مروری بر شاخص‌های ارزیابی پایداری ساختمان و کیفیت خاک

حجت امامی
دانشیار گروه علوم خاک دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

توصیف و کمی نمودن ساختمان خاک برای درک بسیاری از فرآیندهای زیست محیطی و کشاورزی مهم است. ارزیابی کیفیت خاک نیز در کشاورزی و تولید محصول و منابع طبیعی ضروری است. هدف این مقاله مرور روش‌ها و شاخص‌های ارزیابی ساختمان و کیفیت خاک است. برای توصیف ساختمان خاک، میانگین وزنی و هندسی قطر خاکدانه‌ها، شاخص پایداری خاکدانه‌ها، شاخص ناپایداری، شاخص نرمال شده پایداری و شاخص پایداری کل خاک (WSSI) بیان شدند. با اینکه ساختمان خاک بر بسیاری از ویژگی‌ها و فرآیندهای فیزیکی خاک تاثیرگذار می‌باشد اما آگاهی از کیفیت خاک و توجه به تمامی جنبه‌های فیزکی، شیمیایی و زیستی خاک می‌تواند دیدگاه بهتری از وضعیت پایداری خاک و رشد گیاه و تولید ارائه کند. بنابراین برخی از مدل‌های کمی کیفیت خاک مانند شاخص پایداری کیفیت، رتبه تجمعی، شاخص کیفیت تجمعی، شاخص کیفیت نمورو و روش ارزیابی سلامت خاک کرنل برای تعیین شاخص کیفیت خاک معرفی شده‌اند.

واژه های کلیدی: پایداری ساختمان خاک، شاخص نرمال شده پایداری، شاخص پایداری کل خاک، شاخص کیفیت تجمعی

مقدمه

توزیع اندازه خاکدانه‌ها بر قابلیت دسترسی به اکسیژن، آب و مقاومت در مقابل نفوذ ریشه در بستری که توسط شخم ایجاد می‌شود، تاثیر می‌گذارد. ساختمان خاک تاثیر زیادی بر فرآیندهای انتقال املاح و ویژگی‌های هیدرولیکی خاک دارد. توزیع اندازه خاکدانه‌ها به عنوان یک پارامتر مهم برای پیش بینی توزیع اندازه منافذ و نگهداری آب در خاک پیشنهاد شده است (Nimmo, 1997). تخریب زیستی علف‌کش‌ها و مواد زائد نیز با ساختمان خاک در ارتباط است (Mott et al., 1990). فرآیندهای زیستی خاک به طور مستقیم و غیرمستقیم متاثر از ساختمان خاک است. وجود منافذ ریز باعث حفاظت فیزیکی کربن و کاهش معدنی شدن نیتروژن شده و دسترسی مواد آلی به تجزیه را کم می‌کند (Van Veen and Kuikman, 1990). توزیع مکانی ریزجاندران خاک تا حدودی در ارتباط با توزیع خاکدانه‌هاست. دنیتریفیکاسیون خیلی بالا در حضور خاکدانه‌های ریز (به خاطر شرایط بی‌هوازی) مشاهده شده است (Jastrow and Miller, 1991).

فرسایش‌پذیری خاک یا حساسیت خاک به فرسایش عمدتا تابعی از پایدرای ساختمان خاک است. حساسیت خاک به فرسایش با فزایش پایداری ساختمان خاک کم می‌شود، که در طی آن تشکیل سله و جدا شدن ذرات خاک کاهش می‌یابد. به طور کلی رواناب و رسوب در حضور خاکدانه‌های درشت کاهش می‌یابد (Diezman et al., 1987). فرسایش بادی نیز به طور مستقیم بر اندازه، شکل، دانسیته و پایداری مکانیکی خاکدانه‌های سطحی تاثیر می‌گذارد (Skidmore et al., 1994). به طور کلی پایداری خاکدانه‌ها که یک فاکتور محدود کننده تخریب فیزیکی یعنی فرسایش و سله سطحی (Le Bissonnais, 1996) است، در سیستم بدون خاک‌ورزی افزایش می‌یابد، در نتیجه آن رشد و عملکرد گیاهان کاهش می‌یابد. همچنین در خاک‌های دارای ساختمان توزیع اندازه و پیوستگی خاکدانه‌ها بر بسیاری از کارکردهای خاک مثل مقاومت، مقادیر گازها، آب و گرمای خاک و در نتیجه رشد گیاه تاثیر می‌گذارند.

روش‌های و شاخص‌های مختلفی برای ارزیابی وضعیت ساختمان خاک و پایدرای خاک استفاده شده‌اند. میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD)، میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها (GMD)، خاکدانه‌های پایدار در آب (WSA) (Kemper and Rosenau, 1986)، شاخص پایداری خاکدانه‌ها (ASI) (Niewczas and Withokowska-Walczak, 2003) و شاخص نرمال شده پایداری

(NSI) (Six et al., 2004) به عنوان برخی از شاخص‌های ارزیابی پایداری خاک پیشنهاد شده‌اند، اما در این شاخص‌ها پایداری و عدم پایداری خاکدانه‌های درشت به طور دقیق از یکدیگر تفکیک نشده است و یا برای دامنه خاصی از اندازه خاکدانه‌ها به کار می‌روند و به عبارتی در تمام محدوده اندازه خاکدانه‌ها کاربرد ندارند (Marquez et al., 2004). به همین علت Nichols and Toro (۲۰۱۱) شاخص پایداری کل خاک (WSSI) را تعریف نمودند، که در این روش از توزیع اندازه خاکدانه‌های خشک و خاکدانه‌های پایدار در آب (WSA) استفاده می‌شود و مزایای کمی جایگزین مزایای کیفی خاکدانه‌های با اندازه مختلف شده است. هنگام اندازه‌گیری توزیع اندازه خاکدانه‌های خشک، میزان تشکیل خاکدانه‌ها اندازه‌گیری می‌شود، اما پایداری این خاکدانه‌ها مشخص نمی‌شود، در حالی‌که WSA برای تعین پایداری این خاکدانه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در روش‌های دیگر هم سعی شده است با تمایز خاکدانه‌های پایدار و ناپایدار با استفاده از روش‌های خیس نمودن مجدد از طریق خیز مویینگی یا ورقه ورقه شدن خاکدانه‌ها، تشکیل خاکدانه‌ها از پایداری آن تفکیک شود (Six et al., 2004)، که در این روش‌ها مقدار خاکدانه‌های تشکیل شده کمتر تخمین زده می‌شود و فقط خاکدانه‌های پایداری که در مقابل ورقه ورقه شدن پایدار باقی می‌مانند، تعیین می‌شود.

اگرچه ساختمان خاک بر بسیاری از ویژگی‌ها و فرآیندهای فیزیکی خاک تاثیرگذار می‌باشد اما آگاهی از کیفیت خاک و توجه به تمامی جنبه‌های خاک می‌تواند شناخت بهتری از وضعیت پایداری خاک و رشد گیاه ارائه کند. در مطالعه کیفیت خاک، جنبه‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی آن مورد توجه قرار می‌گیرد و کیفیت خاک در ارزیابی تخریب یا بهبود اراضی اهمیت زیادی دارد. مدل‌های کمی زیادی مانند شاخص پایداری کیفیت خاک (Gomez et al., 1996) ، رتبه تجمعی (Shukla et al., 2004)، شاخص کیفیت تجمعی (IQI[1]) و شاخص کیفیت نمورو (NQI[2]) برای محاسبه شاخص کیفیت خاک توسعه پیدا کرده است. شاخص IQI توسط Doran and Parkin (۱۹۹۴) پیشنهاد شده است. در این مدل حاصل ضرب مقادیر ویژگی‌های انتخاب شده در وزن ویژگی‌ها با هم جمع می‌شود، این عمل توسط یک معادله ساده صورت گرفته و در قالب یک شاخص ارائه می‌شود. در مدل NQI (Qi et al., 2009)، که اساس آن استفاده از مقادیر میانگین و حداقل ویژگی‌ها است، از مقادیر وزن ویژگی‌های خاک برای تعیین کیفیت خاک استفاده می‌شود. نتایج این شاخص وابسته به مقدار حداقل ویژگی‌ها است و منعکس کننده قانون حداقل در تولید محصول می‌باشد. با توجه به اهمیت ساختمان در ارزیابی میزان پایداری خاک و آگاهی از کیفیت خاک در تعیین حدود بحرانی ویژگی‌های خاک و ارزیابی پایداری خاک، هدف این مقاله روش‌های مختلف ارزیابی ساختمان و کیفیت خاک می‌باشد.

میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها

میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها به روش الک تر (MWD_{wet}) و الک خشک (MWD_{dry}) با استفاده از سری الک‌های با قطر ۴، ۲، ۱، ۰/۵ و ۰/۲۵ میلی‌متر تعیین می‌شود (van Bavel, 1949). خاکدانه‌های باقی‌مانده روی هر الک در آون در دمای ۱۰۵ درجه خشک و بعد از وزن کردن و تصحیح شن بر اساس رابطه (۱) میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در هر دو حالت تر و خشک محاسبه می‌شود.

$$MWD = \sum_{i=1}^{n} W_i \bar{x}_i \qquad (۱)$$

X_i: میانگین قطر منافذ دو الک متوالی، W_i: نسبت جرم توده خاک باقی مانده روی هر الک به جرم کل خاک پس از تصحیح شن است.

میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها

از آنجا که قطر خاکدانه‌ها اغلب دارای توزیع لوگ-نرمال است میانگین هندسی (GMD) به عنوان شاخصی از توزیع اندازه آن توسط Gardner (۱۹۵۶) پیشنهاد شد.

[1] - Integrated quality index
[2] - Nemero quality index

$$GMD = \exp\left[\frac{\sum_{i=1}^{n} W_i \log \bar{x}_i}{\sum_{i=1}^{n} W_i}\right] \quad (۲)$$

شاخص ناپایداری

شاخص ناپایداری (I_s) پیشنهادی توسط Henin et al. (۱۹۵۸) با اندازه‌گیری وزن خاکدانه‌های باقی‌مانده بر روی الک-های بزرگتر از ۰/۲۰ میلی‌متر بعد از تیمار با الکل، بنزن و آب تعیین می‌شود:

$$I_s = \frac{Clay + Silt}{((ASA + BSA + WSA)/3) - 0.9Sand} \quad (۳)$$

Clay، Silt و Sand به ترتیب درصد رس، سیلت و شن خاک و ASA، BSA و WAS به ترتیب درصد خاکدانه-های پایدار بعد از تیمار با الکل، بنزن و آب است. شاخص Is از ۰/۱ برای خاک‌های پایدار تا بیش از ۱۰۰ برای خاک‌های ناپایدار مثل خاک‌های سدیمی متغییر است.

شاخص پایداری ساختمان

شاخص پایداری ساختمان (SS) که بیانگر وزن خاکدانه‌های باقی‌مانده بر روی الک ۰/۲۵ میلی‌متر نسبت به وزن کل خاکدانه‌های با قطر ۱ تا ۲ میلی‌متر است، شاخصی بسیار حساس برای بررسی اثر عملیات مدیریتی بر پایدرای ساختمان خاک می‌باشد (Topp et al., 1997). این شاخص با استفاده از روش الک تر و بعد از تصحیح شن بر اساس رابطه (۴) تعیین می‌شود (Topp et al., 1997).

$$SS = \frac{WSA - Msand}{M_{agg} - Msand} \quad (۴)$$

WSA: جرم خاکدانه‌های باقی‌مانده بر روی الک ۰/۲۵ میلی‌متری، Msand: جرم شن و M_{agg}: جرم کل خاکدانه‌های الک شده است. Kemper and Rosenau (۱۹۸۶) ۴ گرم خاکدانه خشک با قطر ۱ تا ۲ میلی‌متر را برای اندازه‌گیری این شاخص پیشنهاد نمودند.

Pieri (۱۹۹۲) عنوان کرد خطر تخریب ساختمان در خاک‌های زیرکشت را می‌توان با شاخص پایداری ساختمان (SI) و بر اساس رابطه‌ی زیر ارزیابی نمود:

$$SI = \frac{1.724OC}{Silt + Clay} \times 100 \quad (۵)$$

که OC، Clay و Silt درصد کربن آلی، رس و سیلت است. مقادیر SI بیشتر ۹٪ نشان دهنده‌ی ساختمان پایدار، 7<SI≤9 بیانگر کم بودن خطر تخریب ساختمان خاک، 5<SI≤7 نشان دهنده‌ی بالا بودن خطر تخریب ساختمان خاک و SI≤5 نشان دهنده‌ی تخریب ساختمان خاک است.

درصد تخریب خاکدانه‌ها

درصد تخریب خاکدانه‌ها یکی دیگر از شاخص‌های مناسب جهت ارزیابی ساختمان فیزیکی خاک می‌باشد که بر اساس اندازه‌گیری میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در حالت تر و خشک به دست می‌آید، که برای تعیین آن جرم خاکدانه‌های بزرگتر از اندازه ۰/۲۵ میلی‌متر در دو حالت الک خشک (Mdry) و تر (Mwet) تعیین و بر اساس رابطه (۶) مقدار PAD محاسبه می-شود (Kemper and Rosenau, 1986) و هرچه مقدار آن کمتر باشد نشان دهنده پایدار بودن بیشتر خاکدانه‌ها است.

$$PAD = \frac{Mdry - Mwet}{Mdry} \times 100 \quad (۶)$$

شاخص پایداری کل خاک (WSSI)

توزیع خاکدانه‌ها و خاکدانه‌های پایدار در آب (WSA) به روش الک خشک در چهار کلاس اندازه خاکدانه‌ها (۹/۵-۲، ۲-۱، ۱-۰/۲۵ و ۰/۲۵-۰,۰۵۳ میلی‌متر) اندازه‌گیری می‌شود. در روش الک خشک، خاک دانه‌ها بر روی بزرگترین الک قرار داده می‌شود بعد از ۵۰ بار حرکت دستی و آهسته الک‌ها، خاک باقی‌مانده بر روی الک‌ها جمع‌آوری و وزن آن‌ها در هر کلاس اندازه‌گیری شده و برای محاسبه نسبت خاکدانه-ها در هر کلاس از اندازه ذرات به کل خاک (معادله ۷) مورد استفاده قرار می‌گیرد (Nichols and Toro, 2011).

$$Pai = \frac{\left[W_A - \left(\frac{W_c}{W_0}\right) \times W_A\right]}{W_T} \qquad (۷)$$

P_{ai}: نسبت خاکدانه‌های الک خشک در هر کلاس اندازه ذرات i، W_A: وزن کل خاک در هر کلاس اندازه i، W_c: وزن ذرات درشت اندازه‌گیری شده به روش الک تر (در معادله ۷ توضیح داده شده است)، W_o: وزن خاکدانه‌های روی هر الک i قبل از انجام الک تر (معادله ۷)، W_T: وزن خاکدانه‌های باقی مانده بر روی الک‌ها به اضافه خاکدانه‌های بزرگ‌تر از ۹/۵ میلی‌متر و کوچک‌تر از ۰/۰۵۳ میلی متر.

سپس خاکدانه‌های پایدار در آب (WSA) در چهار زیرنمونه برای هر کلاس اندازه ذرات بر اساس روش اصلاح شده Kemper and Rosenau (۱۹۸۶) اندازه‌گیری می‌شود. به‌طور خلاصه خاکدانه‌ها (۴ گرم برای خاکدانه‌های ۹/۵ -۲ و ۲-۱ میلی‌متر و ۲ گرم برای خاکدانه‌های ۱/۰ -۰/۲۵ میلی‌متر و یک گرم برای ۰/۲۵ – ۰/۰۵۳ میلی‌متر) بر روی الک‌هایی با قطر $\frac{1}{4}$ ریزترین اندازه قرار داده می‌شوند و به مدت ۱۰ دقیقه از زیر اشباع می‌شوند. خاکدانه‌های پایدار به روش الک تر به مدت ۵ دقیقه از هم جدا می‌شوند (Kemper and Rosenau, 1986). سپس مواد روی هر الک به آرامی آبشویی شده و باقی مانده آن در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک می‌شوند و مواد درشت (شن، ریشه و مواد آلی) با پراکنش خاکدانه‌ها در هگزا متافسفات سدیم ۰/۵ ٪ حذف (تصحیح شن) انجام می‌شود.

$$WSA_i = [(W_a - W_c) \div W_o] \times 100 \qquad (۸)$$

W_a: وزن خاکدانه‌ها پس از الک تر برای هر کلاس، w_c: وزن ذرات درشت (شن، ریشه‌ها و مواد آلی)، W_o: وزن خاکدانه‌ها قبل از الک تر برای هر کلاس و در نهایت طبق معادله (۹) شاخص پایداری کل خاک (WSSI) بر اساس توزیع خاکدانه‌های خشک و WSA تعیین خواهد شد (Nichols and Toro, 2011).

$$WSSI = \left[\sum_{i}^{n}[(I) \times (Pai) \times ((WSA_i) \div 100)]\right] \div n \qquad (۹)$$

P_{ai}: نسبت خاکدانه‌های الک خشک برای هر کلاس اندازه خاکدانه‌ها که از معادله (۷) به دست می‌آید. WSA_i: خاکدانه‌های پایدار در آب برای هر کلاس اندازه که از معادله (۸) به دست می‌آید. n: تعداد کلاس اندازه خاکدانه‌ها $i=n$

شاخص نرمال شده پایداری

شاخص نرمال شده پایداری بر اساس معادلات زیر تعیین خواهد شد (Six et al., 2000).

$$DLS_i = \frac{((P_{i0} - S_{i0}) - (P_i - S_i)) + |((P_{i0} - S_{i0}) - (P_i - S_i))|}{2} \times \frac{1}{(P_{i0} - S_{i0})} \qquad (۱۰)$$

DLS_i: میزان از هم‌گسیختگی هر کلاس از اندازه خاکدانه‌ها، Pi_0: نسبت وزن خاکدانه‌ها در کلاس اندازه I قبل از هم‌گسیختگی، P_i: نسبت وزن خاکدانه‌ها در کلاس اندازه I بعد از هم‌گسیختگی S_{i0}: نسبت شن با اندازه I در هر کلاس اندازه خاکدانه‌ها قبل از ازهم‌گسیختگی و Si: نسبت شن با اندازه I در خاکدانه‌ها بعد از از هم‌گسیختگی، همه نسبت‌ها نسبت به وزن

کل خاک (g g^{-1} soil) بیان خواهند شد. (کلاس‌های اندازه خاکدانه‌ها عبارتند از کوچکتر از ۵۳ میکرون، ۲۵۰-۵۳ میکرون، ۲۰۰۰-۲۵۰ میکرون و بزرگ‌تر از ۲۰۰۰ میکرون).

میزان از هم‌گسیختگی کل خاک (DL) بر اساس معادله (۱۱) تعیین می‌شود.

$$DL = 1/n\left[(n+1) - I\right] \times DLS_i \qquad (۱۱)$$

n: تعداد کلاس اندازه خاکدانه‌ها است.

حداکثر ازهم‌گسیختگی ($DSL_{i\,(max)}$) بر اساس معادله (۱۲) محاسبه می‌گردد.

$$DLS_{i(\max)} = \frac{\left|\left((P_{i0} - P_p) + (P_{i0} - Pp_i)\right)\right|}{2} \times \frac{1}{(P_{i0} - S_{i0})} \qquad (۱۲)$$

P_p: مقدار ذرات اولیه شن در هر کلاس اندازه خاکدانه‌ها بعد از هم‌گسیختگی کامل کل خاک است. سایر پارامترها قبلا تعیین شده‌اند.

شاخص پایداری نرمال (NSI) بر اساس معادله (۱۳) محاسبه خواهد شد (Six et al., 2000).

$$NSI = 1 - \left[DL / DL(\max)\right] \qquad (۱۳)$$

شاخص‌های کیفیت خاک

شاخص پایداری کیفیت خاک

شاخص پایداری کیفیت خاک بر اساس روش Gomez et al. (۱۹۹۶) تعیین می‌شود. در این روش مقدار میانگین ویژگی‌های فیزیکی خاک در هر کاربری یا منطقه به عنوان حد بحرانی آنها در نظر گرفته می‌شود. سپس فاکتور تاثیر هر ویژگی از حاصل تقسیم مقادیر آن ویژگی در هر نقطه نمونه‌برداری برحد بحرانی آن محاسبه می‌شود (Gomez et al., 1996). در این روش هر چه فاکتور تاثیر بزرگ‌تر باشد آن پارامتر نقش مهم‌تری در بهبود پایداری خاک ایفا می‌کند. مقدار یک یا بیشتر برای فاکتور تاثیر هر پارامتر نمایانگر همبستگی مثبت آن با پایداری خاک می‌باشد، در حالی‌که مقادیر کمتر از یک نشان دهنده نقش آنها در کاهش پایداری است. سرانجام شاخص پایداری بر اساس میانگین حسابی فاکتور تاثیر ویژگی‌های موثر با شاخص پایداری محاسبه می‌شود. اگر شاخص پایداری به دست آمده کمتر از یک باشد به صورت ناپایدار (NS) طبقبندی می‌شود (Gomez et al., 1996).

رتبه تجمعی

برای تعیین حدود بحرانی در روش رتبه تجمعی از حدود پیشنهادی Lal (۱۹۹۴) استفاده می‌شود (جدول ۱) که این حدود بحرانی براساس محدودیت در تولید محصول ارائه شده‌اند و این دامنه شامل بدون محدودیت تا محدودیت شدید و از مقیاس ۱ تا ۵ به صورت فاکتور وزنی نسبی (RWF) مشخص گردید (Shukla et al., 2004). حد پایینی یعنی عدد یک برای هر ویژگی خاک نمایانگر بدون محدودیت (کیفیت عالی خاک) و حد بالایی یعنی عدد ۵ نشان دهنده محدودیت شدید می‌باشد. شاخص پایداری (جدول ۲) بر اساس رتبه تجمعی (CR) هر خاک از خیلی پایدار (CR< 20) تا ناپایدار (CR > 40) توسط Lal (۱۹۹۴) پیشنهاد شده است.

شاخص تجمعی کیفیت خاک

شاخص تجمعی کیفیت خاک (IQI) با استفاده از معادله ۱ محاسبه می‌شود (Doran and Parkin, 1994).

$$IQI = \sum_{i=1}^{n} W_i N_i \qquad (۱۴)$$

در این معادله W_i وزن تعلق یافته به هر ویژگی خاک، N_i مقدار تعلق یافته به هر ویژگی و n تعداد ویژگی‌های مورد نظر است. وزن هر ویژگی با استفاده از روش تجزیه عامل و نمره هر ویژگی نیز بر اساس توابع نمره‌دهی استاندارد (Karlen and Scott, 1994; Andrews et al, 2002) تعیین می‌شود.

شاخص کیفیت خاک نمورو

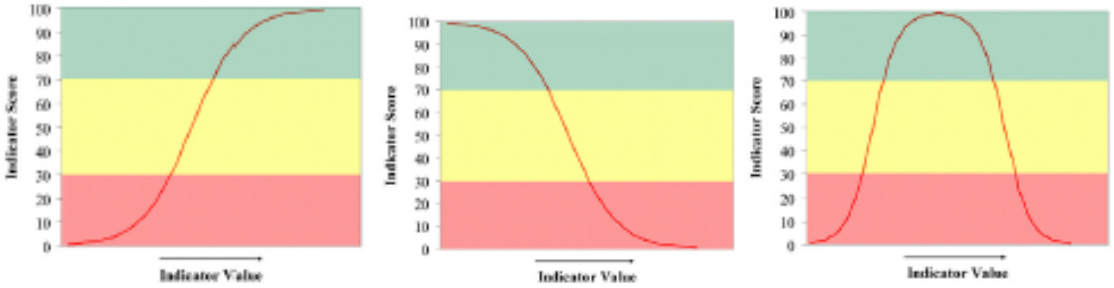
شاخص کیفیت خاک نمورو (NQI) نیز با استفاده از معادله معادله ۲ محاسبه می‌شود (Qi et al., 2009).

$$NQI = \sqrt{\frac{p_{ave}^2 + p_{\min}^2}{2}} \times \frac{n-1}{n} \qquad (۱۵)$$

در این معادله p_{ave} میانگین مقادیر ویژگی‌های انتخاب شده برای هر نمونه خاک، $p_{\min}$ حداقل نمره موجود در بین ویژگی‌های انتخاب شده برای هر نمونه و n تعداد ویژگی‌های مورد نظر برای محاسبه شاخص است.

روش ارزیابی سلامت خاک دانشگاه کرنل

در این روش توابع نمره‌دهی برای هر ویژگی بر اساس پژوهش Andrews et al. (۲۰۰۴) توسعه یافته‌اند. توابع نمره‌دهی برای هر ویژگی شامل یک منحنی است که محور x شامل مقدار ویژگی و محور عمودی نشان دهنده‌ی نمره ویژگی در مقیاس ۰-۱۰۰ است که بر اساس مقدار ویژگی نمره‌ای بین ۰-۱۰۰ به آن اختصاص می‌یابد. نمره ۱۰۰ بیانگر بهترین حالت و نمره صفر نمایانگر بدترین یا ضعیف‌ترین حالت برای هر ویژگی می‌باشد. برای بیشتر ویژگی‌ها توابع نمره‌دهی برای اجزای اصلی بافت خاک (شن، سیلت و رس) و با توجه به توزیع داده‌ها منحنی جداگانه‌ای ارائه شده است. توابع نمره‌دهی برای بسیاری از شاخص‌ها متشکل از منحنی‌های توزیع نرمال تجمعی (CND) می‌باشند (شکل ۱). نمره کلی کیفیت خاک بر اساس میانگین مجموع نمرات تمامی شاخص‌های مورد بررسی بر حسب درصد تعیین می‌شود. در نهایت مجموع امتیازها بیانگر کیفیت خاک به صورت ۸۵٪< خیلی بالا، بین ۸۵-۷۰٪ بالا، بین ۷۰-۵۵٪ متوسط، ۵۵-۴۰٪ پایین و ۴۰٪> خیلی پایین است.



شکل ۱- نمونه منحنی‌های توزیع نرمال تجمعی ارزیابی سلامت خاک دانشگاه کرنل برای توابع نمره‌دهی

منابع

Andrews, S.S., Karlen, D.L., and Cambardella, C.A. 2004. The soil management assessment framework: A quantitative soil quality evaluation method. Soil Science Society of America Journal, 68: 1945-1962.

Deizman, M.M., Mostaghini, S., Shanholtz, V.O., Mitchell, J.K. 1987. Size distribution of eroded sediment from two tillage systems. Transactions of the ASAE, 30: 1642-1647.

Doran, J.W., and Parkin, B.T. 1994. Defining and assessing soil quality. In: Doran, J.W., Coleman, D.C., Bezdicek, D.F., Stewart, B.A. (Eds.), Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. Soil Science Society of America, Inc., Madison, WI, USA, Special Publication. Number 35. pp. 3–21.

Gardner, W.R. 1956. Representation of soil aggregate-size distribution by a logarithmic-normal distribution. Soil Science Society of America proceeding, 20: 151-153.

Gomez A.A., Kelly, D.E.S., Syers J.K., and Coughlan, K.J. 1996. Measuring sustainability of agricultural systems at farm level. In: Doran J.W. and Jones A.J., Eds. Methods for assessing soil quality. SSSA Special Publication Number 49, Soil Science Society of America, INC., Madison, WI. pp. 401-410.

Henin, S., Monnier, G., and Combeau, A. 1958. Methode pour l'etude de la stabilite structurale des sols. Annual agronomy, 9: 71-90.

Jastrow, J.D., and Miller, R.M. 1991. Methods for assessing the effect of biota on soil structure. Agriculture, ecosystem and Environment, 34: 279-303.

Kemper, W.D., and R. Rosenau. 1984. Soil cohesion as affected by time and water content. Soil Science Society of America Journal, 48:1001-1006.

Lal, R. 1994. Methods and guidelines for assessing sustainable use of soil and water resources in the tropics. Soil Management Support System, USDA-NRCS, Washington, DC.

Le Bissonnais, Y. 1996. Soil characteristics and aggregate stability. In: Agassi, M. (Ed.), Soil erosion, conservation, and rehabilitation, Marcel Dekker, New York, pp. 41-60.

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

Mott, S.C., Groenevlt, P.H., Voroney, R.P., 1990. Biodegradation of a gas oil applied to aggregates of different sizes. Journal of Environmental Quality, 19: 257-260.

Nichols, K.A., and Toro, M. 2011. A whole soil stability index (WSSI) for evaluating soil aggregation. Soil and Tillage Research, 111: 99–104.

Niewczas, J., and Witkowska-Walczak, B. 2003. Index of soil aggregate stability as linear function value of transition matrix elements. Soil and Tillage Research, 70 (2): 121–130.

Nimmo, J.R. 1997. Modeling structural influences on soil water retention. Soil Science society of America Journal, 61: 712-719.

Pieri, C.J.M.G. 1992. Fertility of Soils: A Future for Farming in the West African Savannah. Springer-Verlag, Berlin, Germany.

Qi. Y., Jeremy, L.D., Biao, H., Yongcun, Z., Weixia, S., and Zhiquan G. 2009. Evaluating soil quality indices in an agricultural region of Jiangsu Province, China. Geoderma, 149: 325-334.

Shukla M., KLal, R., and Ebinger, M. 2004. Soil quality indicators for reclaimed mine soils in southeastern Ohio. Soil Science, 169: 133–142.

Six, J., Bossuyt, H., Degryze, S., and Denef, K, 2004. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. Soil and Tillage Research, 79: 7–31.

Six, J., Elliott, E.T., and Paustian, K., 2000. Soil structure and soil organic matter. II. A normalized stability index and the effect of mineralogy. Soil Science Society of America Journal, 64(3): 1042–1049.

Topp, G.C., Reynolds, W.D., Cook, F.J., Kirby, J.M. and Carter, M.R. 1997. Physical attributes of soil quality. In: Gregorich, E.G. and Carter, M.R. (Eds.), Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health. Elsevier, Amsterdam, pp. 21-58.

Van Bavel, C.H.M. 1949. Mean weight diameter of soil aggregates as a statistical index of aggregation. Soil Science Society of America proceeding, 14: 20-23.

Van Veen, J.A., and Kuikman, P.J. 1990. Soil structural aspects of decomposition of organic matter by micro-organisms. Biogeochemistry, 11: 213-233.

Review on some structural stability and quality indices

Hojat Emaami
Associate Professor of Soil Science Department, Ferdowsi University of Mashhad

Abstract

Description and quantifying soil structure is important to understand many environmental and agricultural processes. Evaluating the soil quality is essential in agriculture and crop production and natural resources. The aim of this paper, is to review some methods and indices of soil structure and quality. Mean weight diameter (MWD) and geometric mean diameter (GMD) of aggregates, aggregate stability index (ASI), instability index (Is), normalized stability index (NSI), and whole soil stability index (WSSI) were expressed to describe the soil structure. Although the soil structure influences most soil properties and processes, however, knowledge about the soil quality and regarding the soil physical, chemical and biological aspects of soil may give better view about the status of sustainability of soil and crop growth and production. Therefore, some quantitative models such as sustainability index (SI), cumulative rating (CR), Integral quality index (IQI), Nemero quality index (NQI), and Cornel soil health assessment to determine soil quality were presented.

Keywords: Soil structural stability, Normalized stability index, whole soil stability index, Integral quality index