



# Toprak Özelliklerinin Belirlenmesinde Spektrofotometrik Yansılardan Yararlanma Olanakları

Yücel TEKİN<sup>1\*</sup>, Zeynal TÜMSAŞ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Uludağ Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Bursa

<sup>2</sup>Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Bursa

\*e-posta: ytekin@uludag.edu.tr; Tel: 0 224 2942354; Faks: 0 224 2942303

Geliş Tarihi: 23.07.2012, Kabul Tarihi: 26.12.2012

**Özet:** Hassas tarım bileşenlerini kullanılarak toprak özelliklerinin belirlenmesi ile toprak yönetimi ve korumasının etkilerini artırmak ve tarımsal girdi maliyetlerini azaltmak amaçlanmaktadır. Toprak fiziksel ve kimyasal özelliklerinin hızlı ve güvenilir bir biçimde belirlenerek toprak haritalaması amacı ile değerlendirilmesinde spektrofotometrelerden elde edilen yansıma değerleri kullanılabilir. Spektrofotometreden elde edilen yansıma değerlerinin hassas tarım uygulamalarında kullanılabilmesi için tam çapraz doğrulamalı (full cross-validation) kısmi en küçük kareler (partial least square-PLS) regresyon analizi uygulanarak toplam modeli oluşturmak gerekmektedir. Yapılan regresyon analizi sonucunda oluşturulan modele ait  $R^2$  değerlerine bağlı olarak belirlenmesi istenen toprak özelliği ile ilgili tahmin edilebilirlik durumu incelenmektedir. Bu araştırmada toprak özelliklerinin belirlenmesinde spektrofotometreden yararlanma olanakları incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Toprak özellikleri, spektrofotometre, hassas tarım.

## Possibilities of Using Spectrophotometric Reflectance to Determine Soil Properties

**Abstract:** The application and usage of precision agriculture technologies targeted reduction of agricultural input and improvement of effects of soil management and conservation. Spectrophotometers are used for fast and accurate measurement of soil physical and chemical properties to create soil mapping. To use reflection values obtained from spectrophotometer for precision agriculture application, Partial least squares (PLS) regression analyses with full cross-validation were performed to establish a model. Regression results show that the predictability performance of the model for desired soil properties. In this research possibilities of using spectrophotometer to determine soil properties have been examined.

**Key Words:** Soil properties, spectrophotometer, precision agriculture.

## Giriş

Tarımsal üretiminin gerçekleştiği toprağın verimliliğini sürdürebilmesi için biyolojik, kimyasal ve fiziksel özelliklerinin korunması ve yönetilmesi gerekmektedir. Tarımsal üretimin gerçekleştiği arazilerde en önemli değişkenlerden birisi toprak özellikleridir. Heterojen bir yapıya sahip olan ve bir arazi içerisinde dahi toprak özellikleri bakımından büyük değişkenlik gösteren toprakların, konumsal yerlerine özgü olarak yapılacak yönetim uygulamalarıyla potansiyel verimliliklerine ulaşılabilir. Üreticiler her ne kadar tarlalarının değişik bölümlerinden farklı miktarlarda ürün aldıklarını veya farklı toprak bünyesine sahip olduklarını bilseler de, bu bilgiyi üretime dönük olarak değerlendirememektedirler (Vatandaş ve ark., 2005). Hassas tarım çevreye en az etki ile sürdürülebilir üretimi, verim ve karlılığı arttırmak için entegre edilmiş bilgi ve üretime dayalı bir tarım sistemidir (Türker, 2012). Hassas tarım bileşenlerinin kullanılarak toprak özelliklerinin belirlenmesi ile sadece üretim artışı sağlamak değil aynı zamanda toprak yönetimi ve korumasının etkilerini arttırmak ve tarımsal girdi maliyetlerini azaltmak amaçlanmaktadır. Toprak özelliklerinin farklı bileşenler ile belirlenmesi ve dijital toprak haritaları (Digital Soil Mapping, DSM)'nın çıkarılması günümüzde hassas tarım uygulamalarının en önemli konularından birisi olarak gösterilmektedir. Toprak haritalarının alansal, bölgesel ve küresel anlamda çıkarılması amacıyla toprak özelliklerinin standart yöntemler uygulanarak belirlenmesi gerçekleşme sürecinin çok fazla zaman almasına ve yüksek maliyetlere çıkmasına neden olmaktadır (C'ecillon ve ark., 2009). Bu nedenle uygulamada kolay, maliyeti düşük ve güvenilir ölçüm ve analiz yöntemlerinin geliştirilmesi hedefine ulaşabilecek araştırmalar yapılmaktadır. Bu amaçla görünür ve yakın kızılötesi spektroskopik yansımalar ile yapılan çalışmalar hız kazanmıştır (Ben-Dor ve Banin,1990; Mouazen ve ark., 2005; Stenberg ve Nordkvist, 1996). Yansıma değerleri ile ilgili yapılan çalışmalarda üzerinde odaklanılan temel toprak özellikleri organik madde miktarı, tekstür, kil mineralleri ve aynı zamanda strüktür, bitki besin maddeleri ile mikrobiyel aktivitelerdir (Stenberg ve ark., 2010). Spektrofotometrik yansıma değerleri toprak nem içerikleriyle de ilişkilidir (Tekin ve ark., 2012). Spektroskopi ile tahminleme yöntemi toprakta bulunan ağır metaller içinde kullanılabilir (Kooistra ve ark., 2001). Spektrofotometre yansıma değerlerinin kullanılmasında temel alınan yöntem; örneklerin ön işlemlerden geçirilmesinin ardından laboratuvar ortamında yansıma değerlerinin elde edilmesi ve elde edilen değerlerin laboratuvarında analizi yapılan fiziksel ve kimyasal özellikler ile karşılaştırarak doğrusal ilişkinin ortaya çıkarıldığı bir model oluşturmak şeklinde olmuştur. Farklı ülkelerde spektral kütüphane kurarak toprak haritalaması çalışmaları hızla devam etmektedir (Brown, 2007; Terhoeven-Urselmans ve ark., 2010; Brodský ve ark., 2011).

Toprakların bitki besin element içeriklerinin izlenmesi ve yetiştirilen bitki için toprakta yetersiz olan besin elementlerinin kimyasal gübreler kullanılarak tarlanın konumsal yerine özgü olacak şekilde her tarafına zamanında ve dengeli olarak uygulanması hedeflenmelidir. Tarlanın konumsal yerine ait özelliklerin belirlenmesinde spektrofotometre yansıma değerleri kullanılabilir. Spektrofotometre yansıma değerlerinden gidilerek toprak haritalarının çıkarılması uygulamaları üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Toprak yönetimi kavramı ve gelişen teknoloji ile paralel olarak bitkisel gelişim için gereksinim duyulan hassas tarım uygulamaları içerisinde değişken oranlı gübreleme uygulamaları ile alansal gübreleme olanağına esas oluşturacak toprak haritalanması gerçekleştirilebilecektir. Bu çalışmada, spektrofotometrelerin toprak özelliklerinin ölçülmesinde yararlanma olanakları araştırılmıştır.

## Materyal ve Yöntem

### Optik Ölçüm

Toprak örneklerine ilişkin yansıma değerlerinin ölçümünde; görünür (vis) ve yakın kızılötesi (NIR) fiber optik ölçüm yapan spektrofotometreler (350-2500 nm) kullanılmaktadır. Kullanılan spektrofotometrelerde dalga boyu aralığı hassas ölçüm sonuçları için gerekli olmaktadır. Spektrofotometrede 350–1000 nm dalga boyu için bir Si ve 1000–1800 nm ile 1800–2500 nm dalga boyu için iki Peltier soğutmalı InGaAs (Indium gallium arsenide) algılayıcı kullanılmaktadır. Örnekleme aralığı 1 nm olmakla birlikte spektral çözünürlük 700 nm dalga boyuna kadar 3 nm ve 1400–2100 nm dalga boyları aralığında 10 nm'dir.

Görünür ve yakın kızılötesi absorpsiyon spektrometresi yansımalarının doğru sonuçlar vermesindeki en önemli aşama yansıma değerlerinin alınmadan önce toprak örneklerine uygulanan ön işlemlerdir. Burada uygulanan ön işlemler kurutma, ezme-ufalama ve elekten geçirme işlemleridir. Ön işlemlerde herhangi bir kimyasal kullanılmaması ve ölçümlerin birkaç saniye içinde hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesi bu yöntemin avantajlı yönlerinden birini teşkil etmektedir (Stenberg ve ark., 2010). Spektral yansıma ölçümleri alınmadan önce her bir toprak örneği ezme-ufalama işleminden sonra 2 mm delik çaplı bir elekten geçirilerek plastik kaplara konularak kap yüzeyi düzleştirilmektedir. Plastik kap içerisindeki toprak örnekleri spektrofotometrenin yüksek yoğunluklu ışın kaynağı ile doğrudan temas edecek biçimde yerleştirilmesi önemlidir. Her bir toprak örneği için farklı spektrometre ölçümü yapılarak değerlerin ortalamaları alınması sonuçların güvenilirliği açısından önem kazanmaktadır.

### Yansıma Değerlerinin İstatistiksel Analizi

Yansıma değerlerinin farklı toprak örneklerinde kullanılabilirliğini sağlamak amacıyla model oluşturulması gerekmektedir. Yansıma değerlerinden daha iyi bir model oluşturabilmek amacı ile yansımalar istatistiksel ön işlemlere tabi tutulmalıdır. İstatistiksel ön işlem dalga boyu sayısının azaltılması ile başlamaktadır. Yang (2011)'a göre dalga boyu sayısı belirlendikten sonra verilere sırasıyla normalizasyon, Savitsky-Golay 1. Türevi (Savitsky ve Golay, 1964) ve yumuşatma işlemlerinin uygulanması  $R^2$  değerinin artmasını sağlamıştır. Yansıma verilerinin düzensizliklerini gidermede 1. dereceden türev alınması bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Yumuşatma işlemi ise pozitif ve negatif tepe noktalarının düzleştirilmesi amacıyla uygulanmaktadır.

### Model Oluşturma

Literatürlerde farklı çoklu değişken (multivariate) yöntemlerinin yansıma değerlerine ilişkin istatistiksel analizlerde kullanılabileceği belirtilmiş olsa da Kısmi en küçük kareler (Partial least square, PLS) yönteminin daha yüksek ilişkili sonuçlar verdiği farklı araştırmacılar tarafından belirtilmiştir (Chang ve ark., 2001; Bogrekci ve Lee, 2004; Mouazen ve ark., 2006). Kısmi en küçük kareler yönteminde aralarında çoklu doğrusal bağlantı olan açıklayıcı değişkenler, algoritmalar yardımıyla hem bağımlı değişkendeki değişimi hem de açıklayıcı değişkenlerdeki değişimi açıklayabilmektedir (Bulut ve Alın, 2009). Model oluşturmanın başlangıç aşaması, örnek spektralleri %70-80 kalibrasyon ve % 20-30 doğrulama gruplarına bölmektir. Bu işlemten sonra kalibrasyon grubu farklı

istatistiksel yöntemlere tabi tutularak  $R^2$  değeri hesaplanmaktadır. Doğrulama grubu ile kalibrasyon grubu arasında bağımsız geçerlilik sınaması (Cross-validation) uygulanarak kalibrasyon modeli ortaya çıkması hedeflenmektedir.

### Modelin İstatistiksel Değerlendirmesi

Kalibrasyon modeli doğruluğunun belirlenmesinde  $R^2$  tek başına yeterli olmamaktadır. Bu amaçla başvuru olarak değerlendirilen ortalama hata kareler kökü (root mean square error of prediction, RMSEP) (Eşitlik 1) ve artık tahmin sapması (residual prediction deviation, RPD) (Eşitlik 2)'nin modelin geçerliliğine ait bir gösterge olarak  $R^2$  ile birlikte değerlendirilmesi yoluna gidilmektedir (Viscarra Rossel ve ark., 2006).

$$RMSEP = \sqrt{\left[ \frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{n} \right]} \quad (1)$$

Burada; n: veri sayısı, d: Referans ölçüm ve tahmin değerleri farkı

$$RPD = \frac{\text{Standart Sapma}}{RMSEP} \quad (2)$$

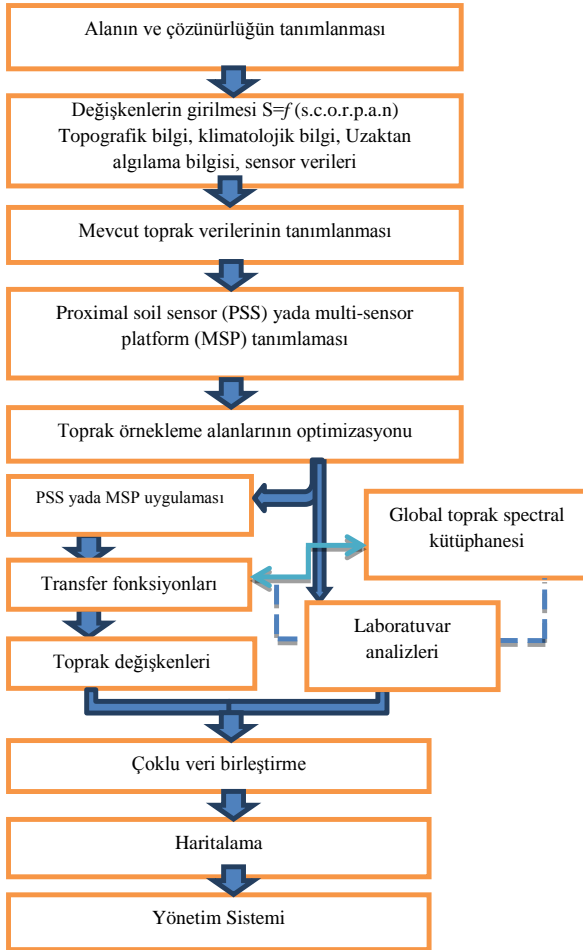
Toprak ile ilgili yapılan araştırmalarda başarılı bir ilişkilendirme için  $R^2$  değeri  $R^2 > 0.95$  ve RPD değeri  $RPD > 5$  birlikteliğinin gerçekleşmesi beklenmektedir. Ancak toprak gibi çok fazla faktörün etken olduğu durumlarda bu sonucun elde edilmesi zorlaşmaktadır. Viscarra Rossel ve ark. (2006)'e göre RPD değerlerine bağlı olarak RPD değerinin 2.5 den büyük olması mükemmel, 2-2.5 arasında çok iyi, 1.8-2 arasında iyi, 1.4-1.8 arasında orta ve 1.4 den küçük zayıf olarak modelin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır.

### Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Görünür ve yakın kızılötesi (visible–near infrared, vis–NIR) absorpsiyon spektrometresi yansımaları ile toprak özelliklerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar artarak devam etmektedir (Sudduth ve Hummel, 1991; Mouazen ve ark., 2005; Pirie ve ark., 2005). Spektral yansımaların toprak rengi, demir oksitler, kil mineralleri, karbonat ve organik madde ölçümlerinde kullanılabileceği belirtilmiştir (Gomez ve ark., 2008). Yansıma sinyalleri C, N, H, O, P ve S atom bağları arasında titreşim oluşturmaktadır (Chang ve ark., 2005). Bu titreşimler ile ortaya çıkan zayıf üst ton'lar (overtone) Organik Karbon da dahil olmak üzere NH, OH ve CH gruplarının tayininde kullanılmaktadır. Bununla birlikte nem ve bünye gibi yansıma değerlerine etki eden etmenlerin de dikkate alınması gerekmektedir (Martin ve ark., 2002). Aynı araştırmacılar toplam C, organik C, inorganik C, toplam N, Katyon Değişim Kapasitesi, pH, bünye ve N tahminleri için sıcak hava ile kurutulmuş toprak örneklerinden alınan yansımaların daha iyi sonuç verdiğini belirtmişlerdir. Görünür ve yakın kızılötesi spektrallarda 1100, 1600, 1700 -1800, 2000 ve 2200 - 2400 nm bantları organik karbon için belirleyici özellikler göstermektedir (Malley ve ark., 2000). Fystro 2002 yılında yaptığı bir araştırmada Organik karbon ve N için  $R^2$  değerini sırasıyla 0.87 ve 0.80 bulmuştur. Cd ve Zn için yapılan bir araştırmada  $R^2$  kalibrasyon değeri Cd için 0.94 ve Zn için 0.95 olarak bulunmuştur (Kooistra ve ark., 2001).

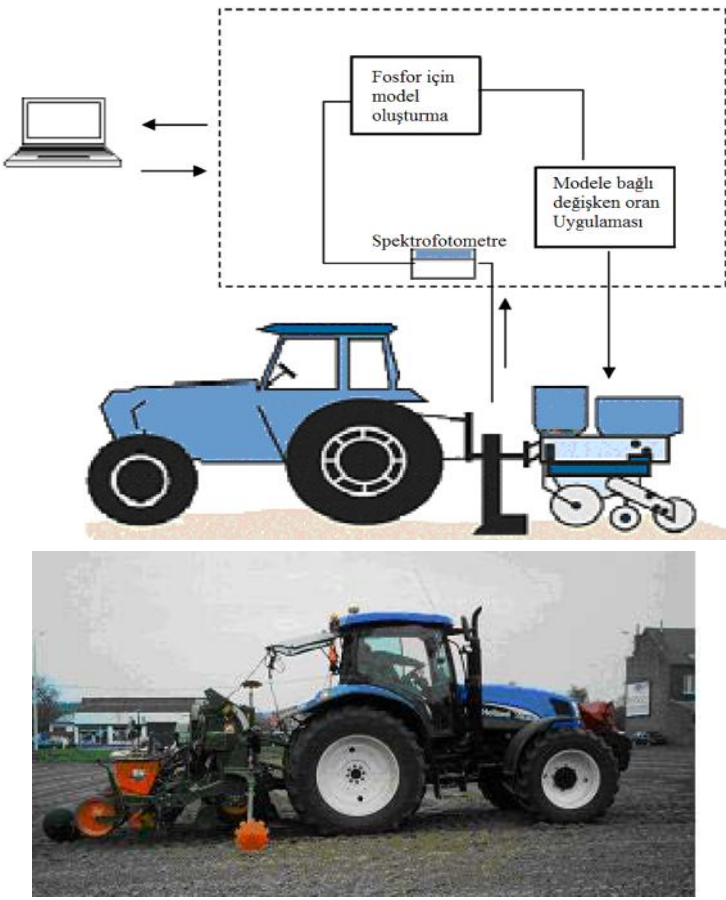
Dijital toprak haritalama (DSM), tarlarda, laboratuvarlarda ve yerinde toprak gözlem ve incelemelerinin birlikte değerlendirilmesinin bir sonucu olarak ortaya çıkar (Boettinger ve ark., 2010). Toprak haritalamanın sistematik tarla gözlemlerinin laboratuvar analizleri ile birlikte düşünülmesi gerekse de gelir düzeyi düşük ülkelerde bunun gerçekleşmesi mümkün değildir (Hartemink, 2008). Spektroskopik yöntemle elde edilen verilerin kullanıldığı toprak haritalama yöntemine ilişkin şematik gösterim Şekil 1’de verilmiştir (Viscarra Rossel ve McBratney, 2008). Bu yöntemde 2008 yılında uygulamaya alınan küresel toprak spektroskopik değerleri kütüphanesi dikkat çekicidir.

Mouazen ve ark. (2006) şematik gösterimi Şekil 2’de verilen aletle toprak özelliklerinin spektrofotometrik özelliklerinin belirlenmesi çalışmalarını yapmışlardır. Spektrofotometrik yansımalarından elde edilen sonuçlar ve Olsen yöntemine göre laboratuvarlarda yapılan P analizlerine göre tarlanın fosfor haritası incelendiğinde sonuçların birbirine yakın olduğu görülmektedir (Şekil 3).



Şekil 1. Toprak haritalama yöntemi şematik gösterimi





**Şekil 4.** Değişken oranlı gübre uygulaması

Hassas Tarımın pratikte uygulanabilmesi, arazideki değişkenliğin farklı girdi kullanımını mümkün kılacak yeterli büyüklükte olması şartına bağlıdır. Örneklemeler yeterli değişkenliği belirleyecek sayıda olmalıdır. Genel bir fikir vermesi açısından haritalaması yapılacak bir tarlada model oluşturulabilmesi için en az 100 örneğin kullanılması gerekmektedir. Spektrofotometrik yansıma değerlerine etki eden renk, bünye, nem içeriği gibi pek çok etmenin olduğu düşünülürse bunların etki derecelerinin de değerlendirilebileceği modellerin oluşturulmasına yönelik çalışmaların yapılması gerekmektedir.

## Kaynaklar

Ben-Dor, E., ve A. Banin, 1990. Near-infrared reflectance analysis of carbonate concentration in soils. Appl. Spectrosc. 44:1064–1069.

- Boettinger, J.L., D.W. Howell, A.C. Moore, A.E. Hartemink ve S. Kienast-Brown, 2010. *Digital Soil Mapping. Bridging Research, Environmental Application, and Operation Series: Progress in Soil Science*. Vol. 2. ISBN 978-90-481-8862-8.
- Bogrekcı, I. ve W. S. Lee, 2004. Spectral signatures of common phosphate in soils and their effect on absorbance spectra of soil samples with different phosphorus concentration. *ASAE/CSAE Meeting Paper No. 04 3114*. ASAE, St. Joseph, MI.
- Brodský, L., A. Klement, V. Penížek, R. Kodešová ve L. Boruvka, 2011. *Soil and Water Research 6 (4)* Prague: Institute of Agricultural Economics and Information, 165-172.
- Brown D.J., 2007. Using a global VNIR soil-spectral library for local soil characterization and landscape modeling in a 2nd-order Uganda watershed. *Geoderma*. 140(4):444-453.
- Bulut, E. ve A. Alın, 2009. Kısmi En Küçük Kareler Regresyon Yöntemi Algoritmalarından Nipals ve PLS - Kernel Algoritmalarının Karşılaştırılması ve Bir Uygulama. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. 24(2):127-138.
- C'ecillon L., B.G. Barthes, C. Gomez, D. Ertlen, V. Genot, M. Hedde, A. Stevens ve J. J. Brun, 2009. "Assessment and monitoring of soil quality using near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS). *European Journal of Soil Science*. 60:770-784.
- Chang, C.W., D.A. Laird, M.J. Mausbach ve C.R. Hurburgh, 2001. Near-infrared reflectance spectroscopy-principal components regression analyses of soil properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65:480-490.
- Chang, G.W., D.A. Laird, ve G.R. Hurburgh, 2005. Influence of soil moisture on near-infrared reflectance spectroscopic measurement of soil properties. *Soil Science*. 170:244-255
- Fystro, G. 2002. The prediction of C and N content and their potential mineralisation in heterogeneous soil samples using Vis-NIR spectroscopy and comparative methods. *Plant and Soil*. 246:139-149.
- Gomez, C., R.A. Viscarra Rossel ve A.B. McBratney, 2008. Soil organic carbon prediction by hyperspectral remote sensing and field vis-NIR spectroscopy: An Australian case study. *Geoderma*. 146:403-411.
- Hartemink, A.E., 2008. Soil map density and nation's wealth and income. pp. 53-66. In: Hartemink, A.E., McBratney, A.B., and Mendonca-Santos, M.L. (eds.), *Digital Soil Mapping with Limited Data*. Springer, Dordrecht.
- Kooistra, L., R. Wehrens, R.S.E.W. Leuven ve L.M.C. Buydens, 2001. Possibilities of visible-near-infrared spectroscopy for the assessment of soil contamination in river floodplains. *Anal. Chim. Acta*. 446: 97-105
- Maleki, M.R., A.M. Mouazen, B. DeKetelaere, H. Ramon ve J. De Baerdemaeker, 2008. On-the-go variable-rate phosphorus fertilisation based on a visible and near-infrared soil sensor. *Biosystems Engineering*. 99:35 - 46
- Malley, D.F., P.D. Martin, L.M. McClintock, L. Yesmin, R.G. Eilers ve P. Haluschak, 2000. Feasibility of analysing archived Canadian prairie agricultural soils by near infrared reflectance spectroscopy. In "Near Infrared Spectroscopy: Proceedings of the 9th International Conference" (A. M. C. Davies and R. Giangiacomo, Eds.), pp. 579-585. NIR Publications, Chichester, UK.
- Martin, P.D., D.F. Malley, G. Manning, ve L. Fuller, 2002. Determination of soil organic carbon and nitrogen at the field level using near-infrared spectroscopy. *Can. J. Soil. Sci.* 82:413-422.
- Mouazen, A.M., J. DeBaerdemaeker, H. Ramon, 2005. Towards development of on-line soil moisture content sensor using a fibre-type NIR spectrophotometer. *Soil Tillage Res.* 80:171-183.



- Mouazen, A.M., R. Karoui, J. DeBaerdemaeker, H. Ramon, 2006. Characterization of soil water content using measured visible and near infrared spectra. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70:1295-1302.
- Pirie A., B. Singh, ve K. Islam, 2005. Ultra-violet, visible, near-infrared, and mid-infrared diffuse reflectance spectroscopic techniques to predict several soil properties. *Aust. J. Soil Res.* 43:713-721.
- Savitsky, A. ve M.J.E. Golay, 1964. Smoothing and differentiation of data by simplified least squares procedures, *Anal. Chem.* 36:1627-1639.
- Stenberg, B. ve E. Nordkvist, 1996. Near infrared reflectance measurements to assess the chemical and physical variations in arable soils. In "Near Infrared Spectroscopy: The Future Waves" (A. M. C. Davies and P. Williams, Eds.), pp. 498-504. NIR Publications, Chichester, UK/Montreal, Canada.
- Stenberg, B., R. Viscarra Rossel, A.M. Mouazen, J. Wetterlind, 2010. Near infrared spectroscopy for soil analysis in practical agriculture, forestry and environmental monitoring. *Advances in Agronomy.* 107:163-215.
- Sudduth K.A. ve Hummel J.W. 1991. Evaluation of reflectance methods for soil organic matter sensing. *Transactions of the ASAE*, 34(4):1900-1909.
- Tekin, Y., Z. Tümsavaş ve A.M. Mouazen, 2012. Effect of moisture content on prediction of organic carbon and pH using visible and near-infrared spectroscopy. *SSSAJ.* 76 (1):188-198.
- Terhoeven-Urselmans, T., T.G. Vagen, O. Spaargaren, K.D. Shepherd, 2010. Prediction of soil fertility properties from a globally distributed soil mid-infrared spectral library. *Soil Science Society of America Journal.* 74 (5):1792-1799.
- Türker U. 2012. Hassas Tarım. [http://www.hassastarim.com/wp-content/uploads/2011/11/Hassas-tarim\\_populer.pdf](http://www.hassastarim.com/wp-content/uploads/2011/11/Hassas-tarim_populer.pdf). Erişim Mayıs 2012.
- Vatandaş, M., M. Güner ve U. Türker. 2005. Hassas Tarım Teknolojileri. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası 6. Teknik Kongresi.:347-365, 3-7 Ocak 2005, Ankara.
- Viscarra Rossel, R.A. ve A.B. McBratney, 2008. Diffuse reflectance spectroscopy as a tool for digital soil mapping, Chapter 13, pp. 165-172. In: Hartemink A.E., McBratney, A.B., and Mendonça-Santos, L. (eds.), *Digital Soil Mapping with Limited Data*. Developments in Soil Science Seris. Elsevier Science, Amsterdam.
- Viscarra Rossel, R.A., D.J.J. Walvoort, A.B. McBratney, L.J. Janik, J.O. Skjemstad, 2006. Visible, near infrared, mid infrared or combined diffuse reflectance spectroscopy for simultaneous assessment of various soil properties. *Geoderma.* 131:59-75.
- Yang H. 2011. Spectroscopic Calibration for Soil N and C Measurement at a Farm Scale. 2011 3rd International Conference on Environmental Science and Information Application Technology (ESIAT, 2011), *Procedia Environmental Sciences* 10:672 - 677.

