ارزیابی پایداری ساختمان در ۲۱ سری از خاک‌های استان همدان به روش الک تر و رابطه آن با برخی ویژگی‌های ذاتی خاک

علی خزائی[۱*]، محمد رضا مصدقی[۲] و علی اکبر محبوبی[۳]

چکیده

ساختمان خاک به طور مستقیم و غیرمستقیم بر بسیاری از ویژگی‌های فیزیکی خاک از جمله نگهداری آب در خاک، هدایت هیدرولیکی، تهویه و دمای خاک موثر است. همچنین ساختمان با تاثیر بر مقاومت مکانیکی خاک و انتشار عناصر غذائی، بر رشد گیاه و تولید محصول اثر می‌گذارد. عوامل مختلفی مانند بافت، ماده آلی و کربنات کلسیم خاک بر پایداری ساختمان (خاکدانه‌ها) موثرند. در این پژوهش اثر این عوامل بر پایداری مقدار خاکدانه‌های ۲۱ سری از خاک‌های استان همدان با استفاده از روش الک تر بررسی شد. از شاخص میانگین وزنی قطر (MWD) خاکدانه‌ها برای بیان پایداری ساختمان خاک استفاده شد. سه زمان متفاوت (۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه) الک‌کردن خاکدانه‌ها در آب به منظور اعمال تنش‌های مکانیکی-آبی در نظر گرفته شد. با توجه به پایداری ساختمانی ضعیف خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران، زمان‌های کوتاه الک کردن خاکدانه‌ها (یعنی ۵ دقیقه)، برای تشخیص تغییرات پایداری ساختمان ناشی از ویژگی‌های ذاتی مورد بررسی مناسب‌تر بود. در بین ویژگی‌های موثر بر پایداری ساختمان خاک، بیشترین نقش مربوط به ماده آلی بود. به گونه‌ای که برای زمان ۵ دقیقه، تاثیرگذاری مقدار ماده آلی (OM) بر پایداری خاکدانه‌ها (MWD_5)، حدود ۱۸ برابر رس (Clay) و ۲۶ برابر کربنات کلسیم ($CaCO_3$) بود و معادله رگرسیونی آن به صورت زیر به‌دست آمد:

$$MWD_5\ (mm) = -0.267 + 0.449\ OM\% + 0.0245\ Clay\% + 0.0169\ CaCO_3\% \qquad R^2 = 84.8\%$$

ضرایب همبستگی جزئی بین درصد ماده آلی، رس و کربنات کلسیم خاک با مقدار MWD نشان داد که در تمامی زمان-های الک کردن، بیشترین ضریب همبستگی جزئی را مقدار رس خاک و پس از آن مقدار OM با MWD داشت. با افزایش زمان تکان دادن الک‌ها در آب، نقش درصد رس در پایداری خاکدانه‌ها افزایش و نقش درصد ماده آلی و کربنات کلسیم کاهش یافت. بنابراین در خاک‌های مورد بررسی، نقش ماده آلی و رس خاک در ایجاد خاکدانه‌های پایدار قابل توجه است. برای اندازه‌گیری پایداری تر خاکدانه‌های خاک‌های مورد بررسی، زمان‌های کوتاه تکان دادن (۵ دقیقه) پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پایداری ساختمان خاک، میانگین وزنی قطر، رس، ماده آلی، کربنات کلسیم

۱ و ۳. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استاد گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان
۲. دانشیار گروه خاکشناسی دانشگاه صنعتی اصفهان

www.SID.ir
Archive of SID

مقدمه

در خاک، ذرات اولیه[1] به ندرت به‌طور منفرد و جدا از هم یافت می‌شوند. رس‌ها، کربنات‌ها، اکسیدهای آهن و آلومینیوم، مواد آلی و ترشحات دستگاه گوارش خاکزیان، ذرات اولیه را به‌هم پیوند داده و طی فرآیندی پیچیده و تحت تاثیر عوامل فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی و زمان و مکان ذرات ثانویه شکل می‌گیرد که ساختمان خاک[2] نامیده می‌شود. ساختمان خاک بیان‌گر ترتیب قرار گرفتن ذرات جامد در کنار یکدیگر و منافذ بین آن‌ها می‌باشد، در حالی‌که پایداری ساختمان خاک[3] به توانایی آن در نگهداری آرایش ذرات و منافذ در هنگام مواجه شدن با تنش‌های متفاوت مربوط می‌شود (آنجرز و کارتر، ۱۹۹۶).

فاکتورهای متعددی چه مربوط به خاک و چه مربوط به شرایط محیطی بر ساختمان خاک و پایداری آن اثر می‌گذارند. لی‌بی سونیاس (۱۹۹۶) و ترنان و همکاران (۱۹۹۶) از رس خاک به‌عنوان یک ملات در خاک نام بردند. آن‌ها گزارش کردند که با افزایش مقدار رس خاک، پایداری ساختمان خاک افزایش می‌یابد. رازیا و کی (۱۹۹۴) دریافتند که پایداری خاکدانه‌ها در برابر تنش‌های ناشی از الک تر با افزایش مقدار رس خاک افزایش می‌یابد. آن‌ها گزارش کردند که رس به‌عنوان عامل مهمی در پیوند دادن ذرات اولیه خاک به همدیگر و تشکیل خاکدانه‌ها عمل می‌کند.

مواد آلی در خاک باعث چسبیدن ذرات به همدیگر شده و به پایداری بیشتر خاکدانه‌ها کمک می‌کند. امباگوو و پیکولو (۱۹۸۹) همبستگی مثبت بین مقدار ماده آلی و پایداری مرطوب خاکدانه‌ها[4] (WAS) را گزارش کردند. کارون و همکاران (۱۹۹۶) بر این باورند که مواد آلی با ایجاد یک پوشش آب‌گریز در اطراف خاکدانه‌ها و کاهش سرعت خیس شدن[5] آن‌ها سبب کاهش حساسیت ساختمان خاک به تخریب می‌شوند.

برخلاف بافت خاک که از ویژگی‌های تقریباً غیر-قابل تغییر یا کم تغییر می‌باشد، ساختمان خاک از جمله ویژگی‌هایی است که به مدیریت زراعی بستگی دارد. آن دسته از مدیریت‌هایی که باعث افزایش میزان ماده آلی خاک می‌شوند، معمولاً به بهبود ساختمان خاک نیز کمک می‌کنند. بر عکس، مدیریت‌هایی که موجب کاهش میزان ماده آلی خاک می‌شوند، سبب تخریب خاکدانه‌ها و کاهش درصد خاکدانه‌های بزرگ[6] می‌گردند.

تاثیر مثبت کربنات کلسیم بر پایداری ساختمان خاک توسط بن‌هور و همکاران (۱۹۸۵) و مینهاس و شارما (۱۹۸۶) گزارش شده است. آن‌ها مقادیر متفاوتی از کربنات کلسیم را به خاک‌های مختلف افزوده و به این نتیجه رسیدند که با افزایش میزان کربنات کلسیم خاک، پایداری خاکدانه‌ها افزایش می‌یابد. هیل و اسپوزیتو (۱۹۹۵) و کرتین و همکاران (۱۹۹۴) مشاهده کردندکه افزایش غلظت یون کلسیم در محلول الکترولیت خاک باعث کاهش پراکنش ذرات رس خاک می‌شود. نادلر و همکاران (۱۹۹۶) نتیجه گرفتند که افزودن کربنات کلسیم به خاک‌های سدیمی از راه آب آبیاری، منجر به بهبود و افزایش پایداری ساختمان آن-ها، در اثر جای‌گزینی یون کلسیم با یون سدیم می‌شود. تاثیر مثبت انحلال کلسیت بر پایداری ساختمان خاک نیز در خاک‌های آهکی توسط آلپرووپچ و همکاران (۱۹۸۱) گزارش شده است. آن‌ها نشان دادند که کلسیم تا حد بسیار زیادی در کاهش پراکنش رس‌ها موثر است.

روش‌ها و شاخص‌های متعددی برای ارزیابی پایداری ساختمان خاک پیشنهاد شده است. این روش‌ها بر اساس شرایط مختلف خاک‌ها و بر حسب اهداف متفاوت ارائه شده‌اند. مسلماً استفاده از روش مناسب و به‌کارگیری شاخص‌های مفید برای بیان پایداری خاکدانه‌ها، گام بسیار مهمی در ارزیابی پایداری ساختمان خاک خواهد بود. با توجه به فراوانی روش‌ها برای اندازه‌گیری پایداری خاکدانه‌ها، انتخاب مناسب‌ترین روش‌ها و شاخص‌ها و ایجاد اصلاحاتی در آن‌ها با توجه به شرایط خاک‌های مورد بررسی واجد اهمیت است.

یکی از روش‌های رایج برای ارزیابی پایداری ساختمان خاک، بررسی توزیع اندازه خاکدانه‌ها تحت تاثیر تنش‌های مختلف است. توزیع اندازه خاکدانه‌ها

1. Primary particles
2. Soil structure
3. Soil structural stability
4. Wet aggregate stability
5. Wetting rate
6. Macroaggregates

Archive of SID

www.SID.ir

معمولاً به کمک دو روش الک تر[1] و الک خشک[2] اندازه‌گیری می‌شود. روش الک خشک بیشتر برای بررسی تاثیر خاک‌ورزی بر خردشدگی و نرم شدگی خاک[3] و ارزیابی فرسایش پذیری خاک در برابر باد به‌کار می‌رود. روش الک تر عموماً برای تعیین پایداری خاکدانه‌های درشت در برابر تنش‌های آبی استفاده می‌شود (کمپر و روزنا، ۱۹۸۶).

در کشور ما، در مورد روش‌ها و شاخص‌های ارزیابی پایداری ساختمان خاک پژوهش‌های کمی انجام شده و اکثراً از روش‌ها و شاخص‌های پیشنهاد شده برای خاک‌های نسبتاً پایدار (خاک‌های مناطق مرطوب و نیمه‌مرطوب دنیا) استفاده می‌شود. هدف از این پژوهش ارائه روش مناسب برای ارزیابی پایداری ساختمان و رابطه آن با برخی ویژگی‌های ذاتی در خاک‌های استان همدان (با اقلیم نیمه خشک) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

پس از بررسی‌های مقدماتی، ۲۱ خاک از سری‌های مهم خاک استان همدان گزینش شد. سعی شد خاک‌هایی انتخاب شوند که دارای دامنه نسبتاً وسیعی از بافت، مقدار ماده آلی و مقدار کربنات کلسیم باشند. برای نمونه‌برداری از وسیله ویژه این کار (بیلچه ویژه نمونه‌برداری) که کمترین آسیب را به ساختمان خاک وارد می‌کند، استفاده شد. نمونه‌ها از لایه صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک برداشت شده و به آزمایشگاه منتقل گردیدند. سعی شد خاک‌ها به گونه‌ای انتخاب گردند که بافت‌های درشت، متوسط و ریز را دارا باشند (از ۱۵ تا ۶۸ درصد رس). مقدار ماده آلی و کربنات کلسیم خاک‌ها نیز دامنه نسبتاً وسیعی را شامل شدند (ماده آلی از ۰/۵۶ تا ۲/۵ درصد و کربنات کلسیم از ۱۰/۵ تا ۶۰ درصد). در واقع بافت، ماده آلی و کربنات، ویژگی‌های ذاتی هستند که انتظار می‌رفت اثر تعیین‌کننده و معنی‌داری بر پایداری ساختمان خاک‌ها داشته باشند. ویژگی‌های خاک شامل توزیع اندازه ذرات اولیه و بافت به روش پیپت (گی و بودر، ۱۹۸۶)، مقدار ماده آلی به روش اکسیداسیون تر و مقدار کربنات کلسیم به روش تیتراسیون برگشتی تعیین شد (پیج و همکاران، ۱۹۹۲).

برای ارزیابی پایداری ساختمان خاک، از روش الک تر با سرعت ۳۰ نوسان در دقیقه و نوسان ۱/۳ سانتی‌متر به شیوه مرطوب کردن سریع[4] استفاده شد (کمپر و روزنا، ۱۹۸۶). معیارهای مختلفی برای بیان کمّی پایداری ساختمان خاک بر اساس روش الک کردن استفاده می‌شود که شاخص‌های پایداری[5] نامیده می‌شوند. در این پژوهش از شاخص میانگین وزنی قطر (MWD[6]) خاکدانه‌ها استفاده شد. روش کار برای اندازه‌گیری پایداری ساختمان خاک بدین صورت بود که نمونه خاک‌ها هوا-خشک شده و به آرامی از الک ۸ میلی‌متری عبور داده شدند. سپس ۵۰ گرم از توده خاک سرند شده (صفر تا ۸ میلی‌متر) بر روی یک سری الک (به ترتیب از بالا به پائین ۴، ۲، ۱، ۰/۵، ۰/۲۵ و ۰/۰۵ میلی‌متر) ریخته شد. سه زمان متفاوت ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه برای الک کردن خاکدانه‌ها در آب (آب شهر) در نظر گرفته شد. برای الک کردن از آب شهر استفاده شد تا شرایط آزمایش به شرایط مزرعه نزدیک باشد چون آب شهری مورد استفاده از آب قنات سرچشمه می‌گرفت. در واقع تکان دادن الک‌ها در آب با سرعت و مدت نوسان معین بیانگر مقدار انرژی وارده به خاکدانه‌ها است. چون خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران دارای پایداری ساختمانی نسبتاً ضعیفی هستند (بیات، ۱۳۸۲)، انتخاب زمان‌های کوتاه تکان دادن الک‌ها در آب (۵ دقیقه) مفید و مناسب به نظر می‌رسد. پس از پایان زمان تکان دادن، الک‌ها را به آرامی از آب خارج کرده و خاکدانه‌های باقی‌مانده روی هر الک پس از شسته شدن در ظروف چینی، در آون خشک و سپس وزن شدند. چون ممکن بود ذرات اولیه درشت (سنگ‌ریزه و شن) در اندازه خاکدانه‌ها وجود داشته باشند، توده ذرات آون-خشک شده را به الک نظیر خود برگردانده و تمامی خاکدانه‌های آن‌ها خرد گردید. پس از شستن کامل ذرات روی هر الک، مقدار ذرات باقی‌مانده (سنگ‌ریزه یا

1. Wet sieving
2. Dry sieving
3. Soil crumbling
4. Fast wetting
5. Stability indices
6. Mean weight diameter

Archive of SID

www.SID.ir

شن) وزن شده و از وزن اولیه خاکدانه‌های روی همان الک کم شد تا آن‌چه که در محاسبه MWD استفاده می‌شود، میزان خاکدانه‌های واقعی باشد:

$$MWD = \sum_{i=1}^{n} w_i \overline{X_i} \qquad (۱)$$

که در این رابطه n تعداد دامنه‌های اندازه خاکدانه (در اینجا ۶ عدد)، $\overline{X_i}$ میانگین قطر خاکدانه‌های روی هر الک (میانگین قطر الک بالا و پائین)، w_i نسبت وزن خشک خاکدانه‌های روی هر الک i به وزن خشک کل خاکدانه‌های خاک می‌باشند. نسبت وزنی خاکدانه‌ها (w_i) با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

$$w_i = \frac{W_i - W_{i(s)}}{W_t - \sum_{i=1}^{n} W_{i(s)}} \qquad (۲)$$

که در این رابطه، W_i وزن ذرات باقی‌مانده بر روی الک در دامنه اندازه i و $W_{i(s)}$ وزن ذرات اولیه شن و سنگ‌ریزه در دامنه مذکور می‌باشند. W_t وزن آون-خشک کل خاک است که با اندازه گیری رطوبت خاک هوا-خشک محاسبه شد. هر نمونه ۵۰ گرمی خاک در سه زمان تکان دادن و در سه تکرار آزمایش شد. جمعاً تعداد آزمایش‌های الک تر در این پژوهش ۱۸۹ آزمایش (۲۱ خاک × ۳ زمان تکان دادن × ۳ تکرار) بود.

برای شناخت عوامل مهم موثر بر پایداری ساختمان خاک‌های مورد بررسی، روابط رگرسیونی بین MWD (میانگین سه تکرار) و درصد ماده آلی، رس و کربنات کلسیم خاک مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. استخراج روابط رگرسیونی خطی و چند گانه بین MWD در زمان‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه و ویژگی‌های ذاتی خاک، و مقایسه میانگین مقادیرMWD در زمان‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه با استفاده از نرم‌افزار Minitab انجام شد. شکل‌ها به کمک برنامه Excel رسم شد. برای بررسی اثرهای مستقل (همبستگی جزئی[1]) ویژگی‌های خاک بر پایداری ساختمان خاک از برنامه آماری SPSS استفاده شد. با استفاده از این روش می‌توان اثر یک ویژگی بر متغیر وابسته را بدون در نظر گرفتن اثر دیگر ویژگی‌های ذاتی خاک بررسی نمود.

نتایج و بحث

اثر زمان تکان دادن در روش الک تر بر پایداری ساختمان خاک

برخی از ویژگی‌های خاک‌های مورد بررسی به همراه مقدار شاخص پایداری ساختمان (MWD) آن‌ها برای سه زمان تکان دادن در آب، در جدول ۱ آورده شده است. دامنه تغییر مقادیر MWD در خاک‌های مورد بررسی وسیع و در زمان‌های تکان دادن ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه به ترتیب ۰/۶-۲/۸ mm، ۰/۵-۲/۴ mm و ۰/۴-۲/۴ mm بود. هم‌چنین مقادیر میانگین و انحراف معیار MWD برای خاک‌های مورد بررسی در جدول ۱ و شکل ۱ نشان داده شده است.

با افزایش زمان تکان دادن الک‌ها در آب، مقدار MWD برای تمامی خاک‌ها کاهش یافت (جدول ۱ و شکل ۱). در واقع با افزایش زمان تکان دادن الک‌ها در آب، میانگین MWD (به ترتیب برای زمان‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه، ۱/۵۹، ۱/۳۰ و ۱/۱۲ mm) به‌طور معنی‌داری برای خاک‌های مورد بررسی کاهش یافته است (شکل ۱). با توجه به مقادیر انحراف معیار به‌دست آمده برای زمان‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه (به‌ترتیب ۰/۵۵، ۰/۵۲و ۰/۴۹ mm) می‌توان گفت که زمان ۵ دقیقه، به دلیل داشتن بالاترین انحراف معیار، مناسب‌ترین زمان برای الک‌کردن خاکدانه‌ها در آب است. چون در این زمان تفاوت بین خاک‌ها از نظر پایداری ساختمان بهتر از سایر زمان‌ها مشخص شده است.

بیات (۱۳۸۲) و صفادوست (۱۳۸۴) در پژوهشی بر روی خاک لومی شنی با مقدار کربن آلی کمتر از ۰/۵ درصد، مقادیر MWD را کمتر از ۱ mm گزارش کردند. حاج‌عباسی و همت (۹) در پژوهشی که بر روی پایداری ساختمان خاکی با بافت لومی رسی و مقدار کربن آلی کمتر از ۱ درصد با استفاده از روش کمپر و روزنا (۱۹۸۶) و مدت زمان ۱۰ دقیقه تکان دادن الک‌ها در آب انجام دادند، مقادیر MWD اندک (کمتر از ۰/۵ mm) را گزارش کردند. در حالی‌که مارکز و همکاران (۲۰۰۴) با استفاده از همان روش و مدت زمان تکان دادن الک‌ها، برای یک خاک لومی با کربن آلی بیش از ۲ درصد، مقادیر MWD حدود ۲ mm را گزارش کردند.

1. Partial correlation

Archive of SID

www.SID.ir

این نتایج نشان می‌دهد که به‌دلیل پایداری ضعیف ساختمان خاک‌های خشک و نیمه‌خشک ایران، روش‌های ارزیابی پایداری ساختمان خاک نیاز به برخی اصلاحات دارند. چون در بسیاری از این خاک‌ها، عملکرد زراعت‌های مختلف نیز خوب است که نشان از شرایط فیزیکی مناسب خاک دارد (بای‌بوردی، ۱۳۷۹).

جدول ۱: برخی از ویژگی‌ها و پایداری ساختمان خاک‌های مورد بررسی[۱]

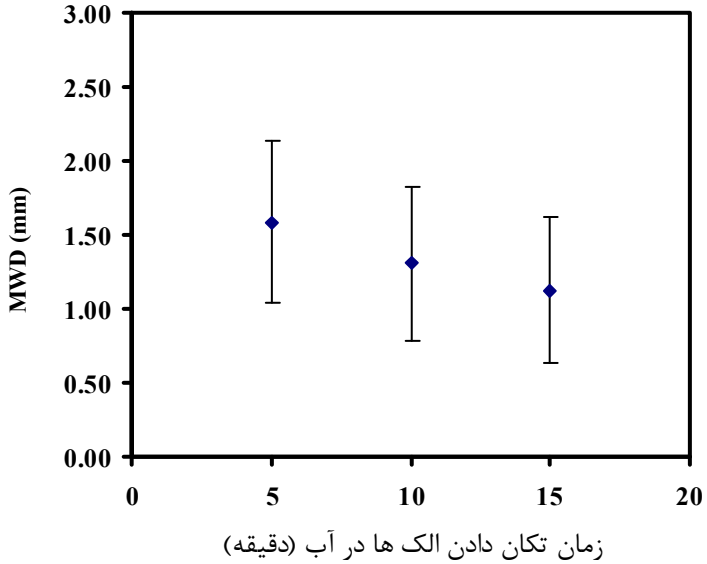
شماره خاک	ماده آلی	کربنات کلسیم	رس	$MWD_{۵}$	$MWD_{۱۰}$	$MWD_{۱۵}$
	%w/w			mm		
۱	۰/۵۶	۲۱/۵	۲۶/۰	۰/۶	۰/۵	۰/۴
۲	۱/۳۰	۱۷/۵	۲۵/۰	۱/۰	۰/۹	۰/۶
۳	۰/۹۴	۱۲/۰	۲۷/۰	۱/۰	۰/۹	۰/۸
۴	۱/۱۰	۲۱/۵	۲۲/۰	۱/۲	۱/۱	۰/۹
۵	۱/۲۴	۳۱/۵	۲۰/۰	۱/۲	۰/۹	۰/۸
۶	۰/۶۴	۲۵/۵	۲۸/۰	۱/۲	۱/۰	۰/۹
۷	۱/۸۷	۱۸/۰	۱۸/۰	۱/۳	۱/۲	۱/۰
۸	۱/۰۰	۱۴/۰	۲۷/۰	۱/۳	۱/۲	۱/۰
۹	۲/۰۶	۲۲/۰	۲۲/۰	۱/۴	۱/۱	۰/۹
۱۰	۱/۲۳	۳۰/۵	۱۵/۰	۱/۴	۱/۲	۱/۱
۱۱	۱/۵۷	۱۰/۵	۲۱/۰	۱/۵	۱/۱	۰/۹
۱۲	۲/۲۱	۲۰/۵	۲۸/۰	۱/۵	۱/۱	۰/۹
۱۳	۱/۸۷	۲۰/۵	۳۱/۰	۱/۶	۰/۸	۰/۸
۱۴	۲/۱۰	۲۲/۰	۲۸/۰	۱/۶	۱/۳	۱/۱
۱۵	۲/۲۴	۲۲/۵	۲۵/۰	۱/۶	۱/۱	۱/۰
۱۶	۲/۵۰	۲۴/۰	۲۵/۰	۱/۸	۱/۴	۱/۲
۱۷	۲/۴۰	۳۰/۵	۳۲/۰	۲/۲	۱/۷	۱/۴
۱۸	۱/۷۰	۶۰/۰	۳۳/۰	۲/۳	۲/۰	۱/۶
۱۹	۱/۹۷	۲۷/۵	۳۱/۰	۲/۴	۲/۱	۱/۷
۲۰	۲/۱۰	۱۸/۵	۵۷/۰	۲/۴	۲/۴	۲/۲
۲۱	۲/۲۰	۲۴/۵	۶۸/۰	۲/۸	۲/۴	۲/۴
میانگین	۱/۶۶	۲۳/۶	۲۹/۰	۱/۵۹[a۲]	۱/۳۰[b]	۱/۱۲[c]
انحراف معیار	۰/۵۹	۱۰/۱	۱۲/۲	۰/۵۵	۰/۵۲	۰/۴۹

۱: $MWD_{۵}$، $MWD_{۱۰}$ و $MWD_{۱۵}$ به ترتیب نشان دهنده میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در زمان‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه تکان دادن الک‌ها در روش الک تر است.

۲: میانگین‌های با حروف متفاوت دارای تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد می‌باشند (آزمون دانکن).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱: اثر زمان تکان دادن الک‌ها در روش الک تر بر میانگین و انحراف معیار میانگین وزنی قطر (MWD) خاکدانه‌های خاک‌های مورد بررسی

ارتباط بین پایداری ساختمان و ویژگی‌های ذاتی خاک

ارتباط بین پایداری ساختمان و ویژگی‌های ذاتی خاک‌های مورد بررسی برای زمان‌های متفاوت الک کردن در آب در معادله‌های ۳ تا ۵ نشان داده شده است (تمامی معادله‌ها در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار بودند):

(۳)

$MWD_{۵}$ (mm) = -۰/۲۶۷ + ۰/۴۴۹ OM% + ۰/۰۲۴۵ Clay% + ۰/۰۱۶۹ $CaCO_{۳}$% $R^{۲}$ = ۸۴/۸%

(۴)

$MWD_{۱۰}$ (mm) = -۰/۲۶۱ + ۰/۲۶۴ OM% + ۰/۰۲۶۷ Clay% + ۰/۰۱۴۹ $CaCO_{۳}$% $R^{۲}$ = ۷۳/۵%

(۵)

$MWD_{۱۵}$ (mm) =-۰/۳۳۷ + ۰/۲۱۸ OM% + ۰/۰۲۹۰ Clay% + ۰/۰۱۱۰ $CaCO_{۳}$% $R^{۲}$ = ۷۹/۵ %

در این روابط $MWD_{۵}$، $MWD_{۱۰}$ و $MWD_{۱۵}$ به ترتیب نشان‌دهنده میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در زمان‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه تکان دادن الک‌ها در روش الک تر است. OM% نشان‌دهنده درصد ماده آلی خاک، Clay% نشان‌دهنده درصد رس خاک و $CaCO_{۳}$٪ نشان‌دهنده درصد کربنات کلسیم خاک می‌باشند. با توجه به معادله-های به‌دست آمده، مشخص می‌شود که بیشترین نقش در پایداری خاکدانه‌ها و مقدار MWD خاک‌های مورد بررسی را مقدار ماده آلی ایفا می‌کند. چون تمامی روابط به‌طور یکسان بر اساس درصدهای ماده آلی، کربنات کلسیم و رس خاک آورده شده‌اند، مقایسه اثر این ویژگی‌ها بر پایداری خاکدانه‌ها آسان است. مثلاً برای زمان ۵ دقیقه تکان دادن می‌توان گفت که تاثیرگذاری ماده آلی بر مقدار MWD حدود ۱۸ برابر رس و ۲۶ برابر کربنات کلسیم است. با افزایش مدت زمان الک‌کردن در آب، مقدار ضریب (نقش) ماده آلی در پایداری خاکدانه‌ها کاهش یافت. هم‌چنین نقش رس در پایداری خاکدانه‌های خاک‌ها بیشتر از کربنات کلسیم بود. مثلاً برای زمان ۱۵ دقیقه، نقش رس حدود ۲/۵ برابر کربنات کلسیم است. با افزایش زمان الک کردن (انرژی وارده به خاکدانه‌ها)، نقش رس در پایداری خاکدانه‌ها افزایش می‌یابد. بنابراین در این خاک‌ها، اهمیت رس در ایجاد خاکدانه‌های بسیار پایدار پس از ماده آلی، قابل توجه است. اودز (۱۹۸۸) نشان داد که خاک‌های با مقدار رس زیاد نسبت به خاک‌های با مقدار رس کم در درازمدت کمتر مواد آلی خود را از دست می‌دهند، در نتیجه پایداری ساختمان آن‌ها تضعیف نمی‌شود. او نشان داد

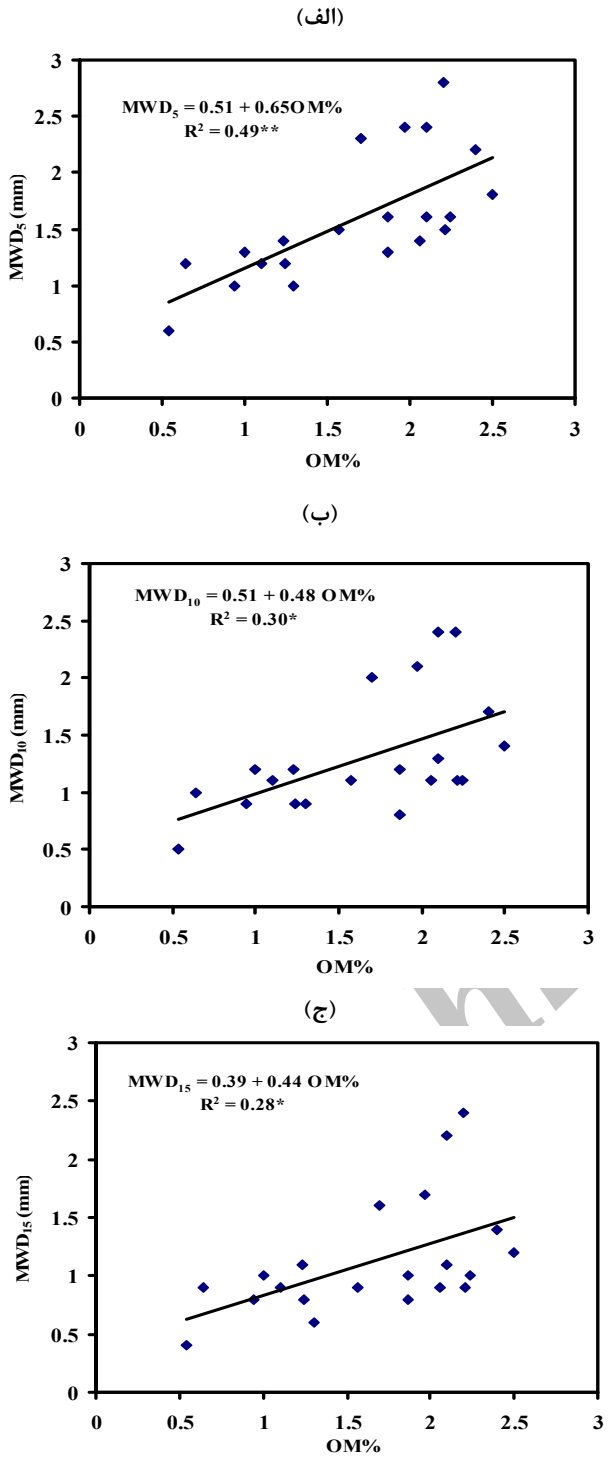
Archive of SID

www.SID.ir

که رس با ماده آلی تشکیل مجموعه‌های معدنی-آلی[1] می‌دهد که به تجزیه مقاوم‌اند.

تیسدل و اودز (۱۹۸۲) معتقدند سلسله مراتبی در تشکیل خاکدانه‌ها[2] وجود دارد. به این معنی که از چسبیدن ذرات اولیه رس به همدیگر ذرات بزرگ‌تری از جنس رس (به‌صورت یک واحد مجزا و مستقل) به وجود می‌آیند. این واحدهای رس آرایش یافته به‌وسیله مواد آلی و مواد پیونددهنده به ذرات بزرگ‌تر مانند شن و سیلت چسبیده و خاکدانه‌های کوچک را به وجود می‌آورند. خاکدانه‌های کوچک نیز به نوبه خود به‌وسیله عوامل پیونددهنده به‌هم متصل شده و خاکدانه‌های میانه و به همین گونه خاکدانه‌های درشت را به‌وجود می‌آورند. این گونه خاکدانه‌سازی، یعنی به وجود آمدن خاکدانه‌های بزرگ از خاکدانه‌های کوچک را زنجیره خاکدانه‌سازی می‌نامند (تیسدل و اودز، ۱۹۸۲). زنجیره خاکدانه‌سازی بیان می‌کند که از شکسته شدن خاکدانه‌های بزرگ، خاکدانه‌های کوچک‌تر به وجود می‌آیند. از این رو می‌توان گفت که با افزایش مدت زمان الک کردن، رس که هسته اصلی در تشکیل خاکدانه‌ها است، بیشتر از دو ویژگی دیگر (ماده آلی و کربنات کلسیم)، نقش خود را نشان می‌دهد.

از بین سه ویژگی مهمی که در این پژوهش نقش آن‌ها در پایداری ساختمان خاک بررسی شد، مهم‌ترین ویژگی، درصد ماده آلی بود که به‌طور جداگانه اثر آن بر مقدار MWD بررسی شد. در شکل ۲ روابط رگرسیونی خطی MWD با درصد ماده آلی خاک ترسیم شده است. مقدار ماده آلی خاک به تنهایی توانسته است ۴۹ درصد تغییرات MWD_5 را توجیه کند. این نقش با افزایش انرژی وارده به خاکدانه‌ها (زمان تکان دادن) کاهش یافته است. بالاترین ضریب تبیین (R^2) برای زمان تکان دادن ۵ دقیقه به‌دست آمد و با افزایش زمان الک کردن، این ضریب کاهش یافت (شکل ۲). هم‌چنین ضریب درصد ماده آلی (شیب رابطه رگرسیونی) با افزایش زمان الک کردن، کاهش نشان داد. در واقع می‌توان گفت که تاثیر ماده آلی بر پایداری ساختمان خاک در زمان‌های کوتاه الک‌کردن (تنش‌های مکانیکی-آبی کم)، قابل توجه است.



شکل ۲: رابطه بین پایداری خاکدانه‌ها (MWD) و درصد ماده آلی خاک (OM%) در زمان‌های مختلف تکان دادن الک‌ها در آب: الف) ۵ دقیقه، ب) ۱۰ دقیقه و ج) ۱۵ دقیقه. MWD بیانگر میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (میانگین سه تکرار) می‌باشد.

1. Organo-mineral complexes
2. Hierarchical construction of soil aggregates

www.SID.ir

اثرهای مستقل ویژگی‌های خاک بر پایداری ساختمان خاک

همان‌گونه که در بخش مواد و روش‌ها ذکر شد، برای بررسی اثرهای مستقل ویژگی‌های ذاتی بر پایداری ساختمان خاک از روش همبستگی جزئی استفاده شد. در جدول ۲ ضرایب همبستگی جزئی بین MWD و درصد ماده آلی، رس و کربنات کلسیم خاک آورده شده است.

جدول ۲: ضرایب همبستگی جزئی (r) بین MWD و ویژگی‌های ذاتی خاک‌های مورد بررسی

زمان تکان دادن الک‌ها در آب (دقیقه)	ماده آلی	رس	کربنات کلسیم
۵	۰/۷۵۵**	۰/۷۹۴**	۰/۶۱۷**
۱۰	۰/۴۷۸*	۰/۷۵۳**	۰/۴۸۷*
۱۵	۰/۴۷۵*	۰/۸۳۱**	۰/۴۴۱*

* و **: به ترتیب نشان‌دهنده همبستگی جزئی معنی‌دار در سطوح آماری ۵ و ۱ درصد می‌باشند.

ضرایب همبستگی جزئی MWD با ماده آلی و کربنات کلسیم خاک، با افزایش زمان تکان دادن کاهش یافت. اما برای متغیر مقدار رس تغییر ضریب همبستگی ناچیز بود. برای نمونه ضریب همبستگی جزئی ماده آلی با MWD در زمان تکان دادن ۵ دقیقه ۰/۷۵۵ است که با افزایش زمان تکان دادن به ۱۵ دقیقه این مقدار به ۰/۴۷۵ کاهش یافت. اما برای رس این ضریب از ۰/۷۹۴ در زمان ۵ دقیقه به ۰/۸۳۱ در زمان ۱۵ دقیقه رسید. بیشترین اثر مستقل در تمامی زمان‌های تکان دادن الک‌ها در آب مربوط به مقدار رس خاک بود ولی با افزایش زمان تکان دادن الک‌ها در آب، تفاوت اثر مستقل آن با دو ویژگی دیگر (مقدار ماده آلی و کربنات کلسیم) چشم‌گیر می‌شود (جدول ۲).

خاکدانه‌های درشت در اثر وجود ماده آلی ذره‌ای[1] (POM) یا تجزیه‌نشده پایدار می‌شوند و وقتی نیروهای وارده به خاکدانه‌ها زیاد می‌شود (افزایش زمان تکان دادن الک‌ها)، چون این ماده آلی سطح ویژه کم، C/N زیاد و پیوند ضعیف با ذرات خاک دارد، به‌راحتی از بین و درون خاکدانه‌های درشت جدا شده و ناپایداری آن‌ها را سبب می‌شود. ولی رس همواره به‌عنوان یک عامل پایداری خاکدانه‌ها (بدون توجه به نیروی وارده) مطرح است (اودز و واتررز، ۱۹۹۱).

نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که پاسخ خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک در مقایسه با خاک‌های مناطق مرطوب و نیمه‌مرطوب به شرایط روش‌های اندازه‌گیری پایداری ساختمان خاک مشخص‌تر و شدیدتر است. بیشترین ضریب همبستگی پایداری ساختمان خاک (به روش الک تر) با ویژگی‌های ذاتی آن، در زمان الک کردن ۵ دقیقه به‌دست آمد. برای تخمین پایداری ساختمان (MWD_5) در خاک‌های منطقه همدان با توجه به ویژگی‌های درصد ماده آلی (OM%)، درصد رس (Clay%) و درصد کربنات کلسیم ($CaCO_3$%) خاک، معادله ۳ پیشنهاد می‌شود.

تاثیرگذاری ماده آلی بر مقدار میانگین وزنی قطر (MWD) خاکدانه‌ها در زمان‌های کوتاه تکان دادن الک‌ها در آب (۵ دقیقه)، حدود ۱۸ برابر رس و ۲۶ برابر کربنات کلسیم بود. پس از ماده آلی، رس تاثیرگذارترین ویژگی در پایداری ساختمان خاک تعیین شد. ضرایب همبستگی جزئی MWD با ماده آلی و کربنات کلسیم خاک با افزایش زمان تکان دادن الک‌ها در آب، کاهش یافت. اما برای متغیر مقدار رس، تغییر ضریب همبستگی با زمان الک کردن ناچیز بود. مهم‌ترین نقش در پایداری ساختمان خاک در تمامی زمان‌های تکان دادن الک‌ها در آب را مقدار رس و پس از آن مقدار ماده آلی خاک ایفا کرد. ولی با افزایش زمان تکان دادن الک‌ها در آب، تفاوت اثر مستقل مقدار رس با دو ویژگی دیگر (مقدار ماده آلی و کربنات کلسیم) چشم‌گیر شد. اما افزایش زمان الک کردن، تاثیر چندانی بر نقش مثبت رس در پایداری ساختمان خاک نداشت. به‌طور کلی در خاک‌های مورد بررسی در استان همدان، نقش ماده آلی و رس خاک در ایجاد خاکدانه‌های پایدار قابل توجه است.

1. Particulate organic matter

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

بای‌بوردی، م.، ۱۳۷۹. "فیزیک خاک". چاپ ششم، انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۱۶۷۲. تهران. ۶۷۱ صفحه.

بیات، ح.، ۱۳۸۲. بررسی اثرات خاک‌ورزی و تردد چرخ‌ها بر ویژگی‌های فیزیکی خاک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان.

صفادوست، آ.، ۱۳۸۴. اثر خاک‌ورزی و مواد آلی بر پاره‌ای ویژگی‌های فیزیکی خاک و بعضی شاخص‌های ریشه گیاه ذرت. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان.

Alperovitch, N., Shainberg, I. and Keren, R. 1981. Specific effect of magnesium on the hydraulic conductivity of sodic soils. Journal of Soil Science. 32: 543-554.

Angers, D. A. and Carter, M. R. 1996. Aggregation and organic matter storage in cool, humid agricultural soils. In: Carter, M. R., and B. A. Stewart (Eds.). Structure and Organic Matter Storage in Agricultural Soils. Advances in Soil Science. Lewis Publishers, CRC Press, Inc., Boca Raton, FL. pp: 193-211.

Ben-Hur, M., Shainberg, I., Bakker, D. and Keren, R. 1985. Effect of soil texture and $CaCO_3$ content on water infiltration in crusted soil as related to water salinity. Irrigation Science. 6: 281-294.

Caron, J., Espindola, C. R. and Angers, D. A. 1996. Soil structural stability during rapid wetting: Influence of land use on some aggregate properties. Soil Science Society of America Journal. 60: 901-908.

Curtin, D., Steppuhn, H. and Selles, F. 1994. Effects of magnesium on cation selectivity and structural stability of sodic soils. Soil Science Society of America Journal. 58: 730-737.

Gee, G. W., and Bauder, J. W. 1986. Particle-size distribution In: Klute, A. (Ed.). Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. Agronomy Monograph. No. 9, 2nd edition, ASA SSSA, Madison, WI. pp. 384-411.

Hajabbasi, M. A. and Hemmat, A. 2000. Tillage impacts on aggregate stability and crop productivity in a clay-loam soil in central Iran. Soil & Tillage Research. 56: 205-212.

Heil, D. and Sposito, G. 1995. Organic matter role in illitic soil colloids flocculation. III. Scanning force microscopy. Soil Science Society of America Journal. 59: 266-264.

Kemper, W. D. and Rosenau, R. C. 1986. Aggregate stability and size distribution. In: Klute, A. (Ed.). Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. Agronomy Monograph. No. 9, 2nd edition, ASA/SSSA, Madison, WI. pp. 425-442.

Le Bissonnais, Y. 1996. Soil characteristics and aggregate stability. In: Agassi, M. (Ed.). Soil Erosion, Conservation, and Rehabilitation. Marcel Dekker, Inc. New York. pp. 41-60.

Marquez, C. O., Garcia, V. J., Cambardella, C. A., Schultz, R. C. and Isenhart, T. M. 2004. Aggregate-size stability distribution and soil stability. Soil Science Society of America Journal. 68: 725-735.

Mbagwu, J. S. C. and Piccolo, A. 1989. Changes in soil aggregate stability induced by amendment with humic substances. Soil Technology. 2: 49-57.

Minhas, P. S. and Sharma, D. R. 1986. Hydraulic conductivity and clay dispersion as affected by application sequence of saline and simulated rain water. Irrigation Science. 7: 159-161.

Nadler, A., Levey, G. J., Keren, R. and Eisenberg, H. 1996. Sodic calcareous soil reclamation as affected by water chemical composition and flow rate. Soil Science Society of America Journal. 60: 252-257.

Oades, J. M. 1988. The retention of organic matter in soils. Biogeochemistry. 5: 35-70.

Oades, J. M. and Waters, A. G. 1991. Aggregate hierarchy in soils. Australian Journal of Soil Research. 29: 815-824.

Page, A. L., Miller, R. H. and Keeney, D. R. (Eds.). 1992. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties, Agronomy Monograph. 2nd edition, ASA SSSA, Madison, WI.

Rasiah, V. and Kay, B. D. 1994. Characterizing changes in aggregate stability subsequent to introduction of forages. Soil Science Society of America Journal. 58: 935-942.

Archive of SID

www.SID.ir

Ternan, J. L., Williams, A. G., Elmes, A. and Hartley, R. 1996. Aggregate stability of soils in central Spain and the role of land management. Earth Surface Processes and Landforms. 21: 181-193.

Tisdall, J. M. and Oades, J. M. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soil. Journal of Soil Science. 33: 141-163.

Archive of SID

www.SID.ir

Structural Stability Assessment Using Wet Sieving Method and its Relations with Some Intrinsic Properties in 21 Soil series From Hamadan Province

Khazaee[1], A., Mosaddeghi[2], M. R. and Mahboubi[3], A. A.

Abstract

Soil structure could directly and indirectly affect soil water retention, hydraulic conductivity, aeration and temperature. It is also important in terms of soil mechanical impedance and nutrient diffusion in soil, which have impacts on plant growth and crop production. Many factors such as soil texture, organic matter and calcium carbonate content might change soil structural stability. The influences of these factors on aggregate stability were studied for 21 soil series from Hamadan province, Iran. Aggregate stability was measured using wet sieving method and mean weight diameter (MWD) of the aggregates was calculated. Three time durations of shaking (5, 10 and 15 min) in water were used to impose different hydromechanical stresses on soil aggregates. All of the measured intrinsic properties significantly affected structural stability. Short-time shaking (i.e. 5 min) resulted in better differentiation of soils on the basis of structural stability. This was due to the low intrinsic structural stability of aridic and semi-aridic soils in Iran. Among the intrinsic soil properties, soil organic matter had the most important role in aggregate stability. For instance, soil organic matter (OM) increased MWD of 5 min shaking (MWD_5), 18 and 26 times greater than the clay and $CaCO_3$ did, respectively. It could be predicted from the following regression equation:

MWD_5 (mm) $= -0.267 + 0.449$ OM% $+ 0.0245$ Clay% $+ 0.0169$ $CaCO_3$% $\quad R^2 = 84.8$ %

Partial correlation analyses showed that the highest partial correlation coefficients were observed between MWD and soil clay content and then between MWD and OM for all of the shaking times. With increasing shaking duration, clay content effect on MWD increased but the influences of Organic Matter and $CaCO_3$ contents decreased. Generally, the organic matter and clay contents were most important soil properties regarding aggregate stability for the studied soils. The short time (5 min) wet sieving may be recommended for structural stability assessment of the soils.

Keywords: Soil structural stability, Mean weight diameter, Clay, Organic matter, Calcium carbonate

Archive of SID

1 And 3. Former Graduate Student and Professor, respectively, Department of Soil Science, College of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamadan

2. Associate Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture, Isfahan University of Tecnoligy

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir