

# Sayısal renk parametrelerinden bazı fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin belirlenmesi

## *Determination of some physical and chemical characteristics of soil properties from digital color parameters*

Mesut BUDAK<sup>1\*</sup> , Hikmet GÜNAL<sup>2</sup> , Mustafa SÜER<sup>2</sup> , Fevzi AKBAŞ<sup>3</sup> 

<sup>1</sup>Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Siirt

<sup>2</sup>Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Tokat

<sup>3</sup>Konya Toprak Su ve Çölleşme İle Mücadele Araştırma İstasyonu Müdürlüğü, Meram, Konya

### **To cite this article:**

Budak, M., Günal, H., Süer, M., Akbaş, F., 2018. Sayısal renk parametrelerinden bazı fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin belirlenmesi. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 22(3): 376-389. DOI: 10.29050/harranziraat.381816

### **Address for Correspondence:**

Mesut BUDAK

### **e-mail:**

m\_budak1981@hotmail.com

### **Received Date:**

20.01.2018

### **Accepted Date:**

17.04.2018

© Copyright 2018 by Harran University Faculty of Agriculture. Available on-line at [www.dergipark.gov.tr/harranziraat](http://www.dergipark.gov.tr/harranziraat)



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

### **Öz**

Tarım topraklarının fonksiyonlarının sürdürülebilirliği doğru tanımlanmaları, uygun idare edilmeleri ve toprak kalitesinde zaman içerisinde meydana gelen değişimin izlenmesi ile mümkün olabilir. Toprak özelliklerinin klasik yöntemlerle belirlenmeleri oldukça uzun zaman, maliyet ve iş gücü gerektirdiğinden, üreticiler çoğu zaman toprak analizi yaptırmaktan kaçınmaktadır. Bu çalışma, kolaylıkla belirlenebilen sayısal renk parametreleri ile geniş bir tarımsal araziden alınan toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki ilişkileri belirlemek ve sayısal renk parametrelerinin toprak özelliklerinin belirlenmesinde kullanılabilirliğini araştırmak için yürütülmüştür. Bu amaçla, yoğun tarımsal üretimin yapıldığı Kazova'da 63 noktadan 0-30 cm derinlikte toprak örnekleri alınmıştır. Toprak örneklerinin renk parametreleri (L, a ve b), kil, kum ve silt içeriği, toprak reaksiyonu (pH), elektriksel iletkenlik (EC), kireç içeriği, organik madde (OM), tarla kapasitesi (TK), solma noktası (SN), agregat stabilitesi (AS), değişebilir katyonlar (Na, K ve Ca), katyon değişim kapasitesi (KDK) ve demir (Fe) konsantrasyonları belirlenmiştir. Toprağın parlaklık (L) ve kırmızılık (a) değerleri ile kil, kireç, AS, SN, TK, KDK, Ca, Na, ve K arasında önemli düzeyde negatif (P<0.01) bir korelasyon tespit edilmiştir. Regresyon analizi sonucunda "L" parametresinin AS, kireç içeriği, KDK, EC ve değişebilir Na'un belirlenmesinde kullanılabileceğini, "a" parametresinin ise toprakların AS'si (R<sup>2</sup>=0.65), kireç içeriği (R<sup>2</sup>=0.64), değişebilir Ca (R<sup>2</sup>=0.58) ve değişebilir K (R<sup>2</sup>=0.51) kapsamlarının belirlenmesinde kullanılabileceği tespit edilmiştir. İstatistiksel analizler sayısal renk parametrelerinden L ve a'nın Kazova topraklarının bazı toprak özelliklerinin belirlenmelerinde güvenilir bir şekilde kullanılabileceklerini ortaya koymuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Toprak rengi, Parlaklık, Kırmızılık, Kireç, Fiziksel ve kimyasal özellik

### **ABSTRACT**

Sustainability in functioning ability of agricultural soils can be obtained by accurate definition, appropriate management and temporal monitoring of changes in soil quality. Soil characterization using traditional methods requires long time, high cost

and extensive labor, therefore farmers usually avoid to use soil analysis. This study was carried out to determine the relationships between readily obtained digital color parameters and some of physical and chemical soil properties of a large agricultural field and investigate the potential of digital color parameters in determination of soil properties. For this purpose, 63 soil samples from 0-30 cm depth was collected from Kazova plain that is being extensively used for agricultural production. Soil samples were characterized for color parameters (L, a and b), clay, sand and silt contents, soil reaction (pH), electrical conductivity (EC), lime content, organic matter content (OM), water content at field capacity (FC) and permanent wilting point (WP), available water content (AWC), aggregate stability (AS), exchangeable cations (Na, K and Ca), cation exchange capacity (CEC) and iron (Fe) concentration. Soil lightness (L) and redness (a) parameters had significant correlations ( $P < 0.01$ ) with clay, lime, AS, FC, WP, CEC, exchangeable Ca, Na and K concentrations. The regression analyses revealed that AS, lime content, EC and exchangeable Na concentration can adequately be determined using "L" color parameter. Similarly, AS ( $R^2=0.65$ ), lime content ( $R^2=0.64$ ), exchangeable Ca ( $R^2=0.58$ ) and K ( $R^2=0.51$ ) can be accurately determined by redness "a" parameter. The results proved that digital color parameters can reliably be used in determination of some important soil characteristics of Kazova soils. Assessment of soil characteristics with a rapid, fast and less expensive method enables to take reliable and timely decision to sustain productivity of agricultural soils.

**Key Words:** Soil color, Prediction, Lightness, Redness, Calcium carbonate

## Giriş

Sürdürülebilir toprak yönetiminde ihtiyaç anında toprak özelliklerinin kısa zamanda, hızlı, güvenilir ve ucuz bir şekilde analiz edilmesi oldukça önemlidir. Bu nedenle toprak bilimcileri, son yıllarda toprak özelliklerinin hızlı ve güvenilir bir şekilde belirlenmesine yönelik yeni yöntemlerin geliştirilmesi konusunda çalışmalarını yoğunlaştırmışlardır. Toprağın önemli morfolojik özelliklerinden biri olan toprak renginin sayısallaştırılarak bileşenleri ile toprak özellikleri arasındaki ilişkilerin tespiti ve bu ilişkilerin kullanılması ile özelliklerin belirlenmesi üzerine çalışmalar yapılmış ve yapılmaya devam etmektedir. Toprak rengi, kolaylıkla ve çok düşük maliyetle belirlenebildiğinden bugüne kadar birçok araştırmacı tarafından toprakların fiziksel, kimyasal, mineralojik ve biyolojik özelliklerinin belirlenmesinde ve toprakların sınıflandırılmasında kullanımları konusunda araştırmalar yapılmıştır (Günel ve ark., 2008; Aitkenhead ve ark., 2013; Moritsuka ve ark., 2014; Baumann ve ark., 2016; Pretorius ve ark., 2017).

Toprağın organik ve inorganik bileşenlerinin kendine özgü yansıma karakteristikleri farklı toprak renklerinin oluşmasına neden olmaktadır. Renk, toprağın mineral bileşimi (Torrent ve ark., 1980; Shen ve ark., 2006), organik madde içeriği (Schulze ve ark., 1993; Fang ve ark., 1999) ve aynı zamanda toprak nem rejimi ile ilişkili kimyasal işlemler (Ji ve ark., 2007) hakkında bilgi verebilmektedir. Humik maddeler toprağa koyu renk verirken (Kirillova ve ark., 2015; Baumann ve ark., 2016), demir bileşiklerinden hematit ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) kırmızı ve goetit ( $\alpha\text{-FeOOH}$ ) sarı, kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ) ve diğer karbonatlar beyaz (Kirillova ve ark., 2015; Vodyanitskii ve Savichev, 2017), mangan siyah (Schwertmann, 1993), nikel yeşil, mavi ve mor, bakır mavi ve yeşil, çinko soluk mavisi, kurşun ise sarı renk (Aitkenhead ve ark., 2013) oluşumuna neden olmaktadır. Moritsuka ve ark. (2014), toprak renginin ağırlıklı olarak organik madde, demir mineralojisi ve nem içeriğinden kaynaklandığını rapor etmiştir. Bu bileşenlerin yanı sıra mineral parçacıkların boyutları, oransal durumu, agregatlaşma düzeyi ve agregatların boyutları ile nem düzeyi de

toprak rengine etki etmektedirler. Genellikle mineral parçacık büyüklüğü arttıkça, yani toprak tekstürü daha kumlu bir yapı aldığında toprak renginin parlaklığının arttığı rapor edilmiştir (Sanchez-Maranon ve ark., 2004).

Toprağın mineral ve organik bileşimi ile yakın ilişkisi olduğundan renk, tek başına toprağın birçok fiziksel ve kimyasal özelliği hakkında yorum yapabilmemizi sağlamaktadır.

Toprak renginin nicel olarak ifade edilmesi 1905 yılında Munsell (1905)'in toprak rengini hue, value ve kroma bileşenleri ile tanımlamasıyla başlamıştır. Günümüzde, toprak bilimcileri tarafından toprak renginin belirlenmesinde kullanılan en yaygın yöntem Munsell renk kartları ile yapılan karşılaştırmadır (Thompson ve ark., 2013). Bu yöntemde renk, hue (renk tonu), value (rengin parlaklığı) ve kroma (rengin yoğunluğu) olmak üzere 3 ayrı parametre ile karakterize edilmektedir. Bu yöntemde toprak rengi Munsell renk skalasında yer alan renk kartları ile eşleştirilerek belirlenmektedir (Viscarra Rossel ve ark., 2006). Oldukça kolay uygulanabilir bir yöntem olmakla beraber belirli sayıdaki renk ile sınırlı olması, çevresel koşullar, renk algısının bilgi ve deneyim nedeni ile kişiden kişiye önemli değişiklikler göstermesi sonuçların güvenilirliğini tehdit etmektedir (Günel ve Erşahin 2006; Moritsuka ve ark., 2014; Fan ve ark., 2017). Bu nedenle, Munsell renk kartları kullanımı ile rengin belirlenmesi sübjektiftir ve farklı kullanıcılar arasında uyum göstermeyebilir (Stigliz ve ark., 2016). Çok sayıda araştırmacı ile yapılan bir çalışmada, aynı toprak örneğinin farklı araştırmacılar tarafından farklı bir renk olarak ifade edilme oranının oldukça yüksek olduğu rapor edilmiştir (Post ve ark., 1993). Moritsuka ve ark. (2014) ise birkaç pisiko-fiziksel ve fiziksel faktör

nedeniyle, Munsell Renk Skalası yöntemi ile elde edilen sonuçlarda önemli hatalar olabileceğini rapor etmişlerdir.

Renk belirlenmesindeki sorunlar rengin daha hassas bir şekilde belirlendiği kolorimetrik yöntemler kullanılması ile ortadan kaldırılabılır (Torrent ve Baron, 1993; Günel ve ark., 2008; Moritsuka ve ark., 2014). İlk defa 1976 yılında Comission Internationale d'Eclairage (CIE) tarafından geliştirilen kolorimetrik (CIELab yöntemi) yöntem, son yıllarda toprak bilimcileri tarafından da kullanılmaya başlanmıştır. RGB veya CIELab sistemlerindeki kırmızı (Red), yeşil (Green) ve mavi (Blue) (RGB) renklerine ait değerlerin kullanımı ile birçok toprak özelliğinin doğru bir şekilde belirlenebileceğini göstermiştir (Aitkenhead ve ark., 2013). CIELab yönteminde renk 3 farklı skalada (L, a, b) sayısal değerler ile karakterize edilmektedir. Bu sklada "L" değeri rengin parlaklığı (beyaz=100) veya koyuluğunu (siyah=0) tanımlamaktadır. "L" değerinin yüksek olması rengin daha parlak olduğunu ve düşük olması ise koyu olduğunu ifade etmektedir. "a" değerleri kırmızı ve yeşil tonlarının tanımlanmasında kullanılmaktadır. "a" değerinin eksi değerleri yeşil rengi ve artı değerleri ise kırmızı rengi temsil etmektedir. "b" değeri ise sarı ve mavi renkleri tanımlamaktadır. Negatif olduğunda mavi, pozitif olduğunda ise sarı rengi ifade etmektedir (Barrett, 2002; Fan ve ark., 2017).

Henüz standart bir uygulama halini almamış olmasına rağmen, bu yöntemin toprak özelliklerinin belirlenmesinde güvenilir bir şekilde kullanılabileceğine dair yayınlanmış çok sayıda araştırma raporu bulunmaktadır (Viscarra Rossel ve ark., 2006; Aitkenhead ve ark., 2013; Kirillova ve ark., 2015; Vodyanitskii ve Savichev, 2017). Dünyanın değişik yerlerinde farklı koşullar

altında oluşan topraklarda yapılacak yeni çalışmalarda da yöntemin test edilmesi güvenilirliğinin tesisi için gereklidir.

Günümüzde toprak renginin toprağın kalitesinin belirlenmesi ve izlenmesinde kullanımı ile ilgili araştırmalar yoğunlaşmaktadır. Bu amaçla, rengin daha hızlı ve güvenilir bir şekilde belirlenmesine olanak sağlayacak yeni yöntemlerin geliştirilmesi ile ilgili çalışmalar önem kazanmıştır. Hızlı gelişen ve yaygınlaşan bilgi teknolojileri yardımı ile rengin belirlenmesi ve modelleme çalışmalarında kullanılması için, son yıllarda cep telefonu kameraları ile toprak renginin belirlenmesine yönelik çalışmalar yayınlamaya başlanmıştır. Bu çalışmalardan birinde Fan ve ark. (2017), güneş altında ve güneşsiz bir ortamda çeşitli telefonlara ait kameralarla ve Munsell renk kartları ile belirledikleri renkleri karşılaştırmışlardır. Sonuçlar, güneşli ve güneşsiz ortamda telefon kameraları ile belirlenen toprak renklerinin en az Munsell renk kartları ile belirlenen renkler kadar iyi olduğunu göstermiştir. Bu alandaki gelişmeler, deneyimli olmayan kişilerin dahi bir cep telefonu yardımı ile toprak rengini belirleyebilmesinin mümkün olduğunu göstermektedir. Bu kapsamda yürütülen çalışmanın amaçları; kolorimetre ile kolaylıkla belirlenebilen sayısal renk parametrelerinin geniş bir araziden alınan bozulmuş ve 2 mm'lik elekten geçirilmiş toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile olan ilişkilerini belirlemek ve sayısal renk parametrelerinin toprak özelliklerinin belirlenmesinde kullanılabilirliğini araştırmaktır.

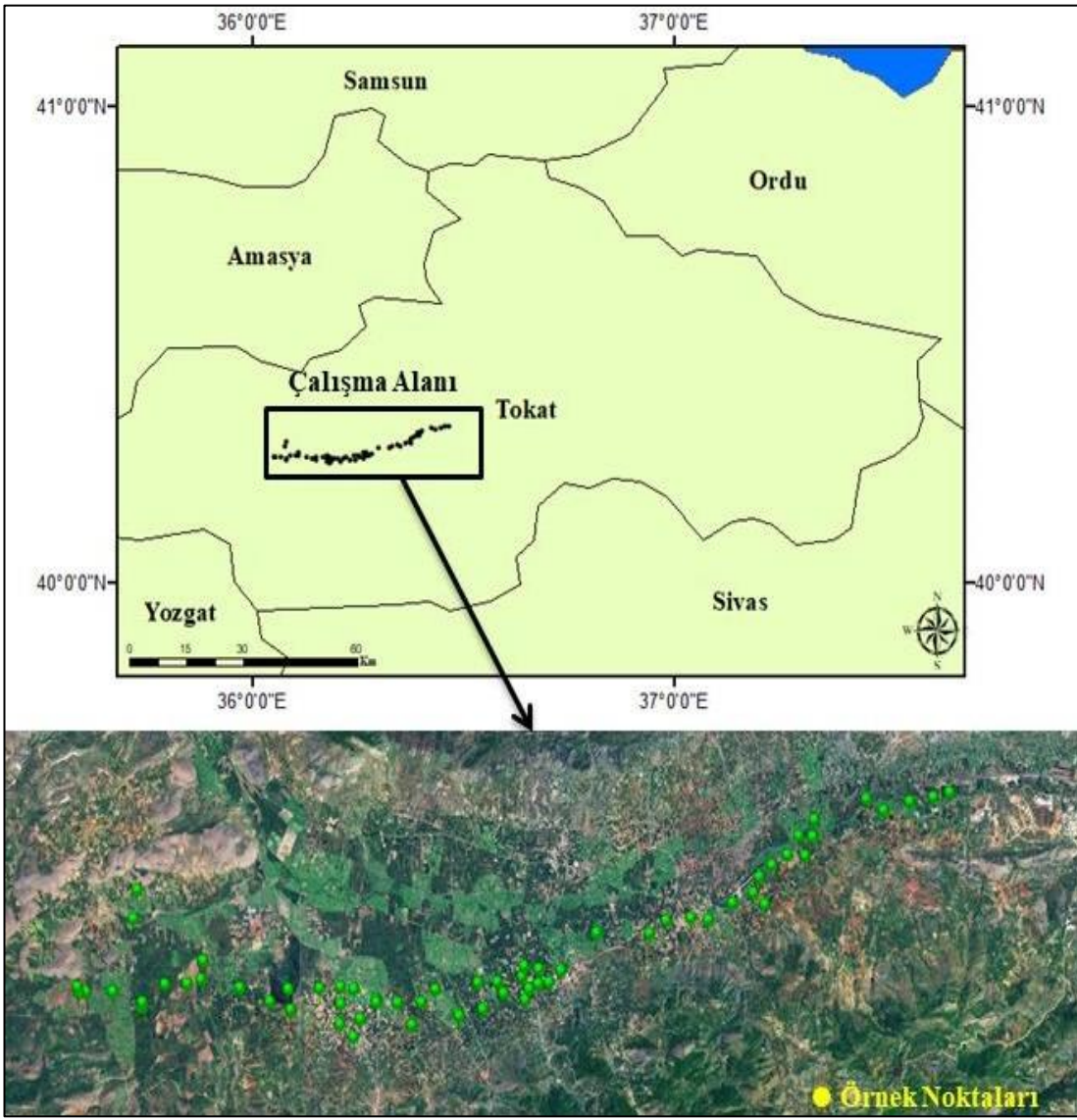
## **Materyal ve Metot**

### *Çalışma Alanı*

Araştırma alanı, Tokat il merkezi ile Turhal

ilçesi arasında yer alan Kazova'nın sol sahil sulama kanalı altında yer alan % 2-6 arasında eğime sahip, farklı ana materyal ve amenajman uygulamalarının bulunduğu yaklaşık 12.376 ha'lık tarım arazilerinden oluşmaktadır (Şekil 1). Çalışma alanın güneyinde çoğunluğu kireç taşı ana materyalinden oluşan koluviyal ve kuzey kısmında ise Yeşilirmak nehrinin taşıdığı sedimentlerin depolandığı aluviyal materyaller yer almaktadır. Çalışma alanında buğday, mısır, şeker pancarı ve ayçiçeği gibi tarla bitkileri, sırık domates, biber ve patlıcan gibi sebze ve elma, şeftali ve kiraz gibi meyve yetiştiriciliği yapılmaktadır. Orta Karadeniz bölümünün iç kısımlarında yer alan çalışma alanı, Karadeniz iklim özellikleriyle İç Anadolu'daki karasal iklimin etkisi altındadır. Uzun yıllar (1929-2016) verilerine göre, Tokat ilinin yıllık ortalama sıcaklığı 12.6°C, yıllık toplam yağış ortalaması ise 431.7 mm'dir (MGM, 2017). Çalışma alanının toprak sıcaklık rejimi mesic ve nem rejimi de ustic olarak sınıflandırılmaktadır (Soil Survey Staff, 1999).

Çalışma alanı toprakları, Paleozoik kireç taşının ve bunların üzerinde gelişmiş toprakların eğim ve suyun etkisi ile taşınması ve depolanması sonucunda oluşmuşlardır (Günel, 2006). Ovanın Doğu-Batı istikametinde uzanan çalışma alanında bulunan yükseklikler çoğunlukla serpantinik şist üzerinde kireç taşı şeklinde stratigrafik dizilime sahiptirler. Üstte yer alan kireç taşı ve önceden üzerinde oluşmuş toprakların oluşturduğu koluviyal arazilerde, kırmızı Akdeniz topraklarına benzer şekilde oldukça kırmızı (çoğu zaman 5 YR veya 7.5 YR) topraklar yer almaktadır (Budak, 2008). Çalışma alanında Entisol, Molisol ve Inceptisol ordolarına ait topraklar yer almaktadır (Günel, 2006).



Şekil 1 Çalışma alanının konumu ve toprak örnekleme noktalarının dağılımı  
Figure 1 Location of study area and distribution of soil sampling points

### Toprak örnekleme

Farklı ana materyal, eğim ve amenajman uygulamalarının bulunduğu çalışma alanında rastgele örnekleme yöntemi ile 63 noktadan 0-30 cm derinlikten bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmış ve küresel konum belirleme sistemi (GPS) ile noktaların koordinatları kayıt edilmiştir.

### Toprak analizleri

Toprak örnekleri oda sıcaklığında kurutulduktan sonra 2 mm'lik elekten geçirilmiş ve laboratuvar analizlerine hazır hale getirilmiştir. Tekstür, Bouyoucos Hidrometresi metoduna göre (Gee ve Bauder, 1986), agregat stabilitesi (AS) ise ıslak eleme yöntemine göre belirlenmiştir (Kemper ve Rosenau, 1986). Toprak reaksiyonu (pH) ve elektriksel iletkenlik (EC), 1:2 (toprak:su)

oranında karşında digital pH ve EC metre ile belirlenmiştir (Rhoades, 1982). Katyon değişim kapasitesi (KDK) sodyum asetat yöntemine göre (Chapman, 1965), değişebilir Ca, K ve Na ise 1 N amonyum asetat ile ekstrakte edilip fleym fotometrede belirlenmiştir (Jackson, 1962). Organik madde, Walkey-Black metoduna göre yapılmıştır (Nelson ve Sommers, 1982). Kalsiyum karbonat (%) Scheibler kalsimetresinde karbondioksit çıkış hacmine göre belirlenmiştir (Allison ve Moodie, 1965). Demir (Fe) konsantrasyonu DTPA ile ekstrakte edilerek ICP-OES cihazında belirlenmiştir (Lindsay ve ark., 1978). Tarla kapasitesi (TK) bozulmamış örneklerde ve solma noktası (SN) ise 2 mm'den elenmiş örneklerde basınçlı tabla aleti kullanılarak belirlenmiştir (Klute, 1986).

### Renk Ölçümleri

Fiziksel ve kimyasal analizler için hazırlanmış olan toprak örneklerinin (<2 mm) renkleri CR-300 model bir kromometre (Minolta, Osaka, Japonya) kullanılarak ölçülmüştür (Comission Internationale d'Eclairage, 1978). Toprak analizleri için 2 mm'lik elekten geçirilmiş olan örnekler petri kaplarına konulmuş ve kabın yüzeyini iyice kaplaması sağlanmıştır. Okumalar esnasında toprak yüzeyinin düz olmasına dikkat edilmiştir. Örnekleme esnasında alet düz olan toprak yüzeyine tam temas ettirilmiştir. Her örneğin renk parametrelerinin doğru belirlenmesi için 10 ayrı okuma yapılmış ve verilerin ortalaması alınarak L, a ve b değerleri belirlenmiştir. Cihaz, standart beyaz kalibrasyon kağıt kullanılarak kalibre edilmiştir.

### İstatistiksel analizler

Renk parametreleri ve toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistiksel analizler ve renk parametreleri ile toprak özelliklerinin birbirleri ile olan ilişkilerini gösteren korelasyon testleri SPSS 22.0 paket programı ile hesaplanmıştır. İstatistiksel değerlendirmelere başlamadan önce, renk parametreleri ve laboratuvarında belirlenen toprak özelliklerinin normaliteleri Kolmogoroff Smirnov testi ile kontrol edilmiş, normal dağılım göstermeyen verilere log transformasyon

uygulanarak normal dağılım göstermeleri sağlanmıştır. Daha sonra bu verilerle renk parametreleri arasında regresyon analizleri yapılmıştır. Regresyon analizi yapılırken toprak özelliklerinin en yüksek doğrulukla belirlenebilmesi için veri setinden uç değerler (her bir değişken için en düşük ve en yüksek değerlerden en fazla 5 örnek göz ardı edilmiştir) veri setinden çıkarılmıştır.

### Bulgular ve Tartışma

#### Toprak Özellikleri

Sayısal renk parametrelerinin toprak özelliklerinin belirlenmesinde kullanımının araştırılması amacı ile örneklenen toprakların bir kısım fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri Çizelge 1'de verilmiştir. Çalışma alanı topraklarının kil içeriği % 20.0 ile % 71.3 arasında ve kum içeriği ise % 6.3 ile % 60.0 arasında değişmektedir (Çizelge 1). Organik madde % 1.16 ile % 2.72 arasında değişmekte olup genel olarak toprakların organik madde içerikleri düşüktür (ortalama % 1.86). Toprakta beyaz renk oluşumundan birinci derecede sorumlu olan kireç içeriği ise % 2.91 ile % 28.05 arasında değişmekte olup ortalama kireç içeriği % 10.46'dır (Çizelge 1).

Çizelge 1 Toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik verileri

Table 1 Descriptive statistics of soil properties

	Birim	En küçük	En büyük	Ortalama	Std. Sapma	*VK	Çarpıklık	
	Unit	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	*CV	Skewness	
Kum	Sand	6.3	60.0	30.6	12.28	40.1	0.27	
Kil	Clay	20.0	71.3	40.8	11.52	28.2	0.32	
Silt	Silt	15.8	42.5	28.6	5.61	19.6	0.12	
SN	WP	%	7.16	33.86	16.42	5.45	0.68	
TK	FC	15.46	51.43	26.63	6.69	25.1	1.08	
AS	AS	34.1	97.4	69.7	17.86	25.7	-0.19	
OM	OM	1.16	2.72	1.87	0.44	23.0	0.28	
pH	pH	7.54	8.70	8.08	0.20	2.5	0.12	
EC	EC	dS m <sup>-1</sup>	0.13	1.47	0.35	0.22	63.6	2.58
Kireç	CaCO <sub>3</sub>	%	2.91	28.05	10.46	5.67	54.2	1.13
Na	Na	0.04	0.97	0.14	0.14	100.4	4.15	
K	K	meq	0.07	0.59	0.24	0.12	49.9	0.79
Ca	Ca	100 gr <sup>-1</sup>	21.87	50.99	38.97	6.80	17.5	-0.56
KDK	CEC	8.84	42.24	20.49	8.20	40.0	0.60	
Fe	Fe	0.70	23.54	9.31	5.48	58.9	1.00	
L	L	35.40	54.56	46.97	4.18	8.9	-0.68	
a	a	1.44	13.17	5.02	2.76	55.0	0.78	
b	b	11.93	25.05	17.71	2.65	14.9	0.30	

\*VK Varyasyon katsayısı/ CV: Coefficient of variation

Toprak özelliklerinin çalışma alanı içerisindeki değişkenliklerinin tanımlanmasında standart sapmanın ortalamaya oranının yüzde olarak ifade edilmesi ile hesaplanan varyasyon katsayısı (VK) kullanılmıştır. Varyasyon katsayısı Camberdella ve ark. (1994) tarafından az değişken ( $\leq 15$ ), orta derecede değişken ( $\geq 15 - \leq 35$ ) ve yüksek derecede değişken ( $\geq 35$ ) olmak üzere 3 ayrı sınıfa ayrılmıştır. Çalışma alanında büyükten küçüğe sıralandığında Na, EC, Fe, kireç, K, kum içeriği ve KDK yüksek derecede değişken, SN, kil, AS, TK, OM, Silt ve Ca orta derecede değişken, pH ise düşük derecede değişken olan toprak özellikleridir (Çizelge 1). Renk parametrelerinden "L" ve "b" değerlerinin az değişken "a" değerinin ise oldukça yüksek değişkenliğe sahip oldukları görülmektedir. Çalışma alanı içerisinde Na %100.1 ile en yüksek değişkenliğe sahip iken toprak pH'sı sadece %2.5 ile en düşük değişkenlik gösteren toprak özelliği olmuştur.

Çalışma alanında pH değerleri 7.54 - 8.70 arasında değişim göstermektedir. Tarımsal üretim açısından oldukça önemli bir değişim aralığına sahip olmasına rağmen pH'nın düşük değişkenlik kat sayısına sahip olmasının nedeni pH'nın 0 ile 14 gibi dar bir aralıkta değişim göstermesinden kaynaklanmaktadır. Usowicz ve Lipiec (2017), pH'nın diğer toprak özelliklerine kıyasla daha az değişkenlik gösterdiğini bildirmişlerdir. Ana materyal ve tarımsal üretimde uygulanan yöntemlerin farklılığı incelen çoğu toprak özelliğinin önemli düzeyde değişkenlik göstermesine neden olmuştur.

Toprak renginin parlaklığı veya koyuluğunu tanımlayan "L" parametresi, çalışma alanı toprakları için 35.40 ile 54.56 arasında değişim göstermekte olup ortalama 46.97'dir. Vodyanitskii ve Svaichev (2017), "L" değerini ortalama 45.6 olarak belirlemiş ve topraktaki parlaklığın nedeninin kireç içeriğinden kaynaklandığını rapor etmişlerdir. Çalışma alanı topraklarının kireç içeriği yüksek ana materyaller üzerinde gelişmiş olmaları parlaklık değerine etki etmiştir. Toprakta sarı rengin yoğunluğunu tanımlayan "b" parametresi ise 11.93 ile 25.05 arasında değişim göstermiştir. Kırmızılığın

tanımlanmasında kullanılan "a" parametresi ise 1.44 ile 13.7 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 1). Çalışma alanında "a" değerinin yüksek bir varyasyon katsayısına sahip olması alanda demir, kum ve kireç içeriğinin gösterdiği yüksek değişkenlikle ilişkili olabilir.

#### *Korelasyon Analizleri ve Toprak Özelliklerinin Belirlenmesi*

Araştırma alanından alınan toprakların renk parametreleri ile bazı fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri arasındaki ilişkilerin seviyesini gösteren korelasyon verileri Çizelge 2 ve 3'te verilmiştir. Çalışılan toprakların "L" değerleri ile kum içeriği ( $r = 0.472$ ) ve silt içeriği ( $r = 0.625$ ), arasında önemli düzeyde ( $P < 0.01$ ) pozitif bir ilişki söz konusu iken, kil içeriği ( $r = -0.592$ ), agregat stabilitesi ( $r = -0.805$ ), tarla kapasitesi ( $r = -0.616$ ) ve solma noktası ( $r = -0.572$ ) arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde ( $P < 0.01$ ) negatif bir ilişki tespit edilmiştir. Ayrıca toprağın kırmızılığını ifade eden "a" parametresi ile aynı fiziksel özellikler arasında önemli düzeyde ( $P < 0.01$ ) pozitif bir ilişki söz konusu iken kum içeriği ile önemli düzeyde ( $P < 0.01$ ,  $r = -0.713$ ) negatif bir ilişki belirlenmiştir (Çizelge 2). Günel ve Erşahin (2006), toprak agregatları küçüldükçe parlaklık (L) değerinin artış gösterdiğini belirlemiş ve bu nedenle agregat stabilitesi yüksek topraklarda daha düşük yansıma olacağından parlaklık değerlerinin azalacağını bildirmişlerdir. Spesifik yüzey alanları ve negatif yüklerinin yüksekliğinden dolayı killi toprakların su tutma kapasiteleri kumlu topraklara kıyasla daha yüksektir. Yüksek nem içeriğine sahip olmaları ise yansımanın azalmasına neden olmaktadır (Mouazen ve ark., 2005; Budak ve Günel, 2016). Zanetti ve ark. (2015)'da toprak neminin artmasıyla yansıma değerlerinin azaldığını rapor etmiştir. Bu çalışmada elde edilen "L" değerleri ile kil içeriği, AS, TK ve SN arasındaki negatif ilişki de önceki araştırmalarda elde edilen bulguları destekler niteliktedir. Parlaklık değerinin tarla kapasitesi ile negatif ilişkisi, toprakların agregatlaşması ile ilişkilidir. Zira tarla kapasitesi agregatların içerisinde bulunan küçük ve orta gözeneklerde tutulan nem miktarının bir

göstergesidir ve bu nedenle bozulmamış toprak örneklerinin kullanımı ile belirlenmektedir. Agregatlaşmanın artması, tarla kapasitesinde tutulan nem miktarının artışına ve bu da topraktan yansıyan ışığın azalmasına yani parlaklık değerinin düşük olmasına yol açmıştır. Solma noktası ise, daha yüksek bir basınç altında tutulan nemin göstergesidir ve tarla kapasitesinin aksine bozulmuş toprak örneklerinde belirlenir. Çünkü solma noktasında tutulan nem miktarı, toprak parçacıklarının etrafında sıkı bir şekilde tutulan nemi ifade etmektedir. Yani solma noktası

agregatlaşmadan çok toprak tekstürünün bir ürünüdür denilebilir. Bu durumda kil içeriği yüksek olan toprakların solma noktası altındaki basınçta daha yüksek nem tuttukları söylenebilir. Çalışma alanı topraklarının ortalama kil içeriklerinin %40.8 olduğu ve hatta yer yer %70'lere varan kil içeriğine sahip oldukları göz önüne alındığında solma noktası ile "L" değeri arasındaki ilişkiyi anlamak daha kolay olacaktır. Kil miktarının artması solma noktası nem içeriğinin artışına bu da parlaklığın azalmasına neden olmuş ve önemli düzeyde negatif bir ilişki elde edilmiştir.

Çizelge 2 Renk parametreleri ile toprağın bazı fiziksel özellikleri arasındaki korelasyon verileri

Table 2 Correlation data between color parameters and some soil physical properties

	Kum	Kil	Silt	SN	TK	AS
	Sand	Clay	Silt	WP	FC	AS
L	0.472**	-0.592**	0.625**	-0.572**	-0.616**	-0.805**
a	-0.713**	0.615**	-0.009	0.656**	0.697**	0.804**
b	-0.163	-0.139	0.776**	-0.084	-0.061	-0.031

\*\* P<0.01 seviyesinde önemli \*P<0.05 seviyesinde önemli

Kimyasal toprak özelliklerinden kireç içeriği ( $r = -0.770$ ), EC ( $r = -0.713$ ) değişebilir Na ( $r = -0.795$ ), K ( $r = -0.672$ ), Ca ( $r = -0.587$ ) ve KDK ( $r = -0.787$ ) ile "L" arasında önemli negatif ( $P < 0.01$ ) bir ilişki söz konusu iken, "a" değeri ile önemli düzeyde pozitif ( $P < 0.01$ ) bir korelasyon olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3). Genel olarak kireç içeriği (Günel ve ark., 2008) ve EC değeri yüksek olan toprakların parlaklıklarının daha yüksek (Barret, 2002; Budak ve Günel, 2016) olması ve bu nedenle de "L" değeri ile pozitif bir ilişki göstermeleri beklenirdi. Ancak bu durum, toprakların tuz ve kireç içeriklerinin yüksek olduğu koşullar için geçerli olabilir. Çalışma alanı topraklarının ortalama EC değeri sadece  $0.35 \text{ dS m}^{-1}$ 'dir ve bu değer toprakların tuzsuz olduğunun göstergesidir. Toprakta yeterince tuz olmaması ise beklenen ilişkinin görülmesini engellemiştir. Benzer durum, kireç içeriği içinde geçerlidir. Toprakların ortalama kireç içeriği %10.46'dır ve bu değer toprakların daha açık renkli olmalarını sağlayacak kadar yüksek değildir. Ayrıca, iklimin uygun olması yoğun bir şekilde karbonasyon olayının gerçekleşmesine neden olmaktadır. Karbonasyon olayı ile kireç taşı çözünmekte ve geriye toprağa kırmızı rengi veren demir oksit ile kil mineralleri

kalmaktadır. Bu çalışmada toprakların demir oksit içerikleri belirlenmemiştir ancak baskın kırmızı renklerinden dolayı demir oksit içeriklerinin yüksek olduğu varsayımı yapılmıştır. Çalışılan topraklarda ortalama kireç içeriği %10.46 olsa dahi, topraktan olan yansımanın yüksek demir oksit içeriğinden dolayı maskelenmesine ve daha düşük "L" değerleri oluşmasına yol açtığı düşünülmektedir. Benzer bir durum, yüksek organik madde içeriğine sahip topraklarda demirin spektral değerlerinde azalma tespit eden Galvao ve Vitorello (1997) tarafından da bildirilmiştir. Organik madde içeriği %1.7'den daha yüksek olduğunda demir ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) içeriği ile yansıma değerleri arasındaki negatif korelasyonun %40'dan daha fazla azalma gösterdiği belirlenmiştir. Organik madde miktarı daha da yükseldiğinde demirin yansıma özelliklerinin daha fazla engellendiği ve demir ile baskın dalga boyu, saflık ve parlaklık gibi renk değerleri arasındaki korelasyonun azaldığı rapor edilmiştir. Yapılan birçok çalışmada toprağın koyuluğunun en önemli nedeninin organik madde içeriği olduğu rapor edilmiştir (Sanmartín ve ark., 2015; Araujo ve ark., 2017; Pretorius ve ark., 2017). Ancak bu çalışmada organik madde ile "L" değerleri arasında önemli bir ilişki tespit edilememiştir. Tuz



ve kireç içeriğinde olduğu gibi organik madde içeriğinin yetersiz olması, organik madde ile “L” parametresi arasında beklenen ilişkinin görülmesini engellemiştir. Organik maddenin düşük olan konsantrasyonu parlaklığın olması gerektiği kadar azaltılmasına etki etmemiştir. Toprak parlaklık değeri ile organik madde içeriği arasında beklentilerin aksine elde edilen oldukça düşük korelasyon katsayısı ( $r = -0.121$ ), çalışılan toprakların organik madde içeriklerinin %1.16 ile %2.72 gibi oldukça dar bir aralıkta değişiyor olması ile de ilişkili olduğu düşünülmektedir. Benzer bir durum, iki baklagil bitkisinin mikro element konsantrasyonlarını yakın kızıl ötesi spektroskopisi (NIRS) ile belirlemeye çalışan Cozzolino ve Moron (2004) tarafından da ifade edilmiştir. Araştırmacılar bitki örneklerinde mikro element konsantrasyonlarının çok dar bir aralıkta değişmesinin düşük  $r^2$  değeri elde etmelerine neden olduğunu bildirmiş ve bu düşük

konsantrasyonun NIRS ile algılanamadığına vurgu yapılmıştır. Aitkenhead ve ark. (2013), yaptıkları çalışmada organik maddenin yanında toprak tanecik boyutunun toprak rengi üzerine önemli etki ettiğini ve organik maddeden ziyade topraktaki kum, kil ve silt taneciklerinin oransal dağılımının toprak rengine daha fazla etki ettiği rapor etmişlerdir. Toprakların kil içeriği ile önemli pozitif ve silt içeriği ile önemli düzeyde negatif ilişki Aitkenhead ve ark. (2013)’nın açıklamalarını desteklemektedir. Elde edilen korelasyon verilerine göre Fe ile “a” ( $r=0.693$ ) ve “b” ( $r=0.490$ ) arasında önemli pozitif ( $P<0.01$ ) bir ilişki söz konusudur. Kırmızılık ve sarılık göstergesi olan “a” ve “b” parametreleri ile olan önemli seviyedeki pozitif korelasyon, bölge topraklarında kırmızı ve sarı rengin artışı ile DTPA ile ekstrakte edilebilir (yarayırlı) Fe konsantrasyonunun arttığı anlamına gelmektedir.

Çizelge 3 Renk parametreleri ile toprağın bazı kimyasal özellikleri arasındaki korelasyon

Table 3 Data of correlation between color parameters and some soil chemical properties

	OM	pH	EC	Kireç	Na	K	Ca	KDK	Fe
	OM	pH	EC	CaCO <sub>3</sub>	Na	K	Ca	CEC	Fe
L	-0.121	-0.248	-0.713**	-0.770**	-0.795**	-0.672**	-0.587**	-0.787**	0.023
a	0.640**	0.185	0.646**	0.803**	0.672**	0.714**	0.763**	0.649**	0.693**
b	0.608**	-0.034	-0.046	0.038	-0.178	-0.082	-0.153	-0.259	0.490**

\*\* P<0.01 seviyesinde önemli \*P<0.05 seviyesinde önemli

### Regresyon Analizleri ve Toprak Özelliklerinin Belirlenebilme Potansiyelleri

Çalışma alanı topraklarının renk parametreleri ile toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasında yapılan regresyon analizine ait veriler Çizelge 4’te verilmiştir. Sayısal renk parametreleri ile toprak özellikleri arasında yapılan regresyon analizinde elde edilen  $R^2$  değerinin  $\geq 0.5$  olduğu durumlarda, regresyonun toprak özelliğini belirleme gücü iyi veya yeterli olarak kabul edilmiştir. Bu değer altındaki  $R^2$  değerlerinde modelin gücünün toprak özelliğinin doğru belirlenmesi için yetersiz olduğu düşünülmüştür (Aitkenhead ve ark., 2013). Fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri ile sayısal renk parametreleri arasında yapılan regresyon analizleri, Kazova topraklarının agregat stabilitesinin “L” ( $R^2= 0.65$ ) ve “a” ( $R^2= 0.65$ ) parametreleri kullanılarak

yüksek doğrulukla ( $P<0.05$ ) belirlenebileceğini göstermiştir (Çizelge 4, Şekil 2 ve 3). Benzer şekilde, kum içeriğinin “a” ( $R^2= 0.52$ ) ve silt içeriğinin ise “b” ( $R^2= 0.60$ ) parametrelerinin kullanımı ile başarılı bir şekilde ( $P<0.05$ ) belirlenebileceği anlaşılmaktadır (Çizelge 4, Şekil 3). Sonuçlarımız, toprak renk parametreleri ile tekstür bileşenleri arasında önemli düzeyde korelasyon olduğunu rapor eden önceki çalışmalar ile büyük oranda uyum içindedir. Aitkenhead ve ark. (2013)’da RGB renk parametreleri ile tekstür bileşenlerinden kil ( $R^2= 0.584$ ), silt ( $R^2= 0.482$ ) ve kum ( $R^2= 0.524$ ) arasında önemli düzeyde bir ilişki olduğunu rapor etmiştir. Toprak tekstürünün renk ile olan ilişkisinin çoğunlukla agregatlaşma ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Agregatlaşma ise organik madde ile birlikte toprağın kil, silt ve kum

içeriğinin oransal düzeyleri ile de yakından ilişkilidir. Agregatlaşmanın iyi olduğu topraklarda su tutma başta olmak üzere hidrolik özellikler agregatlaşmanın zayıf olduğu topraklara kıyasla daha iyi olacaktır. Bu durum aynı zamanda katyon

değişimi, redoks potansiyeli ve toprak parçacıklarının kaplamaları gibi toprak rengi üzerine önemli etkisi olan birçok özelliği de etkileyecektir (Aitkenhead ve ark., 2013).

Çizelge 4. Toprağın fiziksel/kimyasal özellikleri ile renk parametreleri arasındaki regresyon analizi verileri  
Table 4 Data of regression analysis between soil physical/chemical properties and color parameters

Değişken	Variable	L		a		b		
		R <sup>2</sup>	p	R <sup>2</sup>	p	R <sup>2</sup>	p	
Fiziksel Toprak Özellikleri	Kum	Sand	0.22	0.001	0.51	0.000	0.027	0.258
	Kil	Clay	0.35	0.000	0.38	0.000	0.075	0.340
	Silt	Silt	0.39	0.000	0.03	0.669	0.601	0.000
	AS	AS	0.65	0.000	0.65	0.000	0.001	0.930
	TK	FC	0.38	0.000	0.49	0.000	0.004	0.639
	SN	WP	0.33	0.000	0.44	0.000	0.010	0.487
Kimyasal Toprak Özellikleri	OM	OM	0.02	0.414	0.41	0.000	0.370	0.000
	Kireç	CaCO <sub>3</sub>	0.59	0.000	0.64	0.000	0.012	0.459
	KDK	CEC	0.62	0.000	0.42	0.000	0.067	0.054
	Ca	Ca	0.34	0.000	0.58	0.000	0.021	0.322
	K	K	0.45	0.000	0.51	0.000	0.007	0.573
	Na	Na	0.63	0.000	0.45	0.000	0.040	0.163
	EC	EC	0.51	0.000	0.42	0.000	0.002	0.751
	pH	pH	0.06	0.054	0.03	0.154	0.001	0.792
	Fe	Fe	0.07	0.882	0.48	0.004	0.240	0.006

P<0.05 seviyesinde önemli

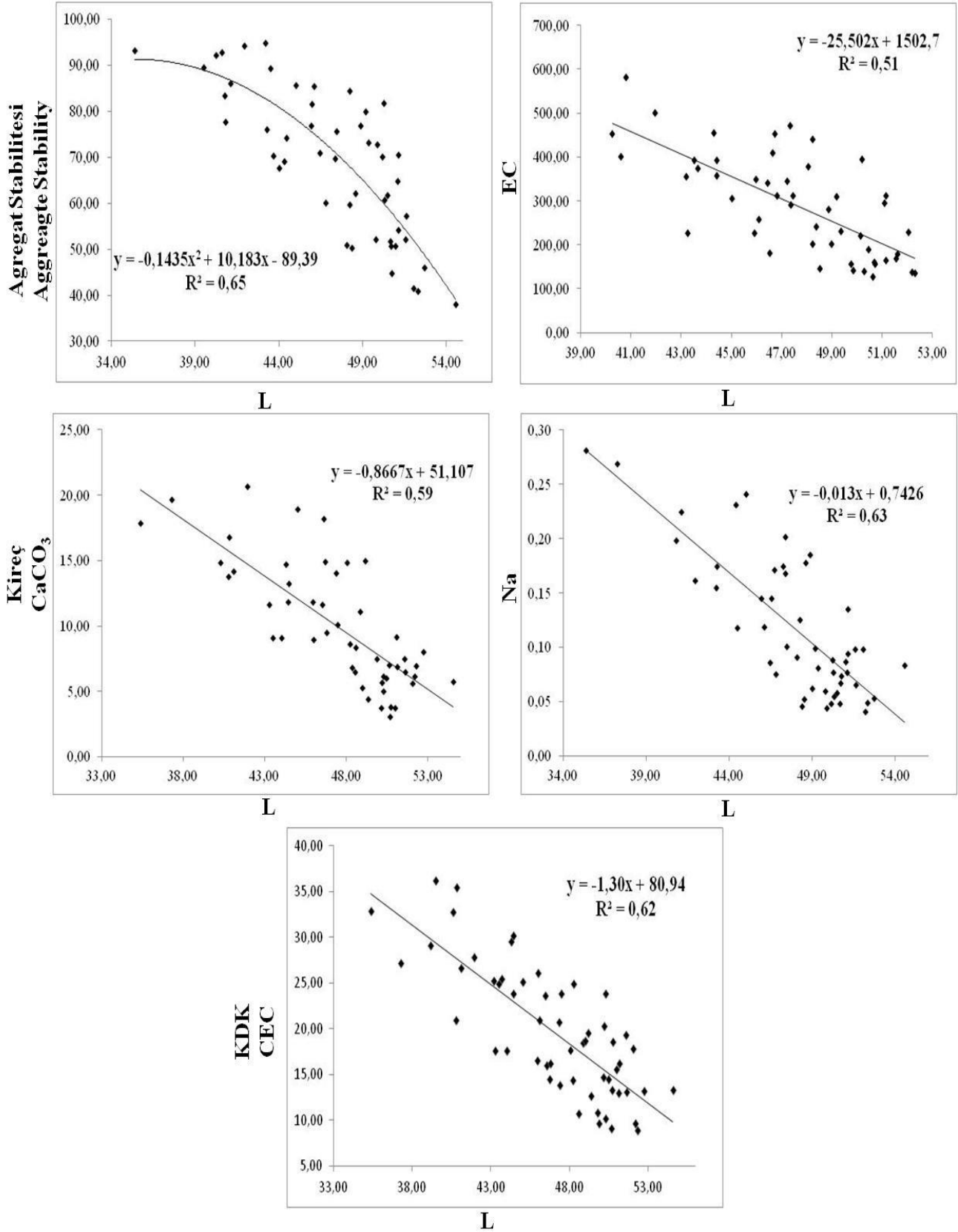
Toprağın kimyasal özellikleri ile renk parametreleri arasındaki regresyon analizleri kireç içeriğinin hem "L" (R<sup>2</sup> = 0.59) hem de "a" (R<sup>2</sup> = 0.64) değerlerinin kullanımı ile başarılı (P< 0.05) bir şekilde belirlenebileceğini göstermiştir. Ayrıca KDK (R<sup>2</sup>= 0.62), EC (R<sup>2</sup>= 0.51) ve değişebilir Na'un (R<sup>2</sup>= 0.63) "L" değeri ile ve değişebilir Ca (R<sup>2</sup> = 0.58) ve K'un (R<sup>2</sup> = 0.51) "a" değeri ile olan önemli düzeydeki ilişkisi, bu özelliklerinde ilgili renk parametrelerinin kullanımı ile belirlenebileceğini göstermiştir (Çizelge 4; Şekil 2 ve 3). Bu çalışmada elde edilen yüksek ilişkinin aksine, Aitkenhead ve ark. (2013), CIELab renk değerleri ile değişebilir Na (R<sup>2</sup>= 0.96, p=0.127) ve K'un (R<sup>2</sup>= 0.142, p=0.219) güvenilir bir şekilde belirlenemeyeceğini göstermişlerdir. Ancak değişebilir Ca (R<sup>2</sup>= 0.585, p=0.032) konsantrasyonunun ise bu çalışmada elde ettiğimiz doğruluğa yakın bir doğrulukla belirlenebileceğini bildirmişlerdir. Bununla birlikte, toprakta baskın katyon olan Ca konsantrasyonu ile renk parametreleri arasında önemli düzeyde bir ilişki tespit edilmiş olmasına

rağmen, Ca iyonunun toprağın renk değişimine etkisi olmayabileceği tartışılmaktadır. Kalsiyumun toprak rengine etki eden diğer elementler veya toprak parametreleri ile olan yüksek ilişkisinden dolayı, böyle bir korelasyonun olabileceği düşünülmektedir (Aitkenhead ve ark., 2013). Araştırmacılar, İskoçya'nın farklı bölgelerinden derlenmiş 127 toprak örneğinde CIELab renk değerleri ile en yüksek doğrulukta belirlenebilen toprak bileşeninin toplam kil içeriği olduğunu (R<sup>2</sup>= 0.661, p=0.017), bunu sırası ile ekstrakte edilebilir Mo konsantrasyonu (R<sup>2</sup>= 0.649, p=0.014) ve toplam azot konsantrasyonunun (R<sup>2</sup>= 0.641, p=0.018) takip ettiğini tespit etmişlerdir.

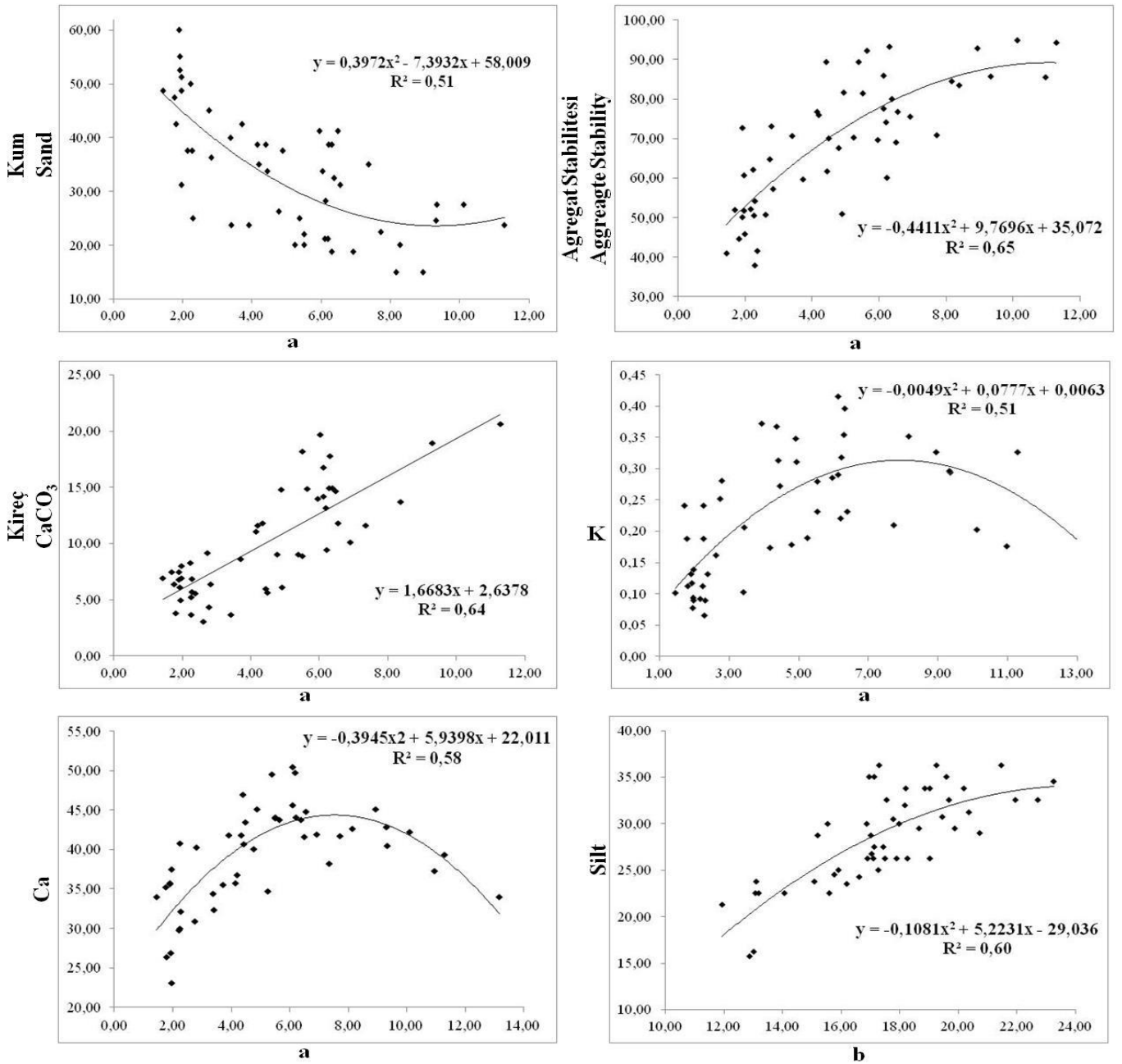
Bu çalışmada, toprağın parlaklığı ile organik maddenin önemli bir ilişkisinin olmadığı ancak kırmızılık ve sarılık parametreleri ile önemli bir ilişkisinin olduğu görülmüştür. Vodyanitskii ve Kirillova (2016), toprakta humus miktarı ve kalitesinin artması ile parlaklık değerinin değiştiğini rapor etmiştir. Teorik olarak toprak parlaklık değeri ile humus içeriğinin

belirlenmesinin mümkün olabileceği bildirilirken, humus miktarı ile parlaklık değeri arasındaki zayıf ilişkinin pratik olarak humus içeriğinin belirlenmesine izin vermediğini rapor etmiştir.

Çalışma alanında organik madde içeriğinin düşük olması organik madde ile "L" değeri arasındaki ilişkinin zayıf çıkmasının en temel nedenlerinden biridir.



Şekil 2 Bazı toprak özellikleri ile "L" parametresi arasındaki regresyon analizleri  
Figure 2 Regression analysis between some soil properties and "L" parameter



Şekil 3 Bazı toprak özellikleri ile "a" ve "b" parametreleri arasındaki regresyon analizleri  
 Figure 3 Regression analysis between some soil properties and "a" and "b" parameters

## Sonuçlar

Bu çalışmada, kolorimetreye basit ve hızlı bir şekilde belirlenebilen parlaklık, kırmızılık ve sarılık parametreleri ile bir kısım fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri arasındaki ilişkinin varlığı araştırılmıştır. Sonuçlar, çalışma alanı topraklarının tekstür bileşenleri, agregat stabilitesi, katyon değişim kapasitesi ve kireç içeriğinin sayısal renk parametrelerinden yararlanılarak güvenilir bir şekilde belirlenebileceğini göstermiştir. Çalışma sonuçları oldukça kolay ve ucuz bir şekilde çevreye zarar vermeden bazı toprak özelliklerinin yüksek doğruluk ile belirlenmesine olanak

sağlayan bu yöntemin, özellikle toprak özelliklerinin hızlı belirlenmesi gerektiği durumlarda önemli bir kullanım potansiyelinin olduğunu ortaya koymaktadır. Modelleme çalışmalarında, çok sayıda örneğe ait laboratuvar verisi gerektiğinde toprak renginin kullanımı ile özelliklerin belirlenmesi modellerin doğruluğunun artmasına katkı sağlayacaktır. Bu konuda, farklı ana materyal, iklim, topoğrafya ve bitki örtüsü altında oluşmuş genç, olgun ve yaşlı topraklarda yapılacak çalışmalar ile geniş tabanlı bir renk veri tabanı oluşturulması gerekmektedir. Elde edilen sonuçlar çalışma alanı benzeri topraklara sahip olan bölgelerde güvenilir bir şekilde kullanılabilir.

## Kaynaklar

- Allison, L.E., Moodie, C.D., 1965. Carbonate. In: C.A. Black et al. (Ed.) Methods of soil analysis, Part 2. Agronomy 9: American Society of Agronomy Inc. Madison, Wisc. USA. p.1379-1400
- Aitkenhead, M.J., Coull, M., Towers, W., Hudson, G., Black, H.I.J., 2013. Prediction of soil characteristics and colour using data from the National Soils Inventory of Scotland. *Geoderma*, 200:99-107.
- Araujo, M.A., Zinn, Y.L., Lal, R., 2017. Soil parent material, texture and oxide contents have little effect on soil organic carbon retention in tropical highlands. *Geoderma*, 300:1-10.
- Barret, L.R., 2002. Spectrophotometric color measurement in situ in well drained sandy soils. *Geoderma* 108:49-77.
- Baumann, K., Schöning, I., Schrupf, M., Ellerbrock, R. H., Leinweber, P., 2016. Rapid assessment of soil organic matter: Soil color analysis and Fourier transform infrared spectroscopy. *Geoderma*, 278:49-57.
- Budak, M., 2008. Bazı toprak özelliklerinin belirlenmesinde görülebilir ve yakın kızılötesi spektroskopisinin kullanım olanaklarının araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Tokat.
- Budak, M., Gunal, H., 2016. Visible and near infrared spectroscopy techniques for determination of some physical and chemical properties in Kazova watershed. *Advances in Environmental Biology*, 10(5):61-73.
- Camberdella C.A., Moorman, T.B., Novak, J.M., Parkin, T.B., Karlen, D.L., Turco, R.F., Konopka, A.E., 1994. Field scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58:1501-1511.
- Chapman, H.D., 1965. Cation-exchange capacity. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties, (*methodsofsoilanalb*), 891-901.
- Commission Internationale de l'éclairage (CIE), 1978. Recommendations on Uniform Color Spaces, Color Differences, and Psychometric Color Terms. *Colorimetry CIE, Paris Suppl. no. 2 to Publication no. 15*.
- Cozzolino, D., Moron, A. 2004. Exploring the use of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to predict trace minerals in legumes. *Animal Feed Science and Technology*, 111(1-4), 161-173.
- Fan, Z., Herrick, J.E., Saltzman, R., Matteis, C., Yudina, A., Nocella, N., Crawford, E., Parker, R., Van Zee, J., 2017. Measurement of Soil Color: A Comparison Between Smartphone Camera and the Munsell Color Charts. *Soil Science Society of America Journal*, 81(5), 1139-1146.
- Fang, X.M., Ono, Y., Fukusawa, H., Pan, B.T., Li, J.J., Guan, D.H., Oi, K., Tsukamoto, S., Torii, M., Mishima, T., 1999. Asian summer monsoon instability during the past 60,000 years: magnetic susceptibility and pedogenic evidence from the western Chinese Loess Plateau. *Earth and Planetary Science Letters* 168:219-232.
- Galvao, L.S., Vitorello, I. 1998. Role of organic matter in obliterating the effects of iron on spectral reflectance and colour of Brazilian tropical soils. *International Journal of Remote Sensing*, 19(10), 1969-1979.
- Gee, G.W. Boudier, J.W., 1986. Particle Size Analysis. In: A. Clute (Ed.) Methods of Soil Analysis. Part I *Agronomy* No: 9 Am Soc. of Agron. Madison, Wisc., USA.
- Gunal, H., 2006. Ardışık İki Topografya'da Yer Alan Toprakların Oluşumları ve Sınıflamaları. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, (2).
- Gunal H., Erşahin, S., 2006. Toprak Özelliklerinin Tahmininde Sayısallaştırılmış Renk Parametrelerinin Kullanımı. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi* 12:(1):85-92.
- Gunal H., Erşahin, S., Yetgin, B., Kutlu, B., 2008. Use of chroma-meter measured color parameters in estimating color related soil variables. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 39.5-6:726-740.
- Jackson, M.L., 1962. Soil Chemical Analysis. *Prentice Hall Inc. Eng. Cliffs. N. I., USA*.
- Ji, J.F., Chen, J., Balsam, W., Liu, L.W., 2007. Quantitative analysis of hematite and goethite in the Chinese loess-paleosol sequences and its implication for dry and humid variability. *Quaternary Sciences* 27:221-229.
- Kemper, W.D., Rosenau, R.C., 1986. Aggregate stability and size distribution. In: Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods, 2nd ed (Ed. A Klute), American Society of Agronomy, *Soil Science Society of America*. Madison, Wisconsin, pp. 425-442.
- Kirilova, N.P., Vodyanitskii, Y.N., Sileva, T.M., 2015. Conversion of soil color parameters from the Munsell system to the CIE-L\* a\* b\* system. *Eurasian soil science*, 48(5):468-475.
- Klute, A., 1986. Water Retention: Laboratory Methods. Methods of Soil Analysis. Part1. 2nd Ed. V *Agronomy* 9. Am. Soc. Agron., 635-660, Madison.
- Lindsay, W.L. and Norvell, W.A., 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 42:421-428
- MGM., 2017. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Tokat iklim verileri. (Erişim. 20.12.2017) <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=TOKAT>
- Moritsuka, N., Matsuoka, K., Katsura, K., Sano, S., Yanai, J., 2014. Soil color analysis for statistically estimating total carbon, total nitrogen and active iron contents in Japanese agricultural soils. *Soil science and plant nutrition*, 60(4):475-485.
- Mouazen, A.M., Karoui, R., De Baerdemaeker, J., Ramon, H., 2005. Classification of soil texture classes by using soil visual near infrared spectroscopy and factorial discriminant analysis techniques. *Jour. of near infrared spectroscopy*, 13(4):231-240.
- Munsell, A.H., 1905. A Color Notation a Measured Color System, Based on the Three Qualities Hue, Value and Chroma. *Kessinger Publishing*, Montana USA. Instruments, *New Windsor*, NY.
- Nelson, D.W., Sommer, L.E., 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In A.L. Page (ed.) Methods of Soil Analysis. 2nd Ed. ASA Monogr. 9(2). *Amer. Soc. Agron. Madison*, p. 539-579.

- Post, D.F., Levine, S.J., Bryant, R.B., Mays, M.D., Batchily, A.K., Escadafal, R., Huete, A.R., 1993. Correlations between field and laboratory measurements of soil color. In: Bigham, J.M., Ciolkosz, E.J. (Eds.), *Soil Color. Soil Science Society of America, Madison, WI*, pp. 35-50.
- Pretorius, M.L., Van Huyssteen, C.W., Brown, L.R., 2017. Soil color indicates carbon and wetlands: developing a color-proxy for soil organic carbon and wetland boundaries on sandy coastal plains in South Africa. *Environmental monitoring and assessment*, 189(11):556.
- Rhoades, J.D., 1982. Soluble salts. in: A.L. Page et al.(ed.) *Methods of soil analysis: Part2. Agronomy Monogr.* 9. 2<sup>nd</sup> ed. p. 167-178, ASA and SSSA, Madison, WI.
- Sanchez-Maran˜on, M.M., Soriano, M., Melgosa, G., Delgado, R., 2004. Quantifying the effects of aggregation, particle size and components on the colour of Mediterranean soils. *European Journal of Soil Science*. 51:551-565.
- Sanmartín, P., Silva-Sánchez, N., Martínez-Cortizas, A., Prieto, B., 2015. Usual and unusual CIELAB color parameters for the study of peat organic matter properties: Tremoal do Pedrido bog (NW Spain). *In Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 605(1):012014). IOP Publishing.
- Schulze, D.G., Nagel, J.L., Van Scoyoc, G.E., Henderson, T.L., Baumgardner, M.F., Stott, D.E., 1993. Significance of organic matter in determining soil colors. *Soil color*, pp. 71–90.
- Schwertmann, U., 1993. Relations between iron oxides, soil color, and soil formation. In: Bigham, J.M., Ciolkosz, E.J. (Eds.), *Soil Color. Soil Sci. Soc. of Am., Madison WI*, pp. 51- 70.
- Shen, Z.X., Cao, J.J., Zhang, X.Y., Arimoto, R., Ji, J.F., Balsam, W.L., Wang, Y.Q., Zhang, R.J., Li, X.X., 2006. Spectroscopic analysis of iron-oxide minerals in aerosol particles from northern China. *Science of the Total Environment* 367:899–907.
- Soil Survey Staff., 1999. *Soil Taxonomy- A Basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. United States Dept. of Agriculture (USDA) United States Printing Office, Washington DC, USA.*
- Stiglitz, R.Y., E.A. Mikhailova, C.J. Post, M.A. Schlautman, and J.L. Sharp., 2016. Teaching soil color determination using an inexpensive color sensor. *Natural Sciences Education* 45.
- Thompson, J.A., A.R. Pollio, and P.J. Turk., 2013. Comparison of Munsell soil color charts and the GLOBE soil color book. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 77:2089–2093.
- Torrent, J., Schwertmann, U., Schulze, D.G., 1980. Iron oxide mineralogy of some soils of two river terrace sequences in Spain. *Geoderma* 23:191–208.
- Torrent, J., Barrón, V., 1993. Laboratory measurement of soil color: theory and practice. *Soil color, (soilcolor)*, 21-33.
- Usowicz B, Lipiec J., 2017 Spatial variability of soil properties and cereal yield in a cultivated field on sandy soil. *Soil and Tillage Research*, 174:241-250.
- Viscarra Rossel, R.A., B. Minasny, P. Roudier, and A.B. McBratney., 2006. Colour space models for soil science. *Geoderma* 133:320–337.
- Vodyanitskii, Y. N., & Kirillova, N. P., 2016. Application of the CIE-L\* a\* b\* system to characterize soil color. *Eurasian Soil Science*, 49(11), 1259-1268.
- Vodyanitskii, Y.N., Savichev, A.T., 2017. The influence of organic matter on soil color using the regression equations of optical parameters in the system CIE-L\* a\* b. *Annals of Agrarian Science*, 15(3):380-385.
- Zanetti, S.S., Cecílio, R.A., Alves, E.G., Silva, V.H., Sousa, E.F., 2015. Estimation of the moisture content of tropical soils using colour images and artificial neural networks. *Catena*, 135:100-106.