک‌های مورد بررسی در مکش ماتریک ۵۰۰kPa حاصل شد. از میان شاخص‌های مورد بررسی، شاخص‌های MWD، GMD، PAD، MDC و Y از مقدار R^2 بالاتری در مقایسه با سایر شاخص‌ها برخوردار بودند. این شاخص‌ها بهتر توانستند پایداری خاکدانه‌ها را با توجه به ویژگی‌های ذاتی خاک‌های مورد بررسی برآورد کنند. در مورد شاخص‌هایی که پایداری خاکدانه‌های ریز را در نظر می‌گیرند (مانند درصد خاکدانه‌های ریز پایدار)، شیوه مرطوب کردن سریع R^2 بالاتری نسبت به شیوه مرطوب کردن آهسته، با ویژگی‌های ذاتی مورد بررسی داشت. در حالی که در مورد شاخص‌هایی که پایداری خاکدانه‌های درشت را ارزیابی کردند (مانند PAD و درصد خاکدانه‌های درشت پایدار)، شیوه مرطوب کردن آهسته خاکدانه‌ها R^2 بالاتری نسبت به شیوه مرطوب کردن سریع، با ویژگی‌های ذاتی مورد بررسی داشت. در مورد دو شاخص درصد خاکدانه‌های درشت و ریز پایدار، زمان‌های طولانی‌تر الک کردن و در مورد سایر شاخص‌ها زمان‌های کوتاه الک کردن، پایداری خاکدانه‌ها را بهتر ارزیابی کرد. یافته‌های این پژوهش نشان داد که مقدار ماده آلی و رس خاک مهمترین نقش را در ارزیابی پایداری ساختمان خاک‌های مورد بررسی دارند. به دلیل پایداری ساختمانی ضعیف خاک‌های مورد بررسی، اکثراً زمان‌های کوتاه الک کردن بهترین زمان برای الک کردن خاکدانه‌ها جهت ارزیابی پایداری ساختمان خاک می‌باشد. البته انتخاب بهترین شرایط و پیش-تیمارهای آزمایش ارزیابی پایداری ساختمان خاک بستگی به اهداف و دامنه اندازه خاکدانه‌های مورد بررسی دارد. جهت پژوهش‌های پایداری ساختمان در خاک‌های منطقه، برای اندازه‌گیری پایداری خاکدانه‌های ریز شیوه مرطوب کردن سریع و زمان‌های طولانی الک کردن مناسب به نظر می‌رسد؛ در حالی که برای ارزیابی پایداری خاکدانه‌های درشت بهتر است از زمان‌های کوتاه الک کردن و شیوه مرطوب کردن آهسته استفاده شود. توصیه می‌شود جهت اندازه‌گیری مقاومت مکانیکی خاک (مقاومت کششی) از رطوبت‌های بیشتر از رطوبت هوا-خشک استفاده شود. نتایج حاصله نشان داد که برخی از شاخص‌های مورد بررسی که کمتر از آنها استفاده می‌شود، با ویژگی‌های خاک‌های استان همدان بسیار سازگارند. توصیه می‌شود جهت پژوهش‌های پایداری ساختمان خاک در استان همدان از شاخص‌های MWD، GMD، PAD، MDC و Y استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: پایداری ساختمان خاک، ویژگی‌های ذاتی خاک، روش الک تر، شیوه مرطوب کردن

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

مقدمه ۱

فصل اول: بررسی منابع

۱-۱- ساختمان خاک و اهمیت آن ۴
۱-۱-۱- چگونگی تشکیل ساختمان خاک ۷
۱-۱-۲- نظریه‌های تشکیل ساختمان خاک ۱۱
الف) نظریه راسل ۱۱
ب) نظریه اتصال کلسیم ۱۲
ج) نظریه امرسون ۱۳
د) نظریه ادَواردز و برمنر ۱۴
ه) نظریه تیسدال و اودز ۱۵
و) نظریه هاداس ۱۶
ز) نظریه دکستر ۱۶
۱-۲- پایداری ساختمان خاک و اهمیت آن ۱۷
۱-۳- روش‌های ارزیابی پایداری ساختمان خاک ۱۹
۱-۳-۱- روش الک خشک ۲۱
۱-۳-۲- روش الک تر ۲۲
۱-۳-۳- روش اندازه‌گیری مقاومت کششی خاکدانه‌ها ۲۴
۱-۳-۴- روش اندازه‌گیری رس قابل انتشار ۲۶
۱-۳-۵- سایر روش‌های اندازه‌گیری پایداری ساختمان خاک ۲۷
۱-۴- عوامل مؤثر بر پایداری ساختمان خاک ۳۰
۱-۴-۱- ویژگی‌های ذاتی خاک ۳۱
الف) ماده آلی خاک ۳۱
ب) رس خاک ۳۴
ج) کربنات کلسیم خاک ۳۸
د) اکسیدهای آهن و آلومینیوم ۴۱
ه) ویژگی‌های محلول خاک ۴۲
۱-۴-۲- فاکتورهای خارجی ۴۳
الف) آب و هوا (اقلیم) ۴۳
ب) عوامل بیولوژیک ۴۴
ج) مدیریت زراعی ۴۴
۱-۵- اثر شرایط آزمایش‌های تعیین پایداری ساختمان خاک ۴۶
۱-۵-۱- روش‌های مرطوب کردن خاک قبل از انجام آزمایش‌های پایداری ساختمان خاک ۴۶
۱-۵-۲- شرایط رطوبتی خاک قبل از انجام آزمایش‌های پایداری ساختمان خاک ۴۸
۱-۵-۳- مدت زمان و شدت الک کردن در آزمایش الک تر ۴۹
۱-۵-۴- اعمال نیروهای تخریبی متفاوت ۵۱
۱-۵-۵- شرایط مزرعه‌ای هنگام جمع‌آوری نمونه‌های خاک ۵۱
۱-۵-۶- اندازه خاکدانه‌ها ۵۲
۱-۶- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ۵۲

فهرست مطالب

عنوان — صفحه

فصل دوم: مواد و روش‌ها

۲-۱- ویژگی‌های منطقه و خاک‌های مورد بررسی ۵۴
۲-۲- نمونه‌برداری خاک ۵۶
۲-۳- اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک ۵۶
۲-۳-۱- توزیع اندازه ذرات اولیه و بافت خاک ۵۶
۲-۳-۲- ماده آلی ۵۷
۲-۳-۳- کربنات کلسیم ۵۷
۲-۳-۴- رطوبت هوا-خشک ۵۷
۲-۳-۵- رسانایی الکتریکی و واکنش خاک ۵۸
۲-۴- اندازه‌گیری پایداری ساختمان خاک ۵۸
۲-۴-۱- روش الک خشک ۵۸
۲-۴-۲- روش الک تر ۵۹
الف) پیش-تیمار مرطوب کردن سریع خاک ۶۰
ب) پیش-تیمار مرطوب کردن آهسته خاک ۶۱
۲-۴-۳- تعیین رس قابل انتشار مکانیکی ۶۲
۲-۴-۴- روش اندازه‌گیری مقاومت کششی خاکدانه ۶۲
۲-۵- شاخص‌های ارزیابی پایداری ساختمان خاک ۶۴
۲-۵-۱- توزیع اندازه خاکدانه‌ها ۶۵
۲-۵-۲- میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) ۶۵
۲-۵-۳- تفاوت میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (ΔMWD) ۶۶
۲-۵-۴- میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها (GMD) ۶۷
۲-۵-۵- شاخص وارفتگی نسبی (RSI) ۶۷
۲-۵-۶- درصد تخریب خاکدانه‌ها (PAD) ۶۷
۲-۵-۷- درصد خاکدانه‌های درشت پایدار (بزرگتر از ۰/۲۵ میلی‌متر) ۶۸
۲-۵-۸- درصد خاکدانه‌های ریز پایدار (۰/۲۵-۰/۰۵ میلی‌متر) ۶۸
۲-۵-۹- شاخص پایداری دولینهیر- دوبوت ۶۷
۲-۵-۱۰- رابطه لگاریتمی وزن خاکدانه‌های باقی‌مانده روی یک الک با زمان ۶۹
۲-۵-۱۱- درصد رس قابل انتشار ۶۹
۲-۵-۱۲- مقاومت کششی ۶۹
۲-۵-۱۲- تردی ۷۰
۲-۶- تجزیه و تحلیل داده‌ها ۷۰

فصل سوم: نتایج و بحث

۳-۱- نتایج روش‌های الک خشک و تر ۷۳
۳-۱-۱- توزیع اندازه خاکدانه‌ها ۷۳
۳-۱-۲- میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها ۷۹
الف) اثر ویژگی‌های ذاتی خاک ۷۹
ب) اثر روش مرطوب کردن و مقدار رطوبت خاک ۸۶
ج) اثر زمان الک کردن ۸۷

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

۳-۱-۳- میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها ۹۰
الف) اثر ویژگی‌های ذاتی خاک ۹۰
ب) اثر روش مرطوب کردن و مقدار رطوبت خاک ۹۱
ج) اثر زمان الک کردن ۹۲
۳-۱-۴- رابطه بین MWD و GMD ۹۳
۳-۱-۵- شاخص پراکنش نسبی ۹۶
الف) اثر ویژگی‌های ذاتی خاک ۹۶
ب) اثر روش مرطوب کردن ۹۸
ج) اثر زمان الک کردن ۹۸
۳-۱-۶- درصد تخریب خاکدانه‌ها ۹۹
الف) اثر ویژگی‌های ذاتی خاک ۹۹
ب) اثر روش مرطوب کردن و مقدار رطوبت خاک ۱۰۲
ج) اثر زمان الک کردن ۱۰۲
۳-۱-۷- درصد خاکدانه‌های درشت پایدار در آب (بزرگتر از ۰/۲۵ میلی‌متر) ۱۰۳
الف) اثر ویژگی‌های ذاتی خاک ۱۰۳
ب) اثر روش مرطوب کردن و مقدار رطوبت خاک ۱۰۴
ج) اثر زمان الک کردن ۱۰۴
۳-۱-۸- درصد خاکدانه‌های ریز پایدار (۰/۲۵ – ۰/۰۵ میلی‌متر) ۱۰۵
الف) اثر ویژگی‌های ذاتی خاک ۱۰۵
ب) اثر روش مرطوب کردن و مقدار رطوبت خاک ۱۰۶
ج) اثر زمان الک کردن ۱۰۷
۳-۱-۹- شاخص پایداری دولینهیر و دوبوت ۱۰۷
الف) اثر ویژگی‌های ذاتی خاک ۱۰۷
۳-۱-۱۰- شاخص‌های ناپایداری ۱۰۸
۳-۱-۱۱- درصد خاکدانه‌های باقی‌مانده روی الک ۰/۲۵ mm در برابر زمان الک کردن ۱۰۹
۳-۲- مقدار رس قابل پراکنش ۱۱۱
الف) اثر ویژگی‌های ذاتی خاک ۱۱۱
۳-۳- نتایج آزمایش‌های مقاومت کششی خاکدانه‌ها ۱۱۲
۳-۳-۱- مقاومت کششی خاکدانه‌ها ۱۱۳
الف) اثر ویژگی‌های ذاتی خاک ۱۱۴
ب) اثر مقدار رطوبت نمونه‌ها ۱۱۶
۳-۳-۲- شاخص تردی ۱۱۷
الف) اثر ویژگی‌های ذاتی خاک ۱۱۷
ب) اثر مقدار رطوبت نمونه‌ها ۱۱۸
۳-۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۱۱۹
فهرست منابع ۱۲۰
چکیده انگلیسی

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱- شمایی از ذرات تشکیل دهنده خاکدانه ۶
شکل ۱-۲- تأثیر دوره‌های تر و خشک شدن متوالی بر تشکیل خاکدانه‌های پایدار بزرگتر از ۰/۲۵ میلی‌متر ۹
شکل ۱-۳- نقش دوره‌های تر و خشک شدن در تشکیل خاکدانه‌ها از ذرات اولیه خاک ۱۰
شکل ۱-۴- هم‌آوری ذرات رس به وسیله پیوندهای یونی، پلی‌مرهای آلی و کاتیون‌های چندظرفیتی ۱۱
شکل ۱-۵- شمایی از نظریه راسل در تشکیل خاکدانه‌ها ۱۲
شکل ۱-۶- اتصال ذرات رس و کلسیم ۱۳
شکل ۱-۷- نحوه آرایش ذرات کوارتز، دمین‌ها و مواد آلی در خاکدانه‌ها ۱۴
شکل ۱-۸- نمایی از چگونگی اتصال ذرات بر اساس نظریه ادواردز و برمنر ۱۵
شکل ۱-۹- نمایی از نظریه دکستر در تشکیل خاکدانه‌ها ۱۷
شکل ۱-۱۰- شمایی از روش امرسون برای ارزیابی پایداری ساختمان خاک ۲۷
شکل ۱-۱۱- رابطه بین درصد خاکدانه‌های پایدار و مقدار کربن آلی افزوده شده به خاک ۳۲
شکل ۱-۱۲- اثر کربن آلی خاک (SOC) بر میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها ۳۳
شکل ۱-۱۳- رابطه بین مقدار رس و کربن آلی در ارتباط با ذرات رس برای دو خاک مختلف ۳۵
شکل ۱-۱۴- رابطه بین درصد خاکدانه‌های پایدار و مقدار رس دو خاک ۳۵
شکل ۱-۱۵- رابطه بین مقاومت کششی خاکدانه‌ها و مقدار رس خاک ۳۷
شکل ۱-۱۶- اثر مقدار رس خاک بر مقاومت کششی خاکدانه‌ها ۳۷
شکل ۱-۱۷- رابطه بین درصد خاکدانه‌های پایدار و مقدار کل کربن آلی ۳۸
شکل ۲-۱- نحوه قرارگرفتن سری الک‌ها در آب ۵۹
شکل ۲-۲- شمایی از شرایط و پیش-تیمارهای روش الک تر ۶۰
شکل ۲-۳- پل آبی برای انتقال آب به ظرف دارای خاکدانه‌ها ۶۰
شکل ۲-۴- شمایی از نحوه بارگذاری توسط دستگاه تک محوری ۶۳
شکل ۳-۱: توزیع اندازه خاکدانه‌ها در روش مرطوب کردن سریع برای دو خاک پایدار وناپایدار ۷۳
شکل ۳-۲: توزیع اندازه خاکدانه‌ها در روش الک خشک برای دو خاک پایدار و ناپایدار ۷۴
شکل ۳-۳- توزیع اندازه خاکدانه‌ها در روش الک تر (مرطوب کردن آهسته تا مکش ماتریک ۲۰۰ kPa) ۷۵
شکل ۳-۴- توزیع اندازه خاکدانه‌ها در روش الک تر (مرطوب کردن آهسته تا مکش ماتریک ۳۰ kPa) ۷۶
شکل ۳-۵- توزیع اندازه خاکدانه‌ها در روش‌های الک خشک و الک تر برای خاک ۱ ..... ۷۸
شکل ۳-۶- توزیع اندازه خاکدانه‌ها در روش‌های الک خشک و الک تر برای خاک ۲۲ ..... ۷۸
شکل ۳-۷- رابطه بین MWD و OM% در روش مرطوب کردن سریع ۸۱
شکل ۳-۸: رابطه بین MWD و OM% در روش مرطوب کردن آهسته تا مکش ماتریک ۲۰۰ kPa ۸۴
شکل ۳-۹: رابطه بین MWD و OM% در روش مرطوب کردن آهسته تا مکش ماتریک ۳۰ kPa ۸۶
شکل ۳-۱۰: اثر زمان تکان دادن الک‌ها بر مقدار میانگین و انحراف معیار داده‌های MWD ۸۸
شکل ۳-۱۱: اثر زمان تکان دادن الک‌ها در مکش ماتریک ۲۰۰ kPa بر میانگین و انحراف معیار داده‌های MWD ۸۹
شکل ۳-۱۲: اثر زمان الک کردن بر مقدار میانگین و انحراف معیار داده‌های GMD ۹۳
شکل ۳-۱۳: اثر زمان تکان دادن الک‌ها در مکش ماتریک ۲۰۰ kPa بر میانگین و انحراف معیار داده‌های GMD ۹۳
شکل ۳-۱۴: رابطه بین دو شاخص MWD و GMD ۹۴
شکل ۳-۱۵: رابطه بین RSI و درصد ماده آلی خاک ۹۸
شکل ۳-۱۶- اثر نوع خاک و زمان الک کردن بر مقدار RSI ۹۹
شکل ۳-۱۷: رابطه بین PAD و درصد ماده آلی خاک ۱۰۲
شکل ۳- ۱۸- رابطه بین ضریب a و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها ۱۰۹
شکل ۳- ۱۹- رابطه بین ضریب b و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها ۱۱۰
شکل ۳- ۲۰- رابطه بین ضرایب a و b و درصد ماده آلی خاک ۱۱۱
شکل ۳-۲۱- رابطه بین مقاومت کششی خاکدانه‌ها (Y) و درصد ماده آلی خاک (OM%) ۱۱۵

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱- مشخصات محل‌های نمونه‌برداری خاک‌های مورد بررسی ۵۵
جدول ۳-۱- برخی از ویژگی‌های ذاتی خاکهای مورد بررسی ۷۲
جدول ۳-۲- مقادیر RSI محاسبه شده برای خاک‌های مورد بررسی ۹۵
جدول ۳-۳- مقادیر متوسط مقاومت کششی و تردی خاکدانه‌های خاک‌های مورد بررسی ۱۱۳

مقدمه

مقدمه

خاک یکی از مهم‌ترین منابع طبیعی و بزرگ‌ترین عامل تولید است. با افزایش روز افزون جمعیت کره زمین، توقعات انسان از این منبع طبیعی بزرگ بیشتر می‌گردد. افزایش جمعیت و نیاز به تولید مواد غذایی بیشتر، مدیریت‌های صحیح کشاورزی را می‌طلبد. با این کار نه تنها تولید در واحد سطح افزایش می‌یابد، بلکه از تخریب منابع طبیعی مانند فرسایش خاک نیز جلوگیری می‌شود. شواهد نشان می‌دهد که زمین از موقعی که مورد بهره‌برداری انسان قرار گرفت، بر اثر بی‌توجهی و اقدامات نامناسب، حاصلخیزی آن به شدت کاهش یافته است (لال و پی‌یرس[1]، ۱۳۷۶).

انسان می‌تواند از منابع اطراف خود به گونه‌ای استفاده کند که تا حد امکان باعث ایجاد تغییر در محیط زیست نشود. انسان به جای اینکه خود را با محیط سازگار نماید، سعی کرده است بر آن غلبه کند. این امر ناپایداری‌های شدیدی را در اکوسیستم‌های کشاورزی به وجود آورده و توانایی زمین برای حفظ تعادل با جمعیت انسانی را مورد تهدید قرار داده است (عسگری، ۱۳۸۴). افزایش دخالت‌های نابهنجار انسان در طبیعت و اعمال مدیریت‌های نادرست، که به علت ناآگاهی

[1] Lal and Piers

و یا برداشت بیش از اندازه محصول صورت گرفته است، سبب تخریب منابع مختلف طبیعی به ویژه بزرگ‌ترین منبع زیستی (خاک) شده است. به طوری که امروزه خاک به شدت توسط عوامل تخریب‌کننده مانند فرسایش و آلودگی تهدید می‌شود.

اگر استفاده از خاک بر اساس استعداد و قدرت تولیدی آن و مبتنی بر رعایت اصول صحیح علمی باشد، خاک از بین نمی‌رود. در حالی که هرگونه بهره‌برداری نادرست از آن، زیان‌های جبران ناپذیری را به خاک وارد می‌کند. در این صورت خاکی که برای تشکیل آن سال‌های زیادی وقت لازم است، در مدت زمان بسیار کوتاهی از بین رفته یا حاصلخیزی خود را از دست می‌دهد (رفاهی، ۱۳۷۵).

یکی از راه‌های ایجاد تعادل میان جمعیت و تولید مواد غذایی برای رفع نیازهای جوامع بشری، اولویت دادن و گسترش فعالیت‌های کشاورزی از طریق افزایش تولید در این بخش است. بنابراین انجام مدیریت‌های صحیح کشاورزی جهت حفظ منابع طبیعی و جلوگیری از تخریب خاک ضروری می‌باشد (همت و مصدقی، ۱۳۸۰). منابع خاک برای آینده به مدیریت و حفاظت نیاز دارند. نظارت و مدیریت صحیح بر منابع طبیعی نسل‌های آینده را قادر خواهد ساخت تا بتوانند نیازهای خود را تأمین نمایند. کشاورزی پایدار[1]، کشاورزی است که نه تنها سبب افزایش تولید می‌گردد بلکه امکان استفاده پایدار از منابع طبیعی مانند خاک را فراهم نموده و در نهایت سبب حفاظت محیط زیست می‌گردد (مؤمنی، ۱۳۸۰).

امروزه در اثر استفاده بی‌رویه از ماشین‌های کشاورزی، کودهای شیمیایی و کاهش مواد آلی خاک به علت برداشت بیش از حد محصول و عدم جایگزینی مواد آلی، خسارت جبران‌ناپذیری به خاک‌های کشاورزی وارد شده است. به طوری که تخریب خاک و ناپایداری کشاورزی را به همراه داشته است. از جمله عوامل مهم در کشاورزی پایدار، مدیریت صحیح اراضی مانند حفظ ماده آلی خاک در حد مطلوب در راستای ارتقاء کیفیت خاک می‌باشد (عسگری، ۱۳۸۴). حفظ و افزایش ماده آلی خاک‌های کشاورزی یکی از عوامل به وجود آمدن ساختمان مناسب و پایدار برای این خاک‌ها می‌باشد.

ساختمان خاک از ویژگی‌های مهمی است که علاوه بر شرایط فیزیکی، شرایط بیولوژیکی، شیمیایی و حاصلخیزی خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد. ساختمان خاک به طور مستقیم و

[1] Sustainable agriculture

غیرمستقیم بر بسیاری از ویژگی‌های فیزیکی خاک از جمله نگهداری آب در خاک، هدایت هیدرولیکی، تهویه و گرمای خاک مؤثر است. همچنین این مشخصه از طریق تاثیر بر مقاومت مکانیکی خاک و انتشار عناصر غذائی، بر رشد گیاه و تولید محصول اثرگذار است. نقش ساختمان مناسب خاک در تشکیل خاکدانه‌های پایدار در آب که نهایتاً سبب کاهش سله‌بندی می‌شود نیز به خوبی شناخته شده است (السون[1]، ۱۹۴۰).

دو گروه عمده عوامل بر پایداری ساختمان خاک تأثیر می‌گذارند: فاکتورهای داخلی و فاکتورهای خارجی. در مورد فاکتورهای داخلی که با نام ویژگی‌های ذاتی خاک نیز شناخته می‌شوند، می‌توان به تأثیر ویژگی‌های محلول خاک، مقدار رس و نوع کانی‌های رسی، میزان کربنات و گچ، میزان ماده آلی و مقدار اکسیدهای آهن و آلومینیوم اشاره کرد. از جمله فاکتورهای خارجی می‌توان آب و هوا، مکان، فصل، عوامل بیولوژیک و مدیریت زراعی را نام برد.

خاک‌های اکثر مناطق ایران به دلیل آب و هوای خشک و نیمه‌خشک، فقدان بارندگی مناسب، کمبود مواد آلی و مدیریت نادرست کشاورزی، ساختمان ناپایداری دارند. با این وجود مطالعه کمّی و گسترده‌ای در رابطه با پایداری ساختمان خاک و عوامل تأثیرگذار بر آن در کشور صورت نگرفته است. پژوهش‌های انجام شده در کشور در ارتباط با شاخص‌های ارزیابی پایداری ساختمان خاک نیز بسیار محدود می‌باشند. با توجه به فراوانی روش‌ها و شاخص‌های موجود برای اندازه‌گیری پایداری ساختمان و موارد ذکر شده، اهداف این پژوهش به شرح زیر تعریف شد:

۱) بررسی اثر ویژگی‌های ذاتی خاک از جمله بافت، مقدار ماده آلی وکربنات کلسیم بر پایداری خاکدانه‌ها و در نهایت بر شاخص‌های پایداری ساختمان برخی از خاک‌های استان همدان،

۲) مقایسه روش‌ها و شاخص‌های پایداری ساختمان خاک برای خاک‌های مورد بررسی با یکدیگر، و

۳) ارائه روش یا روش‌های مناسب جهت ارزیابی پایداری ساختمان خاک‌های مورد بررسی.

---

[1] Elson

فصل اول

بررسی منابع

فصل اول

بررسی منابع

۱-۱- ساختمان خاک و اهمیت آن

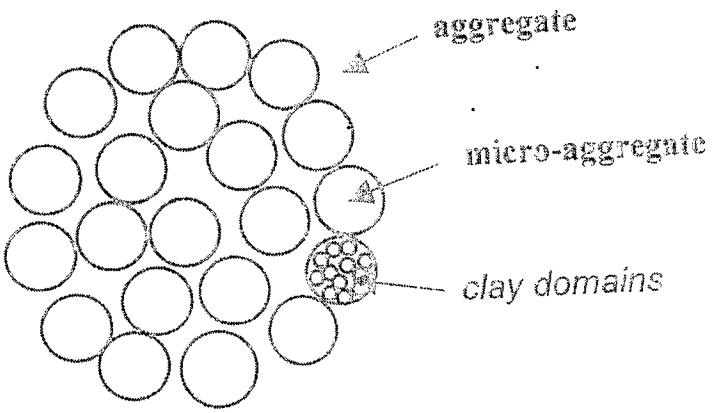
در خاک، ذرات اولیه[1] به ندرت به طور منفرد و جدا از هم یافت می‌شوند. رس‌ها، کربنات‌ها، اکسیدهای آهن و آلومینیوم، مواد آلی و ترشحات دستگاه گوارش خاکزیان، ذرات منفرد را به هم پیوند داده و طی فرآیندی پیچیده و تحت تأثیر عوامل فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی، زمان و مکان تشکلی از ذرات شکل می‌گیرد که ساختمان خاک[2] نامیده می‌شود. در واقع، ساختمان خاک به ترتیب قرار گرفتن ذرات جامد در کنار یکدیگر و آرایش منافذ بین آنها گفته می‌شود. به دلیل اینکه منافذ نیز همچون بخش جامد خاک حائز اهمیت‌اند، لذا ساختمان خاک را می‌توان ترتیب قرار گرفتن منافذ ریز، متوسط و درشت در کنار یکدیگر دانست (دکستر[3]، ۱۹۸۸). البته بای‌بوردی (۱۳۷۹) معتقد است که ساختمان خاک تعریف دقیق و مشخصی ندارد، بلکه بسته به شرایط مختلف و با توجه به اینکه از چه دیدگاهی مطالعه می‌شود، ممکن است تعاریف متفاوتی از آن ارائه شود.

---

[1] Primary particles
[2] Soil structure
[3] Dexter

نحوه هم‌آرائی ذرات تابعی از عوامل مختلف و تاثیرگذار بر شکل‌گیری واحدهای ساختمانی، یعنی خاکدانه[1] یا ذره ثانویه[2] است، که موجب تنوع و تفاوت‌های زیادی در ساختمان خاک می‌شود. در واقع ذرات اولیه (شن، سیلت و رس) به هم پیوسته و ذرات درشت‌تری به نام خاکدانه را به وجود می‌آورند. موادی که سبب پیوستن ذرات اولیه به یکدیگر می‌شوند ممکن است منشأ آلی و یا معدنی داشته باشند. خاکدانه‌های تشکیل شده از نظر اندازه نیز با هم متفاوت‌اند، به طوری که اندازه آنها از میکرون تا میلی‌متر تغییر می‌کند. در خاکدانه‌هایی که ترکیبات آلی نقش مواد پیوند دهنده را به عهده دارند، خاکدانه‌های درشت[3] از چسبیدن خاکدانه‌های ریز[4] به یکدیگر به وجود می‌آیند. به عبارت دیگر در تشکیل خاکدانه‌ها یک سلسله مراتبی[5] مشاهده می‌گردد (گلچین و ملکوتی، ۱۳۷۸).

خاکدانه‌ها بر اساس اندازه به خاکدانه‌های ریز و درشت تقسیم می‌شوند. خاکدانه‌های ریز قطری برابر ۵۰۰-۲۵۰ میکرومتر دارند. در حالی که خاکدانه‌های درشت قطری تا ۱۰ میلی‌متر دارند و اگر بزرگ‌تر از این اندازه باشند، کلوخه[6] نام می‌گیرند. به عقیده دکستر (۱۹۸۸) خاکدانه‌های درشت از به هم پیوستن خاکدانه‌های ریز (که خود آنها از اتصال مجموعه‌هایی به نام دمین[7] به وجود آمده‌اند) تشکیل می‌گردند. به همین ترتیب به هم پیوستن خاکدانه‌های درشت موجب تشکیل کلوخه می‌شود (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱- شمایی از ذرات تشکیل دهنده خاکدانه (برگرفته از دکستر، ۱۹۸۸)

[1] Aggregate
[2] Secondary particle
[3] Macroaggregates
[4] Microaggregates
[5] Aggregate hierarchy
[6] Clod
[7] Domain

فرانزلوبرس[1] (۲۰۰۲) گزارش کرد که ساختمان خاک در نفوذ آب و هوا به درون خاک نقش مؤثری ایفا می‌کند. نتایج آزمایش‌های رامپازو و همکاران[2] (۱۹۹۸) نشان داد که ساختمان خاک اصلی‌ترین عامل توانایی یک خاک برای فراهم کردن محیط مناسب رشد گیاهان زراعی است. در واقع ساختمان خاک با تأثیر بر چگونگی توزیع ریشه در خاک و توانایی آن برای جذب آب و عناصر غذایی، بر رشد گیاه مؤثر است. لال[3] (۱۹۹۱) معتقد است که ساختمان خاک بازگوکننده اندازه، شکل و ترتیب قرار گرفتن ذرات و منافذ بین آنها است. برونیک و لال[4] (۲۰۰۵) گزارش کردند که پیوستگی منافذ و توانایی خاک برای نگهداری و انتقال آب، حفظ مواد آلی و غیرآلی و فراهم کردن شرایط رشد و توسعه ریشه، کاملاً به ساختمان آن وابسته است. آنها معتقدند که یک ساختمان خاک مطلوب موجب افزایش حاصلخیزی خاک، کاهش فرسایش‌پذیری خاک[5] و بالا بردن مقدار تولید محصولات زراعی می‌گردد. ساختمان خاک به طور مستقیم بر بسیاری از ویژگی‌های فیزیکی خاک از جمله مقدار آب خاک، حرکت آب در خاک، تهویه و گرمای خاک مؤثر است.

دکستر (۱۹۸۸) نشان داد که این مشخصه از طریق تاثیر بر مقاومت مکانیکی خاک[6] و انتشار عناصر غذایی در خاک، بر رشد گیاه و تولید محصول اثر دارد. ساختمان خاک بر توزیع اندازه منافذ[7] خاک و در نتیجه فضای رشد ریشه و حرکت آب و اکسیژن در پیرامون آن تأثیر دارد. ساختمان ضعیف باعث کاهش مقدار آب فراهم[8] خاک می‌شود، زیرا در رطوبت‌های زیاد با کاهش تهویه خاک و در دامنه رطوبتی خشک با افزایش مقاومت مکانیکی خاک، رشد ریشه را محدود می‌نماید. برای به دست آوردن حداکثر محصول گیاهان زراعی، ساختمان و توزیع اندازه منافذ خاک باید طوری باشد که مقدار آب فراهم را افزایش داده و در عین حال تهویه مناسب ناحیه فعالیت ریشه را تأمین نماید.

خاکدانه‌ها باید در برابر خیس شدن (آبیاری یا بارندگی) مقاوم باشند. خاکدانه‌های خاک رویین علاوه بر این که باید متخلخل باشند، بایستی در برابر نیروهای مکانیکی ناشی از ماشین‌های کشاورزی به اندازه کافی مقاوم باشند. مشخصه‌های ذکر شده می‌توانند بیان‌کننده ساختمان خاک

---

[1] Franzluebberes
[2] Rampazzo et al.
[3] Lal
[4] Bronick and Lal
[5] Soil erodibility
[6] Soil mechanical strength
[7] Pore size distribution
[8] Available water

بهینه باشند (امرسون[1]، ۱۹۹۱). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که ساختمان خاک از مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی خاک است که بسیاری از ویژگی‌ها و فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

۱-۱-۱- چگونگی تشکیل ساختمان خاک

چگونگی تشکیل ساختمان خاک بسیار پیچیده بوده و نمی‌توان یک فرآیند مشخص برای آن ارائه کرد. در واقع تشکیل ساختمان خاک نتیجه اثرات متقابل چندین عامل از جمله عوامل محیطی، مدیریت خاک، تأثیر گیاهان و نیز ویژگی‌های خاک مانند بافت، نوع کانی‌های آن، مقدار کربن آلی، فعالیت‌های میکروبی، یون‌های تبادلی، عناصر غذایی و مقدار رطوبت است (کی[2]، ۱۹۹۸). راه‌های متعددی برای به هم پیوستن ذرات اولیه و تشکیل ساختمان خاک وجود دارد. خاکدانه‌ها در مراحل مختلفی بوجود می‌آیند که در هر یک از این مراحل، راهکارهای متفاوتی برای اتصال ذرات به یکدیگر وجود دارد (تیسدال و اودز[3]، ۱۹۸۲).

سیکس و همکاران[4] (۲۰۰۴) جانداران خاک، ریزجانداران، ریشه‌ها، مواد پیونددهنده غیرآلی و تغییرات محیطی را به عنوان عوامل مؤثر بر تشکیل خاکدانه‌ها معرفی کردند. عوامل مؤثر در تشکیل ساختمان خاک را می‌توان ترکیبی از عوامل فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی و ترکیبات موجود در خاک دانست. عوامل بیولوژیکی مؤثر در تشکیل ساختمان خاک، ریشه گیاهان، ریسه قارچ‌ها و وجود باکتری‌ها و کرم‌های خاکی هستند. ریشه گیاهان و ریسه قارچ‌ها در حین توسعه در خاک، باعث فشرده شدن ذرات خاک و در نتیجه اتصال آنها به یکدیگر می‌شوند. همچنین این جانداران به همراه باکتری‌های موجود در خاک با آزاد کردن ترکیبات آلی (که مانند چسب عمل می‌کنند) باعث به هم پیوستن ذرات خاک و تشکیل خاکدانه‌ها می‌شوند. ریسه قارچ‌ها نیز در حفظ پایداری خاکدانه‌های درشت بسیار مهم‌اند. آنها با احاطه کردن و در برگرفتن خاکدانه‌های درشت، سبب پایداری آنها می‌گردند (تیسدال و اودز، ۱۹۸۲). کرم‌های خاکی نیز خاک را بلعیده، ذرات خاک را ساییده و ترکیبات آلی و اوره به آنها اضافه کرده و دفع می‌کنند.

---

[1] Emerson
[2] Kay
[3] Tisdall and Oades
[4] Six et al.

از عوامل فیزیکی مؤثر در تشکیل ساختمان خاک، دوره‌های تر و خشک شدن[1] و انجماد و ذوب شدن[2] را می‌توان نام برد. تر و خشک شدن باعث شکسته شدن کلوخه‌های بزرگ (در اثر فشار ناشی از حبس هوا[3] و آماس ناهمگن توده خاک در هنگام خیس شدن) به خاکدانه‌های ریزتر می‌شود. همچنین مرطوب شدن خاک سبب سست شدن پیوندهای بین ذرات (به ویژه پیوندهای ناپایدار) می‌شود. مثلاً نقش پیوندهای (نیروهای) واندروال در اثر آب‌گیری بین ذرات، به شدت کاهش می‌یابد. اوتومو[4] و دکستر (۱۹۸۲) به بررسی اثر دوره‌های تر و خشک شدن متوالی بر پایداری ساختمان خاک در چند خاک (با ویژگی‌های متفاوت) پرداخته و به این نتیجه رسیدند که در تمامی خاک‌ها با افزایش تعداد دوره‌های تر و خشک شدن، مقدار خاکدانه‌های بزرگتر از ۰/۲۵ میلی‌متر افزایش می‌یابد (شکل ۱-۲). هورن[5] و دکستر (۱۹۸۹) گزارش کردند که دوره‌های تر و خشک شدن متوالی باعث آرایش یافتن ذرات و افزایش پایداری خاکدانه‌ها می‌شوند. تر شدن موجب سهولت جابه‌جایی مواد پیوند دهنده بین ذرات خاک شده و در اتصال ذرات به یکدیگر نقش مهمی ایفا می‌کنند. همچنین تر شدن موجب آرایش مجدد ذرات خاک می‌گردد. خشک شدن سبب افزایش نیروهای کشش سطحی یا تنش مؤثر[6] ناشی از مکش ماتریک شده و ذرات خاک را به یکدیگر نزدیک می‌کند. همچنین هلال آب اطراف ذرات سبب انتقال یافتن مواد پیوند دهنده (ذرات کلوئیدی، مواد آلی محلول و معلق و کربنات‌ها) به نقاط تماس بین ذرات می‌شود (شکل ۱-۳).

---

[1] Wetting and drying cycles
[2] Freezing and thawing
[3] Air entrapment
[4] Utomo
[5] Horn
[6] Effective stress