تخمین سریع رطوبت خاک بوسیله روش طیف سنجی

محمد رضا ملکی
استادیار گروه ماشینهای کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه جیرفت

آدرس پست الکترونیکی مکاتبه کننده: mrmaleki@mail.uk.ac.ir

چکیده

تعیین رطوبت بوسیله روش طیف سنجی یکی از روش های نوین در کشاورزی بشمار می آید. در مطالعه حاضر برای تخمین رطوبت خاک یک مدل PLS بوسیله روش طیف سنجی بدست آورده شد. نمونه های خاک از مزارع مختلف در بلژیک، شمال فرانسه و جنوب هلند در مدت 5 ماه جمع آوری شد و سعی گردید تا دارای دامنه وسیعی از رطوبت، بافت و رنگ خاک باشند. نتایج نشان داد که مدل با ضریب تبیین 90 درصد توانایی لازم در تعیین رطوبت خاک را داشته و زمان لازم برای تعیین رطوبت خاک می‌تواند به چند ثانیه تقلیل یابد.

کلمات کلیدی: **رطوبت خاک، طیف سنجی، مدل**PLS

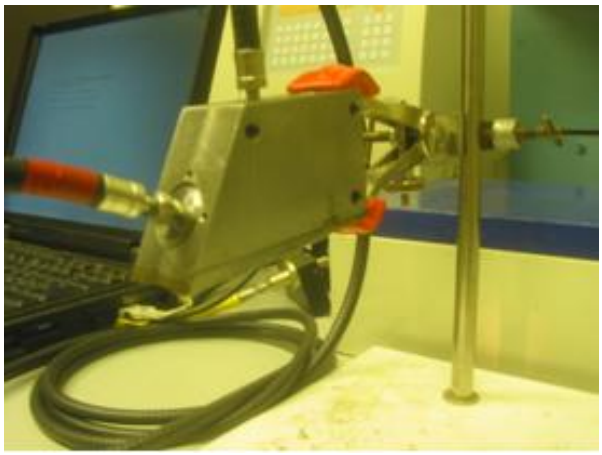
مقدمه

دلایل زیادی برای تعیین میزان رطوبت خاک وجود دارد. علاوه بر اهمیت آب برای رشد گیاه وبیولوژی خاک، میزان آب می تواند روی فرسایش، هیدرولوژی و سایرفرایند های خاک تاثیر گذار باشد. رطوبت خاک می تواند روی اندازه گیری سایر فاکتور های خاک نیز موثر باشد بعنوان مثال میزان نفوذ ریشه، مقدار استفاده گیاه از عناصر خاک و حتی اندازه گیری های فیزیکی نظیر میزان نفوذ ادوات در خاک و انرژی مصرفی در مزرعه. از طرف دیگر، تعیین سریع رطوبت خاک در بکار گیری و استفاده از سایر روش های نوین کشاورزی از اهمیت زیادی برخوردار است. بعنوان مثال تعیین رطوبت می تواند به عنوان مدل پایه روش طیف سنجی در روش های مدل سازی عناصر خاک نقشی موثر داشته باشد. اگرچه تعیین رطوبت با استفاده از روش طیف سنجی مرهون زحمات کانو وهمکاران (1985) و نیز دلال و هنری (1986) است ولی تا تکامل روش های نوین آنالیز معادلات چند متغیره فراتر از یک مطالعه آزمایشگاهی نرفت. سودوث و هیومل (1993) با استفاده از اشعه ماوراً قرمز و با استفاده از روش های نوین ریاضی گزارش های موفقی از تعیین رطوبت خاک ارایه نمودند. سلاتر و همکاران (2001) روش هایی برای بدست آوردن رطوبت خاک با استفاده از روش طیف سنجی و روش‌های پیشرفته آماری را گزارش نمودند. هدف از انجام این مطالعه فراهم آوری اطلاعات لازم برای طیف سنجی رطوبت خاک به منظور مدل نمودن طیف بازتابی خاک با رطوبت خاک است.

مواد و روشها

نمونه‌های خاک مورد نیاز برای انجام این تحقیق در بهار و تابستان 2006 از مزارع مختلف در بلژیک و شمال فرانسه و جنوب هلند در طول 5 ماه جمع آوری شد. سعی بر آن شد که تمام انواع خاک و در رنج وسیعی از رطوبت نمونه گیری صورت گیرد. از هر مزرعه 25 نمونه خاک جمع آوری و پس از اختلاط کامل خاک حدود 500 گرم از آن برداشته و مابقی در آرشیو خاک لابوراتوار آب و خاک گروه حاصلخیزی خاک دانشگاه کاتولیک لوون نگه‌داری گردید. بیش از 700 نمونه جمع آوری گردید. از کل نمونه ها دو گروه 348 و 64 نمونه ای بطور تصادفی انتخاب گردید. گروه اول

برای مدل سازی و گروه دوم برای تعیین اعتبار مدل در نظر گرفته شد. هر نمونه خاک به دو قسمت تقسیم شد، گروه اول برای تعیین رطوبت خاک و گروه دوم برای طیف سنجی در نظر گرفته شد. اندازه گیری رطوبت بوسیله خشک کردن نمونه ها در یک آون در دمای 105 درجه سانتیگراد و به مدت 24 ساعت صورت گرفت. همزمان با تعیین رطوبت نمونه ها، اندازه گیری طیفی نمونه‌های خاک در آزمایشگاه نیز انجام شد. طیف سنج مورد استفاده ZeissCorona45 آلمانی بود.که سریع، بدون بخش های متحرک و بسیار سبک بود (شکل 1). طول موج کار دستگاه از 305 تا 1710 نانومتر بود و مجهز به دو گروه دیتکتور InGaAs بود. روش کار بدین صورت بود که هر نمونه خاک در یک پتری دیش قرار داده شد و با یک کاردک سطح آن را به آرامی صاف کرده و در سه جهت 120 درجه ای طیف نوری آن اندازه گیری شد. طیف ها در مقابل مقدار رطوبت اندازه گیری شده در آزمایشگاه خاک قرار داده شد تا آرایه لازم برای مدل سازی فراهم شود. مدل سازی بوسیله نرم افزار The Unscrambler و با استفاده از آنالیز رگراسیون های چند متغیره صورت گرفت. برای مدل سازی ابتدا قسمت سالم طیف ها انتخاب شد این محدوده 358 تا 1670 نانو متر بود. طیف ها قبل از هر گونه مدل سازی می بایست تحت پردازش داده قرار گیرند روش های متداول پردازش طیف های خاک توسط ملکی و همکاران(2006) بطور مفصل توضیح داده شده است.

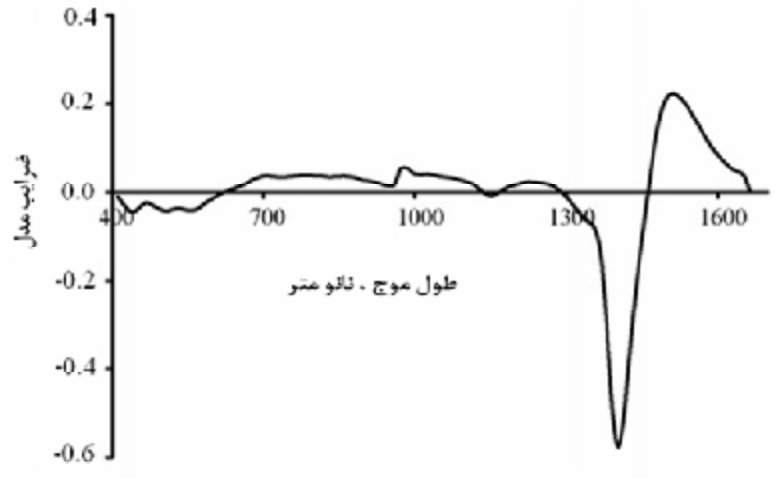


شکل 1. دستگاه طیف سنج مورد استفاده برای تعیین رطوبت خاک مدل Zeiss Corona 45

نتایج و بحث

با محاسبه آمار توصیفی مشخص شد که نمونه ها دارای رطوبت حداقل 22 ، حداکثر 364 و میانگین 131 و انحراف معیار 71 گرم بر کیلوگرم بودند. از بین مدل های بدست آمده بهترین نتیجه مربوط به مدل PLS بود. PLS روشی است که در آن توان هر طول موج در پیش بینی مقدار ماده مورد نظر آن نمونه با یک ضریب مشارکت داده می شود. مدل بدست آمده دارای ضریب تبیین 0/90 ، شیب 0/89، عرض از مبدأ 0/014 ، حداقل خطای پیش بینی 0/021 و شاخص حداقل باقیمانده انحرافات 3/2 بود. شاخص حداقل باقیمانده انحرافات می بایست در محدوده 4-3 باشد (مؤذن و همکاران، 2007). از آنجا که خاک با رطوبت و نیز بافت متفاوت دارای طیف های بازتابش متفاوت است روش فرایند اولیه روی داده‌ها قبل از مدل سازی بسیار حایز اهمیت است. بهترین فرایند روی داده ها قبل از مدل سازی بترتیب عبارت بوند از حداکثر نرمالیته و مشتق و صاف نمودن با روش ساویتزی-گولای (ملکی و همکاران، 2007) بود. آنالیز مدل با استفاده از روش FCV انجام شد (ملکی و همکاران، 2006). در این روش همه نمونه ها در گروه مدل بجز یکی برای مدل سازی بکار برده می شود و مدل برای پیش بینی آن نمونه مورد استفاده قرار گرفته و مقدار انحراف پیش

بینی از مقدار واقعی ثبت می‌شود سپس نمونه به آرایه بازگردانده شده و یکی دیگر از نمونه از گروه حذف می‌شود و این کار برای تک تک نمونه ها بکار می‌رود چنانچه مدل بدست آمده دارای حداقل مربعات خطا باشد می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. پس از مدل سازی، مدل باید بر روی یک سری از داده های مستقل نیز آزمایش شود تا اعتبار آن مورد تایید قرار گیرد. مدل بدست آمده روی 64 نمونه مستقل نیز امتحان گردید و کارایی آن مورد تایید قرار گرفت. مدل بدست آمده دارای 264 ضریب برای بازه های 4/5 نانو متری بود که قدرت تخمین رطوبت خاک آن برای هر طول موج در شکل (2) نشان داده شده است. مشاهده طیف نمونه های خاک نشان داد که خاک های با رطوبت بالا، مواد آلی، بافت ریز تر باز تابش کمتر دارند. با وجود این از آنجا که میزان ارتعاش مولکولی آب و سایر مواد متشکله یکسان نیست می توان براحتی اثر آب را از سایر مواد بخوبی تفکیک نمود. بیشترین اطلاعات از طول موج 1300 تا 1600 نانومتر و حداکثر آن در در طول موج 1400 نانو متر مشاهده شد (شکل 2). ولی با وجود این بهترین نتیجه زمانی حاصل شد که تمام طول موج ها در تخمین رطوبت خاک مشارکت داده شدند. طول موج های 625 ، 1161 ،1174 و نانو متر 1449 در مقابل میزان آب موجود در خاک بی اثر بود از این طول موج ها می توان برای سایر عناصر خاک که به وجود آب حساسیت دارند استفاده کرد. رفتار ملکولی آب خاک در برابر جذب و بازتابش طیف نور بطور مفصل توسط استنبرگ و همکاران (2010) توضیح داده شده است.



شکل 2- ضرایب مدل در طول موج های مختلف و میزان مشارکت آنها در تعیین رطوبت خاک

در مطالعه حاضر از روش طیف سنجی برای تخمین رطوبت خاک استفاده شد و نتایج حاصل بسیار رضایت بخش بود. با اندازه گیری طیف خاک و با استفاده از مدل بدست آمده می‌توان در چند ثانیه رطوبت خاک را تخمین زد. این روش در آینده نزدیک می‌تواند جایگزین روش زمان بر آزمایشگاهی رایج گردد. برای تخمین رطوبت خاک با استفاده از این مدل کافی است که تنها نمونه خاک در چند پتری دیش ریخته شده و با اندازه گیری طیف آنها و با استفاده از مدل بدست آمده در چند ثانیه رطوبت آن را تخمین زد. از روش طیف سنجی برای تخمین سایر عناصر نیز می توان استفاده کرد و لازمه آن این است که ابتدا شناخت کافی از رفتار آب موجود در خاک داشت.

قدردانی

مطالعه حاضر در دپارتمنت بایوسیستم، گروه مکاترونیک، و سنسورها دانشگاه کاتولیک لوون بلژیک بعنوان بخشی از پروژه دکتری صورت گرفته که بدین وسیله قدردانی می‌شود.

منابع

Cahn MD, Hummel JW and Brouer BH. 1994. Spatial analysis of soil fertility for soil specific crop management. Soil Science Society of American Journal, 58, 1240-1248.

Dalal RCand Henry RJ. 1986. Simultaneous determination of moisture, organic carbon, and total nitrogen by near infrared reflectance spectrophotometer. Soil Sci. Soc. Am. J. 50, 120–123.

Hammond MW. 1993. Cost analysis of variable fertility management of phosphorus and potassium for potato production in central Washington. P. 213-228. *In:* P.C. Robert et al. (eds.). Soil specific crop management. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI.

Kano Y, McClure WF and Skaggs RW. 1985. A near Infrared reflectance soil moisture meter. Trans. ASAE 28 (6), 1852–185

Maleki MR, Mouazen AM, Ramon H and De Baerdemaeker J, 2007. Optimisation of soil VIS-NIR sensor-based variable rate application system of soil phosphorus. Soil & Tillage Research, 94: 239-250.

Maleki MR, Mouazen AM, Ramon H and De Baerdemaeker J. 2007. Multiplicative scatter correction during on-line measurement with near infrared spectroscopy. Biosystems Engineering, 96(3):427-433.

Maleki MR, Van Holm L, Merckx R, Ramon H, De Baerdemaeker J and Mouazen AM, 2006. Phosphorus sensing for fresh soils using visible and near infrared spectroscopy. Biosystems Engineering. 95 (3): 425-436.

Mouazen AM, Maleki MR, De Baerdemaeker J and Ramon H, 2007. On-line measurement of some selected soil properties using a VIS–NIR sensor. Soil & Tillage Research. 93: 13–27.

Mouazen AM and Ramon H. 2006. Development of on-line measurement system of bulk density based on on-line measured draught, depth and soil moisture content. Soil & Tillage Research. 86 (2), 218–229.

Norton E R, Clark J L and Barrego H. 2005. Evaluation of variable rate fertilizer application an Arizona cotton production system. Arizona Cotton Report, p 145-151.

Stenberg B, Raphael A, Viscarra R, Mouazen AM and Wetterlind J. 2010. Visible and Near Infrared Spectroscopy in Soil Science, Advances in Agronomy, Volume 107, Elsevier Publisher.

Sudduth KA and Hummel JW. 1993. Soil organic matter, CEC, and moisture sensing with a prototype NIR spectrophotometer. Trans. ASAE 36 (6), 1571–1582.

Slaughter DC, Pelletier MG, Upadhyaya SK. 2001. Sensing soil moisture using NIR spectroscopy. Appl. Eng. Agric. 17 (12), 241–247.

Vrindts E, Mouazen AM, Reyniers M, Maertens K, Maleki M R, Ramon H and De Baerdemaeker J. 2005. Management zones based on correlation between soil compaction, yield and crop data. Biosystems Engineering, 92 (4): 419-428.

Wittry DJ and Mallarino A. P. 2004. Comparison of uniform and variable rate phosphorus fertilization for corn-soybean rotations. American Society Agronomy Journal, 96, 26-33.

Yang C, Everitt J H and Bradford J M. 2001. Comparison of uniform and variable rate nitrogen and phoporus fertilizer application for grain sorghum. Transaction of the ASAE, 44 (2), 201–209.