

Tuzdan Etkilenmiş Toprakların Yakın Kızılötesi Yansıma Spektrometre Ve Elektromanyetik İndüksiyon Tekniği Yardımıyla Karakterize Edilebilme Potansiyelinin Araştırılması

Ali Volkan BİLGİLİ^{1*}, Mehmet Ali ÇULLU¹, Salih AYDEMİR¹

Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü¹
İletişim: vbilgili@harran.edu.tr

Özet

Harran Ovası sulamaya açıldıktan sonra yapılan bilinçsiz sulama topoğrafya, iklim, toprak özellikleri ve zayıf drenaj koşulları nedeniyle yaklaşık 17000 ha'lık alanda toprak tuzluluğuna neden olmuştur. Tuzluluk, topoğrafya, taban suyu seviyesi ve gübreleme ve sulama gibi tarımsal uygulamalar nedeniyle kısa mesafede alansal ve zamansal olarak değişim göstermektedir. Bu topraklarda problemin boyutunun belirlenebilmesi ve uygun toprak amenajman yöntemine karar verilebilmesi için oldukça zaman alıcı ve masraflı olan sıkı örnekleme ve laboratuvar analizleri gerekmektedir. Bu tür zorluklar hassas tarım uygulamalarında kullanılan tekniklerle aşılabilmektedir. Bu çalışmada, Harran ovasında tuzdan etkilenen 90 noktada görülebilir ve yakın kızılötesi yansıma spektrometre (VNIRS) yöntemi ve Elektromanyetik İndüksiyon (EM) metodu ile toprak tuzluluk derecelerinin belirlenebilme potansiyeli araştırılmıştır. EM tekniği için, EM-38 aleti kullanımı tuzlu arazilerde gerçekleştirilmiştir. VNIRS okumaları laboratuvar koşullarında VNIRS spektrometre ile 2 mm'lik hava kurusu topraklar taranmış ve yansımalar ve elektriksel iletkenlik (ECe) değerleri arasındaki kalibrasyonlar Kısmi En Küçük Kareler Regresyon (PLSR) tekniğiyle belirlenmiştir. Genel olarak her iki teknikte orta seviyede başarılı sonuçlar üretmişlerdir. Kalibrasyon modellerinin birebir doğrulama (Cross Validation) değerlendirme sonuçlarına göre toprak tuzluluklarının tahmin edilmesinde elde edilen R² değerleri 0.80 ve 0.91 arasında değişmiştir. EM tekniğiyle yapılan çalışmalarda aynı örneklerde ECa ve ECe değerleri arasında yapılan doğrusal olmayan regresyon değerlerine ait R² değerleri ise 0.47 ve 0.79 arasında bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Harran Ovası, Toprak Tuzluluğu, Toprak Yönetimi, VNIRS, EM-38

Investigation Of The Potential Use Of Near Infrared Reflectance Spectroradiometer And Electromagnetic Induction Technique For The Characterization Of Salt Affected Soils

Abstract

After Harran Plain was opened to irrigation soil salinity problems were detected in a total of 17000 ha area because of unsuitable irrigation practices, topographical and climate, soil properties and poor drainage conditions. Soil salinity may show significant spatial and temporal variation in a short distance in the field because of topography, ground water level, fertilizer and irrigation. Intense sampling and analyses which is time consuming and expensive may be required to determine the level of the problem in these soils and find convenient soil management practices. These kinds of difficulties can be overcome using precision agriculture techniques. In this study, possibility of soil salinity determination using visible and near infrared reflectance spectroscopy (VNIRS) and electromagnetic induction techniques were investigated in 90 soil samples collected from the salt affected fields in the Harran Plain. For EM-38 technique the calibration of EM-38 were performed in the field. VNIRS scanning's in the laboratory conditions 2 mm air dried soil samples were scanned using VNIRS spectro-radiometer on and the calibrations between Electrical conductivity values and reflectance's were performed using Partial Least Square Regression Analyses (PLSR). Overall both techniques provided moderately successful results. According to cross validation results, R² values in the estimation of soil salinity

changed between 0.80 and 0.91.. In the studies performed with EM technique for the same samples, R^2 values obtained from non-linear regression results between ECa (using EM-38 readings) and ECe values were found between 0.47 and 0.79.

Key words: Harran Plain, Soil salinity, Soil management, VNIRS, EM-38

Giriş

Toprak tuzluluğu toprakların bozunmasına ve bitkilerde verim kaybına neden olan önemli bir özellik olup Dünyadaki toplam sulanabilir alanların % 20'sini etkilemektedir (Ghassemi ve ark., 1995). Yüzden fazla ülkede yaklaşık 1.5 milyar ha toplam işlenebilir arazi, tuzluluk ve alkalilik nedeniyle bozunmuş bulunmaktadır. Bu oran ülkemizde yaklaşık 1.5 milyon ha civarındadır (Dinç ve ark., 1999). Kök bölgesinde tuzların birikimi, bitki gelişimini dramatik olarak etkileyerek verim kayıplarına neden olduğu gibi toprakların fiziksel yapısını olumsuz etkilediğinden toprak verimliliğini de olumsuz etkiler (Howari ve ark., 2002; Muhammad ve ark., 2008).

Sulamanın yapıldığı kurak ve yarı kurak alanlarda toprak tuzluluğu sorunu ortaya çıkabilir. Harran Ovasında tuzdan etkilenmiş alanlar ovanın çevresine göre nispeten alçak olan yaklaşık 18.000 ha alanı kaplamaktadır (Çullu ve ark., 2010). Zayıf drenaj ve uygun olmayan sulama koşulları toprak profilinden tuzların yıkanmasını önler, yer altı suyunun yüzeye yaklaşmasına neden olur ve problemi artırır. Bu alanlarda topraklar killi tekstür ve yüksek buharlaşma nedeniyle kapilarite ile kolaylıkla yüzeye çıkabilen tuzlu taban suyundan (1-1.5 m yakınında) etkilenmektedir. Ovadaki tuzluluk bitkilerde önemli verim kayıplarına neden olmaktadır (Çullu, 2003).

Toprak tuzluluğu genellikle toprak iletkenliğinin saturasyon çamurunda, yada farklı toprak su karışımlarından elde edilen ekstraktlarda elektriksel iletkenlik (ECe) değerlerinin ölçümü ile belirlenmektedir (Richard, 1954). $EC_e > 4 \text{ dS m}^{-1}$ den büyük değerlere sahip topraklar tuzlu olarak

sınıflandırılır. Bu değerlerin üstünde bitki gelişimi olumsuz etkilenir. Toprak ECe değeri toprak kalite parametresi olarak değerlendirilir (Andrews ve ark., 2004).

Kalıtıl原因ler ya da insan etkisi ile toprak değişkenleri ve toprak tuzluluğu önemli ölçüde zamansal ve mekansal olarak değişkenlik gösterebilir (Isaaks ve Srivastava, 1989). Genelde kısa mesafelerdeki değişimler gübreleme ve sulama gibi insan faktörleri nedeniyle oluşurken, ana materyal, topoğrafya gibi kalıtıl原因ler ile daha uzun aralık ve mesafelerdeki değişkenlik meydana gelmektedir. Elektromanyetik indüksiyon tekniği son zamanlarda toprak tuzluluğunun değerlendirilmesinde kullanılmıştır (Corwin ve Lesch, 2003; Kaman ve ark., 2012; Yegül, 2013). VNIRS metodu da son zamanlarda toprak değişkenlerinin tahmininde başarıyla kullanılmaktadır (Günel ve ark., 2007; Bilgili, 2011; Tekin ve Tümsavaş, 2012; Şenol ve Akgül, 2012). VNIRS metodu tuzluluk karakterizasyonunda ve tahminlerinde de kullanılmıştır (Howari ve ark., 2002). Bu çalışmada, Harran Ovası mevcut tuzlu alanlarında EM ve VNIRS metodu kullanılarak toprak tuzluluğunun tahmin edilebilme potansiyeli araştırılmıştır.

Materyal ve Metot

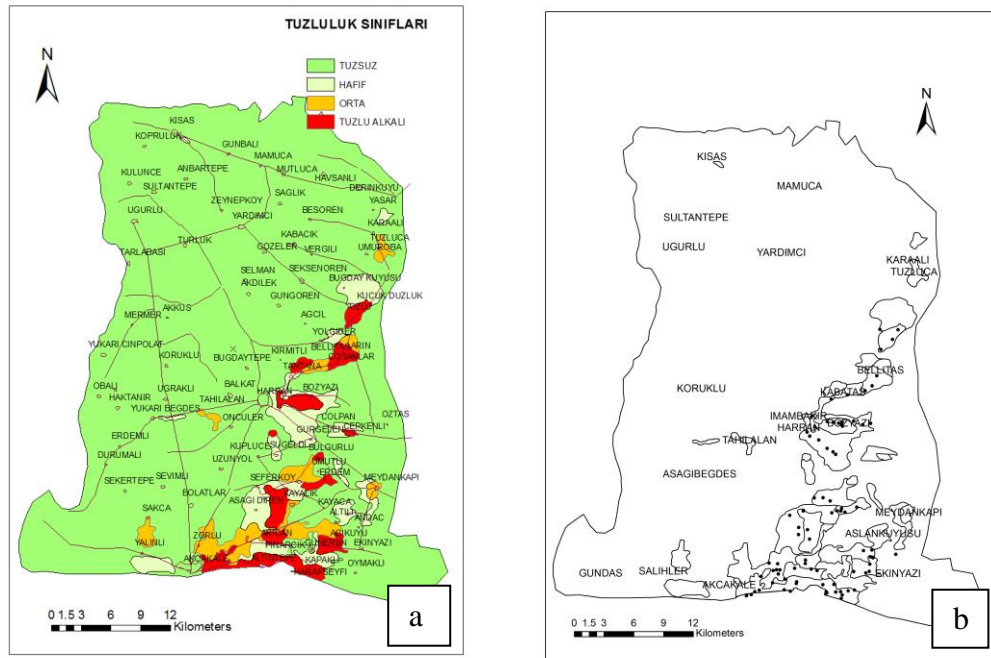
Çalışma alanı, Şanlıurfa ili Harran ovasında yer almaktadır. Ovada Çullu ve ark. (2010) tarafından belirlenen yaygın olarak tuzluluk ve alkalilik problemi olan alanları temsil edecek biçimde 90 adet toprak örneği rastgele örnekleme sistemine ve toprak tuzluluğu şiddeti dağılımına göre 0-30 cm derinlikten alınmıştır (Şekil 1). Çalışma alanında yarı

kurak iklim hakim olup ortalama sıcaklık, yağış ve buharlaşma sırasıyla; 17 °C, 365 mm ve 1848 mm'dir. Toprak genelde kireç ana materyal üzerinde oluşmuş ve demirce zengindir. Topraklar ince tekstürlü ve düşük organik madde ve yüksek kireç içeriğine sahiptir (Aydemir, 2001). Hava kurusu toprak örnekleri 2 mm'lik elekten geçirilmiş ve hazırlanan saturasyon çamurundan alınan ekstraktan elektriksel iletkenlik (EC_e; dS m⁻¹) ve pH değerleri okunmuştur (Richard, 1954).

Görülebilir ve Yakın Kızılötesi Yansıma Spektrometre (VNIRS) Tekniğinin Çalışmada Kullanılması

Araziden toplanan ve 2 mm'lik elekten geçirilen toprak örnekleri VNIRS spektrometre ile (Şekil 2) 350 nm ile 2500 nm arasında 1 nm spektral çözünürlük ile yansımaları elde edilmiştir. Bu şekilde her bir spektruma ait toplam 2150 adet veri elde edilmiştir. Hava

kurusu topraklar 4 cm çapındaki optik petri kaplara konularak kabın altından Tungsten Quartz Halojen lamba ışığıyla yatay olarak 55 derecelik bir açıdaki sensörden 4 cm mesafede aydınlatılmıştır (Şekil 2). Topraklar her bir petri örnek içindeki tekstüre bağlı farklılıkları (toprak içerisinde farklı büyüklükteki taneciklerin açılabilirliği) ortadan kaldırmak amacıyla örnekler 90° derece döndürülerek 5 ilave okuma daha yapılmıştır. Yansımalar optimize edildikten sonra ve aletin kalibrasyonu spektral (beyaz katman) kullanılarak yapılmış ve eğer okumalar arası fark varsa alet yeniden kalibre edilerek okumalara devam edilmiştir. Her bir örnekten elde edilen 10 okumanın ortalaması edilmiş ve her bir örnek için temsili bir yansıma elde edilmiştir. Spektral yansımaların daha sonra birincil türevleri Savitzky-Golay transformasyonu uygulanarak alınmış, ayrıca spektral okumalar her 10 nm'de bir ortalaması alınarak azaltılmıştır.



Şekil 1.a) Harran ovası farklı tuzluluk sınıfındaki toprakların dağılım alanları (Çullu ve ark., 2010)
b) Farklı tuzluluk sınıflarına sahip alanlardaki örnekleme yerleri

Elektromanyetik İndüksiyon Tekniği

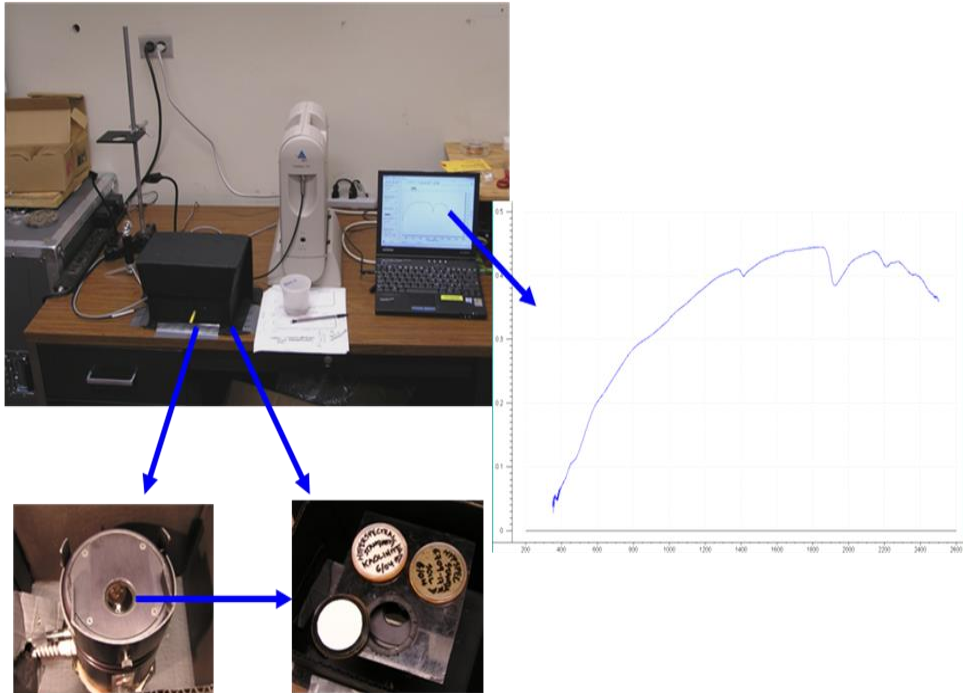
Elektromanyetik İndüksiyon metodu toprak elektriksel iletkenliğini dolaylı yoldan ölçen bir uzaktan algılama tekniğidir. Birbiriyle 1 m uzaklıkta bir tane gönderici bir tanede alıcı bobinden oluşmaktadır. Bobinler arası mesafe 1 m olması nedeniyle yatay ve dikey pozisyonda toprakta yaklaşık 0.75 ve 1.5 m derinlikten okuma yapılabilmektedir (Corwin ve Lesch, 2003; Kaman ve ark., 2012; Yegül, 2013).

İletici bobinden gönderilen akımla zamanla toprakta değişen bir manyetik alan oluşur. Zeminde aktif hale getirildiğinde bu manyetik alan küresel elektrik akım çemberleri oluşturur. Toprakta bu akımların büyüklüğü toprak katmanındaki toprağın elektriksel iletkenliği ile orantılıdır. Her bir akım çemberi içinde oluşan akımın değerine orantısal ikincil bir manyetik alan oluşur. Bu sinyallerin toplamı elektriksel iletkenliğe bağlı olarak voltaja dönüştürülür. İkincil ve birincil akım arasındaki oran toprak materyalinin elektriksel iletkenliğiyle orantılıdır. Alıcı

bobin ikincil manyetik alanın fazını ve büyüklüğünü ölçer. İkincil alanın büyüklüğü ve fazı kil miktarı, su muhtevası ve tuzluluk gibi toprak özelliklerinin bir sonucu olarak farklılık gösterecektir.

Elektrik akım çemberlerinin büyüklüğü civardaki toprağın EC siyle doğrudan orantılıdır. Her bir akım ikinci bir manyetik alan oluşturur, bu oluşan akımların bir kısmı geri dönerek alıcı bobinine ulaşır. EM okumaları ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler regresyon denklemi ile modellenmektedir (Corwin ve Lesch, 2003; Kaman ve ark. 2012, Yegül, 2013).

Bu çalışmada EM okumaları ve izafi elektriksel iletkenlik değerleri (ECa), EM-38 aleti kullanılarak arazide topraklar yaklaşık tarla kapasitesi nem seviyesinde iken elde edilmiştir (Şekil 2). Daha sonra laboratuvar sonuçlarından elde edilen elektriksel iletkenlik (ECe) değerleri ile alet kalibre edildi. Bu kalibrasyon regresyon denklemi ile sağlanmıştır. Toprak EC değerleri ve EM-38 okumaları arasındaki ilişkiler doğrusal olmayan regresyon analizleri ile ilişkilendirilmiştir.



Yüksek Çözünürlükte Görülebilir - Yakın Kızılötesi Yansıma Spektrometresi ve örnek bir toprak yansıması



EM-38 Aleti ; dikey pozisyonda izafi elektriksel iletkenlik okuma

Şekil 2. a) Laboratuvar ortamında VNIRS ve b) Arazide EM-38 aletinin kullanılması

İstatistiksel Modelleme

Temel Bileşenler Analizi (Principia Component Analysis- PCA)

Bir veri matrisi azaltma yöntemi olarak, fazla sayıda birbirleriyle korelasyonlu olan data setlerinin varyans yapısını ayrıştırarak daha az sayıda bu değişkenlerin doğrusal bileşenlerinden oluşan, yeni ve birbirleriyle korelasyonlu olmayan değişkenlere dönüştürme tekniğidir. Bu analizin sonucunda orijinal data setinde yer alan ve data seti içerisinde varyansı en fazla açıklayan daha az sayıda değişken elde edilir ve bunlar birbirleriyle korelasyonlu değildir (Esbensen, 2010).

Kısmi En Küçük Kareler Regresyon Modeli (Partial Least Square Regression-PLSR)

Toprak yansımaları ve toprak elektriksel iletkenliği arasındaki kalibrasyon kısmi en küçük kareler regresyon analizi ile yapılmıştır. Bu metod iki matris (X ve Y) arasındaki ilişkiyi doğrusal çok değişkenli bir modelle açıklamakta ve VNIR yansıma spektroskopisi tekniğinde sıkça kullanılmaktadır. Bu çalışmada, X değişkeni toprak yansımasını Y değişkeni toprak tuzluluk parametresini temsil etmektedir. Çok değişkenli regresyon modeline kıyasla PLSR tekniği spektral veri gibi aralarında önemli ölçüde korelasyon bulunan X değişkenlerinin olduğu veri setlerini

değerlendirebilmektedir (Esbensen, 2010). PLSR regresyon modelleri hem birebir doğrulama (Cross Validation) hem de bağımsız veri setleri kullanarak geçerlilik açısından doğrulukları kontrol edilmiştir.

Toprak yansımalarının kullanıldığı PLSR modelleri ile yapılan toprak tuzluluk değerlerinin tahminleri R^2 (karar verme katsayısı, coefficient of determination), hata kareler ortalamasının karekökü (RMSEP) ve performansın sapmaya oranı (RPD) parametreleri kullanılarak değerlendirilmiştir. RPD değerleri bağımsız doğrulama amaçlı kullanılan (validasyon) data setindeki referans örneklerin standard sapmasının, hata kareler ortalamasının karekökü (RMSEP) değerine orantılanmasıyla elde edilmiştir.

$$RMSEP = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Z_{tahmin} - Z_{özlem})^2}{n-1}}$$

RPD= Standard sapma/RMSEP

Chang ve ark. (2001) toprak özelliklerinin VNIRS tekniği ile tahmin kalitelerini RPD değerlerine bağlı olarak 3 gruba ayırmıştır. 2 den büyük (RPD > 2.0), 1.4-2.0 arasında ve 1.4 den küçük (RPD < 1.4), bu değerler sırasıyla mükemmel,

kabul edilebilir ve zayıf tahminler olarak sınıflandırılmıştır.

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Toprak Tuzluluk Parametreleri

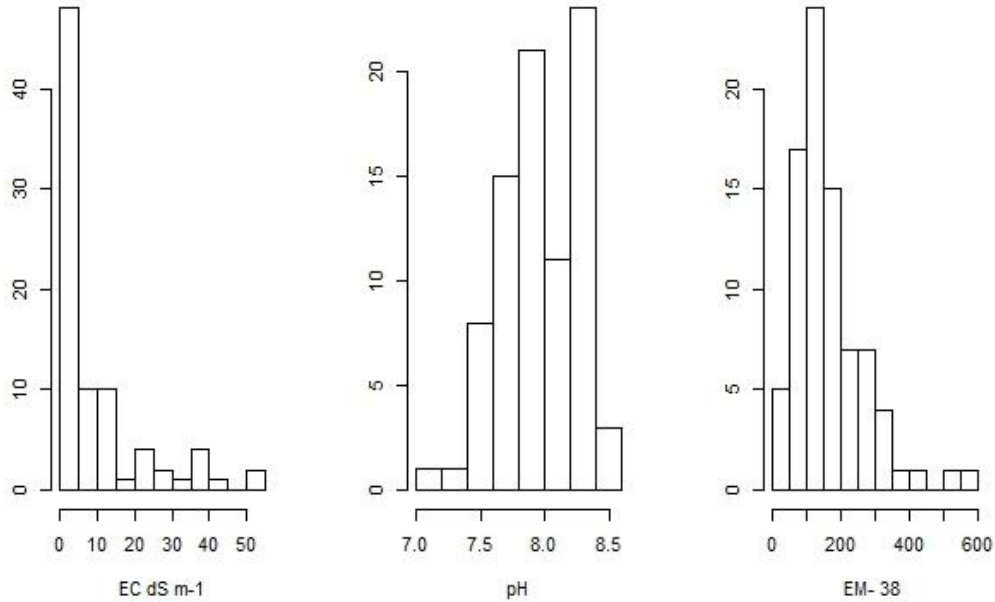
Araziden alınan toprak örneklerinin tuzluluk değişkenlerinin (EC, pH) ve EM okumalarının çalışma alanındaki dağılımları ve temel istatistikleri Çizelge 1' ve Şekil 3 de sırasıyla gösterilmektedir. Buna göre her üç değişkende arazide geniş bir dağılım göstermiş ve elde edilen sonuçlara göre topraklar tuzsuz, tuzlu ve tuzlu-alkali gibi farklı tuzluluk sınıfları şeklinde gruplanmıştır. Varyasyon

katsaylarına göre arazide en fazla değişkenlik sırasıyla ECe, EM ve pH değerlerindedir (Çizelge 1). Çizelge 2 toprak tuzluluk parametreleri ve EM-38 okumaları arasındaki korelasyon ilişkilerini vermektedir. Buna göre toprak ECe değerleriyle EM okumaları arasında pozitif ilişki ($p<0.01$) elde edilirken, toprak ECe değeri ve pH arasında önemli derecede negatif ilişki elde edilmiştir ($p<0.01$). Bu veriler tuzluluk şiddeti dağılımının belirlenmesinde hızlı ve daha az masraf gerektiren değerler olarak dikkati çekmektedir.

Çizelge 1. Toprak tuzluluk parametrelerinin tanıtıcı istatistikleri

(n=90)	Min	Medyan	Ortalama	Max	Stdsapma	VK [†]
ECe	0.59	3.79	9.53	52.8	12.54	131
pH	7.14	7.98	7.95	8.48	0.31	3.9
EM-38	30	143	169	575	105	62

[†] Varyasyon katsayısı (%) (Standart sapma/Ortalama*100)



Şekil 3. Toprak tuzluluk parametreleri (ECe, pH) ve EM-38 okumalarının sonuçlarına ait dağılımlar

Çizelge 2. Değişkenler arasındaki korelasyonlar

	ECe	pH	EM-38
ECe	1		
pH	-0,35**	1	
EM-38	0.60**	-0.28**	1

* İstatistiksel olarak $p < 0.05$ seviyesinde önemli

** İstatistiksel olarak $p < 0.01$ seviyesinde önemli

Spektral Karakterizasyon

Araziden toplanan toprak örnekleri VNIRS spektrometre tekniği kullanılarak taranmış ve Şekil 4 araştırılan toprak örneklerinin 350 nm ile 2500 nm arasındaki ham yansımaları ve birincil türevlerini göstermektedir. Toprak tuzluluk parametrelerine paralel olarak farklı tuzluluk seviyelerine sahip toprak örneklerine ait yansıma değerleri de önemli ölçüde değişkenlik göstermektedir. Toprak yansıma karakteristiklerini etkileyen temel toprak özellikleri toprak suyu, kil tipi ve muhtevası, organik madde ve Fe- Al oksitlerdir (Bowers ve Hanks, 1965). Ayrıca bazı örnekler daha farklı dalga boylarında farklı şekil ve adsorpsiyon pikleri de sağlamaktadır. Bunların çoğunluğu çalışma alanında mevcut olabilecek farklı tuz minerallerinin varlığı ve konsantrasyonu ile alakalı olabilmektedir (Crowley, 1991; Howari ve ark., 2002). Toprakların yansımalarının birincil türevlerini alma yansımaları ve pikleri daha belirgin ve ayırt edilebilir hale getirmiştir (Şekil 4b).

Ham yansıma değerlerine Temel Bileşenler analizi (PCA) uygulandıktan sonra bazı örneklerin gruplandığı görülmüştür (Şekil 5a). Bu gruplanan örneklerin detaylı incelemesi yansımalarının diğer topraklardaki yansımalara göre farklı olduğu ve farklı dalga boylarındaki bantlarda önemli adsorpsiyon pikleri göstermiş olduğu görülmektedir (Şekil 5b). Bu örnekler özellikle diğer toprak örneklerine ait yansımalarından farklı olarak 1440, 1750, 1940 ve 2200 nm civarında adsorpsiyon pikleri göstermektedir. Bu pikler

topraklardaki jips minerallerinin varlığını göstermektedir ve jips minerali içeriği yüksek toprakların varlığı hakkında bilgi vermektedir (Howari ve ark., 2002; Farifteh ve ark., 2006). Şekil 4b jips minerali muhtevası yüksek topraklara ait yansımaları göstermektedir. Jips muhtevasının varlığı ve karakterizasyonu önemlidir. Jips muhtevasının varlığı toprak tuzluluğu ve alkaliliğini önlemede önemlidir. Jips alkali toprakların ıslahının temel bir girdisidir. Yeterli oranda jips muhtevası kapsayan topraklar yüksek muhtevalarda sodyumun toprağın fiziksel özelliklerinin aşınması ve dispersiyon gibi olumsuz etkilerinden etkilenmeyebilir (Aydemir ve Sönmez, 2008). VNIRS yöntemiyle elde edilen bulgulara göre, yüksek miktarlarda jips içeren toprakların dağılımı tespit edilebilmektedir. Bu durum özellikle tuzlu-alkali ve alkali alanların iyileştirilmesinde kullanılacak bilgilere ışık tutması açısından önemlidir.

Toprak Tuzluluğunun Tahmini

Görülebilir - Yakın Kızılötesi Yansıma Spektrometre Tekniğinin Kullanılması

Toprak örneklerine ait ham yansımalar, birincil türevleri ve her 10 nm'de bir ortalaması alınmış yansıma değerleri ve toprak elektriksel iletkenlik değerleri arasındaki ilişkiler Kısmi En Küçük Kareler Regresyon Tekniği (PLSR) ile modellenmiştir. Toprak tuzluluğunun tahmin edilebilme potansiyeli hem birebir doğrulama tekniği hem de bağımsız data setleri kullanılarak test edilmiştir. Bağımsız validasyon tekniğinde örnekler farklı iki data setine ayrılmıştır; örneklerin % 70' i model kalibrasyonunda kullanılırken, geri

kalan % 30 örnek kurulan modellerin doğruluğunu ölçmek amacıyla validasyon setinde kullanılmıştır.

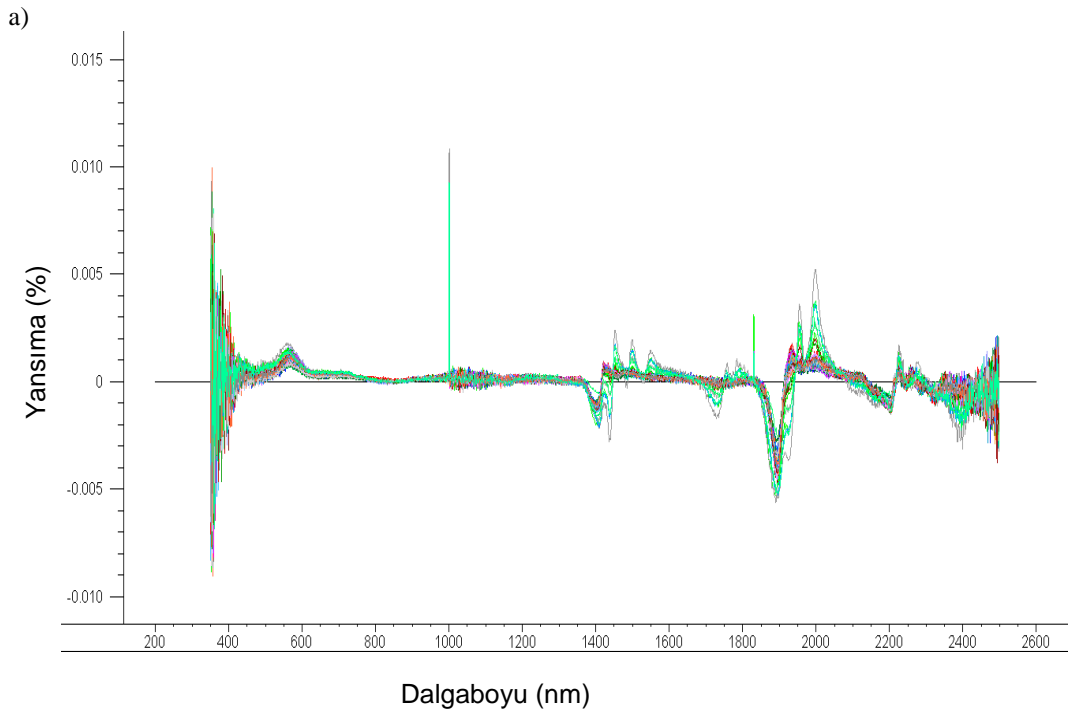
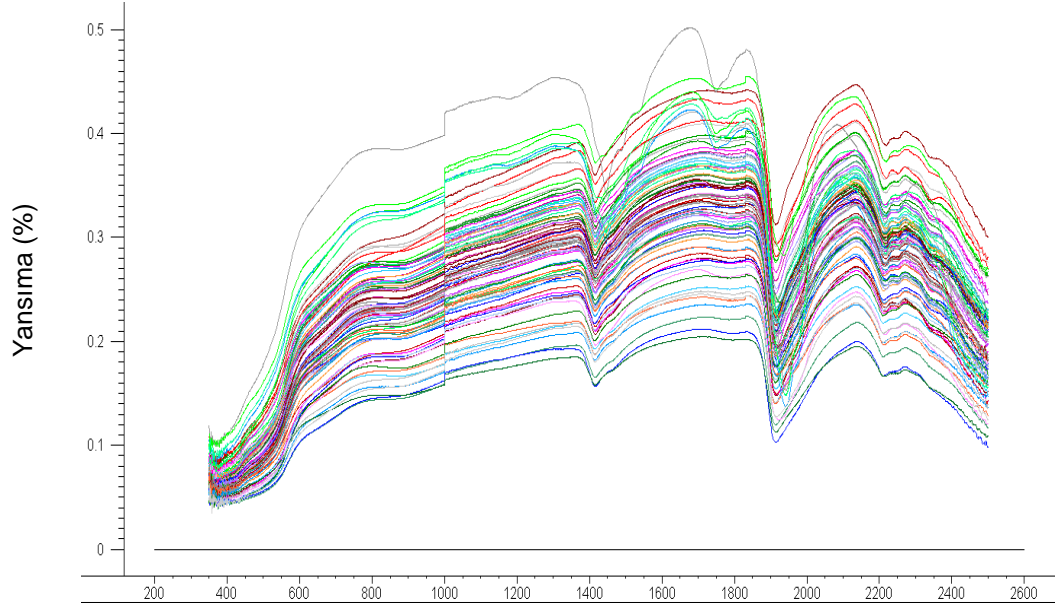
Hem birebir doğrulama hem de bağımsız doğrulamanın test edildiği PLSR modellerine ait tahmin katsayı (R^2) ve tahminlere ait hata kareler ortalamasının karakökü (RMSEP) değerleri Çizelge 3' de gösterilmiştir. Buna göre en yüksek R^2 ile en düşük RMSEP değerleri ve sonuç olarak en iyi tahminler birebir doğrulama için her 10 nm de bir ortalaması alınmış yansıma değerlerinin kullanıldığı modelden elde edilirken ($R^2=0.91$, RMSEP=5.0), yansımaların birincil türevlerinin kullanıldığı model bağımsız data setlerinin kullanıldığı doğrulama tekniğinde en iyi tahmin sonuçları sağlamıştır ($R^2= 0.81$, RMSEP=6.97).

Tahminlerin kalitesini gösteren diğer bir parametre olan RPD değerleri de Çizelge 3 de verilmiştir. Yansımaların birincil türevlerinin ve bağımsız data setlerinin validasyonda kullanıldığı modeller toprak tuzluluğu için mükemmel tahminler sağlamıştır (RPD=2.12), öteki taraftan hem ham yansımaların hem de her 10 nm'de kısaltılmış ham yansıma değerlerinin kullanıldığı modellerden elde edilen tahminler kabul edilebilir seviyede kalmıştır. Orta kategorideki tahminler farklı kalibrasyon ve yansıma analiz stratejileri kullanılarak iyileştirilebilir, fakat zayıf kategorideki yer alan tahminler ise güvenilir olmayabilir (Chang ve ark., 2001). Genel olarak başarılı sonuçlar yüksek Ece aralıklarına (0.59 ile 52 dS m⁻¹) ve spektral yansımalar ile toprak tuzluluk muhtevaları arasındaki korelasyonlara atfedilebilir.

Çizelge 3. Kısmi En Küçük Kareler Regresyon Tekniği (PLSR) ve farklı spektral yansımalar kullanarak toprak tuzluluk (ECe) değerlerinin tahmini

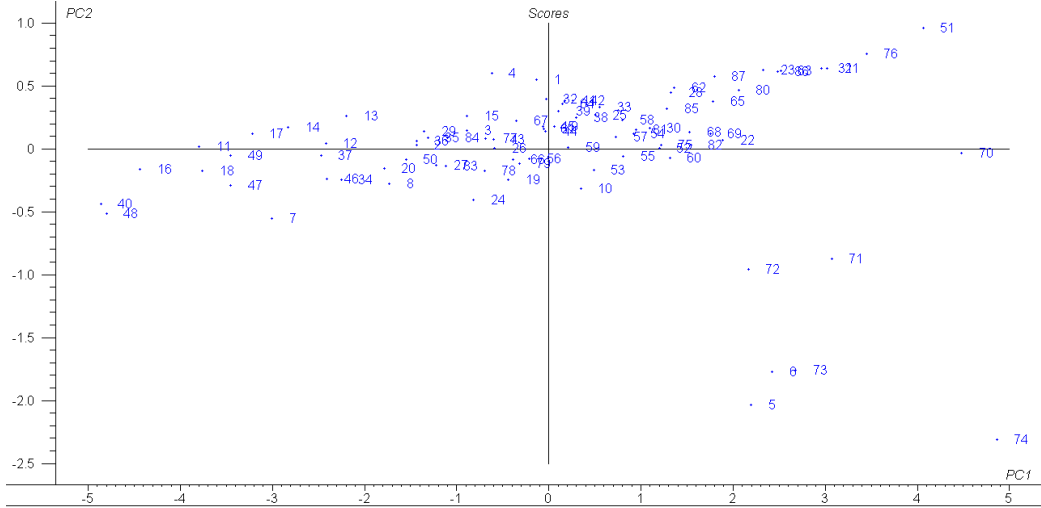
Spektral İşlem**	BİREBİR DOĞRULAMA				TAHMİN*		
	R^2 [†]	RMSEC [∞]	R^2 [‡]	RMSEP ^β	R^2 ^α	RMSEP ^μ	RPD ^ε
Ham yansıma	0.99	1.011	0.89	5.74	0.69	8.16	1.82
Birincil türev	0.92	4.95	0.80	7.48	0.81	6.97	2.12
10 nm de bir ortalaması alınmış ham yansımalar	0.98	2.45	0.91	5.00	0.60	9.46	1.57

* Bağımsız data seti kullanarak yapılan tahminler; **Toprak yansımalarının tabi tutulduğu ön işlemler; †Kalibrasyon modeli karar verme katsayısı; ∞ Kalibrasyon modeli hata kareler ortalamasının karakökü; ‡Birebir doğrulama tespit katsayısı; βBirebir doğrulama Hata Kareler ortalamasının karakökü ; α Bağımsız data seti kullanarak elde edilen karar verme katsayısı; μ Bağımsız data seti kullanarak doğrulama hata kareler ortalaması karakökü; ε Performansın sapmaya oranı değerleri (Ratio of Performance to deviation).

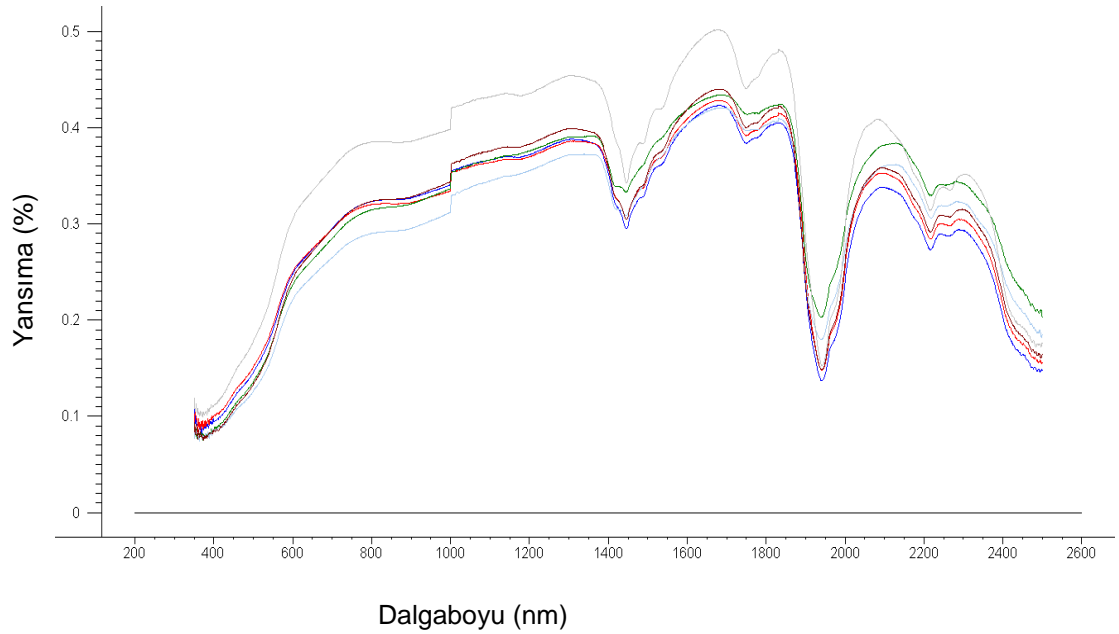


b)

Şekil 4. a) Toprak örneklerine ait ham yansımalar ve b) yansımaların birincil türevleri



a)



b)

Şekil 5. a) Temel Bileşenler analiz sonucu ve b) Jips minerali içeriğince yüksek olan topraklara ait yansımalar

Elektromanyetik İndüksiyon Tekniği (EM) ile Toprak Tuzluluk Değerlerinin Tahmini

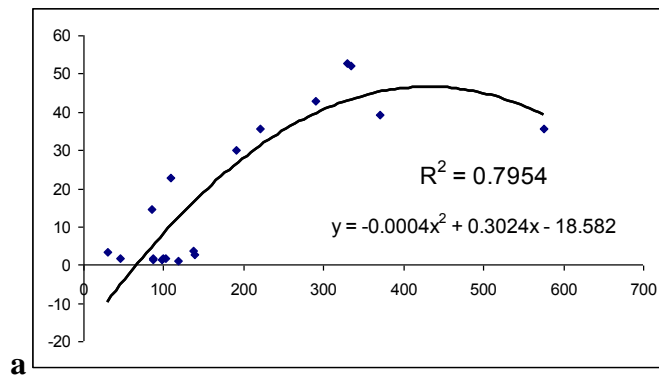
EM tekniğiyle toprak tuzluluk değerlerinin tahmini için 3 farklı günde (1.,2. ve 3. gün) arazi örnekleme EM-38 aleti kullanarak arazide toprak örnekleme ile aynı anda gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle çalışmada iki farklı model yaklaşımı test edilmiştir.

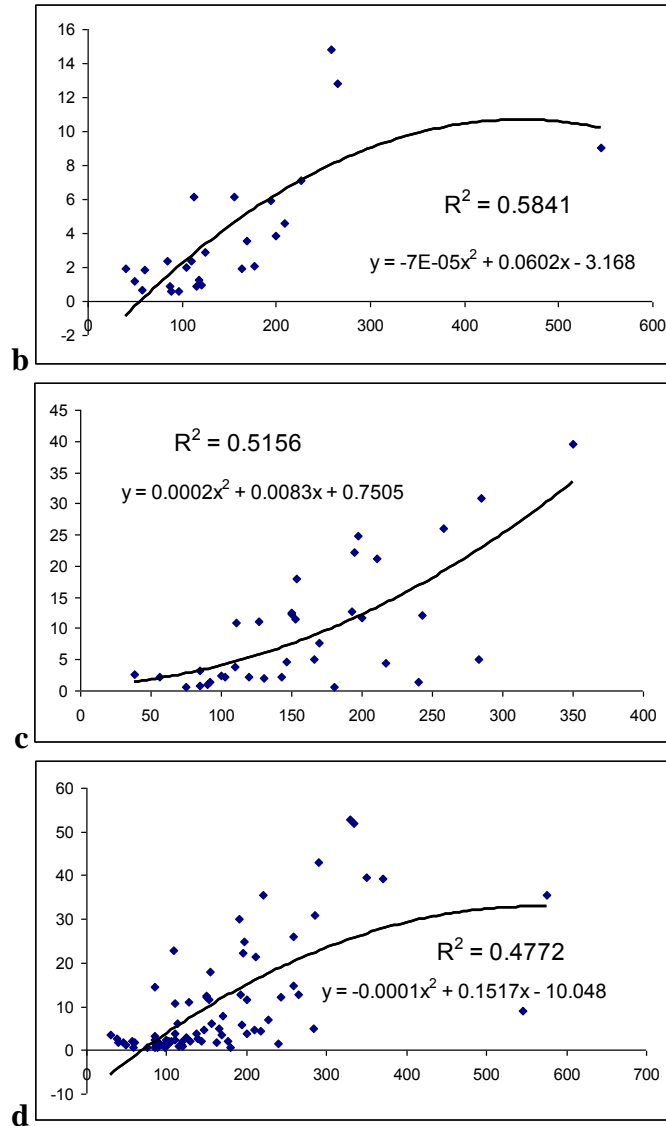
İlkinde tüm günlerden (1, 2 ve 3. gün) elde edilen ölçümlerin birlikte değerlendirildiği model yaklaşımı ve ikincisinde her bir gün için ayrı ayrı modeller oluşturulmuştur (1. gün toplanan örnekler için ayrı model, 2. gün toplanan örnekler için ayrı model ve 3. gün toplanan örnekler için ayrı bir model). EM-38 okumaları sonucu elde edilen izafi toprak iletkenlik değerleri (ECa) ile laboratuvar analizleri sonucu elde edilen

elektriksel iletkenlik (ECe) değerleri arasındaki ilişkiler ve toprak tuzluluğunun tahmini doğrusal olmayan regresyon tekniği ile modellenmiştir. Elde edilen model sonuçlar ve modellerin doğruluğunu gösteren karar verme katsayı değerleri (R^2) Şekil 6' da gösterilmektedir. R^2 değerleri 0.47 ile 0.79 arasında değişim göstermiştir. Her bir örnekleme günü için ayrı modeller oluşturma yaklaşımı daha yüksek R^2 değerleri ($R^2=0.51-0.79$) sağlayarak tüm günlerin birleştirilmesi ile elde edilen data için yapılan modelden daha yüksek doğruluk ($R^2=0.47$) göstermiştir. Daha önce Antalya-Köprüçay sulama sahasından rastgele seçilen 22 noktadaki (0-1 m derinlikte ortalama ECe değeri= 5.40 dS m⁻¹) EM-38 okumaları ile laboratuvar analizleri sonuçlarıyla elde edilen toprak elektriksel iletkenlik (ECe) değerleri arasında farklı toprak derinlikleri (1 m ve 2 m) için oluşturulan doğrusal regresyon modellerinden araştırmacılar sırasıyla R^2 değerleri 0.82 ve 0.91 elde etmişlerdir (Kaman ve ark. 2012). Bu araştırmacılar tarafından elde edilen sonuçlarının doğruluğunun mevcut çalışmadaki modellerdeki sonuçlardan daha yüksek olması, bu araştırmacıların daha homojen ve dar bir alanda ve düşük bir örnekleme sayısı ile (n=22) çalışmasına, buna rağmen mevcut çalışmalar ise daha

büyük bir çalışma alanında daha fazla toprak tiplerinin data setinde yer aldığı daha fazla toprak örneği ile (n=90) çalışılmış olmasına bağlanabilir.

Hem VNIRS hem de EM tekniğinin araştırma alanlarında toprak tuzluluğunun tahminlerinde orta seviyede başarılı bulunmuştur. VNIRS ile elde edilen tahmin sonuçlarının başarısı genel olarak uygulanan farklı spektral işlemlere bağlı olarak farklılık göstermiştir ve en iyi sonuçlar birncil türevleri alınan ve her 10 nm aralıkta ortalaması alınan spektral yansımaların kullanıldığı modellerden elde edilmiştir. EM tekniğinin başarısı örnekleme zamanına bağlı olarak farklılık göstermiştir ve en iyi tahmin sonuçları farklı örnekleme günlerinde elde edilen sonuçlarının birleştirilmesinden ziyade her örnekleme günü için ayrı modellerin kurulmasından elde edilmiştir. Her iki metotla elde edilecek sonuçların başarısının artırılması için farklı toprak karakteristiklerine sahip toprak yapıları için farklı modellerin kurulması ile elde edilebilir. Sonuç olarak bu metotların kullanılması ile Harran Ovası ve benzeri şekilde tuzluluktan etkilenmiş alanlarda toprak tuzluluğunun karakterize edilmesi ve arazide haritalanması daha hızlı ve ekonomik olabilecektir.





Şekil 6. EM – 38 okuma sonucu elde edilen ECa değerleri ve ECe değerleri arasındaki doğrusal olmayan regresyon modelleri a) 1. gün için b) 2. gün için c) 3. gün için ve d) Tüm günler için kurulan modeller

Teşekkür

Bu çalışma Harran Üniversitesi ve Japonya RIHN enstitüsü arasındaki "Designing local framework of integrated water resources management" projesi ve Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Kurulu (HÜBAK) tarafından desteklenmiştir. Ayrıca EM – 38 tekniğiyle ilgili yardımlarından dolayı Adıyaman Üniversitesi öğretim üyesi Doç. Dr. Erhan Akça'ya, makaleye olan katkılarından ve

değerli yorumlarından dolayı hakemlere teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Andrews, S. S., and Karlen, D. L. ve Cambardella, C. A. 2004. The Soil Management Assessment Framework: A quantitative soil quality evaluation method. *Soil Science Society of America Journal*, 68: 1945–1962.
- Aydemir, S. 2001. Properties of palygorskite-influenced vertisols and

- vertic-like soils in the Harran Plain of Southeastern Turkey. PhD Thesis, Texas A&M Uni., Soil and Crop Sciences Dep., College Station, TX 77843, USA.
- Aydemir, S. and Sönmez, O. 2008. Ameliorative effect of indigenous calcite on sodium-saturated clay sytems. *Soil Science*, 173: 96–107.
- Bilgili, A.V., Cullu, M.A., van Es, H., Aydemir, A. ve Aydemir, A. 2011. The Use of Hyperspectral Visible and Near Infrared Reflectance Spectroscopy for the Characterization of Salt-Affected Soils in the Harran Plain, Turkey. *Arid Land Research and Management*, 25:19-37.
- Bowers, S.A. ve Hanks, R.J., 1965. Reflection of radiant energy from soils. *Soil Science*, 100: 130–137.
- Chang, C.W., Laird, D.A., Mausbach, M.J., Maurice, J. ve Hurburgh, J.R. 2001. Near- Infrared reflectance spectroscopy – principal components regression analyses of soil properties. *Soil Science Society of America Journal*, 65: 480–490.
- Corwin, D. L. ve Lesch, S. M. 2003. Application of Soil Electrical Conductivity to Precision Agriculture: Theory, Principles, and Guidelines. *Agronomy Journal*, 95: No:3. Symposium Papers.
- Crowley, J. K. 1991. Visible and near-infrared (0.4–2.5 nm) reflectance spectra of playa evaporite minerals. *Journal of Geophysical Research*, 96:231–240.
- Çullu, M. A. 2003. Estimation of the effect of soil salinity on crop yield using remote sensing and geographic information system. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 27: 23–28.
- Çullu, M.A., Aydemir, S., Bilgili, A.V., Almaca, A. Ozturkmen, A.R., Aydemir, A., Sakin, E., Aydoğdu, M., Şahin, Y. 2010. Harran Ovası Tuzluluk Haritasının Oluşturulması ve Tuzlulaşmanın Bitkisel Verim Kayıplarına Etkisinin Tahmini. Proje sonuç raporu.
- Dinç, U., Kumova, Y., Bahtiyar, M., Çevik, B., Çullu, M.A., Bahçeci, İ., Özer, N. ve Yanar, M. 1999. Toprak Tuzlulaşması. Workshop. 7 Ekim 1998, Şanlıurfa.Tema Vakfı Yayınları No:30. İstanbul, 1999.
- Esbensen.K. H. 2010. Multivariate Data Analysis – in practice. Camo Software. 5th edition. Esbjerg, Danimarka, 598 s.
- Farifteh, J., A. Farshad, and R. J. George. 2006. Assessing salt affected soils using remote sensing, solute modeling, and geophysics. *Geoderma*, 130:191–206.
- Ghassemi, F., Jackeman, A. J. ve Nix, H. A. 1995. Salinization of land and water resources: Human causes, extent, management and case studies. CAB International, Wallingford Oxon, UK.
- Günel, H., Erşahin, S., Akbaş, F. ve Budak, M. 2007. Toprak Biliminde Kızıl Ötesi Spektrometrenin Potansiyel Kullanımı. *OMÜ Zir. Fak. Dergisi*, 22(2):219-226.
- Howari, F. M., Goodell, P. C. ve Miyamoto, S. 2002. Spectral properties of salt crusts formed on saline soils. *J. Environ. Quality*, 31:1453–1461.
- Isaaks, H.E. ve Srivastava, R.M. 1989. Applied Geostatistics. Oxford University Press, Inc., New York, 561 s.
- Kaman, H., Kurunç, A., Çetin, M., Sönmez, N.M. 2012. Elektromanyetik Teknik Kullanılarak Toprak Tuzluluğunun Belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 5 (2): 61-63.
- Muhammad, S., Muller, T., ve Joergensen, R. G. 2008. Relationships between soil biological and other soil properties in saline and alkaline arable soils from the Pakistani Punjab. *Journal of Arid Environments*, 72: 448–457.
- Richard, L. A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and malkali

- soils. Washington, D.C. United States Department of Agriculture. Hand book 60.
- Şenol, H. ve Akgül, M. 2013. Yakın Kızılötesi Yansıma Spektroskopisi (NIRS) ile Bazı Toprak Özelliklerinin Belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 18: 197-213
- Tekin, Y. ve Tümsavaş, Z. 2012. Toprak Özelliklerinin Belirlenmesinde Spektrofotometrik Yansılardan Yararlanma Olanakları. *U.Ü.Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26 (2): 37-45.
- Yegül, U. 2010. Traktörle Çekilir Elektromanyetik (EM) Elektriksel İletkenlik Sensörü ile Bazı Toprak Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 2010.