بررسی اثر ویژگی‌های ذاتی خاک بر پایداری ساختمان برخی از خاک‌های استان همدان

معصومه نیکپور[۱*]، علی اکبر محبوبی[۲]، محمدرضا مصدقی[۳] و آزاده صفادوست[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۲/۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۲/۲۱)

چکیده

اثر ویژگی‌های ذاتی خاک بر پایداری ساختمان خاک مورد ارزیابی قرار گرفت. نمونه‌های خاک (۳۳ سری) از استان همدان به گونه‌ای انتخاب شد که دامنه گسترده‌ای از ویژگی‌های ذاتی و پایداری ساختمان خاک را دربرگیرند. دو شاخص پایداری ساختمان خاک شامل میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) با استفاده از روش یودر و شاخص دبوت- دلینهیر (DDI) مورد استفاده قرار گرفت. پیش از آزمایش الک تر خاکدانه‌ها دو پیش- تیمار رطوبتی به صورت (مرطوب شدن سریع تا اشباع و مرطوب شدن آهسته تا مکش ماتریک ۳۰ kPa) اعمال گردید. روابط رگرسیون خطی و چندگانه بین MWD و DDI با ویژگی‌های ذاتی خاک (مقدار ماده آلی، رس، رس ریز، سیلت، شن، کربنات کلسیم، رسانایی الکتریکی و واکنش خاک) تعیین گردید. نتایج نشان داد که مقدار ماده آلی خاک بیشترین تأثیر را بر شاخص‌های ذکر شده داشت. پس از ماده آلی، رس، رس ریز و کربنات کلسیم به ترتیب تأثیرگذار بودند. مرطوب کردن سریع باعث خرد شدن بیشتر خاکدانه‌ها به علت انرژی تخریبی آن، محبوس شدن هوا و آماس غیریکنواخت خاک شد. در حالی که مرطوب شدن آهسته تفاوت خاک‌های با پایداری ساختمان کم را بهتر نشان داد. این پژوهش نشان داد پس از تأثیر ماده آلی، رس ریز عامل مؤثرتری نسبت به کل رس بر شاخص‌های پایداری ساختمان خاک است و هم‌چنین ضریب تبیین بالایی (R^2 >٪۷۵) بین MWD و DDI وجود دارد و این دو شاخص برای ارزیابی پایداری خاکدانه‌ها در استان همدان پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: میانگین وزنی قطر خاکدانه، شاخص دبوت- دلینهیر، پایداری ساختمان خاک

۱. مربی گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، صندوق پستی ۳۶۹۷- ۱۹۳۹۵، تهران

۲. به ترتیب استاد و دانشجوی دکتری خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

۳. دانشیار خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: nikpoor_buali@yahoo.com

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-11-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.58.6.0]

مقدمه

ساختمان خاک، یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی و فعال خاک است. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و عوامل اکولوژیکی و انسانی در درازمدت بر ساختمان خاک اثر می‌گذارند. هم‌چنین ساختمان خاک با اثر بر چرخه کربن و دیگر عناصر غذایی، جذب، ذخیره و حرکت آب، تهویه، رسانایی گرمایی خاک، مقاومت مکانیکی و مقاومت در برابر فرسایش، بر رشد گیاه و تولید بهینه محصول اثر بسزایی دارد (۱۴). ساختمان خاک را می‌توان با شکل یا پایداری آن ارزیابی کرد (۱۲). پایداری ساختمان خاک شاخص دقیقی برای ارزیابی کیفیت خاک در برنامه‌ریزی استفاده بهینه از خاک است. هم‌چنین ساختمان خاک را می‌توان با تعیین پیشرفت در فرایندهای خاکدانه‌سازی، پایداری خاکدانه، توزیع و شکل منافذ بررسی نمود. توزیع اندازه ذرات، مقدار و پایداری خاکدانه‌ها از جمله موارد قابل توجه در ارزیابی فرایندهای خاکدانه‌سازی در خاک هستند. این عوامل در تعیین مقدار و توزیع اندازه منافذ خاک و حساسیت خاک به فرسایش آبی و بادی نیز دارای اهمیت بسیار هستند (۱۷).

در مورد تأثیر ویژگی‌های ذاتی خاک از جمله ماده آلی، رس و کربنات کلسیم بر پایداری ساختمان خاک پژوهش‌های زیادی انجام گرفته است (۳، ۹ و ۲۱). ماده آلی در پایداری ساختمان خاک نقش مؤثری دارد. فرآیندهای پایدارسازی خاکدانه‌ها با ماده آلی نه تنها به مقدار و ترکیب شیمیایی ماده آلی بستگی دارد، بلکه بیش از آن به آرایش و چگونگی پیوندهای ماده آلی با اجزاء معدنی خاک نیز وابسته است (۴). لینچ و براگ گزارش کردند که ماده آلی در خاک هم در شکل‌گیری خاکدانه و هم در پایداری آن اثر مثبت دارد (۲۲). گرزابک و همکاران در یک آزمایش درازمدت (۳۸ سال) نشان دادند که به واسطه افزایش هوموس و کربن آلی خاک افزایش معنی‌داری در مقدار پایداری خاکدانه‌ها ایجاد شده است، به گونه‌ای که در کرت‌های تیمار کود حیوانی، پایداری ساختمان خاک بیشتر از کرت‌های شاهد بوده است (۱۵). رازیا و کی گزارش کردند که پایداری خاکدانه‌ها در اثر کاربرد تنش‌های ناشی از الک تر، با افزایش میزان رس خاک افزایش می‌یابد (۲۷). در واقع رس به عنوان عامل مهمی در پیوند دادن ذرات اولیه خاک به همدیگر و تشکیل خاکدانه‌های پایدار مؤثر است. مینهاس و شارما تأثیر مثبت کربنات کلسیم بر پایداری خاکدانه‌ها را گزارش کردند (۲۱). بن هور و همکاران نشان دادند که با افزایش میزان کربنات کلسیم در خاک، پایداری خاکدانه‌ها افزایش یافته و در نتیجه از پراکندگی خاکدانه‌ها کاسته می‌شود (۶). شاخص‌های زیادی برای ارزیابی پایداری ساختمان خاک وجود دارد. ویژگی‌های ساختمان، اندازه خاکدانه‌ها، مقدار رطوبت نمونه‌ها و شدت و روش مرطوب کردن خاکدانه‌ها تأثیر زیادی بر نتایج آزمایش‌های ارزیابی پایداری ساختمان خاک دارد.

رازیا و کی تأثیر تفاوت در شرایط مرطوب کردن بر نتایج ارزیابی پایداری ساختمان خاک را گزارش کردند (۲۷). این پژوهشگران دریافتند که نمونه‌های با رطوبت در حد گنجایش زراعی، ارزیابی بهتری از رفتار خاک در برابر تنش‌های وارده، از خود نشان می‌دهند. با این حال امکان مقایسه رفتار نمونه‌ها با نمونه خاک‌هایی که در شرایط رطوبتی مختلف قرار دارند محدودتر می‌شود. از این رو آنها پیشنهاد کردند که شرایط رطوبتی هوا- خشک (۰/۱ ٪) امکان مقایسه پایداری ساختمان خاک‌های مختلف را بهتر از سایر رطوبت‌ها فراهم می‌کند. اَفندی و همکاران پایداری ساختمانی خاک‌های تحت کشت قهوه در جنوب اندونزی را به روش دبوت و دلینهیر ارزیابی کردند (۲). خاک‌های مورد بررسی دارای بافت ریز، ماده آلی نسبتاً زیاد و pH اسیدی بودند. این پژوهشگران به خوبی توانستند به کمک این روش، پایداری خاک‌ها را ارزیابی کرده و رابطه معنی‌داری بین عمق و نوع پوشش زراعی با مقدار رطوبت و پایداری خاکدانه‌ها به‌دست آوردند. دانشمندان دیگری نیز با بهسازی و تغییرات در روش دلینهیر و دبوت، پایداری ساختمان را با این شاخص ارزیابی کردند. از جمله این پژوهش‌گران وان لسلند و همکاران (۳۵) و محبوبی و همکاران (۲۳) بودند. هم‌چنین دیاز- زوریتا و همکاران (۱۴) به بررسی

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-11-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.58.6.0]

این شاخص پرداختند. در کشور ما، پژوهش‌های کمی اندکی در رابطه با روش‌ها و شاخص‌های ارزیابی پایداری ساختمان خاک انجام گرفته است. این پژوهش روی خاک‌های استان همدان (با اقلیم نیمه‌خشک) انجام شد و هدف از آن ارائه روش یا روش‌های مناسب ارزیابی پایداری ساختمان خاک‌های منطقه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش ۳۳ خاک از سری خاک‌های استان همدان به روشی انتخاب گردید که دامنه گسترده‌ای از درصد رس، ماده آلی و کربنات کلسیم را داشته باشند. نمونه‌ها با کمترین تخریب از لایه ۲۵- ۵ سانتی‌متر سطحی برداشته شد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها با استفاده از روش‌های رایج آزمایشگاهی اندازه‌گیری شد. بافت خاک و مقدار رس ریز به ترتیب به روش‌های هیدرومتر و پیپت (۸)، درصد ماده آلی به روش والکی- بلاک (۲۹)، کربنات کلسیم به روش تیتراسیون برگشتی (۳۱)، رسانایی الکتریکی و واکنش خاک در عصاره ۱ به ۵ خاک به آب با رسانایی سنج الکتریکی مدل متراهم ۷۱۲ (۲۸) و دستگاه pH متر مدل متراهم ۷۴۴ (۳۴) تعیین شد. پایداری ساختمان خاک با استفاده از روش الک تر یودر (۳۳) و روش اصلاح شده دبوت و دلینهیر توسط اَفندی و همکاران (۲) ارزیابی شد. بر طبق روش یودر ابتدا نمونه‌های خاک پس از هوا- خشک شدن از الک ۸ میلی‌متری عبور داده شد. سپس ۵۰ گرم از خاک الک شده یک بار به صورت رطوبت هوا- خشک (پیش- تیمار مرطوب کردن سریع Fast wetting) و بار دیگر با رطوبت گنجایش زراعی یا مکش ماتریک ۳۰ kPa (پیش- تیمار مرطوب کردن آهسته Slow wetting) بر روی یک سری الک (به ترتیب از بالا به پایین ۴، ۲، ۱، ۰/۵، ۰/۲۵ و ۰/۰۵ میلی‌متر) ریخته شد و با سرعت ۳۰ نوسان در دقیقه، کورس ۱/۳ سانتی‌متر و زمان ۵ دقیقه تحت الک تر قرار گرفت (۲۹). با توجه به ویژگی‌های خاک‌های همدان و نتایج به‌دست آمده توسط خزایی (۱)، ۵ دقیقه مناسب‌ترین زمان برای انجام آزمایش الک تر است. در پایان الک کردن، الک‌ها به آرامی از آب خارج شده، خاکدانه‌های باقی‌مانده روی هر الک به درون ظروف چینی شسته شده و نهایتاً در آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد خشک گردید. از آنجا که امکان وجود ذرات اولیه درشت (سنگریزه و شن) در اندازه خاکدانه‌ها وجود داشت، تصحیح شن ضروری بود. از این رو خاکدانه‌های باقی‌مانده روی الک‌ها ابتدا در آب پراکنده و دوباره روی الک مانند خود ریخته شد.

سپس مقدار ذرات باقی‌مانده روی هر الک (سنگریزه و شن) پس از خشک شدن در آون، وزن شده و از وزن اولیه خاکدانه‌های روی هر الک کم گردید. در نهایت مقدار خاکدانه‌های واقعی محاسبه گردید. برای محاسبه میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) از فرمول زیر استفاده شد:

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

که در این رابطه n تعداد دامنه اندازه خاکدانه (در اینجا ۶ عدد)، $\overline{X_i}$، میانگین قطر خاکدانه‌های روی هر الک (میانگین قطر سوراخ الک بالا و پایین) و w_i نسبت جرم خشک خاکدانه‌های روی هر الک i به جرم خشک کل خاکدانه‌های خاک است. در نهایت میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها با پیش- تیمار مرطوب کردن سریع (MWD_{fw}) و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها با پیش- تیمار مرطوب کردن آهسته (MWD_{sw}) محاسبه شد. شاخص دبوت و دلینهیر (DDI) با استفاده از روش اصلاح شده دلینهیر و دبوت توسط اَفندی و همکاران (۲) به‌دست آمد. در این روش ابتدا ۵۰۰ گرم از نمونه خاک هوا- خشک سرند شده (mm ۸ >) روی یک سری الک (به‌ترتیب از بالا به پایین ۴، ۲، ۱، ۰/۵ و ۰/۲۵ میلی‌متر) در دستگاه ویژه الک خشک ریخته شد. سپس توده خاک به مدت ۵ دقیقه الک گردید. در پایان الک کردن، خاک روی هر الک وزن شد و به صورت جداگانه به درون پتری منتقل گردید. با توجه به جرم خاک درون هر یک از پتری‌ها میزان آب مورد نیاز برای رساندن آنها به FC (مقدار رطوبت در مکش ماتریک ۳۰ kPa) محاسبه شده

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-11-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.58.6.0]

و خاک‌ها مرطوب شدند. مرطوب کردن با استفاده از قطره‌های آبی که از دهانه بورت و از ارتفاع ۵۰ سانتی‌متری با سرعت ۷ متر بر ثانیه روی خاک ریخته می‌شد، انجام گرفت. نمونه‌های خاک پس از مرطوب شدن، ۲۴ ساعت در دما و رطوبت ثابت در درون انکوباتور قرار گرفتند تا از نظر رطوبتی به طور کامل به تعادل برسند. در نهایت خاک مربوط به هر الک بر روی همان الک برگردانده شده و با افزودن الک ۰/۰۵ میلی‌متر به انتهای سری الک‌ها، خاکدانه‌ها به مدت ۵ دقیقه با سرعت ۳۰ نوسان در دقیقه و کورس ۱/۳ سانتی‌متر در آب الک شدند. در پایان زمان تکان دادن، الک‌ها به آرامی از دستگاه خارج شده و خاکدانه‌های باقی‌مانده روی هر الک وزن گردید. در نهایت تصحیح شن نیز انجام شد. شاخص دلینهیر و دبوت (DDI) یکی از شاخص‌های ارزیابی پایداری ساختمان خاک است که تفاوت MWD خاکدانه‌ها را در دو روش الک خشک و الک تر بررسی می‌کند. در این پژوهش این شاخص به صورت زیر محاسبه شد:

$$DDI\% = \frac{1}{MWD_{dry} - MWD_{wet}} \times 100 \qquad [۲]$$

که در آن MWD_{dry} و MWD_{wet} به‌ترتیب بیانگر میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در روش‌های الک خشک و الک تر به شیوه دبوت و دلینهیر هستند (۱۳).

برای بررسی اثر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بر میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، ابتدا داده‌ها نرمال شدند. برای نرمال کردن داده‌ها، از تبدیل‌های لگاریتم (log x)، معکوس کردن ($\frac{1}{x}$) و یا به توان دو رساندن (x^2) استفاده شد. قابل ذکر است برای به‌دست آوردن رابطه بین شاخص‌ها با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها ابتدا تمامی ویژگی‌ها به همراه صورت نرمال شده (x، log x، $\frac{1}{x}$ و یا x^2) وارد نرم‌افزار شده و از آنها به روش پله‌ای (Stepwise) رگرسیون گرفته شد. در نهایت برای مقایسه بهتر ضریب‌ها و اثر ویژگی‌ها بر شاخص مورد نظر، ویژگی‌ها به شکل ساده (x) وارد معادله‌های رگرسیونی گردید. روابط برازش خطی و چندگانه بین دو شاخص پایداری ساختمان و ویژگی‌های ذاتی خاک (درصد ماده آلی، رس، سیلت، شن، رس ریز، کربنات کلسیم، رسانایی الکتریکی و واکنش خاک) با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS و SAS بررسی شد. شکل‌ها نیز به کمک نرم‌افزار Excel رسم شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مورد ارزیابی خاک‌ها در این پژوهش شامل درصد شن (Sand%)، سیلت (Silt%)، رس (Clay%)، رس ریز (Fine Clay%)، واکنش (pH)، رسانایی الکتریکی (EC) بر حسب دسی‌زیمنس بر متر، درصد ماده آلی (OM%) و درصد کربنات کلسیم ($CaCO_3$%) بودند. مقادیر حداکثر، حداقل، میانگین، انحراف معیار و میانه این ویژگی‌ها در جدول ۱ آورده شده است. قابل ذکر است اسیدیته و رسانایی الکتریکی اثر چندانی بر شاخص‌های پایداری مورد بررسی نداشتند که احتمالاً به علت محدود بودن پراکندگی این دو ویژگی در خاک‌های مورد بررسی می‌باشد.

تأثیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بر شاخص پودر (MWD)

ارتباط بین MWD با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها در روش الک تر با پیش- تیمارهای مرطوب کردن سریع و آهسته، به همراه ضرایب تبیین (R^2) در معادله‌های رگرسیونی زیر نشان داده شده است:

$$MWD_{fw}\,(mm) = ۱/۳۱\,Log(OM\%) + Log(Clay\%)^{۱/۵۳} + ۰/۰۰۰۲۸\,(CaCO_۳\%)^۲ \qquad R^۲ = \%۸۲/۴ \qquad [۳]$$

$$MWD_{sw}\,(mm) = ۰/۷۳ + ۰/۵۱۶\,Log(OM\%) + ۰/۸۳۲\,Log(Clay\%) + ۰/۰۰۰۱۵۶\,(CaCO_۳\%)^۲ \qquad R^۲ = \%۸۰/۱ \qquad [۴]$$

معادله‌های ۳ و ۴ بهترین برازش و بیشترین ضرایب تبیین (R^2) را در بین معادله‌های رگرسیونی داشتند. کمپر و کوخ (۱۸) نیز

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-11-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.58.6.0]

جدول۱. توصیف آماری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد بررسی

	درصد شن	درصد سیلت	درصد رس	درصد ریز رس	اسیدیته خاک	رسانایی الکتریکی ($dS\ m^{-1}$)	درصد ماده آلی	درصد کربنات کلسیم
حداکثر	۵۸/۳	۶۴/۸	۵۶/۵	۹/۸	۸/۷	۰/۸۲	۴/۱۹	۴۲/۵
حداقل	۵/۰	۳۱/۲	۱۰/۵	۴/۶	۶/۵	۰/۱۴	۰/۵۰	۶/۰
میانگین	۱۵/۷	۴۸/۶	۳۵/۷	۷/۳	۷/۹	۰/۵۱	۱/۷۲	۲۳/۲
انحراف معیار	۱۰/۱	۷/۵	۹/۰	۱/۱	۰/۳	۰/۱۸	۰/۸۹	۸/۷
میانه	۱۲/۰	۴۹/۳	۳۷/۵	۷/۶	۷/۹	۰/۴۸	۱/۶۴	۲۱/۵

بهترین برازش را بین پایداری خاکدانه‌های مرطوب با لگاریتم درصد ماده آلی و رس به‌دست آوردند که با نتایج به‌دست آمده در این پژوهش هماهنگی دارد. هم‌چنین پوجاسوک و کی (۲۶) پیشنهاد کردند که در معادله‌های رگرسیونی، لگاریتم ماده آلی در برآورد پایداری ساختمان خاک استفاده شود. در این پژوهش برای مقایسه بهتر اثر ویژگی‌های خاک بر MWD، معادله‌های رگرسیونی ساده با سه ویژگی مستقل به صورت زیر به دست آمدند:

$$MWD_{fw}\,(mm) = ۰/۴۱۱\ (OM\%) + ۰/۰۲۲۸\ (Clay\%) + ۰/۰۱۳۳\ (CaCO_۳\%) \qquad R^۲ = \%۷۸/۰ \quad [۵]$$

$$MWD_{sw}\,(mm) = ۱/۳۳ + ۰/۱۶۶\ (OM\%) + ۰/۰۱۰۷(Clay\%) + ۰/۰۰۸۸۶\ (CaCO_۳\%) \qquad R^۲ = \%۷۴/۶ \quad [۶]$$

میانگین MWD برای خاک‌های مورد بررسی به روش الک تر با پیش- تیمار مرطوب کردن سریع کمتر از پیش- تیمار مرطوب کردن آهسته به‌دست آمد. به‌طوری که میانگین MWD_{sw} (۲/۲۸ mm) حدود ۱/۲۳ برابر مقدار میانگین MWD_{fw} (۱/۸۵ mm) بود. در پیش- تیمار مرطوب کردن سریع، امکان خروج هوا از منافذ خاک وجود نداشته و آماس غیریکنواخت خاکدانه‌ها و انرژی تخریبی زیاد را می‌توان موجب متلاشی شدن خاکدانه‌ها دانست. لی‌بی‌سونایس و آرویاس (۲۰) هم به بررسی و مقایسه MWD_{sw} و MWD_{fw} پرداختند. این پژوهشگران مقادیر زیادتری برای MWD با پیش- تیمار مرطوب کردن آهسته نسبت به پیش- تیمار مرطوب کردن سریع به‌دست آوردند. هم‌چنین زانگ و هورن (۳۷) برای اغلب خاک‌ها، مقادیر MWD زیادی را در پیش- تیمار مرطوب کردن آهسته به‌دست آوردند.

با توجه به معادله‌های ۵ و ۶، مشخص شد که ماده آلی مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر پایداری خاکدانه‌ها و MWD خاکدانه‌های خاک‌های مورد بررسی است. سوان (۳۳) نیز نتیجه گرفت که افزایش ماده آلی بیشترین اثر را در افزایش پایداری خاکدانه‌ها به روش الک تر دارد. گلدبرگ و همکاران (۱۶) نشان دادند که ماده آلی خاک می‌تواند بیشترین اثر را در خاکدانه‌سازی یا تخریب خاکدانه‌ها داشته باشد. این پژوهشگران اثر ماده آلی بر پایداری خاکدانه‌ها در زمان الک کردن را بسیار حائز اهمیت دانستند. پس از آن، رس عامل مؤثر دیگر در تشکیل خاکدانه‌های پایدار می‌باشد. نتایج به‌دست آمده برای شاخص یودر در این پژوهش اثر ماده آلی را به عنوان مهم‌ترین عامل در پایداری و اثر رس را در درجه دوم اهمیت قرار می‌دهد. مولینا و همکاران (۲۵) تأثیر رس، ماده آلی و کلسیم تبادلی را بر پایداری خاکدانه‌ها به روش الک تر مثبت ارزیابی کردند. نتایج این پژوهشگران با نتایج به‌دست آمده در این پژوهش همبستگی دارد. با توجه به معادله‌های ۵ و ۶، تأثیرگذاری ماده آلی بر مقدار MWD_{fw} حدود ۱۸ برابر رس و ۳۱ برابر کربنات کلسیم و بر مقدار MWD_{sw} حدود ۱۵ برابر رس و ۱۹ برابر کربنات کلسیم بود. رس در درجه دوم اهمیت تأثیرگذاری بر پایداری ساختمان خاک قرار گرفت. تأثیر درصد رس بر MWD_{fw} حدود ۱/۷ برابر و در مقدار MWD_{sw} حدود

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-11-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.58.6.0]

۱/۲ برابر کربنات کلسیم بود. نتایج به‌دست آمده توسط کمپر و کوخ (۱۸) نیز ارتباط مثبت و معنی‌داری را بین خاکدانه‌ها و مقدار رس نشان داد. هم‌چنین بوراوکا و همکاران (۷) به بررسی تأثیر رس در تشکیل ساختمان خاک پرداختند و نشان دادند که با افزایش درصد رس، پایداری خاکدانه‌ها افزایش می‌یابد. در این پژوهش کربنات کلسیم در درجه آخر اهمیت قرار گرفت. تأثیر مفید کربنات کلسیم بر پایداری ساختمان خاک توسط شاین برگ و همکاران (۳۰) گزارش شده است. این پژوهشگران نتیجه گرفتند که با افزایش میزان کربنات کلسیم و در نتیجه کاهش پراکندگی خاکدانه‌ها، پایداری ساختمان خاک افزایش می‌یابد. لی‌بی‌سونایس (۱۹) هم نتیجه گرفت که ذرات کربنات کلسیم در اندازه رس به همراه مقادیر کافی رس، تأثیر قابل توجهی بر پایداری ساختمانی خاک‌ها دارند.

پژوهش‌گران بسیاری، رس ریز را جزء فعال‌ترین بخش رس در خاک می‌شناسند. برزگر و همکاران (۵) گزارش کردند که رس‌های ۲:۱ اثر بیشتری نسبت به سایر رس‌ها بر خاکدانه‌سازی دارند. این پژوهشگران نتیجه گرفتند که این رس‌ها دارای سطح ویژه و گنجایش تبادل کاتیونی (CEC) زیادی می‌باشند و از سوی دیگر درصد عمده‌ای از این رس‌ها در بخش رس ریز خاک قرار دارند. از این رو این رس‌ها بیشترین تأثیر را بر خاکدانه‌سازی و پایداری خاکدانه‌ها دارند. در معادله‌های زیر اثر رس ریز بر MWD مورد ارزیابی قرار گرفته است:

$$MWD_{fw}(mm) = -۱/۴۶ + ۱/۶۱ \text{ Log}(Clay\%) + ۰/۱۱۱ (OM\%)^{۲} - ۰/۰۵۰۳ (CaCO_{۳}\%) + ۰/۰۰۱۳ (CaCO_{۳}\%)^{۲} + ۰/۱۱۵ (Fine\ Clay\%) \qquad R^{۲} = \%۸۹/۴$$

[۷]

$$MWD_{sw}(mm) = -۰/۷۵ + ۰/۰۵۶۶ (OM\%)^{۲} + ۰/۰۷۷۹ CaCO_{۳}\% - ۲/۴۵ \text{ Log}(CaCO_{۳}\%) + ۱/۲۵ (Fine\ Clay\%) - ۰/۰۸۹۴ (Fine\ Clay\%)^{۲} \qquad R^{۲} = \%۸۰/۰$$

[۸]

در این پژوهش تأثیر رس ریز بیشتر از مقدار کل رس خاک بر پایداری ساختمان خاک ارزیابی و مشخص شد که رس ریز همبستگی بیشتری با شاخص MWD نسبت به کل رس خاک دارد. تأثیر ماده آلی خاک به عنوان مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر پایداری ساختمان خاک در روش الک تر، به طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفت. روابط رگرسیونی خطی MWD با مقدار ماده آلی در شکل ۱ ترسیم شده است. با توجه به شکل ۱ مقدار ماده آلی خاک به تنهایی ۵۵ درصد تغییرهای MWD_{fw} و ۴۴ درصد تغییرهای MWD_{sw} را توجیه می‌کند. ضریب ماده آلی (شیب خط) برای مرطوب کردن آهسته نسبت به مرطوب کردن سریع کاهش یافت. در واقع می‌توان گفت که اثر ماده آلی بر پایداری خاکدانه‌ها در پیش- تیمار مرطوب کردن سریع، قابل توجه بود. ماده آلی باعث بالا رفتن مقاومت خاکدانه‌ها در برابر تنش‌های محیطی شده و از این رو باعث افزایش پایداری ساختمان خاک می‌گردد. دلیل تأثیر بیشتر ماده آلی بر پایداری خاکدانه‌هایی که با پیش تیمار مرطوب کردن سریع خیس شده‌اند نسبت به خاکدانه‌ها با پیش تیمار مرطوب کردن آهسته، کاهش اثر رس بر پایداری خاکدانه‌ها در پیش تیمار مرطوب کردن سریع و نوع پیوندهای آلی تأثیرگذار بر ساختمان است.

تأثیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بر شاخص دلینهیر و دبوت

شاخص دلینهیر و دبوت اثر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بر پایداری خاکدانه‌های خاک را به خوبی توجیه کرد. ارتباط بین MWD خاکدانه‌های به‌دست آمده به روش دلینهیر و دبوت با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها در الک تر با پیش- تیمار مرطوب کردن آهسته و الک خشک به همراه ضرایب تبیین ($R^{۲}$) در معادله‌های رگرسیونی زیر نشان داده شده است:

$$DD\text{-}MWD_{sw}(mm) = ۰/۳۵ + ۰/۲۲۲ (OM\%) + ۰/۰۲۴۴ (Clay\%) + ۰/۰۰۶۶۳ (Fine\ Clay\%)^{۲} \qquad R^{۲} = \%۸۶/۴$$

[۹]

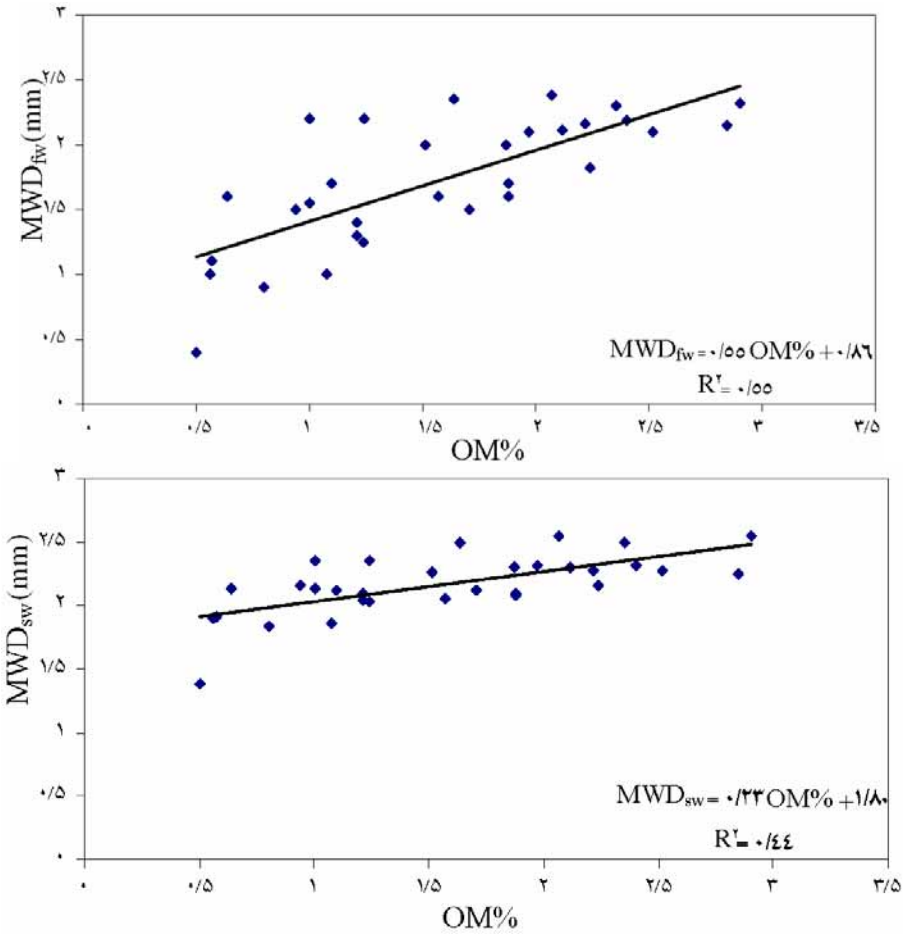
$$DD\text{-}MWD_{dry}(mm) = ۱/۰۲ + ۰/۰۸۸۵ (OM\%) + ۰/۸۶۲ \text{ Log} (Clay\%) + ۰/۰۰۲۴۸ (Fine\ Clay\%)^{۲} - ۰/۰۰۰۷۱ (Sand\%)^{۲} \qquad R^{۲} = \%۸۵/۲$$

[۱۰]

در این روابط $DD\text{-}MWD_{sw}$ و $DD\text{-}MWD_{dry}$ نشان‌دهنده

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-11-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.58.6.0]



شکل ۱. رابطه بین پایداری خاکدانه‌ها (MWD) و درصد ماده آلی خاک (OM%). MWD_{fw} و MWD_{sw} به ترتیب میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در روش الک تر و پیش- تیمارهای مرطوب کردن سریع و آهسته

میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در الک تر و الک خشک به روش دلینهیر و دبوت است. همان‌طورکه در این معادله‌ها مشخص است، ماده آلی، رس و رس ریز بر $DD\text{-}MWD_{sw}$ و $DD\text{-}MWD_{dry}$ تأثیر مثبتی داشتند. درحالی‌که اثر شن کاهشی بود. این نتیجه با نتایج به‌دست آمده به روش الک تر یودر هم‌خوانی دارد. ضرایب تبیین (R^2) بیشتر برای شاخص دلینهیر و دبوت با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک نسبت به شاخص MWD، نشان‌دهنده توجیه بهتر اثر ویژگی‌های خاک بر پایداری ساختمان توسط روش دلینهیر و دبوت است. مقایسه بهتر ضرایب رس و ماده آلی، این دو عامل به صورت جداگانه مورد بررسی قرار گرفت:

$$DD\text{-}MWD_{sw}\,(mm) = ۰/۴۶۶ + ۰/۲۴۷\,(OM\%) + ۰/۰۲۹۹\,(Clay\%) \qquad R^2 = \%۸۴/۵ \qquad [۱۱]$$

$$DD\text{-}MWD_{dry}\,(mm) = ۲/۰۸ + ۰/۱۰۴\,(OM\%) + ۰/۰۱۱\,(Clay\%) \qquad R^2 = \%۸۲/۸ \qquad [۱۲]$$

با توجه به معادله ۱۱ برای $DD\text{-}MWD_{sw}$ بیشترین اثرگذاری مربوط به ماده آلی خاک بود، که ۸/۲۶ برابر رس است. مقدار تأثیرگذاری رس بر میانگین وزنی قطر خاکدانه در درجه بعدی اهمیت قرار داشت. هم‌چنین با توجه به معادله ۱۲ برای $DD\text{-}MWD_{dry}$، بیشترین نقش مربوط به ماده آلی خاک است که ۹/۴۵ برابر رس اثرگذار بود. مقدار تأثیرگذاری رس بر

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-11-29]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.58.6.0]

$DD\text{-}MWD_{dry}$ در درجه بعدی اهمیت قرار داشت. در الک خشک و در شرایطی که خاکدانه‌ها در مجاورت آب قرار ندارند، تأثیر ماده آلی بر پایداری پیوندهای بین ذرات خاک بیشتر است. همان‌طورکه از مقایسه میانگین وزنی قطر خاکدانه در الک تر به روش دلینهیر و دبوت (معادله ۱۱) با میانگین وزنی قطر خاکدانه به روش الک تر یودر با پیش- تیمار مرطوب کردن آهسته (معادله ۶) برمی‌آید، ضریب تبیین (R^2) حاصل از روش دلینهیر و دبوت بیشتر است. به عبارت دیگر روش دلینهیر و دبوت بهتر از روش الک تر یودر قادر به توجیه اثر ویژگی‌های خاک و پایداری ساختمان بود. علاوه بر این با مقایسه این دو روش نتیجه‌گیری می‌شود که میانگین MWD برای پیش- تیمار مرطوب کردن آهسته به روش دلینهیر و دبوت ($DD\text{-}MWD_{sw}$) کمتر از میانگین MWD برای الک تر یودر (MWD_{sw}) است. علت این تفاوت احتمالاً به چگونگی مرطوب کردن خاک در دو روش مذکور مربوط است. در روش دلینهیر و دبوت خاک با قطراتی که از ارتفاع ۵۰ سانتی‌متری بر سطح خاک می‌ریزند مرطوب می‌شود. روش مرطوب کردن با شبیه‌سازی فرسایش در اثر برخورد قطره‌های باران، سبب خرد شدن بیشتر خاکدانه‌ها می‌شود. در نتیجه شرایط برای تخریب خاکدانه‌ها در این روش بیشتر است.

تفاوت در مقدار MWD در الک خشک و الک تر به روش دلینهیر و دبوت در شکل‌های ۲ و ۳ برای دو خاک ناپایدار و پایدار (بر اساس حداقل و حداکثر بودن شاخص‌های پایداری) به صورت نمونه آورده شده است. در این دو خاک درصد ماده آلی، رس و کربنات کلسیم به ترتیب در خاک ناپایدار ۰/۵، ۱۰/۵ و ۶/۰ و در خاک پایدار ۴/۱۹، ۳۷/۵ و ۴۱/۵ به‌دست آمد. با توجه به شکل۲ کاملاً مشخص است که در خاک‌های ناپایدار فاصله بین دو منحنی الک تر و خشک زیاد است و در نتیجه تفاوت MWD ناشی از این دو روش الک کردن ($MWD_{sw} - MWD_{dry}$) زیاد است. درحالی‌که در شکل ۳ فاصله اندک بین دو منحنی نشان‌دهنده پایداری زیاد در این خاک است. روابط شاخص دلینهیر و دبوت (DDI) با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها به همراه ضریب‌های تبیین (R^2) در معادله‌های رگرسیونی زیر نشان داده شده است:

$$DDI\,(\%) = ۱۱/۰\,(OM\%)^2 + ۲/۸۹\,(Clay\%) + ۰/۰۴۰۱\,(CaCO_3\%)^2 \qquad R^2 = \%۸۰/۶$$

[۱۳]

$$DDI\,(\%) = -۳۴/۵ + ۳۴/۷\,(OM\%) + ۲/۷۷\,(Clay\%) + ۱/۷۸\,(CaCO_3\%) \qquad R^2 = \%۷۴/۸$$

[۱۴]

معادله ۱۳ بهترین برازش و بیشترین ضریب تبیین (R^2) را داشت. برای مقایسه بهتر اثر ویژگی‌های خاک بر DDI، معادله رگرسیونی ساده ۱۴ با سه ویژگی مستقل به‌دست آمد. با توجه به معادله ۱۴، برای DDI بیشترین اثرگذاری مربوط به ماده آلی خاک بود، که ۱۲/۵۳ برابر رس و ۱۹/۵ برابر کربنات کلسیم است. مقدار تأثیرگذاری رس بر DDI در درجه دوم اهمیت قرار داشت. تأثیرگذاری درصد رس ۱/۵۶ برابر کربنات کلسیم بود و در نهایت کربنات کلسیم موجود در خاک به عنوان آخرین عامل مؤثر بر پایداری خاکدانه‌ها شناخته شد. اثر رس ریز بر DDI در معادله ۱۵ آورده شده است و برای مقایسه بهتر رس ریز با کل رس خاک، اثر کل رس بر این شاخص در معادله ۱۶ آورده شده است:

$$DDI\,(\%) = ۳۶/۷\,(OM\%) + ۲۳/۱\,(Fine\ Clay\%) \qquad R^2 = \%۵۵/۸$$

[۱۵]

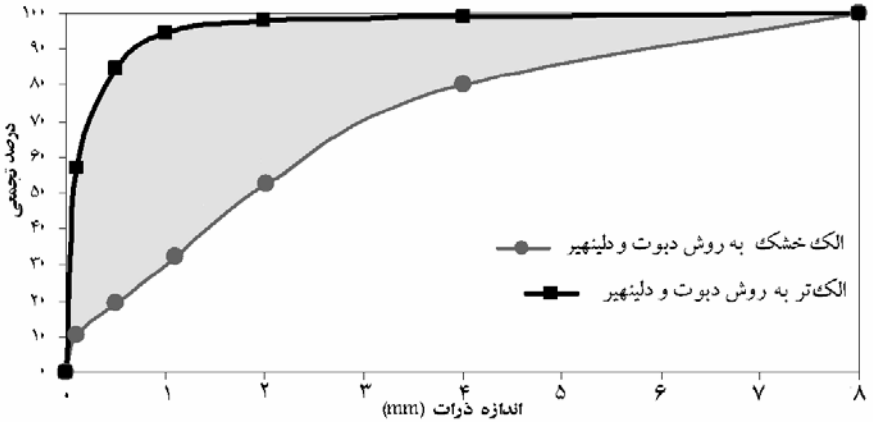
$$DDI\,(\%) = ۳۳/۱\,(OM\%) + ۳/۴۷\,(Clay\%) \qquad R^2 = \%۷۱/۵$$

[۱۶]

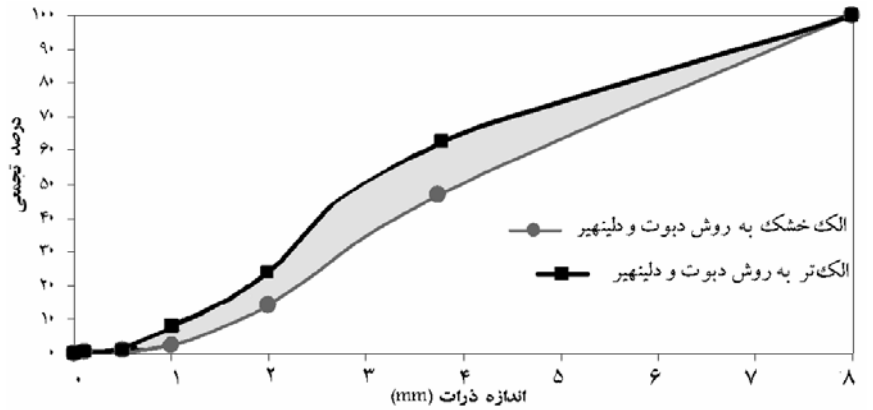
این معادله‌ها نشان می‌دهند که تأثیر ماده آلی ۱/۶ برابر رس ریز و ۹/۵ برابر مقدار کل رس خاک است. از مقایسه معادله‌ها نتیجه می‌شود که رس ریز اثر بیشتری نسبت به رس در برابر ماده آلی بر DDI داشته است. با این حال ضریب تبیین (R^2) معادله ۱۶ زیادتر است که نشان می‌دهد رس کل خاک تغییرات شاخص دلینهیر و دبوت را بهتر توجیه کرده است. برایان (۱۰) و هم‌چنین برایان و همکاران (۱۱) از DDI برای بررسی فرسایش‌پذیری خاک‌ها استفاده کردند. این پژوهشگران به خوبی توانستند اثر عوامل فرساینده را با این شاخص بررسی

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-11-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.58.6.0]



شکل ۲. تفاوت توزیع اندازه خاکدانه‌ها با الک خشک و الک تر به روش دبوت و دلینهیر در ناپایدارترین نمونه خاک

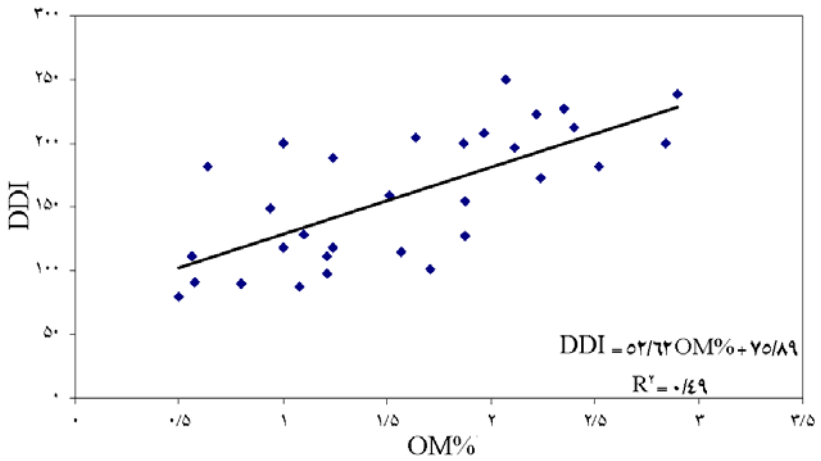


شکل ۳. تفاوت توزیع اندازه خاکدانه‌ها با الک خشک و الک تر به روش دبوت و دلینهیر در پایدارترین نمونه خاک

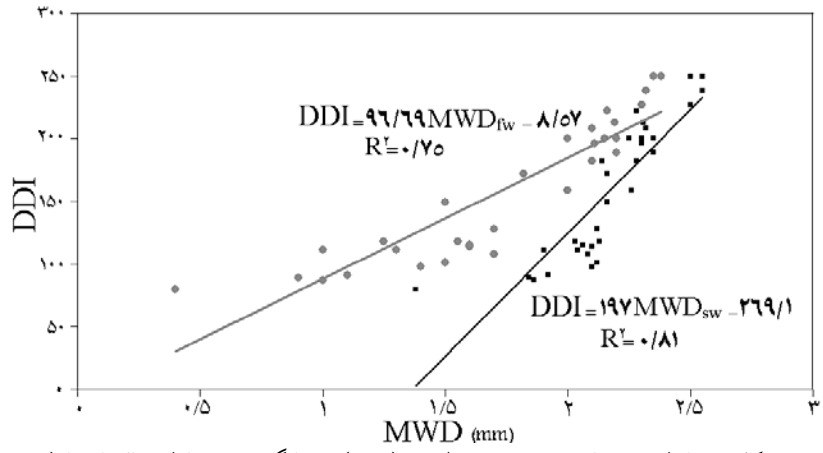
کنند. برایان (۸) در نهایت این شاخص را شاخصی مناسب در ارزیابی پایداری ساختمان خاک دانست. در پژوهش حاضر نیز این شاخص توانست اثر عوامل پایدارکننده را به خوبی نشان دهد. وان لسلند و همکاران (۳۵) اثر ویژگی‌های ذاتی خاک بر شاخص‌های پایداری و ناپایداری ساختمان خاک را ارزیابی کردند که یکی از این شاخص‌ها شاخص دلینهیر و دبوت بود. این پژوهشگران در نهایت میزان ارزیابی این شاخص از فرسایش‌پذیری خاک را مورد بررسی قرار دادند. آنها بیشترین ضریب همبستگی بین DDI و فرسایش‌پذیری خاک را به‌دست آوردند. نتایج به‌دست آمده در این پژوهش با نتایج وان لسلند و همکاران (۳۵) هماهنگی دارد. نقش ماده آلی به عنوان مهم‌ترین عامل بر شاخص دلینهیر و دبوت به طور جداگانه بررسی شد.

رابطه رگرسیونی خطی DDI با مقدار ماده آلی در شکل ۴ ترسیم شده است. با توجه به شکل ۴ مقدار ماده آلی به تنهایی ۴۹ درصد تغییرهای DDI را توجیه کرد. برای مقایسه بهتر شاخص‌های DDI وMWD، در شکل ۵ داده‌های به‌دست آمده از این دو شاخص در برابر یکدیگر رسم شد. همان‌طورکه از معادله‌های رگرسیونی ساده به‌دست آمده مشخص است شاخص DDI برازش بهتری را با MWD_{sw} نسبت به MWD_{fw} نشان داد. علت برازش بهتر شاخص DDI با MWD_{sw} (R^2=٪۸۱) احتمالاً مربوط به نحوه مرطوب کردن نمونه می‌باشد و این امر سبب ارزیابی بهتر پایداری خاک‌ها با استفاده از این دو شاخص شده است.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-11-29]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.58.6.0]



شکل۴. رابطه بین شاخص دبوت و دلینهیر (DDI) و درصد ماده آلی خاک (OM%)



شکل ۵. رابطه بین شاخص دبوت و دلینهیر (DDI) و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD)

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، از بین ویژگی‌های مؤثر بر پایداری ساختمان خاک‌های مورد بررسی در استان همدان، بیشترین نقش مربوط به مقدار ماده آلی خاک بود. پس از ماده آلی، رس، رس ریز و کربنات کلسیم مهم‌ترین ویژگی‌های مؤثر بر پایداری ساختمان خاک ارزیابی شدند. با مقایسه ضرایب معادله‌هایی که رس ریز در آنها وارد شده است نسبت به معادله‌هایی که رس کل خاک وارد شده است، می‌توان نتیجه گرفت که رس ریز عامل مؤثرتری بر شاخص‌های پایداری ساختمان خاک است. با مقایسه معادله‌های حاصل از روش الک تر یودر و شاخص دلینهیر و دبوت می‌توان نتیجه گرفت که شاخص دلینهیر و دبوت بهتر می‌تواند تأثیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی را بر پایداری ساختمان خاک‌های مورد بررسی نشان دهد. هرچند در هر دو شاخص تأثیر ماده آلی بر پایداری ساختمان خاک بیش از بقیه ویژگی‌هاست اما در مقایسه شاخص DDI نسبت به شاخص MWD تأثیر ماده آلی را کمتر ارزیابی کرد، درحالی‌که این شاخص اثر رس و کربنات کلسیم را بیشتر نشان می‌دهد، که به علت نحوه مرطوب کردن خاکدانه‌ها در شاخص DDI تأثیر رس بر پایداری خاک‌های منطقه همدان (خاک‌هایی با پایداری ساختمانی نه چندان زیاد و ماده آلی کم) با اهمیت‌تر شده است. هم‌چنین استفاده از پیش- تیمارهای رطوبتی مختلف

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-11-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.58.6.0]

در روش‌های به‌کار رفته برای ارزیابی پایداری ساختمان خاک نشان داد که با افزایش ناگهانی رطوبت اولیه، مقاومت خاکدانه‌ها در برابر تخریب و فروپاشی کم می‌شود. به عبارتی مرطوب کردن تدریجی خاکدانه‌ها امکان خروج هوای درون خاکدانه‌ها را بهتر فراهم کرده و در نتیجه پراکنش به حداقل رسیده و پایداری خاکدانه‌ها افزایش می‌یابد.

منابع مورد استفاده

۱. خزایی، ع.، م. مصدقی و ع. محبوبی. ۱۳۸۷. تأثیر شرایط آزمایش، مقدار ماده آلی، رس و کربنات کلسیم خاک بر میانگین وزنی قطر و مقاومت کششی خاکدانه‌ها در برخی از خاک‌های استان همدان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۴۴: ۱۲۳-۱۳۴.

2. Afandi, A., T. K. Manik, B. Rosadi, M. Utomo, M. Senge, T. Adachi and Y. Oki. 2003. Soil physical properties under coffee trees with different weed managements in hilly humid tropical area of Lampung, south Sumatra, Indonesia. J. Jpn. Soc. Soil Phys. 92: 3-16.
3. Amezketa, E. 1999. Soil aggregate stability: A review. J. Sustain. Agric. 14: 83-151.
4. Aringhieri, R. and P. Sequi. 1979. The arrangement of organic mater in a soil crumb. PP. 145-150. *In:* Emerson, W.W. and A. R. Dexter. (Eds.), Modification of Soil Structure. John Wiley &Sons Pub., Chichester.
5. Barzegar, A. R., P. Rengasamy and J. M. Oades. 1995. Effect of clay type and rate of wetting on the mellowing of compacted soils. Geoderma 68: 39-49.
6. Ben-Hur, M., I. Shainberg, D.Bakker and R. Keren. 1985. Effect of soil texture and $CaCO_3$ content on water infiltration in crusted soil as related to water salinity. Irrig. Sci. 6: 281-294.
7. Boravka, L., M. Donatova and H. Nemecek. 1997. Vulnerability of soil aggregates in relation to soil properties . Czech University of Agriculture in Prague, Czech Republic.
8. Bouyoucos, G. J. 1962. Hydromrter method improved for making particle size analysis of soils. Agron. J. 56: 464-466.
9. Bronick, C.J. and R. Lal. 2005. Soil structure and management: a review. Geoderma 124: 3-22.
10. Bryan, R. B. 1968. The development, use and efficiency of indices of soil erodibility. Geoderma 2: 5-26.
11. Bryan, R. B., G. Govers and J. Poesen. 1989. The concept of soil should be carefully considered in relation to the type erodibility and some problems of assessment and application of comparison desired. Catena 16: 393-412.
12. Carter, M. R., D. A. Angers and H. T. Kunelius. 1994. Soil structural form and stability and organic matter under cool-season perennial grasses. Soil Sci. Soc. Amer. J. 58: 1194-99.
13. De Boodt, M. and L. De Leenheer. 1958. Propotion pour l'evalution de la stabilitie des aggregates sur le terrain. Proc. Intera. Symp. Soil Structure. Ghent, Belgium. 24: 234-241.
14. Diaz-Zorita, M., J. H. Grove and E. Perfect. 2002. Disruptive methods for assessing soil aggregation: a review. Soil Till. Res. 64: 3-22.
15. Gerzabek. M. H., H. Kirchmann and F. Pichlmayer. 1995. Response of soil aggregates stability to manure amendments in the Ultuna long- term soil organic matter experiment. Zeitschrift–Fur–Pflanzenernahrung–und–Bodenkunde 158: 257-260.
16. Goldberg, S., B. S. Kapoor and J. D. Rhoades. 1990. Effect of aluminum and iron oxides and organic matter on flocculation and dispersion of arid zone soils . J. Soil Sci. 150: 588-593.
17. Jury, W. A., W. R.Gardner and W. H. Gardner. 1991. Soil Physics. John Wiley & Sons Pub., New York.
18. Kemper, W. R. and E. J. Koch. 1966. Aggregate stability of soils from western USA, and Canada . USDA. Technol. Bull. NO. 1355.
19. Le Bissonnais, Y. 1996. Soil characteristics and aggregate stability. PP: 41-60. *In*: Agassi, M. (Ed.), Soil Erosion, Conservation, and Rehabilitation. Marcel Dekker Inc., New York.
20. Le Bissonnais, Y. and D. Arrouays. 1997. Aggregate stability and assessment of soil crustibility and erodibility, II. Application to humic loamy soils with various organic carbon contents. Eur. J. Soil Sci. 48: 39–48.
21. Le Bissonnais, Y., D., Blavet, G., Denoni, J. Asseline and C. Chenu. 2007. Erodibility of Mediterranean vineyard soils: relevant aggregate stability methods and significant soil variables. Eur. J. Soil Sci. 58: 188–195.
22. Lynch, J. M. and E. Bragg. 1985. Microorganisms and soil aggregate stability. Adv. Soil Sci. 2: 133-171.
23. Mahboubi, A. A., R. Lal and N. R. Fausey. 1993. Twenty eight years tillage effects on two soils in Ohio . Soil Sci. Soc. Amer. J. 57:506 – 512.
24. Minhas, P. S. and D. R. Sharma. 1986. Hydraulic conductivity and clay dispersion as affected by application sequence of saline and simulated rain water. Irrig. Sci. 7(3): 159-161.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-11-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.58.6.0]

25. Molina, N. C., M. R. Caceres and A. M. Pietroboni. 2001. Factors affecting aggregate stability and water dispersible clay of recently cultivated semiarid soils of Argentina Arid Land Res. and Manage. 15: 77-87.
26. Pojasok, T. and B. D. Kay. 1990. Assessment of a combination of wet sieving and turbidimetry to characterize the stability of moist aggregates . Can. J. Soil Sci. 70: 33- 42.
27. Rasiah, V. and B. D. Kay. 1995. Characterizing rate of wetting: Impact on structural destabilization. Soil Sci. 160: 176-182.
28. Rhoades, J. D. 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. PP: 417-436. Methods of Soil Analysis. Chemical Methods. ASA/SSSA. Madison, Wisconsin, USA.
29. Rowell, D. l. 1994. Soil Science: Methods and Application. Longman Group, Harlow. PP: 345.
30. Shainberg, I., J. D. Rhoadesand and R. J. Prather. 1981. Effect of mineral weathering on clay dispersion and hydraulic conductivity of sodic soils. Soil Sci. Soc. Amer. J. 45: 273-277.
31. Sims, J. T. 1996. Lime Requirement Methods of Soil Analysis. PP: 491. *In:* Chemical Methods, ASA/SSSA, Madison, Wisconsin, USA.
32. Smettem, K. R. J., A. D. Rovira, S. A. Wace, B. R. Wilson and A. Simon. 1992. Effect of tillage and crop rotation on the surface stability and chemical properties of a red-brown earth (Alfisol) under wheat. Soil Till. Res. 22: 27-40.
33. Soane, B. D. 1990. The role of organic matter in soil compactibility: a review of some practical aspects. Soil Till. Res. 16: 179–201.
34. Thomas, G. W. 1996. Soil pH and soil acidity. PP: 475-490. *In*: Klute, A. (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 3, Chemical Methods .SSSA/ASA, Madison, Wisconsin, USA.
35. Vanelslande, A., R. Lal and D. Gabriels. 1987. The erodibility of some Nigerian soils: A comparison of rainfall simulator results with estimates obtained from the Wishmeier nomogram. Hydrol. Proc. 1: 255-265.
36. Yoder, R. E. 1936. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. J. Amer. Soc. Agron. 28: 337-351.
37. Zhang, B. and R. Horn. 2001. Mechanisms of aggregate stabilization in Ultisols from subtropical China. Geoderma 99: 123-145.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-11-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.58.6.0]