امکان پیش‌بینی ظرفیت تبادل کاتیونی خاکهای استان مازندران با استفاده از طیف سنجی مرئی/مادون قرمز نزدیک

محمد مالداری[۱]، سید مصطفی عمادی[۲]، محمد علی بهمنیار[۳]، حسینعلی بهرامی[۴]
۱، ۲ و۳- دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار و استاد گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری و
۴- دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

تعیین ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (CEC) به عنوان یکی از شاخصهای حاصلخیزی خاک، با استفاده از روش‌های معمول آزمایشگاهی زمان‌بر و پر هزینه است. این پژوهش با هدف بررسی توانایی آنالیزطیفی خاک در برآورد مقدار CEC خاک‌های سطحی استان مازندران انجام شد. تعداد ۱۳۰ نمونه مرکب خاک سطحی استان مازندران جمع آوری شد. مقدار CEC خاک به روش استاندارد اندازه‌گیری شد. آنالیز طیفی خاک‌های مورد نظر با استفاده از دستگاه طیف سنج فیلداسپکت با طول موج بین ۳۵۰ تا۲۵۰۰ نانومتر اسکن شد. پس از ثبت طیف‌ها انواع روش‌های پیش‌پردازش و از رگرسیون حداقل مربعات جزئی (PLSR) برای پیش بینی CEC استفاده شد. مقادیر بالای همبستگی و RPD و همچنین کمترین RMSE از پیش پردازش مشتق اول+فیلتر ساویتزکی وگلای بدست آمد و روش PLSR به خوبی توانست تغییرات CEC را تخمین بزند. لذا به نظر می‌رسد روش طیف‌سنج مرئی/فروسرخ می‌تواند به عنوان یک روش جایگزین برای آنالیز آزمایشگاهی مطرح باشد و به کاهش هزینه‌های آنالیز خاک با امکان بررسی تعداد بسیار زیادی نمونه با پراکنش مناسب در پروژه های مدیریت خاک، منابع طبیعی و آبخیزداری مورد استفاده قرار گیرد.

واژه های کلیدی: ظرفیت تبادل کاتیونی، طیف سنجی، رگرسیون حداقل مربعات جزئی ، RPD

مقدمه

خاک اساسی‌ترین منبع طبیعی است که مردم برای تولید غذا، فیبر، انرژی به آن تکیه میکنند. خاک همچنین نقش مخزن عناصر غذایی در رشد گیاهان را داراست و به عنوان مخزنی برای کربن نیز می‌باشد که می‌تواند آثار گرمایش جهان را تنظیم کند. توانایی خاک در انجام هر کدام از این وظایف به ساختار، ترکیب و ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی آن بستگی دارد که همه‌ی این ویژگی‌های خاک در طول زمان و مکان تغییر می‌کند (بوما، ۱۹۹۷). افزایش فرسایش زمین، کاهش بهره‌وری کشاورزی و از دست دادن خدمات زیست محیطی منجر به یک تمایل برای درک بیشتری از منابع زمین و فرآیندهای موثر بر آن شده است (راسل و همکاران، ۲۰۰۶) به همین دلیل تهیه‌ی نقشه‌ی حاصلخیزی واندازه‌گیری پارامترهای خاک برای مدیریت خاک و حفاظت از محیط زیست اهمیت دارد. برای این امر باید به طور معمول تعداد زیادی از نمونه‌های خاک جمع‌آوری وخصوصیات آن مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد.روش‌های مرسوم مورد استفاده برای ارزیابی خاک به اندازه‌گیری مستقیم آزمایشگاهی بستگی دارد که زمان بر و کاری فشرده و پرهزینه است. امروزه محققان در کارهای انجام شده بیشتر به سمت استفاده از تکنیک‌های سریع و مقرون به صرفه برای ارزیابی خاک روی آورده‌اند. در نتیجه برای درک بهتر خاک به عنوان یک سیستم کامل و جامع تکنیک‌های تحلیلی مورد نیاز است. برای ویژگی‌های دیریافت خاک (لاگاچری و همکارن ۲۰۰۸) جایگزین‌های مقرون بصرفه‌ای به کار گرفته شده است. به عنوان مثال روش طیف‌سنجی یکی از این روش‌هاست که در طی چند دهه‌ی اخیر از انعکاس طیفی خاک در دامنه‌ی طیف مرئی (VIS) مادون قرمز نزدیک (NIR) طول موج بین (۳۵۰تا ۲۵۰۰) به عنوان روشی سریع، مقرون به صرفه و غیر مخرب برای تخمین ویژگی‌های خاک استفاده

شده است (استرنبرگ و همکاران، ۲۰۰۷). علاوه بر این تکرارپذیری در طول زمان و تکرارپذیری در بین آزمایش‌های مختلف، به مراتب عملکردی بیش از روش‌های مرسوم مورد استفاده برای تجزیه و تحلیل خاک دارد (استرنبرگ و همکاران، ۲۰۱۰).

دلایل بسیاری برای منافع طیف سنجی وجود دارد به عنوان مثال: آماده‌سازی نمونه شامل خشک کردن و خرد کردن آن به هیچ وجه تجزیه و تحلیل نمونه را تحت تاثیر قرار نمی‌دهد؛ هیچ ماده‌ی شیمیایی مورد نیاز نیست؛ اندازه‌گیری آن چند ثانیه طول می‌کشد؛ بسیاری از ویژگی‌های خاک را می‌توان با یک اسکن تخمین زد یا برآورد نمود و روشی با قابلیت اجرا هم در آزمایشگاه (استرنبرگ و همکاران، ۲۰۱۰). و هم در مزرعه را داراست (ویلیام، ۲۰۰۱). تمرکز بیشتر مطالعات بر ترکیبات پایه ای خاک مانند مواد آلی خاک، بافت خاک، مینرالوژی خاک و همچنین دسترسی عناصر غذایی خاک، حاصلخیزی خاک، ساختمان خاک و فعالیت های میکروبی آن میباشد (کوسنیرک، ۲۰۱۱). هدف از این تحقیق امکان استفاده از انعکاس طیفی خاک در دامنه‌ی طیف مرئی (VIS) مادون قرمز نزدیک (NIR) طول موج بین (۳۵۰تا ۲۵۰۰) در تعیین ظرفیت تبادل کاتیونی برخی از خاکهای استان مازندران میباشد.

مواد و روش‌ها

۱۳۰ نمونه خاک از لایه سطحی ۰-۳۰ سانتیمتری از خاک های اراضی مختلف استان مازندران برداشته شد .که بین طول جغرافیایی ۳۶ درجه ۲۷ دقیقه و ۵۰ ثانیه شمالی ۵۲ درجه ۵۹ دقیقه و۳۷ ثانیه شرقی وحدا کثر ۳۶ درجه ۲۹ دقیقه و۲۴ ثانیه شمالی ،۵۲ درجه ۵۹ دقیقه و۱۵ ثانیه شرقی قرار داشتند. نمونه ها بعد از هوا خشک از الک دو میلیمتری عبور داده شدند و ظرفیت تبادل کاتیونی با روش چاپمن (۱۹۶۵) اندازه گیری شد. ۳۰ درصد داده ها به عنوان داده های اعتبار سنجی و ۷۰ درصد آنها به عنوان داده های کالیبراسیون استفاده شد. تهیه طیف خاک‌ها در یک اتاق تاریک و با شرایط استاندارد انجام شد. طیف سنجی نمونه‌های خاک با استفاده از دستگاه Fieldspec شرکت ASD اسکن شدند. بازتاب مطلق نمونه ها در دامنه ۳۵۰ تا۲۵۰۰ نانومتر و با درجه وضوح یک نانومتر ثبت شدند. که در مجموع ۲۱۵۰ نقطه در هر طیف به دست آمد. تقریبا ۱۰۰گرم از هر نمونه خاک هوا خشک با اندازه کوچکتر از ۲ میلیمتر برای آنالیز مورد استفاده قرار گرفت. اندازه گیری به کمک پیستول مجهز به لنز ۸ درجه که میدان دیدی به قطر ۴/۲ سانتیمتر بر روی نمونه خاک ایجاد می کند انجام شد. منبع نور نیز شامل یک لامپ هالوژن ۱۵۰وات با زاویه استقرار ۴۵ درجه از محور قائم بود. همچنین به منظور ثبت اندازه گیری ها بصورت مقدار بازتابش وحذف آشفتگی های طیفی (نویز) به ازای هر ۵ نمونه خاک یک قرائت نیز از صفحه سفید استاندارد (بازتاب ۱۰۰درصد) مشابه با شرایط اندازه گیری نمونه های خاک انجام شد. از هر نمونه خاک ۱۰ اسکن تهیه و میانگین منحنی های طیفی هر یک از نمونه های خاک با نرم افزار view spec محاسبه و به ازای هر نمونه خاک یک منحنی طیفی در تجزیه وتحلیل ها مورد استفاده قرار گرفت. پس از انجام پیش پردازش های استاندارد مدل سازی با استفاده از نرم افزار Unscrambler x10.4 انجام شد.

رگرسیون حداقل مربعات جزئی (PLSR) برای پیش بینی پارامترهای مورد نظر استفاده شد. مدل PLSR ازطریق یک رابطه خطی چند متغیره ارتباط بین دو ماتریس X و Y ایجاد می‌کند که اولین بار توسط Wold و همکاران (۲۰۰۱) معرفی شد و بطور گسترده‌ای در آنالیز های طیفی مورد استفاده قرار می گیرد. این مدل زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که تعداد زیادی متغیر مستقل وجود داشته باشد و بین آنها رابطه خطی قوی باشد. برازش مدل PLSR با استفاده از نرم افزار Theunscrambler10.4 انجام شد. توانایی روش طیف بین مرئی و فروسرخ در پیش بینی ظرفیت تبادل کاتیونی خاک از طریق ضریب تبیین (R^2) و ریشه میانگین مربعات خطا برآورد (RMSE) و شاخص RPD هم نسبت انحراف معیار برآورد SD به RMSE با در نظر گرفتن مقادیر برآورده شده ومقادیر اندازگیری شده ارزیابی شد.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2} \qquad (۱)$$

$$RPD=\frac{SD}{RMSE}*100 \quad (۲)$$

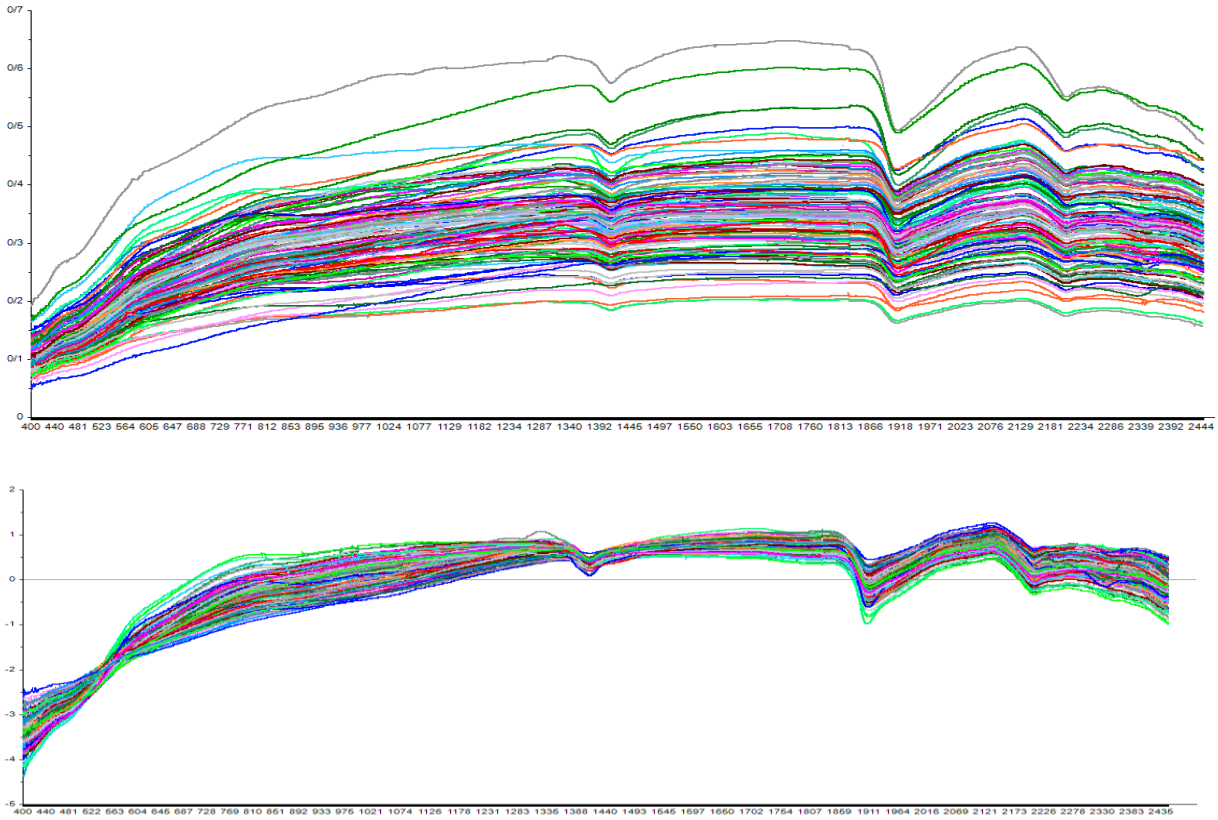
در معادلات ۱ و ۲، yi مقدار برآورده شده و y^i مقادیر اندازگیری شده، SD، انحراف معیار هستند.

نتایج و بحث

جدول یک نتایج آنالیز آزمایشگاهی CEC خاک اندازه گیری شده در آزمایشگاه را در دو گروه کالیبراسیون و اعتبارسنجی را نشان می‌دهد. میانگین مقدار CEC درگروه کالیبراسیون ۲۹/۴ و در گروه اعتبارسنجی ۲۸/۵ می باشد. انحراف معیار مقدار CEC برای گروه کالیبراسیون ۸/۱ و برای گروه اعتبار سنجی ۶/۳ می باشد. این مساله به روشنی نشان می دهد که گروه اعتبارسنجی نماینده مناسبی از مجموعه داده ها می باشد. مقدار رطوبت خاک، ماده آلی، اکسید های آهن وآلومینیوم ومقدار و نوع رس از اجزای اصلی خاک هستند که طیف بازتابی را بطور مستقیم تحت تاثیر قرار می دهند و دراین مورد با نام متغییر های اولیه شناخته می شوند. درشکل ۱ طیف بازتابی خام همه نمونه های خاک ها وهمچنین پیش پردازش ساویتسی گولای را نشان میدهد. همانظور که شکل ۱ نشان میدهد، قله‌های جذب بطور کلی در نمودار SNV بطور بارزتری دیده می شود. جدول۲ مقادیر R^2، RMSE و RPD حاصل از مدلسازی توسط رگرسیون حداقل مربعات جزئی را برای تخمین CEC خاک های استان مازندران با در نظر گرفتن پیش پردازش مشتق اول+فیلتر ساویتزکی وگلای را نشان میدهد. مقدار ضریب تبیین درگروه اعتبارسنجی برایCEC، ۰,۷۲ و مقدار ریشه حداقل مربعات خطا نیز ۴,۳۳ می باشد. در تفسیر RPD بین محققین نقطه نظرات متفاوتی وجود دارد ولی آنچه که بطور کلی قابل قبول است این است که زمانی که مقدار RPD کمتر از ۱,۵ باشد، پیش بینی مدل ضعیف است و اگر بین ۱,۵ تا ۲ باشد، پیش بینی قابل قبول است و اگر پیش بینی پیش از ۲باشد، پیش بینی کاملا مناسب است. با توجه به مقدار RPD پیش بینی مدل برای CEC، کاملا مناسب بوده و همانطور که درشکل ۲ نشان می دهد، پیش بینی مدل رگرسیونی برای CEC تا حد زیادی قابل قبول می باشد و مقدار پیش بینی شده توسط مدل مشابه مقدار اندازه گیری می‌باشد.

جدول۱.توصیف آماری ویژگی های خاک دردوگروه کالیبراسیون واعتبارسنجی

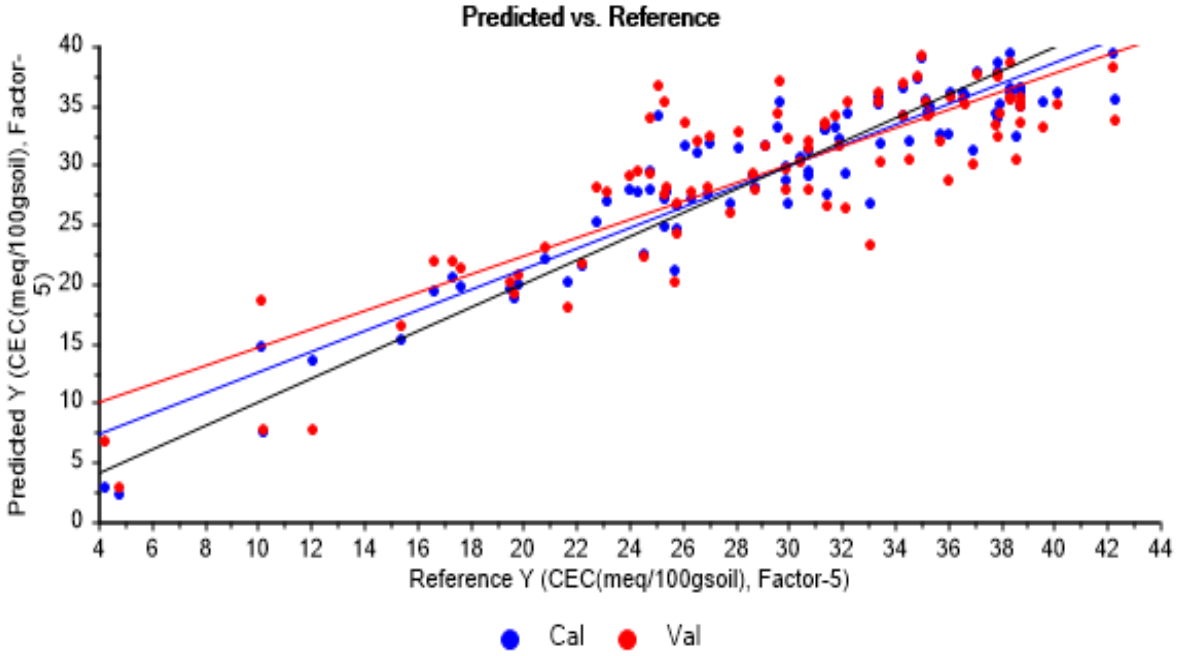
	داده های کالیبراسیون (۹۱=n)	داده های اعتبارسنجی(۳۹=n)
میانگین	۲۹,۴	۲۸,۵
حداکثر	۴۲,۲	۴۰,۴
حداقل	۴,۱	۶,۹
انحراف معیار	۸,۱	۶,۳
واریانس	۶۶,۹	۴۰,۴
چولگی	-۰,۹	-۰,۸
کشیدگی	۰,۸	۲,۲
ضریب تغییرا ت	۲,۲	۱,۴



شکل ۱. نمای کلی ازطیف خام(بالا)و پیش گردازش ساویتسی گولای(پایین) نمونه های خاک

جدول۲.نتایج مدل سازی CEC خاک های استان مازندران به روش رگرسیون حداقل مربعات جزئی

ویژگی خاک	کالیبراسیون			اعتبارسنجی		
	R^2	RMSE	RPD	R^2	RMSE	RPD
CEC	۰,۸۵	۳,۰۵	۲,۳۰	۰,۷۲	۴,۳۳	۲,۲۰



شکل(۲) مقدار اندازه گیری شده درمقابل مقدار پیش بینی شده با استفاده از مدل PLSR

جدول۳. تاثیر روش‌های مختلف پیش‌پردازش طیفی بر دقت مدل سازی به روش حداقل مربعات جزئی (داده اعتیار سنجی)

روش پیش پردازش	R^2	RMSE
جذب بدون پیش پردازش	۰,۸۲	۳,۴۵
فیلتر میانه	۰,۸۱	۳,۴۵
فیلتر ساویتزکی وگلای	۰,۸۱	۳,۴۷
نرمال سازی براساس میانگین	۰,۸۱	۳,۴۶
متغیر نرمال استاندارد	۰,۸۰	۳,۵۶
تصحیح پخشیده چندگانه (MSC)	۰,۷۷	۳,۸۳
مشتق اول+فیلتر ساویتزکی وگلای	۰,۸۵	۳,۰۵

جدول۳. پارامترهای مدل های ساخته شده برای پیش بینی CEC در خاکهای استان مازندران بر اساس روشهای پیش پردازش را نشان می دهد. بهترین وضعیف ترین مدل سازی به ترتیب در روش مشتق اول+فیلتر ساویتزکی وگلای و MSC می باشد. نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از روش مشتق اول+فیلتر ساویتزکی وگلای در مقایسه با شرایط بدون پیش پردازش تخمین را بهبود بخشیده است.

به طور کلی میتوان بیان داشتند که پس از ثبت داده های طیفی میانگین گیری از طیف های ثبت شده تبدیل انعکاس به جذب وپیش پردازش دادهای طیفی امری ضروری است. بنابراین با توجه به نتایج فوق می توان دریافت که روش طیف سنجی مرئی مادون قرمز نزدیک یک روش سریع، غیر مخرب و با حداقل آماده سازی نمونه می باشد و با انجام یک آزمایش می توان چندین ویژگی خاک را پیش بینی نمود.

منابع

Bouma, J. 1997. Soil environmental quality: A European perspective. Journal of Environmental Quality 26(1), 26-31

Kuśnierek, K. 2011. Pre-processing of soil visible and near infrared spectra taken in laboratory and field conditions to improve the within-field soil organic carbon multivariate calibration. In The Second Global Workshop on Proximal Soil Sensing, Montreal, Canada (pp. 100-103).

Lagacherie, P., Baret, F., Feret, J.-B., Netto, J.M. and Robbez-Masson, J.M. 2008. Estimation of soil clay and calcium carbonate using laboratory, field and airborne hyperspectral measurements. Remote Sensing of Environment 112(3), 825-835.

Rossel, R.V., Walvoort, D., McBratney, A., Janik, L.J. and Skjemstad, J. 2006. Visible, near infrared, mid infrared or combined diffuse reflectance spectroscopy for simultaneous assessment of various soil properties. Geoderma 131(1), 59-75.

Stenberg, B., Rogstrand, G., Bölenius, E., Arvidsson, J. and Stafford, J. 2007. On-line soil NIR spectroscopy: identification and treatment of spectra influenced by variable probe distance and residue contamination, pp. 125-131.

Stenberg, B., Rossel, R. A. V., Mouazen, A. M., & Wetterlind, J. 2010. Chapter five-visible and near infrared spectroscopy in soil science. Advances in agronomy, 107, 163-215.

Stenberg, B., Rossel, R.A.V., Mouazen, A.M. and Wetterlind, J. 2010. Chapter five-visible and near infrared spectroscopy in soil science. Advances in agronomy 107, 163-215.

Williams, P. C. 2001. Implementation of near-infrared technology. Near-infrared technology in the agricultural and food industries, 2, 143-167.

Wold, S., Sjöström, M., & Eriksson, L. 2001. PLS-regression: a basic tool of chemometrics. Chemometrics and intelligent laboratory systems, 58(2), 109-130.

Possibility of CEC prediction in Soils of Mazandaran province using visible/near-infrared reflectance spectra

M. Maldari[1], M. Emadi[2], M.A. Bahmaniar[3] and H.A. Bahrami[4]

1,2,3-Msc Student, Assistant Professor and Professor, Department of Soil Sciences, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran 4- Associate Prof, Department of Soil Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Abstract

Determination of cation exchange capacity (CEC), as a soil fertility index, in laboratory is labor and time consuming. In this research, the main objective was to test the performance of visible/near-infrared reflectance spectra for predicting of CEC in soils of Mazandaran province. The 130 soil composite samples were collected across the province and analyzed for CEC in laboratories and also scanned from 350 to 250 nm by Fieldspec device. Several pre-processing were applied and the Partial Least Squares Regression (PLSR) was used as prediction model for CEC forecasting. The R^2, RMSE and RPD statistics showed that the pre-processing of first derivative in accompany with Savisky-Golay smoothing had the best prediction of soil CEC. Results heroin show that the visible/near-infrared reflectance spectra can be a good alternative for low-cost determination of CEC in high intense sampling of an area for soil management, natural resources and watershed studies.

Keywords: CEC, reflectance spectroscopy, PLSR, RPD