بررسی امکان استفاده از طیف‌سنجی NIR در اندازه‌گیری کربن خاک

ایمان مهنی[۱*]، محمدرضا ملکی[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک بیوسیستم، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه جیرفت، mehniiman1364@gmail.com
۲- استادیارگروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه جیرفت

چکیده

کربن خاک به عنوان یکی از منابع اصلی مواد غذایی گیاه نقش مهمی را ایفا می‌کند و یک عامل مهم در ایجاد ساختار خاک است. برای تشخیص مقدار کربن خاک معمولا" با آزمایش شیمیایی و با نمونه‌برداری بسیار محدود از سطح مزرعه اقدام به تعیین آن می‌کنند. چرا که به علت هزینه، امکان اندازه گیری کربن همه نقاط مزرعه وجود نخواهد داشت. در مطالعه حاضر داده‌های مورد نیاز از منطقه فلامان بلژیک با استفاده از نمونه‌برداری دستی و نمونه‌برداری با روش طیف‌سنجی جمع‌آوری شدند. مقدار کربن نمونه‌های جمع‌آوری شده خاک به‌وسیله روش آزمایشگاهی اندازه‌گیری گردید، در حالی‌که طیف‌های خاک با استفاده از مدل به‌دست آمده برای تخمین کربن خاک مورد استفاده قرار گرفت. مقادیر به‌دست آمده از هر دو روش برای ایجاد پهنه به‌کار برده شد و مقایسه دو سطح پهنه نشان داد که روش طیف‌سنجی می‌تواند در تخمین کربن خاک موفقیت‌آمیز باشد و می‌توان آن‌را جایگزین روش‌های متداول نمود.

واژه‌های کلیدی: طیف‌سنجی NIR، کربن خاک و نمونه‌برداری خاک

مقدمه

خاک از لحاظ شیمیایی وکانی‌شناسی بسیار پیچیده‌تر از اجزای متشکله‌اش است. در علوم کشاورزی شناخت و آزمایش خاک برای تعیین سطوح عناصر آن ضرورت دارد. اغلب روش‌های دستی نمونه‌برداری خاک برای تعیین عناصر وقت‌گیر و پرهزینه هستند، بدین ترتیب همواره جایگزینی روش‌های متداول با روش‌های نوین مورد توجه دانشمندان بوده است. با توجه به روش‌های پیشرفته از جمله روش طیف‌سنجی خاک که با سرعت بیشتری قابلیت تعیین عناصر خاک را دارد، تحولی شگرف در این زمینه به‌وجود آمده است. تعیین عناصر خاک خشک با استفاده از اشعه مادون قرمز معرفی شد (Dalal and Henry, 1986). این روش بعدا" با روش‌های پیشرفته‌تر آماری تکمیل گردید (Ben-Dor, 1995). همچنین بعدها تکنیک‌های جدید آماری در طیف‌سنجی تعیین عناصر خاک تر(خاک خشک نشده)را با استفاده از اشعه مادون قرمز گزارش داده شد (Maleki *et al.*,2006; Mouazen *et al.*, 2007).

کربن خاک نقش مهمی را به‌عنوان یکی از منابع اصلی مواد مغذی گیاهی ایفا می‌کند و یک عامل فعال در ایجاد ساختار خاک است. نقشه‌های دقیق میدانی کربن کلی خاک برای مشخص کردن مناطق مدیریت سایت خاص در کشاورزی دقیق مهم هستند (Walter *et al*., 2003; Chen *et al*., 2005). و برای ارزیابی کیفیت خاک نیز مهم هستند (Homann *et al*., 1998; Brejda *et al*., 2001). همچنین برای ارزیابی قابلیت اطمینان پتانسیل جداسازی کربن خاک در زمین و در مقیاس حوزه‌های آبخیز مهم هستند(Young, 2003). کشاورزی دقیق اطلاعات مکانی دقیقی در مورد خواص خاک نیاز دارد، در کشاورزی دقیق تولید محصول با افزایش سود مزرعه‌ای و کاهش اثرات زیست محیطی همراه است. نقشه‌های کربن خاک اطلاعات جزئی ضروری برای تصمیم‌گیری در انتخاب اقدامات مدیریت صوتی سایت خاص ارائه می‌کنند. برای مثال، غلظت کربن آلی در خاک سطحی برای تعیین میزان کاربرد برخی از نهاده‌های تولید محصول سایت خاص، از جمله کودهای نیتروژن و علف‌کش‌ها مورد نیاز است (Blackmer and White, 1998).

اخیرا"، مطالعات تغییرات آب و هوایی در جهان نشان داده است که افزایش ذخیره‌سازی کربن خاک یک روش عملی برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای است(Robertson *et al*., 2000). طیف شکست ناشی از لیزر یک روش امیدوارکننده برای برآورد کلی کربن خاک است.در مطالعات آزمایشگاهی زیادی از روش طیف‌سنجی نزدیک به مادون قرمز(NIRS) برای تجزیه و تحلیل سریع کربن خاک استفاده می‌شود(Chang *et al*., 2001; McCarty *et al*., 2002) .

در مطالعات آزمایشگاهی زیادی از طیف‌سنجی نزدیک به مادون قرمز (NIRS) برای تجزیه و تحلیل سریع نیتروژن خاک نیز استفاده می‌شود (Dalal and Henry, 1986; Fystro, 2002). همچنین مطالعات آزمایشگاهی زیادی نشان می‌دهد که طیف‌سنجی نزدیک به مادون قرمز (NIRS) می‌تواند برای تجزیه و تحلیل سریع ظرفیت تبادل کاتیونی خاک استفاده شود (Dunn *et al*., 2002). سنجش از راه دور یکی دیگر از روش‌های تحلیلی مقرون به صرفه و غیر مخرب به منظور برآورد کربن خاک با دقت قابل قبولی می‌باشد (Ben-Dor, 2002; Qiang *et al*., 2002) .

بازتابش تصاویر از راه دور کربن سطحی خاک در سطوح خشک و صاف اغلب دارای متغیر مکانی زیادی است که تنوع طبیعی و توپوگرافی خاک را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. استفاده بهینه از خاک زراعی یکی از شیوه‌های مدیریت است که می‌تواند منجر به افزایش کربن خاک شود (IPCC,2000). برای مثال، تعویض خاک‌ورزی مرسوم با خاک‌ورزی حفاظتی اکسیداسیون کربن خاک را کاهش می‌دهد و در نتیجه تولید گازهای گلخانه ای CO_2 را کاهش می‌دهد (Reicosky, 1997). بازتاب طیفی[1]خاک را می‌توان به سه روش مشاهدات آزمایشگاهی ، میدانی و هوایی یا فضایی اندازه‌گیری کرد. اندازه‌گیری بازتاب‌های طیفی خاک در آزمایشگاه تحت شرایط کنترل‌شده انجام می‌شود. اندازه‌گیری‌های مربوط به بازتاب‌های طیفی به‌دست آمده در آزمایشگاه به درک

[1]Spectral reflectance

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک کمک زیادی می‌کند، به‌همین دلیل در مطالعات خاک بیشتر استفاده می‌شود. مطالعات اخیر نشان می‌دهد بازتاب‌های طیفی خاک در طیف مرئی VIS[1]و نزدیک مادون‌قرمز(NIR) از۰/۴ تا۱/۱ میکرون و مادون‌قرمز میانی(SWIR)[2] از ۱/۱ تا ۲/۵میکرون و همچنین مادون‌قرمز حرارتی ۳ تا ۵ میکرون و ۸ تا ۱۲ میکرون اطلاعات زیادی در مورد خاک ارائه می‌دهد. در حال حاضر، اطلاعات کربن خاک از طریق روش‌های استاندارد نمونه‌برداری خاک و تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی به‌دست آمده است که این روش گران‌قیمت و وقت‌گیر است (علوی پناه، ۱۳۸۵). این تحقیق نشان می‌دهد که امکان تخمین مقدار کربن در خاک با استفاده از روش طیف‌سنجی برای پهنه‌بندی می‌توان استفاده نمود و می‌توان آن را جایگزین روش‌های متداول نمونه‌برداری دستی کرد.

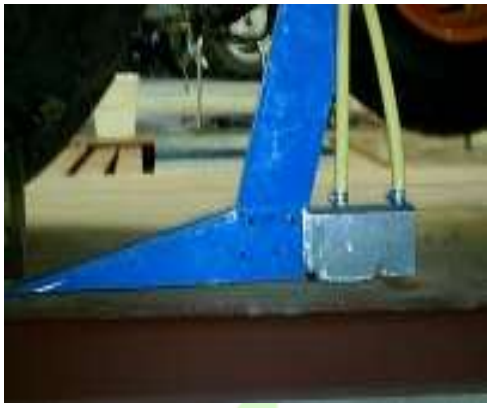
مواد و روش‌ها

داده‌های لازم در این تحقیق در سال ۲۰۰۸ از منطقه فلامان بلژیک با استفاده از اسپکتروفتومتر corona٤٥ (شرکت زایس) برداشت شده است (شکل ۱). برای اندازه گیری طیفی خاک در محدوده طول موج ۳۰۵ تا ۱۷۱۰ نانومتر استفاده شد. این ابزار سریع، دقیق و قوی است. قطعات آن هیچ‌گونه حرکتی ندارند، سبک و قابل حمل است(mouazen et al., 2008). دستگاه شامل دو فیبر نوری یکی برای تابش و دیگری برای بازتابش بود. مجموعا" فیبرها درون یک بلوک فلزی جاسازی شده و به‌وسیله یک زیرشکن در زیر خاک حرکت داده شد(maleki *et al.*, 2008). زیر شکن همراه با بلوک فلزی در شکل ۲ نشان داده شده است. طیف‌های نوری خاک جمع آوری شد و سپس به‌وسیله مدل به‌دست آمده مقدار کربن خاک اندازه‌گیری گردید (mouazen *et al.*, 2005).

شکل ۱. دستگاه طیف سنج مورد استفاده برای تعیین کربن خاک مدل corona۴۵ (شرکت زایس)

[1] Visible spectrum

[2] Mid-infrared



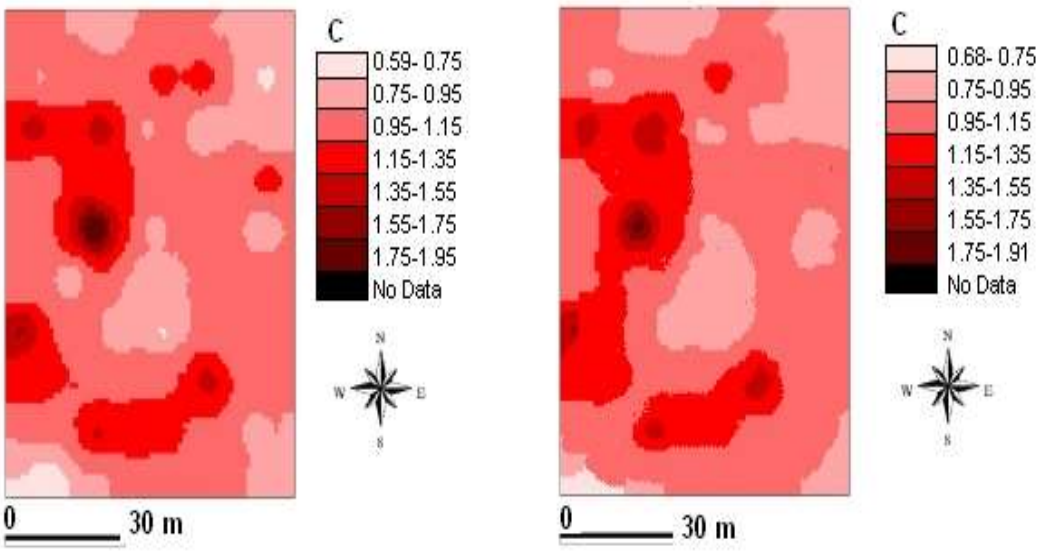
شکل ۲. زیرشکن مجهز به بلوک فلزی

تعدادی از نمونه‌های خاک از مزرعه به‌وسیله نمونه‌برداری دستی جمع‌آوری و پس از آنالیز آن‌ها برای کربن موجود به‌وسیله C-N-Varimax آنالیز و مجددا" به‌وسیله طیف‌سنجی نیز مقدار کربن آنها تخمین زده شد تا حدود و مقدار کربن خاک در مرحله قبل تعیین شود. تخمین مقدارکربن به‌وسیله مدل کربن به‌دست آمده صورت گرفت(mouazen *et al*., 2008). مدل دارای R^2=۰/۷٤ و شیب۰/۷۷، عرض از مبدأ۰/۳۸۱ و RMSEP=۰/٤۸ است. پهنه‌ها با استفاده از روش پهنه‌بندی ارزش‌گذاری فاصله معکوس (IDW) ایجاد شدند. در این روش نقاط مورد تخمین از نقاط نزدیک‌تر بیشتر تاثیر می‌گیرند تا نقاط دورتر و فرض بر این است که هر نقطه با نقاط نزدیک‌تر مشابهت بیشتر دارند، بنابراین تخمین هر نقطه با وزن بیشتر نقاط نزدیک و وزن کمتر نقاط دور صورت می‌گیرد و داده‌ها با فاصله از مرکز میان‌یابی اثر بخشی کمتری خواهند داشت (malekiet *al*., 2008). پهنه‌ها در هر دو روش طیف‌سنجی و دستی با استفاده از یک شبکه به تعداد ۳٦۸ واحد مربع شبکه‌بندی شده و با مشخص کردن تعداد مربعات هر سطح درصد کربن پهنه‌ها به‌دست آمده است.

نتایج و بحث

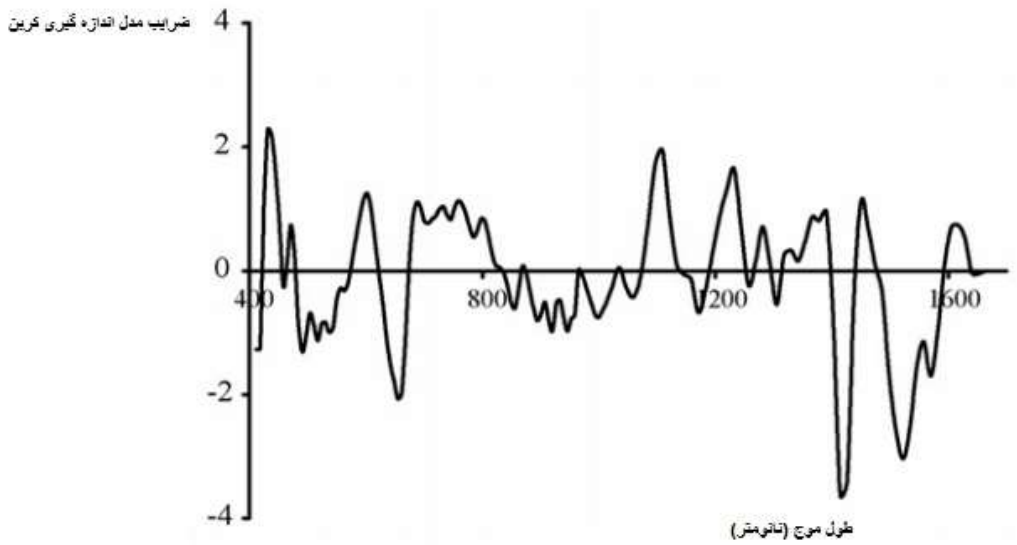
داده‌ها نشان می‌دهد که حداقل و حداکثر مقدار سطح کربن بر حسب درصد در داده‌های به دست آمده با روش طیف‌سنجی ۰/۵۹ تا ۱/۹۵(sd=۰/۹۴) با میانگین۱/۶۷بود، درحالی‌که حداقل و حداکثر مقدار کربن در نمونه‌های خاک جمع‌آوری شده ۰/۶۸ تا ۱/۹۱درصد(sd=۰/۹۱) با میانگین۱/۶۴بود که نشان از قابلیت روش طیف‌سنجی در تخمین میزان کربن می‌باشد. مقدار R^2 به‌دست آمده بین داده‌های آنالیز شده باروش شیمیایی و با روش تخمین به‌وسیله طیف‌سنجی۰/۷۳ بود که صحت و اطمینان لازم برای تخمین کربن را دارا می‌باشد. داده‌های به‌دست آمده با روش دستی برای مقایسه با روش طیف‌سنجی در دو پهنه در شکل ۳ ترسیم شده است. پهنه‌ها نشان می‌دهدکه سطوح وسیعی از مزرعه مورد مطالعه دارای سطح کربن متوسط در محدوده ۰/۹۵ تا ۱/۱۵ درصد است که به وسیله هر دو روش طیف‌سنجی و نمونه‌برداری دستی در مزرعه پیش‌بینی شده و دارای تشابه بسیار است. مجموعا" ۴۲ درصد از سطح پهنه به‌دست آمده به وسیله روش دستی دارای کربن۰/۹۵ تا۱/۱۵ در حالیکه ۴۳ درصد از سطح پهنه

به‌دست آمده به‌وسیله روش طیف‌سنجی دارای کربن ۰/۹۵ تا ۱/۱۵ است، مجموعا" ۱۸ درصد از سطح پهنه به‌دست آمده به وسیله روش دستی دارای کربن ۰/۷۵ تا ۰/۹۵ و مجموعا"۱۸درصد از سطح پهنه به‌دست آمده به وسیله روش طیف‌سنجی دارای کربن ۰/۷۵تا ۰/۹۵است، مجموعا" ۱۵درصد از سطح پهنه به‌دست آمده به وسیله روش دستی دارای کربن ۱/۱۵تا ۱/۳۵ و مجموعا" ۱۵ درصد از سطح پهنه به‌دست آمده به‌وسیله روش طیف‌سنجی دارای کربن بین ۱/۱۵ تا ۱/۳۵ است، کربن ۱/۳۵ تا ۱/۵۵ در هر دو پهنه حدود ۶ درصد سطح مشاهده شد، این مقادیر نشان می‌دهد که مدل توانایی لازم در تخمین کربن خاک بین ۰/۷۵ تا ۱/۵۵ را به‌خوبی دارا است. سطح کربن ۱/۷۵ تا ۱/۹۵ در روش نمونه‌برداری دستی ۶/۵ درصد و در روش تخمین به وسیله مدل طیف‌سنجی حدود ۷/۵ درصد بود. سطح پهنه‌ها در هر دو روش برای مقدار کربن کمتر از ۰/۷۵ به‌ترتیب برای روش دستی و روش تخمین به وسیله مدل ۶ و ۵ درصد محاسبه شد. مجموعا" ۶/۵ درصد از سطح پهنه به دست آمده به‌وسیله روش دستی دارای کربن ۱/۵۵ تا ۱/۷۵ و مجموعا" ۵/۵ درصد از سطح پهنه به‌دست آمده به وسیله روش طیف‌سنجی دارای کربن بین ۱/۵۵ تا ۱/۷۵است. دقت مدل در تعیین میزان کربن در محدوده ۱/۵۵تا ۱/۹۵ اندکی کاهش می‌یابد. بنابراین به‌کارگیری روش طیف‌سنجی درتعیین عناصر خاک توانایی لازم در تعیین میزان کربن خاک را فراهم می‌آورد.



شکل۳. پهنه‌بندی سطوح کربن خاک به روش طیف‌سنجی(سمت چپ) و پهنه‌بندی سطوح کربن خاک به روش دستی(سمت راست).

شکل ۴ تاثیر مقادیر ضرایب مدل به‌دست آمده را روی اندازه‌گیری مقدار کربن خاک نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود نمی‌توان فواصلی مشخص را برای اندازه‌گیری کربن گزارش شود و در حقیقت مجموعه‌ای از طول موج‌ها در اندازه‌گیری کربن موثر هستند. با توجه به شکل ۴ طول موج‌های ۴۳۵، ۶۴۷، ۱۱۰۶، ۱۲۲۳، ۱۴۱۲ و ۱۵۱۸نانومتر در اندازه‌گیری کربن تاثیر دارند.



شکل۳. ضرایب مدل کربن در مقابل طول موج

نتیجه‌گیری

روش پیش‌بینی کردن کربن خاک با استفاده از مدل طیف‌سنجی جهت پهنه‌بندی خاک مورد مطالعه قرار گرفت و با توجه به نتایج به‌دست آمده و تشابه سطح کربن در هر دو روش نمونه برداری دستی و طیف‌سنجی برای تخمین کربن خاک، تعیین کربن خاک به‌وسیله روش طیف‌سنجی می‌تواند موفقیت‌آمیز باشد و می‌توان آن را جایگزین روش‌های متداول که بسیار وقت‌گیر و پرهزینه اند، نمود.

منابع

۱- علوی پناه، س. ک.۱۳۸۵. کاربرد سنجش از دور در علوم زمین، انتشارات دانشگاه تهران.

2- Ben-Dor, E., and A. Banin. 1995. Near infrared analysis as a rapid method to simultaneously evaluate several soil properties. Soil Science of American Journal59: 364–367.

3- Blackmer, A.M., and S.E. White. 1998. Using precision farming technology to improve management of soil and fertilizer nitrogen. Australian Journal of Agricultural Research 49:555-564.

4- Brejda, J.J., M.J. Mausbach, and J.J. Goebel. 2001. Estimating surface soil organic carbon content at a regional scale using the National Resource Inventory. Soil Science Society of America Journal 65: 842-849.

5- Chang, C.W., D. A. Laird, M.J. Mausbach, and C.R. Hurburgh. 2001. Near-infrared reflectance spectroscopy principal components regression analyses of soil properties. Soil Science Society of America Journal 65: 480-490.

6- Chang, C.W., D. A. Laird, and C.R. Hurburgh. 2005. Influence of soil moisture on near-infrared reflectance espectroscopic measurement of soil properties. Soil Science 170, 244-255.

7- Chen, F., D. E. Kissel, L.T. West, D. Rickman, J.C. Luvall, and W. Adkins. 2005. Mapping surface soil organic carbon for crop fields with remote sensing. Journal of Soil and Water Conservation 60: 51-57.
8- Dunn, B.W., H.G. Beecher, G.D. Batten, and S. Ciavarella. 2002. The potential of near-infrared reflectance spectroscopy for soil analysis a case study from the Riverine Plain of south east Australia. Australian Journal of Experimental Agriculture 42: 607–614.
9- Dalal, R.C., and R.J. Henry. 1986. Simultaneous determination of moisture, organic carbon, and total nitrogen by near infrared reflectance spectrophotometry. Soil Science Society of America Journal 50: 120-123.
10- Frazier, B.F., and Y. Cheng. 1989. Remote sensing of soils in the Eastern Palouse region with Landsat Thematic Mapper. Remote Sensing of Environment 28: 317–325.
11- Fystro, G. 2002. The prediction of C and N content and their potential mineralization in heterogeneous soil samples using VIS-NIR spectroscopy and comparative methods. Plant and Soil 246: 139-149.
12- Homann, P.S., P. Sollins, and M. Fiorella. 1998. Regional soil organic carbon storage estimates for western Oregon by multiple approaches. Soil Science Society of America Journal 62: 789-796.
13- IPCC. 2000. Land Use, Land-use Change, and Forestry. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, UK.
14- Maleki, M.R., H. Ramon, J. De Baerdemaeker, and A.M. Mouazen. 2008b. A study on the time response of a soil sensor-based variable rate granular fertiliser applicator. Biosystems Engineering 100: 160–166.
15- Maleki, M.R., A. M. Mouazen, B. De Ketelaere, H. Ramon, and J. De Baerdemaeker. 2008. On-the go variable rate phosphorus fertilization based on a VIS-NIR soil sensor. Biosysytems Engineering 99: 35 – 46.
16- Maleki, M.R., L. Van Holm, H. Ramon, R. Merckx, J. De Baerdemaeker, and A.M. Mouazen, 2006. Phosphorus Sensing for Fresh Soils using Visible and Near Infrared Spectroscopy. Biosystems Engineering 95(3):425-436.
17- McCarty, G.W., J. B. Reeves, V. B. Reeves, R. F. Follett, and J. M. Kimble. 2002. Mid-infrared and near-infrared diffuse reflectance spectroscopy for soil carbon measurement. Soil Science Society of America Journal 66: 640–646.
18- Mouazen, A.M., M.R. Maleki, J. De Baerdemaeker, and H. Ramon. 2007. On-line measurement of some selected soil properties using a VIS–NI sensor. Soil & Tillage Research. 93:13–27.
19- Mouazen, A.M., J. De Baerdemaeker, and H. Ramon. 2005. Towards development of on-line soil moisture content sensor using a fibre-type NIR spectrophotometer. Soil & Tillage Research 171: 81–82.
20- Qiang, X., C. Zhou, and C. He. 2002. Using remote sensing to estimate the change of carbon storage: a case study in the estuary of Yellow River delta. International Journal of Remote Sensing 23: 1565–1580.
21- Reicosky, D.C. 1997. Tillage-induced CO_2 eission from soil. Nui. Cycl. Agoecosys. 49: 273-285.
22- Robertson, G.P., E.A. Paul, and R.R.Harwood.2000. Greenhouse gases in intensive agriculture: contributions of individual gases to the radiative forcing of the atmosphere. Science 289: 1922–1925.
23- Walter, C., R.A.ViscarraRossel,and A.B.McBratney. 2003. Spatio-temporal simulation of the field-scale evolution of organic carbon over the landscape. Soil Science Society of America Journal 67: 1477–1486.

Investigation potential use of NIR spectroscopy for soil carbon measurement

Iman Mehni[1*] Mohammad Reza Maleki[2]

1- MSc Student, Department of Biosystems Engineering, Jiroft University
Mehniiman1364@gmail.com
2- Assistant Professor, Department of Biosystems Engineering, Jiroft University

Abstract

Soil carbon plays an important role as a major source of plant nutrition and it is themain part of the soil construction. Carbon content is usually determined by chemical analysis using very limited samples which is not possible to capture spatial variability soil carbon because it is cost effective. In the present study, the potential of soil spectroscopy as an alternative of traditional sampling was studied in Flanders of Belgium. Soil samples were collected from a field and were analyzed using both chemical and spectroscopic method. The level of soil carbon were explored by developing field map and compared with those carbon values estimated by spectroscopic method. The comparison showed very optimistic results in prediction of soil carbon using spectroscopy which can be an alternative for traditional method.

Keywords: NIR Spectroscopy, Soil carbon and Soil sampling.