شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: کیفیت خاک و مدیریت پایدار خاک

برآورد برخی از شناسه‌های فیزیکی و بیولوژیکی کیفیت خاک با استفاده از تکنیک طیف‌سنجی

گلناز رستم‌خانی[۱]، محمدصادق عسکری[۲*]، تورج خوش‌زمان[۳]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

[۲] استادیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

[۳] عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، استان زنجان

چکیده

توسعه یک روش کمی، سریع و دقیق به منظور ارزیابی تاثیر روش‌های مدیریتی بر کیفیت خاک، یک ابزار نظارتی کاربردی را در اختیار محققین و مدیران اراضی قرار خواهد داد. هدف از این پژوهش ارزیابی قابلیت طیف‌سنجی برای برآورد برخی از ویژگی‌های فیزیکی و بیولوژیکی مرتبط با کیفیت خاک در اراضی زراعی استان زنجان بود. برای انجام این پژوهش ۷۷ نمونه خاک از اراضی با کاربری زراعی جمع‌آوری شد و مهمترین ویژگی-های فیزیکی و بیولوژیکی مرتبط با کیفیت خاک اندازه‌گیری گردید. طیف‌های خاک در محدوده مرئی و مادون قرمز تهیه و مدل‌های طیفی با استفاده از رگرسیون حداقل مربعات جزئی محاسبه شد. بالاترین دقت مربوط به مدل‌های برآورد تنفس میکروبی خاک، مقدار رس و کربن آلی خاک بود (R^2 ۰/۸ < و RPD > ۲/۵) و پایداری خاکدانه، مقدار شن و کربن زیست توده میکروبی نیز با دقت بالایی برآورد شد (R^2 > ۰/۷ و RPD > ۲). طیف‌سنجی در محدوده مرئی و مادون قرمز کارائی بالایی برای برآورد برخی از مهمترین ویژگی‌های فیزیکی و بیولوژیکی مرتبط با کیفیت خاک در اراضی زراعی استان زنجان نشان داد. این تکنیک قابلیت قابل توجهی به منظور ارزیابی مستقیم کیفیت خاک در اراضی استان نشان داد.

کلمات کلیدی: : کشاورزی دیم و آبی، طیف‌های مرئی و مادون قرمز، آنالیزهای چند متغیره

مقدمه

افزایش تولید محصول زراعی یک نیاز ضروری برای پاسخ‌گویی به رشد سریع جمعیت جهان است و در چند دهه‌ی گذشته تلاش زیادی در جهت تأمین امنیت غذایی جمعیت در حال رشد صورت گرفته است. عملیات و سیاست‌هایی که باعث افزایش تولید شده‌اند از طرف دیگر باعث افزایش فشار بر منابع‌طبیعی شده و اساس بهره‌وری و تولید را در معرض نابودی قرار داده است (Lal, 2009) . یکی از این منابع که به شدت تحت تأثیر فعالیت‌های کشاورزی قرار دارد، منابع خاک است که مدیریت صحیح آن در جهت پایداری کل اکوسیستم از اهمیت زیادی برخوردار است.

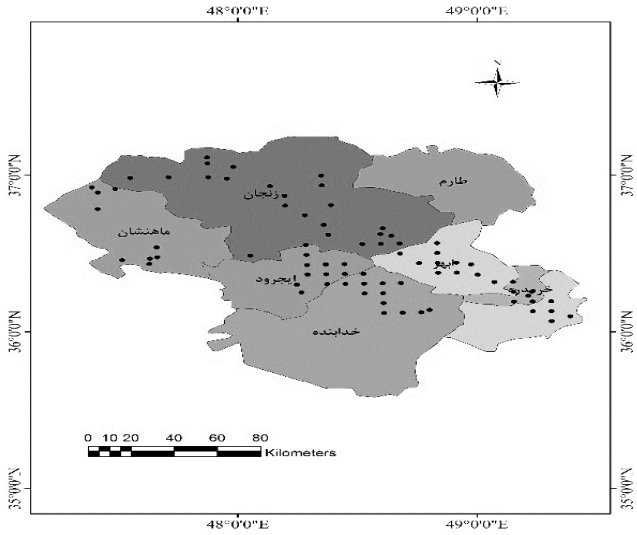
کیفیت خاک که به عنوان توانایی خاک برای انجام وظایفی در هر اکوسیستم تعریف شده است به ساختار، ترکیب و ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی آن بستگی دارد (Bouma, 1997). ارزیابی دقیق، سریع و کمی کیفیت خاک در اکوسیستم‌های کشاورزی یک ابزار کاربردی را به منظور نظارت بر تاثیر روش‌های مدیریتی بر منابع طبیعی فراهم می‌سازد. کیفیت فیزیکی و بیولوژیکی از ابعاد مهم کیفیت کلی خاک است. بسیاری از عملکردهای خاک در سامانه‌های زیستی مانند تنوع و فعالیت زیستی، توانایی تولید و پایداری ساختمان خاک تحت تاثیر کیفیت فیزیکی و بیولوژیکی خاک قرار دارند (Askari و همکاران ۲۰۱۵). روش‌های متداولی که به منظور ارزیابی کیفیت فیزیکی خاک استفاده می‌شوند بر اساس اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی و آنالیزهایی است که نیاز به زمان و هزینه زیادی دارند (Cécillon و همکاران، ۲۰۰۹). طیف‌سنجی این قابلیت را نشان داده است که به عنوان یک روش جایگزین موثر برای اندازه‌گیری همزمان چندین ویژگی خاک مورد استفاده قرار گیرد و می‌تواند یک رویکرد مناسب برای کاهش زمان و هزینه لازم برای نظارت و مدیریت شرایط خاک فراهم کند (Viscarra Rossel و همکاران، ۲۰۰۹). داده‌های طیفی اغلب برای ارزیابی خصوصیات شیمیایی خاک مورد استفاده قرار گرفته‌اند که برخی از آنها از جمله کربن آلی خاک با کیفیت فیزیکی و بیولوژیکی خاک در ارتباط نزدیک است (O'Rourke and Holden, 2012). تهیه و اعتبارسنجی یک روش سریع، دقیق و کمی برای اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و بیولوژیکی مرتبط با کیفیت خاک با استفاده از تکنیک‌های طیف‌سنجی می‌تواند ابزار ارزشمندی را در اختیار پژوهشگران و مدیران اراضی قرار دهد. هدف این پژوهش

* ایمیل نویسنده مسئول: askari@znu.ac.ir

بررسی قابلیت طیف‌سنجی برای ارزیابی برخی خصوصیات فیزیکی، بیولوژیکی و بیوشیمیایی مرتبط با کیفیت خاک در برخی مناطق نیمه خشک ایران است.

مواد و روش‌ها

برای اجرای این پژوهش ۷۷ پایگاه نمونه برداری در استان زنجان در دو کاربری زراعی (آبی و دیم) انتخاب شد (شکل ۱). برای انتخاب پایگاه‌ها از اطلاعات مربوط به کاربری اراضی، جهت و میزان شیب زمین، نقشه‌ی خاک‌های استان، اقلیم و اطلاعات زمین‌شناسی استفاده شده است. پس از انتخاب پایگاه‌ها، نمونه‌برداری خاک در هر پایگاه انجام شد و طول و عرض جغرافیایی محل هر نقطه با دستگاه GPS تعیین گردید. نمونه‌های دست نخورده با استفاده از استوانه‌های فلزی تهیه شد. نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شده و تجزیه‌های فیزیکی و بیولوژیکی بر روی آن‌ها انجام شد. مهمترین شناسه‌های فیزیکی و بیولوژیکی خاک که به طور متداول در ارزیابی کیفیت خاک استفاده می‌شوند، اندازه گیری شدند. علاوه بر آنها به دلیل اهمیت کربن آلی خاک در ارزیابی طیفی خاک و تاثیر آن بر ویژگی‌های فیزیکی و بیولوژیکی خاک، مقدار کربن آلی نیز اندازه‌گیری شد.



شکل ۱- موقعیت نقاط نمونه‌برداری شده در استان زنجان

اندازه گیری‌های آزمایشگاهی

ویژگی‌های فیزیکی و بیولوژیکی با استفاده از روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شدند. جرم مخصوص ظاهری با استفاده استوانه فلزی و نمونه-های دست نخورده تعیین شد (Grossman and Reinsch, 2002). پایداری خاک‌دانه با استفاده از روش الک‌تر تعیین و میانگین وزنی قطر خاکدانه و میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها محاسبه شد. درصد ذرات شن، سیلت و رس به روش هیدرومتر اندازه‌گیری شد. برای تعیین هدایت هیدرولیکی از نمونه خاک دست نخورده و روش بار ثابت استفاده شد. کربن آلی خاک به روش والکی و بلاک و ضریب جذب پذیری آب در خاک (Sorptivity) با استفاده از روش ارائه شده توسط Philip (۱۹۵۷) اندازه‌گیری شدند. تنفس میکروبی خاک با استفاده از روش انکوباسیون و استفاده از شیشه‌های دربسته به مدت هفت روز مورد مطالعه قرار گرفت (Alef, 1995). برای اندازه‌گیری کربن زیست توده میکروبی از روش تدخین – استخراج استفاده شد و از اختلاف مقدار کربن آلی در خاک تدخین شده و تدخین نشده محاسبه شد (Vanceو همکاران، ۱۹۸۷).

تهیه و ارزیابی مدل‌های طیفی

قبل از انجام آنالیزهای طیفی به منظور حذف تاثیر رطوبت، نمونه‌های خاک هوا خشک و عبور داده شده از الک ۲ میلی‌متر در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۴ ساعت در آون خشک شدند. داده‌های طیفی با استفاده از دستگاه طیف‌سنجی موجود در دانشگاه ملی ایرلند (Foss NIRSystems) تهیه شد. روش تهیه داده‌ها بر طبق روش توضیح داده شده توسط Askari و همکاران (۲۰۱۸) انجام گردید و پردازش‌های اولیه جهت

ارتقاء کیفیت داده‌ها انجام شد. به منظور ایجاد مدل‌های طیفی، نمونه‌ها به‌طور کاملاً تصادفی به دو دسته داده‌ها تقسیم شدند. ۷۰ درصد داده‌ها به منظور واسنجی و ۳۰ درصد داده‌ها جهت اعتبارسنجی مدل‌ها استفاده شد. مدل‌های طیفی با استفاده از رگرسیون حداقل مربعات جزئی (PLSR) در محیط نرم افزار Unscrambler X 10.4.1 ایجاد و ارزیابی شدند. صحت مدل‌های طیفی با استفاده از آماره‌های ضریب تبیین (R^2)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) و درصد انحراف نسبی (RPD) بررسی گردید.

نتایج و بحث

نوع کاربری زمین تأثیر معنی‌داری ($p <$ ۰/۰۰۱) بر ویژگی‌های فیزیکی خاک شامل میانگین وزنی و میانگین هندسی قطر خاکدانه‌های پایدار در آب، جرم مخصوص ظاهری و هدایت هیدرولیکی اشباع در خاک داشت. توصیف آماری محدوده ویژگی‌های خاک در دو کاربری دیم و آبی در جدول (۱) خلاصه شده است. روش‌های مدیریتی انجام شده در اکوسیستم‌های کشاورزی معمولاً بیش‌ترین تأثیر را بر ویژگی‌های فیزیکی خاک‌های سطحی دارند (Shukla و همکاران، ۲۰۰۶). هم‌چنین، کشت متراکم و متوالی در کاربری دیم و استفاده از روش‌های مدیریتی نامناسب مانند سیستم کشت تک‌محصولی منجر به افزایش فشردگی و تخریب ساختمان خاک شده و در نتیجه جرم مخصوص ظاهری خاک افزایش می‌یابد. میانگین وزنی قطر خاکدانه‌های پایدار در کاربری آبی (۲/۹۳ mm) به طور معنی‌داری بالاتر از کاربری دیم (۱/۴۸mm) بود. تخریب خاکدانه‌ها در اثر عملیات زراعی نامناسب شامل کشت متراکم و برنگرداندن بقایای گیاهی به خاک در کاربری دیم و هم‌چنین پایین‌بودن کربن آلی خاک در کاربری دیم نسبت به کاربری آبی باعث شد میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD)، در کاربری دیم ۴۹/۴۹ درصد نسبت به کاربری آبی کم‌تر باشد. میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) همبستگی مثبت معنی‌داری با کربن آلی و ویژگی‌های زیستی خاک داشت. پژوهش‌های بسیاری تأثیر ماده‌ی آلی بر افزایش پایداری خاکدانه‌ها را گزارش نموده‌اند (Green و همکاران ۲۰۰۸). نتایج نشان داد که هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در کاربری آبی ($cm\ day^{-1}$ ۵۵/۶۶) به طور معنی‌داری بالاتر از کاربری دیم ($cm\ day^{-1}$ ۴۳/۳۹) بود. در کاربری دیم به دلیل بالا بودن جرم مخصوص ظاهری و تخریب ساختمان خاک در اثر کشت متراکم و برنگرداندن بقایای گیاهی به خاک و کاهش ماده‌ی آلی، هدایت هیدرولیکی اشباع خاک ۲۲/۰۴ درصد نسبت به کاربری آبی کم‌تر بود. ویژگی‌های زیستی خاک شامل تنفس میکروبی و کربن زیست توده‌ی میکروبی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد در دو کاربری دیم و آبی و داشتند. میزان کربن زیست توده‌ی میکروبی تابعی از کربن آلی خاک است و کربن زیست توده‌ی میکروبی در بیشتر مواقع ۱ تا ۳ درصد کربن آلی خاک را شامل می‌شود (Franzluebbers و همکاران ۲۰۱۱). کربن آلی بالاتر در کاربری آبی منجر به افزایش جمعیت میکروبی خاک نسبت به کاربری دیم شده است.

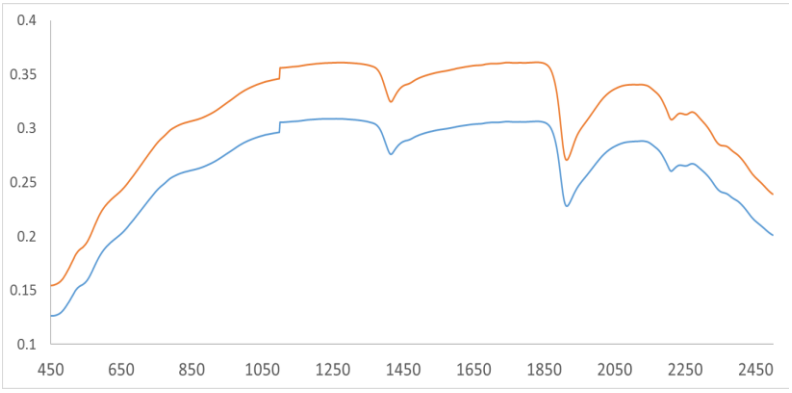
جدول ۱- محدوده تغییرات ویژگی‌های خاک در دو کاربری دیم و آبی

ویژگی‌های خاک	واحد	کاربری آبی		کاربری دیم	
		حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
رس	%	۱۰	۷۵	۱۲	۴۷/۵۰
شن	%	۳	۶۵	۱۵	۷۲/۵۰
سیلت	%	۲۰	۴۵	۱۲/۵۰	۴۲/۵۰
جرم مخصوص ظاهری	$g\ cm^{-3}$	۱/۱۴	۱/۴۶	۱/۱۷	۱/۵۹
میانگین وزنی قطر خاکدانه	mm	۰/۷۳	۵/۷۵	۰/۵۶	۳/۸۷
میانگین هندسی قطر خاکدانه	mm	۰/۵۵	۱/۹۳	۰/۵۱	۱/۳۴
هدایت هیدرولیکی اشباع	$cm\ day^{-1}$	۱۱/۸۵	۱۰۴/۵۵	۹/۱۳	۸۸/۱
کربن آلی	%	۰/۲۵	۱/۲	۰/۰۵	۱/۱۷
تنفس خاک	$mg\ c\ kg^{-1}\ day^{-1}$	۷/۲۴	۱۳/۱۴	۵/۶۸	۱۰/۶۶
کربن زیست توده میکروبی	$mg\ kg^{-1}$	۱۲۲/۱۱	۵۰۳/۹۱	۲۸/۶۵	۴۱۷/۰۳

بررسی طیفی نمونه‌های خاک

مقدار ماده آلی خاک، درصد نسبی ذرات رس، سیلت و شن و مقدار رطوبت خاک از عوامل موثر بر بازتاب طیفی خاک هستند که به عنوان شناسه‌های مهم طیفی خاک شناخته می شوند (Askari و همکاران ۲۰۱۴). با کنترل رطوبت نمونه‌ها در این تحقیق، تاثیر رطوبت بر اطلاعات طیفی

خاک کنترل شد. شکل (۲) میانگین طیف‌های در کاربرهای دیم و آبی را نشان می‌دهد. کاربری دیم بازتاب بیشتری نسبت به کاربری آبی دارد. دلیل این امر را می‌توان تفاوت در مقدار ماده آلی خاک بین دو کاربری باشد. با کاهش ماده آلی خاک مقدار بازتابش خاک بیشتر می‌شود.



شکل۲- میانگین بازتاب طیفی در دو کاربری کشاورزی آبی (رنگ آبی) و دیم (رنگ قرمز)

مقایسه مدل‌های طیفی برآورد ویژگی‌های فیزیکی و بیولوژیکی خاک

مدل‌های طیفی بصورت مدل‌های با دقت عالی (RPD≥ ۲/۵ و R^2 ≥۰/۸)، خوب با RPD بین ۲ تا۲/۵ و R^2≥۰/۷ ، متوسط با RPD بین ۱/۵تا ۲ و R^2 ≥۰/۶ و مدل‌های ضعیف با RPD زیر ۱/۵ و R^2 کمتر از ۰/۶ بیان شده است (Askari و همکاران ۲۰۱۸). جدول (۲) پارامترهای آماری مربوط به مدل‌های که با دقت عالی برآورد شده‌اند را نشان می‌دهد. مقدار رس، کربن آلی و تنفس میکروبی با دقت عالی برآورد شدند. مدل‌های طیفی میانگین هندسی قطر خاکدانه، شن و کربن زیست‌توده میکروبی از دقت خوبی برخوردارند. برآورد طیفی میانگین وزنی قطر خاکدانه، جرم مخصوص ظاهری و سیلت از نظر دقت متوسط می‌باشند. مدل‌های طیفی برآورد هدایت هیدرلیکی اشباع و ضریب جذب‌پذیری آب در خاک دقت قابل قبولی ندارند. آن دسته از ویژگی‌های خاک که در ارتباط با بخش جامد خاک می‌باشند (مانند رس، شن، سیلت ،کربن آلی میانگین وزنی قطر خاکدانه، میانگین هندسی قطر خاکدانه ،جرم مخصوص ظاهری، کربن زیستی توده میکروبی و تنفس زیستی)، نسبت به ویژگی‌هایی از خاک که با منافذ خاک در ارتباط می‌باشند (مانند هدایت هیدرولیکی اشباع و ضریب جذب پذیری آب در خاک) با دقت بیشتری توسط داده‌های طیفی برآورد شده اند.

جدول۲ آماره‌های مربوط مدل‌های اعتبارسنجی برآورد شده با دقت عالی در این پژوهش

خصوصیات خاک	RPD	R^2	RMSE
تنفس میکروبی	۲/۵۶	۰/۸۳	۰/۵۷
کربن آلی	۲/۶۳	۰/۸۵	۰/۰۱
رس	۲/۹۶	۰/۸۴	۳/۶۳

نتیجه‌گیری

در این پژوهش تکنیک طیف‌سنجی قابلیت بالای برای برآورد تنفس میکروبی، کربن زیست توده میکروبی و کربن آلی خاک نشان داد. برخی شناسه‌های کیفیت فیزیکی خاک شامل میانگین هندسی قطر خاکدانه (شناسه پایداری خاکدانه)، مقدار ذرات رس و شن خاک با دقت خوبی برآورد شدند و دقت قابل قبولی (متوسط) برای برآورد طیفی میانگین وزنی قطر خاکدانه، جرم مخصوص ظاهری و مقدار ذرات سیلت در خاک بدست آمد. این تکنیک کارائی لازم را برای برآورد هدایت هیدرولیکی اشباع و ضریب جذب‌پذیری آب در خاک نداشت. نتایج این پژوهش نشان داد که مدل رگرسیون حداقل مربعات جزئی روش مناسبی برای استنتاج روابط خطی بین طیف‌های الکترومغناطیس و ویژگی‌های خاک در مناطق نیمه خشک است. میانگین طیف‌های بازتابی خاک در محدوده مرئی و مادون قرمز نزدیک به‌طور معنی‌داری بین دو کاربری کشاورزی آبی و دیم متفاوت بودند. با توجه به تشابه خاک‌ها در دو کاربری این نتیجه تایید کننده قابلیت تکنیک طیف‌سنجی در تشخیص تاثیر روش‌های مدیریتی بر کیفیت خاک بین این دو کاربری است

منابع

Askari MS. Cui J, O'Rourke, S.M. and Holden, N.M. 2014. Evaluation of soil structural quality using VIS-NIR spectra. Soil and Tillage Research.; 146: 108–117.

Askari, M.S. O'Rourke, S.M. and Holden, N.M. 2015. Evaluation of soil quality for agricultural production using visible–near-infrared spectroscopy. Geoderma 243-244, 80-91.

Askari, M.S. O'Rourke, S.M. and Holden, N.M. 2018. A comparison of point and imaging visible-near infrared spectroscopy for determining soil organic carbon. Journal of Near Infrared Spectroscopy 26(2), 133-146.

Bouma, J. 1997. Soil environmental quality: A European perspective. Journal of Environmental Quality,26: 26–31.

Cécillon, L. Barthès, B.G. Gomez, C. Ertlen, D. Genot, V., Hedde, M. Stevens, A. and Brun, J.J. 2009. Assessment and monitoring of soil quality using near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS). European Journal of Soil Science 60(5), 770-784.

Franzluebbers, A.J. Causarano, H.J. and Norfleet, M.L. 2011. Soil conditioning index and soil organic carbon in the Midwest and southeastern United States. Journal of Soil and Water Conservation. 66: 3. 178-182.

Green, V.S., Stott, D.E., Cruz, J.C., and Curi, N. 2008. Tillage impacts on soil biological activity and aggregation in Brazilian cerrado oxisols. Soil and Tillage Research. 92: 114-121.

Lal, R. 2009. "Soil degradation as a reason for inadequate human nutrition." Food Security 1(1): 45-57.

O'Rourke, S. M. and N. M. Holden. 2012. "Determination of Soil Organic Matter and Carbon Fractions in Forest Top Soils using Spectral Data Acquired from Visible–Near Infrared Hyperspectral Images." Soil Sci. Soc. Am. J. 76(2):586-596.

Philip, J., 1957. The theory of infiltration: 4: sorptivity and algebraic infiltration equations. Soil Sci.84, 257–335.

Shukla, M.K., Lal, R. and Ebinger, M. 2006. Determining soil quality indicators by factor analysis. Soil and Tillage Research. 87: 2. 194-204.

Viscarra Rossel, R.A. Cattle, S.R. Ortega, A. and Fouad, Y. 2009. In situ measurements of soil colour, mineral composition and clay content by vis–NIR spectroscopy. Geoderma 150(3–4), 253-266.

Vance E.D. Brookes P.C. and Jenkinson D.S. 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass-C. Soil Biology and Biochemistry, 19: 703–707.

Grossman R.B. and Reinsch T.G. 2002. 2.1 Bulk Density and Linear Extensibility. In: Dick A.W. (Ed.), Methods of Soil Analysis: Part 4 Physical Methods. Soil Science Society of America Book Series, Madison, pp. 201–228.

Alef K. 1995. Soil respiration. P 214-215, In: K. Alef and P. Nannipieri (eds.), Methods in Soil Microbiology and Biochemistry, Academic Pres

Topic for submission: Soil Quality and Sustainable Soil Management

Prediction of some physical and biological indicators of soil quality using spectroscopic technique

Rostamkhani[*1], G., Askari[2], M.S., Khoshzaman, T.[3]

[1] M. Sc. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Zanjan, Iran

[2] Assistan Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Zanjan, Iran

[3] Assistant Prof., Agricultural and Natural Resources Research Center, Zanjan, Iran

Abstract

Development of a quick, reliable and quantitative approach for assessing the impact of management operations on soil quality would provide a practical monitoring tool for both scientists and land managers. The objective of this study is to evaluate the efficiency of spectroscopic technique for predicting several physical and biological indicators of soil quality in agricultural lands of Zanjan province. To conduct the study, 77 soil samples were collected from agricultural lands under irrigation and rainfed land uses. The most important physical and biological properties associated with soil quality were measured. Soil spectra were acquired in VIS and NIR wavelengths range, and Partial least square regression was used to develop spectral prediction models. The models with the highest accuracy were achieved for the prediction of soil microbial respiration, soil organic carbon and clay content (RPD >2.5 and R^2 > 0.8). Soil aggregate stability, sand content and soil microbial biomass were also predicted with high accuracy (RPD >2 and R^2 > 0.7). VIS and NIR spectroscopy indicated a good efficacy to predict some physical and biological indicators of soil quality under agricultural lands of Zanjan Province. This technique has the potential to be used for a direct evaluation of soil quality in this province.

Keywords: irrigation and rainfed agriculture, VIS and NIR spectra, multivariate analysis.

[*] Corresponding author, Email: Askari@znu.ac.ir