

DETERMINATION OF SOME SOIL PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS USING FACTOR ANALYSIS FOR SOIL TILLAGE IN VERTISOL AND ENTISOL

ENTİSOL VE VERTİSOLDE TOPRAK İŞLEME İÇİN FAKTÖR ANALİZİ KULLANILARAK BAZI TOPRAK FİZİKO-KİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Assist. Prof. Dr. Sağlam M., Ress. Assist. Selvi K.Ç., Assoc. Prof. Dr. Dengiz O., Ress. Assist. Sarıoğlu E.F.

Department of Soil Science and Plant Nutrition, Agricultural Faculty, Ondokuz Mayıs University, Samsun / Turkey

Tel: +90362 3121919/1411; E-mail: mustafa.saglam@omu.edu.tr

Abstract: Soil management is a subject that is receiving increasing attention. It is considered to be important for the assessment of the extent of land degradation or amelioration, and for identifying management practices for sustainable land use. This research was carried out in Çetinkaya district of Bafra-Samsun province located on alluvial land formed by Kızılırmak River as accumulated sediment deposited at different times, show large variations in their physical properties over short distances. The main objective of this research is to identify the most sensitive indicators of some soil characteristics using factor analysis for evaluating soil tillage in Vertisol and Entisol orders. For this aim, C, Si, S, SOM, CaCO₃, BD, PR, FC, PWP and AWC were analyzed using factor analysis for both soil orders. According to factor analysis results, investigated physico-chemical soil properties in Vertisol were detected as three groups. AWC (0.992), FC (0.986), SOM (0.978), PWP (0.971) and CaCO₃ (-0.988) have the highest weight values in first group while, BD (0.815), S (0.801) and C (-0.850) were determined as having the highest weight values in second group. As for in last group, PR (-0.920) was found. Moreover, investigated physico-chemical soil properties in Entisol were detected as two groups. C (0.992), AWC (0.979), PWP (0.976), FC (0.952), SOM (0.908), S (-0.994) and BD (-0.989) have the highest weight values in first group while, CaCO₃ (0.840), Si (0.797) and PR(0.728) were determined as having the highest weight values in another group.

Key words: Factor Analysis, Soil Tillage, Vertisol and Entisol

INTRODUCTION

Soil management is a subject that is receiving increasing attention. It is considered to be important for the assessment of the extent of land degradation or amelioration, and for identifying management practices for sustainable land use. For a specific site, assessment will be influenced by many factors including tillage, crop rotation, animal or greenmanure applications and other management factors, as well as climate and soil type. Ideally soil physico-chemical quality should be easy to measure, able to reflect changes in soil functions, sensitive to variations in management, and accessible to as many users as possible (Shukla et al., 2006). Furthermore, the site-specific nature of soil quality may actually require different soil property measurements depending upon the specific agroecosystem for which the assessment is being made (Govaerts et al., 2006; Rezaei et al., 2006; Shukla et al., 2006; Yemefack et al., 2006; Marinari et al., 2006). Therefore, the first step toward soil physico-chemical quality assessment is the selection of soil indicators, that is the soil properties and processes that will provide a minimum data set for evaluation. However, few studies have been devoted to actually determining the minimum set of indicators for soil quality assessment in the Bleack Sea region. Although this paper

Özet: Son yıllarda, toprak yönetimi arazi degradasyon veya rehabilitasyon değerlendirme çalışmalarında veya sürdürülebilir bir arazi kullanımında ortaya konulacak uygulama pratiklerinin belirlenmesinde önemli bir konu olmaktadır. Bu çalışma, Kızılırmak Nehrinin biriktirmiş olduğu sedimentler üzerinde oluşmuş bu nedenle kısa mesafeler içerisinde çok farklı özellikler sergileyen alüvyal arazilerin yer aldığı Samsun- Bafra ilçesine ait Çetinkaya bölgesinde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın ana amacını, Vertisol ve Entisol ordolarına ait topraklarda, toprak işleme değerlendirilmesine yönelik faktör analizi kullanılarak bazı toprak karakteristiklerinin daha hassas indikatörlerinin belirlenmesini kapsamaktadır. Bu amaçla, faktör analizi kullanılarak her iki toprak ordosu için C, Si, S, SOM, CaCO₃, BD, PR, FC, PWP ve AWC analiz edilmiştir. Faktör analiz sonucuna göre, Vertisol topraklarda incelenen fiziko-kimyasal toprak özellikleri üç grupta toplanmıştır. İlk grupta AWC (0.998), FC (0.986), SOM (0.978), PWP (0.971) ve CaCO₃ (-0.988) en yüksek ağırlık değerlerine sahip iken, ikinci grupta BD (0.815), S (0.801) ve C (-0.850) en yüksek ağırlık değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Son grupta ise PR (-0.920) belirlenmiştir. Ayrıca Entisol topraklarda incelenen fiziko-kimyasal toprak özellikleri ise iki grupta toplanmıştır. C (0.992), AWC (0.979), PWP (0.976), FC (0.952), SOM (0.908), S (-0.994) ve BD (-0.989) ilk grup içerisinde en yüksek ağırlık değerlerine sahip iken, diğer grupta CaCO₃ (0.840), Si (0.797) ve PR (0.728) olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Faktör Analizi, Toprak İşleme, Vertisol ve Entisol

GİRİŞ

Son yıllarda, toprak yönetimi, arazi degradasyon veya rehabilitasyon değerlendirme çalışmalarında veya sürdürülebilir arazi kullanımında ortaya konulacak uygulama pratiklerinin belirlenmesinde önemli bir konu haline gelmiştir. Bir alanın değerlendirilmesinde toprak işleme, bitki rotasyonu, gübre uygulamaları ve diğer yönetim faktörlerinin yanı sıra, iklim ve toprak çeşidi gibi birçok faktör etkili olabilmektedir. İdeal olarak fiziko-kimyasal toprak kalite durumunun ortaya konulması kolay ölçülebilir ve toprak fonksiyonundaki değişimleri yansıtabilir, farklı yönetimlere duyarlı ve birçok kullanıcı açısından ulaşılabilir imkanda olmalıdır (Shukla et al., 2006). Ayrıca, bir alanın doğal toprak kalitesi spesifik agro-ekosistem değerlendirmesine bağlı olarak farklı toprak özelliklerinin güncel ölçümsel değerlerine gereksinim duymaktadır (Govaerts et al., 2006; Rezaei et al., 2006; Shukla et al., 2006; Yemefack et al., 2006; Marinari et al., 2006). Bu nedenle, fiziko-kimyasal toprak kalite değerlendirmesinde ilk adım toprak indikatörlerinin seçilmesidir ki değerlendirmede toprak özellikleri ve işlemler minimum veri setiyle oluşturulmalıdır. Fakat Karadeniz Bölgesinde toprak kalite değerlendirmesi için minimum indikatörlerin belirlenmesine yönelik çok az çalışma bulunmaktadır. Bu çalışma, Entisol ve Vertisol

deals specifically with some soil physico-chemical quality for soil tillage and management systems of Entisol and Vertisol, it should be also realised that this has big effects on chemical and biological process in the soil.

The site had been cultivated using conventional tillage and used for cereal and vegetables production for decades. The main objective of this research is to identify the most sensitive indicators of some soil characteristics using factor analysis for evaluating soil tillage in Vertisol and Entisol orders.

MATERIAL AND METHOD

Field description

This study was carried out in Samsun-Bafra delta plain and near district. The Bafra Plain found in the Kızılırmak Delta and located in the central Black Sea region of Turkey. The current climate in the region is semi-humid. The summers are warmer than winters (the average temperature in July is 22.2 and in January is 6.9 °C). The mean annual temperature, rainfall and evaporation are 13.6 °C, 764.3 mm and 726.7 mm respectively. According to Soil Taxonomy (1999), the study site has mesic soil temperature regime and ustic moisture regime. Major physiographic units of the study area are river terraces and flood plain. Particularly river alluvial terraces involve old and young are common and they have slightly sloped (0.0-2.0%). The majority of research soils formed on alluvial deposit were classified as Entisol (on young terrace lands) and Vertisol (on old terrace lands) in Soil Taxonomy (1999). The study area is predominantly used for intensive irrigated agriculture activities. Presently, the irrigation systems used by farmlands are furrow, drip and sprinkler irrigation systems. Rice, wheat, maize, pepper, watermelon, cucumber and tomato with sprinkler and furrow irrigations in the summer, and cabbage and leek in the winter have been produced in the study area. The main water resource of this area is Kızılırmak River.

Soil properties and analysis

Some descriptive soil physico-chemical properties of Entisol and Vertisol were given in Table 1 and Table 2. In addition, penetration resistance (PR) was measured in field. Soil physical and chemical properties that have been taken into consideration in this research showed variability at short distance in study area formed on accumulated sediment depositions carried by Kızılırmak River.

Soil texture varied from sandy loam and loam through to clay across the both soils of all profiles. Vertisol had the highest clay content (72%), whilst Entisol had the highest sand content (66%). On the other hand, Entisol had a higher bulk density than Vertisol due to its high sand content. Soil organic matter content ranged from 1.1% to 2.3% in upper horizons of all soil maps. These low organic matter levels are attributable to rapid decomposition and mineralization of organic matter due to cultivation practices.

toprakların toprak işleme ve yönetim sistemlerine yönelik bazı fiziko-kimyasal toprak kalite özelliklerini içermesine rağmen, bu özelliklerin toprakların kimyasal ve biyolojik süreçleri üzerine de etkili olduğu bir gerçektir.

Geleneksel toprak işleme yöntemi uygulanmış araziler tahıl ve sebze üretiminde kullanılmaktadır. Bu çalışmanın ana amacını, Vertisol ve Entisol ordolarına ait topraklarda, toprak işleme değerlendirilmesine yönelik faktör analizi kullanılarak bazı toprak karakteristiklerinin daha hassas indikatörlerinin belirlenmesini oluşturmaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Alan Tanımlama

Bu çalışma Samsun-Bafra Delta ovası ve yakın çevresinde yürütülmüştür. Bafra ovası Türkiye'nin Orta Karadeniz bölgesinde yer alan Kızılırmak Deltasında bulunur. Bölgenin hakim iklim tipi yarı kurak iklim tipidir. Yazları kışlarından daha sıcaktır. Temmuz ayında ortalama sıcaklığı 22,2 °C ve Ocak ayı ortalama sıcaklığı 6,9 °C'dir. Yıllık ortalama sıcaklık, yağış ve buharlaşma değerleri sırasıyla 13,6 °C, 764,3 mm ve 726,7 mm'dir. Toprak taksonomisi (1999)'ne göre, çalışma alanı mesic toprak sıcaklık rejimine ve ustic nem rejimine sahiptir. Çalışma alanının temel fizyografik birimleri nehir terasları ve taşkın ovasıdır. Özellikle yaşlı ve genç aluviyal nehir terasları yaygındır ve % 0,0-2,0 arasında hafif eğime sahiptirler. Aluviyal depozitler üzerinde oluşan araştırma toprakları çoğunlukla toprak taksonomisi (1999)'ne göre entisol (genç teraslar üzerinde) ve vertisol (yaşlı teraslar üzerinde) olarak sınıflandırılmışlardır. Çalışma alanı büyük çoğunlukla yoğun sulamalı tarım uygulamaları için kullanılmaktadır. Günümüzde ekilen alanlarda kullanılan sulama sistemleri karık, damla ve yağmurlama sulama sistemleridir. Çalışma alanında yaz döneminde karık ve yağmurlama sulama sistemleriyle birlikte pirinç, buğday, mısır, biber, karpuz, salatalık ve domates yetiştirilirken, kış döneminde lahanaya ve pırasaya yetiştirilmektedir. Bu alanın temel su kaynağı Kızılırmak Nehri'dir.

Toprak özellikleri ve analizler

Entisol ve Vertisol toprakların bazı tanımlayıcı fiziko-kimyasal özellikleri Tablo 1 ve 2'de verilmiştir. Ayrıca alan içerisinde penetrasyon direnci (PR) ölçümleri de yapılmıştır. Kızılırmak nehri tarafından taşınarak biriktirilen sediment depozitleri üzerinde oluşan çalışma alanında incelenen toprak fiziksel ve kimyasal özellikleri kısa mesafelerde değişkenlikler göstermiştir. Toprak tekstürü bütün toprak profillerinde kumlu tın ve tından kile kadar değişmiştir.

En yüksek kum içeriğine % 66 ile Entisol toprak sahiptir en yüksek kil içeriği ise % 72 ile Vertisol toprakta bulunmuştur. Bununla birlikte, Entisol topraklar yüksek kum içeriği nedeniyle Vertisol topraklardan daha yüksek hacim ağırlığı değerlerine sahip olmuştur. Toprak organik madde içeriği bütün toprak profillerinin üst horizonlarında % 1,1'den % 2,3'e değişmiştir. Bu düşük organik madde seviyelerinin nedeni olarak farklı üretim uygulamalarının neden olduğu organik maddenin hızlı ayrışması ve mineralizasyonu gösterilebilir.

Table 1 / Tablo 1

Some physico-chemical properties of Entisol (Sarioğlu and Dengiz, 2012) / Entisol toprakların bazı fiziko-kimyasal özellikleri

Horizon	Depth (cm)	Texture (%)			B.D (gr cm ⁻³)	SOM (%)	CaCO ₃ (%)	FC (%)	PWP (%)	AWC (%)
		C	Si	S						
Ap	0-24	25	44	31	1.49 / 1,49	1.1 / 1,1	13.9 / 13,9	26.9 / 26,9	11.4 / 11,4	15.5 / 15,5
C1	24-57	9	43	48	1.65 / 1,65	-	14.2 / 14,2	17.2 / 17,2	5.8 / 5,8	11.4 / 11,4
C2	57-88	8	31	61	1.64 / 1,64	-	14.3 / 14,3	13.6 / 13,6	4.9 / 4,9	8.7 / 8,7
C3g	88+	8	26	66	1.65 / 4,65	-	13.4 / 13,4	13.0 / 13,0	4.6 / 4,6	8.4 / 8,4



Table 2 / Tablo 2

Some physico-chemical properties of Vertisol (Sarıoğlu and Dengiz, 2012) / Vertisoll toprakların bazı fiziko-kimyasal özellikleri

Horizon	Depth (cm)	Texture (%)			BD (gr cm-3)	SOM (%)	CaCO ₃ (%)	FC (%)	PWP (%)	AWC (%)
		C	Si	S						
Ap	0-19	49	34	17	1.39 / 1,39	2.3 / 2,3	6.3 / 6,3	36.8 / 36,8	23.8 / 23,8	13
A2	19-44	49	36	15	1.40 / 1,40	1.5 / 1,5	7.4 / 7,4	30	21.3 / 21,3	8.7 / 8,7
Bss1	44-69	61	30	9	1.29 / 1,29	1.6 / 1,6	11.4 / 11,4	39.4 / 39,4	21.5 / 21,5	17.9 / 17,9
Bkss2	69-111	56	38	6	1.30 / 1,30	0.6 / 0,6	18.7 / 18,7	37.1 / 37,1	23.3 / 23,3	13.8 / 13,8
C	111+	72	21	7	1.27 / 1,27	0.7 / 0,7	8.5 / 8,5	49.9 / 49,9	27.1 / 27,1	22.9 / 22,9

C: Clay, Si: Silty, S: Sand, BD: Bulk Density, SOM: Soil Organic Matter, FC: Field Capacity, PWP: Permanent Wilting Point, AWC: Available water Capacity

Statistical analysis

Total 40 soil samples were taken from the study area for vertisol (20) and entisol (20) soils. Soil's physical and chemical properties were determined by means of appropriate methods. Texture (Bouyoucos 1951), bulk density (Blake and Hartge 1986), field capacity (Klute 1986), permanent wilting point (Klute 1986), penetration resistance (KAYNAK VER), soil organic matter (Jackson 1958), CaCO₃ (Allison ve Moodie 1965), analysis were carried out over soil samples. The available water content was estimated by the difference between the water content at field capacity and the water content at permanent wilting point.

The soil properties were analyzed using classical statistical methods to obtain descriptive statistics such as mean values, standard deviation, coefficient of variation (CV), kurtosis, and skewness (Wendroth et al. 1997). The CV was used to describe the amount of variability for each soil parameter. Pearson linear correlations among soil parameters were calculated using SPSS software (Swan and Sandilands 1995) and were used to establish relationships among the soil variables.

Factor analysis was used to group the 10 soil variables into factors based on the correlation matrix of the variables using factor module and the principal component analysis method of factor extraction in SPSS 17.0 software (Brejda et al. 2000). Principal component analysis was used as the method of factor extraction because it required no prior estimates of the amount of variation of each soil variable that would be explained by the factors. Only factors with eigenvalue >1 were retained (Hair et al., 1987; Brejda et al. 2000) and subjected to varimax rotation with Kaiser to estimate the proportion of the variance of each soil variable explained by each selected factor (loadings).

RESULTS AND DISCUSSION

Some descriptive statistical parameters of physico-chemical soil properties such as minimum, maximum, standard deviation (SD), coefficient of variation (CV), skewness and kurtosis values of vertisol and entisol were presented in Table 3. CV value of most physico-chemical soil properties was determined as low in vertisol whereas, this parameter was distributed among low, moderate and high levels in entisol. If the CV value is lower than 15%, variation class is called as low and if the CV value is found between 15-35%, that class is described as moderate finally, if the CV value is higher than 35%, CV is classified as high level (Wilting, 1985). CV value was determined as low level both vertisol and entisol in terms of CaCO₃, Si and BD whereas, CV value was found as moderate level for S and AWC in both soils. Only CV value was classified as high level for PR. In addition as for skewness, soils have low skewness values and were seen normal distribution (Table 3).

Moreover, the results of Kolmogorov-Smirnov analysis confirmed normal distribution of data set results it was found closely parallel between both results.

Coloration analysis results of investigated physicochemical properties for vertisol and entisol were given in Table 4. It was found significantly

İstatistiksel analizler

Vertisol topraklar ve entisol topraklar için çalışma alanından toplam 40 toprak örneği alınmıştır. Toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri uygun yöntemler yardımıyla belirlenmiştir. Toprak örneklerinde tekstür (Bouyoucos 1951), hacim ağırlığı (Blake and Hartge 1986), tarla kapasitesi (Klute 1986), daimi solma noktası (Klute 1986), penetrasyon direnci (Selvi 2003), toprak organik maddesi (Jackson 1958) ve CaCO₃ (Allison ve Moodie 1965) analizleri yapılmıştır. Yarayışlı su içeriği ise tarla kapasitesindeki nem içeriği ile daimi solma noktasındaki nem içeriği arasındaki farktan hesaplanmıştır.

Toprak özelliklerinin ortalama, standart sapma, varyasyon katsayısı (CV), basıklık ve çarpıklık gibi tanımlayıcı istatistik değerlerini elde etmek için klasik istatistiksel yöntemler kullanılmıştır (Wendroth et al. 1997). Varyasyon katsayısı (CV) her bir toprak parametresinin değişkenlik miktarının belirlenmesi için kullanılır. Toprak özellikleri arasındaki Pearson korelasyonu SPSS bilgisayar programı kullanılarak hesaplanmış (Swan and Sandilands 1995) ve toprak özellikleri arasındaki ilişkileri belirlemek için kullanılmıştır.

Faktör analizi, değişkenlerin korelasyon matrisi esas alınarak 10 toprak özelliğini faktörler şeklinde gruplandırabilmek için faktör modülü ve temel bileşenler analizi kullanılarak SPSS 17.0 programında yapılmıştır (Brejda et al. 2000). Temel bileşenler analizi, faktörler tarafından açıklanabilen her bir toprak değişkeninin değişkenlik miktarının önceden tahminini gerektirmemesi nedeniyle faktör belirleme yöntemi olarak kullanılmıştır. Yalnızca özdeğeri >1 olan faktörler kabul edilmiş (Hair et al. 1987; Brejda et al. 2000) ve seçilen her bir faktör tarafından açıklanabilen her bir toprak değişkeninin varyans oranını tahmin etmek için varimax rotasyonu testi uygulanmıştır.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Vertisol ve entisol topraklara ait en küçük, en büyük, ortalama, standart sapma, değişkenlik katsayısı, çarpıklık ve basıklık gibi tanımlayıcı istatistikler sırasıyla Tablo 3'de sunulmuştur. Vertisol toprakta, değişkenlik katsayısı (CV) incelenen fiziko-kimyasal özelliklerin büyük çoğunluğunda düşük olarak belirlenirken, entisol toprakta değişkenlik katsayısı düşük, orta ve yüksek sınıflar arasında dağılmıştır. Değişkenlik katsayısı (CV) < %15 olduğunda değişkenlik sınıfı düşük, % 15-35 arasında orta ve > % 35 olduğunda ise yüksek olarak sınıflandırılır. Değişkenlik katsayısı hem vertisol hem de entisol topraklarda CaCO₃, Si, BD düşük, S ve AWC için orta ve PR için yüksek olarak sınıflandırılırken diğer fiziko-kimyasal özelliklerin değişkenlik sınıfları farklı şekilde sınıflandırılmıştır. Çarpıklık katsayısı incelendiğinde ise toprak özelliklerinin düşük çarpıklık değerlerine sahip olduğu ve normal dağılım gösterdikleri görülmektedir (Tablo 3).

Veri setinin normal dağılımının kontrol edildiği Kolmogorov-Smirnov testi sonuçları da bu sonuçlarla paralellik göstermektedir.

Vertisol ve entisol toprakta incelenen fiziko-kimyasal özelliklere ait korelasyon analizi sonuçları Tablo 4'de verilmiştir. Vertisol toprakta CaCO₃ miktarı OM, FC, PWP ve AWC ile

negative coloration between CaCO₃ and OM, FC, PWP, AWC (p<0.01) in vertisol. However, BD was only found significantly positive and negative coloration soil textural components (p<0.01, p<0.05) in the same soil. It was determined significantly coloration (p<0.01) between some physical soil properties such as FC, PWP, AWC, CaCO₃ and OM content and soil moisture which is very important indicator for determining of tillage time and for resistance of soil against to tillage whereas, it was not found significantly coloration between PR that is essential indicator for soil compaction and any soil properties of vertisol. On the other hand, these cases were found very variable in entisol such as BD was detected significantly coloration among almost physicochemical properties (p<0.01, p<0.05).

önemli negatif korelasyonlar gösterirken (p<0,01), BD sadece toprak tekstür bileşenleriyle önemli pozitif ve negatif korelasyonlar göstermiştir (p<0,01, p<0,05). Toprakların işlenebilirliğe karşı direncini ve işleme zamanını önemli oranda belirleyen toprak nemi ile ilişkili fiziksel özellikler olan FC, PWP and AWC; CaCO₃ ve OM miktarı ile önemli korelasyonlar (p<0,01) ortaya koyarken toprak sıkışmasının göstergesi olan PR vertisol toprakta hiçbir toprak özelliği ile önemli korelasyonlar sergilememiştir (Tablo 4). Entisol toprakta ise toprak işlemeye bağlı olarak değişkenlik gösterebilen BD, PR, FC, PWP ve OM gibi özellikler incelenen fiziko-kimyasal özelliklerin büyük çoğunluğuyla önemli korelasyonlar ortaya koymuştur. BD incelenen tüm fiziko-kimyasal özellikler ile önemli korelasyonlar gösterirken (p<0,01, p<0,05); OM, PR, FC ve PWP Si içeriği hariç incelenen diğer özellikler ile önemli korelasyonlar göstermiştir (p<0,01, p<0,05).

Table 3 / Tablo 3

Descriptive statistics of some physico-chemical properties of Vertisol and Entisol /
Vertisol ve Entisol toprakların bazı fiziko-kimyasal özelliklerinin tanımlayıcı istatistikleri

Soil Properties	Unit	Min.	Max.	Mean	S.D.	C.V., %	Skewness	Kurtosis
Vertisol								
CaCO ₃	%	6.3 / 6,3	7.4 / 7,4	6.85 / 6,85	0.57 / 0,57	8.29 / 8,29	0.00 / 0,00	-2.17 / -2,17
OM	%	1.5 / 1,5	2.3 / 2,3	1.90 / 1,90	0.42 / 0,42	22.24 / 22,24	-0.04 / -0,04	-1.95 / -1,95
C	%	40	56	49.00 / 49,00	3.70 / 3,70	7.55 / 7,55	0.00 / 0,00	-0.45 / -0,45
Si	%	28	40	35.00 / 35,00	2.43 / 2,43	6.94 / 6,94	0.10 / 0,10	-0.01 / -0,01
S	%	11	21	16.05 / 16,05	2.76 / 2,76	17.21 / 17,21	-0.01 / -0,01	-0.78 / -0,78
BD	g cm ⁻³	1.33 / 1,33	1.45 / 1,45	1.39 / 1,39	0.03 / 0,03	2.11 / 2,11	0.21 / 0,21	-0.98 / -0,98
FC	%	29.5 / 29,5	37.5 / 37,5	33.40 / 33,40	3.50 / 3,50	10.49 / 10,49	0.00 / 0,00	-2.19 / -2,19
PWP	%	20.5 / 20,5	24.4 / 24,4	22.55 / 22,55	1.33 / 1,33	5.89 / 5,89	0.10 / 0,10	-1.89 / -1,89
AWC	%	8.4 / 8,4	13.5 / 13,5	10.85 / 10,85	2.22 / 2,22	20.46 / 20,46	0.02 / 0,02	-2.17 / -2,17
PR	MPa	0.6 / 0,6	2.44 / 2,44	1.44 / 1,44	0.55 / 0,55	38.41 / 38,41	0.32 / 0,32	-1.07 / -1,07
Entisol								
CaCO ₃	%	13.9 / 13,9	14.2 / 14,2	14.1 / 14,1	0.24 / 0,24	1.67 / 1,67	0.00 / 0,00	-0.45 / -0,45
OM	%	0.2 / 0,2	1.1 / 1,1	0.66 / 0,66	0.47 / 0,47	71.32 / 71,32	0.11 / 0,11	-1.94 / -1,94
C	%	9	25	17.0 / 17,0	8.37 / 8,37	49.22 / 49,22	0.02 / 0,02	-2.04 / -2,04
Si	%	37	49	43.5 / 43,5	1.54 / 1,54	3.54 / 3,54	0.00 / 0,00	-1.00 / -1,00
S	%	27	48	39.5 / 39,5	8.94 / 8,94	22.64 / 22,64	0.03 / 0,03	-1.99 / -1,99
BD	g cm ⁻³	1.49 / 1,49	1.65 / 1,65	1.57 / 1,57	0.09 / 0,09	5.50 / 5,50	-0.03 / -0,03	-2.07 / -2,07
FC	%	17.2 / 17,2	26.9 / 26,9	22.1 / 22,1	4.98 / 4,98	22.58 / 22,58	0.00 / 0,00	-2.23 / -2,23
PWP	%	5.8 / 5,8	11.4 / 11,4	8.60 / 8,60	2.88 / 2,88	33.47 / 33,47	0.00 / 0,00	-2.22 / -2,22
AWC	%	11.4 / 11,4	15.4 / 15,4	13.5 / 13,5	2.11 / 2,11	15.68 / 15,68	0.00 / 0,00	-2.20 / -2,20
PR	MPa	0.44 / 0,44	3.57 / 3,57	1.62 / 1,62	0.99 / 0,99	61.14 / 61,14	0.69 / 0,69	-0.69 / -0,69

OM: Organic matter, C: Clay, Si: Silt, S: Sand, BD: Bulk density, FC: Field capacity, PWP: Permanent wilting point, AWC: Available water content, PR: Penetration resistance

Table 4 / Tablo 4

Corelations among some physico-chemical properties of Vertisol and Entisol /
Vertisol ve Entisol topraklarda bazı fiziko-kimyasal özellikler arasındaki korelasyonlar

	CaCO ₃	OM	C	Si	S	BD	FC	PWP	AWC
Vertisol									
OM	-0.961 / -0,961 **								
C	-0.048 / -0,048	-0.007 / -0,007							
Si	0.427 / 0,427	-0.425 / -0,425	-0.252 / -0,252						
S	-0.367 / -0,367	0.385 / 0,385	-0.572 / -0,572 **	0.275 / 0,275					
BD	0.145 / 0,145	-0.191 / -0,191	-0.594 / -0,594 **	0.500 / 0,500 *	0.456 / 0,456 *				
FC	-0.990 / -0,990	0.947 / 0,947 **	0.007 / 0,007	-0.416 / -0,416	0.382 / 0,382	-0.150 / -0,150			
PWP	-0.960 / -0,960 **	0.935 / 0,935 **	0.009 / 0,009	-0.396 / -0,396	0.382 / 0,382	-0.166 / -0,166	0.967 / 0,967 **		
AWC	-0.988 / -0,988 **	0.984 / 0,984 **	-0.008 / -0,008	-0.427 / -0,427	0.402 / 0,402	-0.152 / -0,152	0.979 / 0,979 **	0.947 / 0,947 **	
PR	0.269 / 0,269	-0.262 / -0,262	-0.073 / -0,073	-0.177 / -0,177	0.008 / 0,008	-0.110 / -0,110	-0.254 / -0,254	-0.278 / -0,278	-0.239 / -0,239
Entisol									
OM	-0.721 / -0,721 **								
C	-0.519 / -0,519 *	0.932 / 0,932	**						
Si	0.436 / 0,436	0.222 / 0,222	0.495 / 0,495 *						
S	0.503 / 0,503 *	-0.929 / -0,929 **	-0.991 / -0,991 **	-0.509 / -0,509 *					
BD	0.541 / 0,541 *	-0.932 / -0,932 **	-0.992 / -0,992 **	-0.470 / -0,470 *	0.996 / 0,996	**			
FC	-0.680 / -0,680 **	0.973 / 0,973 **	0.974 / 0,974 **	0.301 / 0,301	-0.968 / -0,968 **	-0.978 / 0,978	**		
PWP	-0.612 / -0,612 **	0.964 / 0,964 **	0.989 / 0,989 **	0.387 / 0,387	-0.985 / -0,985 **	-0.991 / -0,991 **	0.995 / 0,995	**	
AWC	-0.599 / -0,599 **	0.958 / 0,958 **	0.992 / 0,992 **	0.404 / 0,404	-0.988 / -0,988 **	-0.993 / -0,993 **	0.994 / 0,994 *	0.999 / 0,999	**
PR	0.641 / 0,641 **	-0.598 / -0,598 **	-0.474 / -0,474 *	0.268 / 0,268	0.470 / 0,470 *	0.495 / 0,495 *	-0.573 / -0,573 *	-0.540 / -0,540 *	-0.526 / -0,526 *

OM: Organic matter, C: Clay, Si: Silt, S: Sand, BD: Bulk density, FC: Field capacity, PWP: Permanent wilting point, AWC: Available water content, PR: Penetration resistance

Soil is a complex medium, but for simplicity we can think of it as a combination of solid mineral and organic particles and pore space. Pore space allows for air and water storage and movement in soils. Compaction squeezes the soil and, since solids do not compress, pore space is reduced (McKeys, 1985). Soil compacts when pore space is reduced and bulk density is increased. Therefore, any process that reduces pore space causes soil compaction. Its major cause is traffic over the fields. Causes of significantly correlation between PR values well known that the penetration resistance depends on the grain size of soils and important indicator for compaction and other physicochemical properties can be explained some soil properties such as FC, PWP and C have moderate and high coefficient of variation in entisol (Table 3). However, homogeny distribution was found due to low coefficient of variation of soil properties that cause strongly correlation between BD, C, FC, PWP and PR in vertisol.

Factor analyses one of the statistical methods are performed by examining the pattern of correlations (or covariances) between the observed measures. Measures that are highly correlated (either positively or negatively) are likely influenced by the same factors, while those that are relatively uncorrelated are likely influenced by different factors (Hair et al., 1987; Brejda et al., 2000; Kaspar et al., 2004). The results of factor analyses belonged to vertisol and used commonly to evaluate soil data were given in Table 5. According to factor analyses, it was determined factor group of eigenvalue more than 1 in vertisol. The first group (Factor 1) formed from AWC, FC, OM, PWP and CaCO₃ that related to soil moisture and those factors noted 53.07% of variance. In second Factor 2 formed from BD and particle fractions such as S and C and it was explained with 23.1% of total variance. Finally, Factor 3 formed from PR and comprised 11.72% of total variance. Thus, after factor analysis, determined 3 groups involved 87.89% of total variance. In addition, more than 75% of the detected three groups involve 9 features clarified (Table 5). However, Si content was found insignificant effect on soil tillage in vertisol.

Toprakta bulunan boşlukların, mekanik bir yük altında uzaklaşması sonucu toprağın birim hacmindeki azalma veya hacim ağırlığında meydana gelen artış sıkışma olarak tanımlanmaktadır (McKeys, 1985). Bu olayda, toprağın birim hacminde ki boşluklarda hava ve su uzaklaşırken, toprak tanecikleri yeniden düzenlenerek daha az bir hacim içerisinde paketlenmektedir. Toprağın sıkışma sonucu durumundaki değişim, toprak değişiminden kaynaklanmaktadır. Bu değişim, alet veya makine gibi mekanik etkilerle ya da kuruma veya nemlenme gibi doğal olaylarla ortaya çıkan kuvvetlerle meydana gelmektedir. Toprakta sıkışmanın göstergesi olarak kullanılan PR'nin Entisol toprakta diğer fiziko-kimyasal özelliklerle sergilediği önemli korelasyonların nedenleri, FC, PWP ve C gibi toprak özelliklerinin sahip olduğu orta ve yüksek değişkenlik katsayıları (Tablo 3) ile açıklanabilir. Buna karşın Vertisol toprakta BD, C, FC ve PWP gibi PR ile güçlü korelasyonlar göstermesi beklenen toprak özellikleri düşük değişkenlik katsayılarına sahip olması nedeniyle homojen dağılımlar sergilemiştir.

Faktör analizi geniş değişken gruplarını tanımlamak ve özetlemek için çok değişkenli istatistiksel yöntemlerden biridir (Hair et al., 1987; Brejda et al., 2000; Kaspar et al., 2004). Toprak verilerinin değerlendirilmesinde de yaygın olarak kullanılan faktör analizinin Vertisol toprağa ait sonuçları Tablo 5'de görülmektedir. Faktör analiz sonucuna göre, vertisol toprakta özdeğeri (eigenvalue) >1 olan üç faktör grubu belirlenmiştir. Birinci faktör (Faktör 1) AWC, FC, OM, PWP ve CaCO₃ gibi toprak su içeriği ile ilişkili özelliklerden oluşmuş ve toplam varyansın % 53.07'sini açıklayarak en önemli faktör olmuştur. Faktör 2 BD, S ve C gibi toprak tanecik fraksiyonu ve onun değişiminden önemli oranda etkilenen özelliklerinden oluşmuş ve toplam varyansın % 23,10'nu açıklamıştır. PR gibi toprak sıkışmasını ifade eden toprak fiziksel özelliğinden oluşan Faktör 3 ise, toplam varyansın %11.72'sini açıklarken faktör analizi sonrasında belirlenen üç grup toplamda varyansın % 87,89'nu açıklamışlardır. Ayrıca belirlenen üç faktör incelenen 9 özelliğe ait değişkenliklerin % 75 ve daha fazlasını açıklamışlardır (Tablo 5). Si içeriğinin ise, vertisol topraklarda işlenebilirlik üzerine olan etkileri önemsiz bulunmuştur.

Table 5 / Tablo 5

Values of factor for some physico-chemical properties of Vertisol /
Vertisol toprakların bazı fiziko-kimyasal özelliklerine ait faktör analiz değerleri

Soil Properties	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Communality Estimates
AWC	0.992 / 0,992			0.984 / 0,984
FC	0.986 / 0,986			0.974 / 0,974
OM	0.978 / 0,978			0.958 / 0,958
PWP	0.971 / 0,971			0.948 / 0,948
CaCO ₃	-0.988 / -0,988			0.981 / 0,981
BD		0.815 / 0,815		0.748 / 0,748
S		0.801 / 0,801		0.807 / 0,807
C		-0.850 / -0,850		0.750 / 0,750
PR			-0.920 / -0,920	0.903 / 0,903
Initial eigenvalue	5.32 / 5,32	2.35 / 2,35	1.13 / 1,13	
Variance %	53.07 / 53,07	23.10 / 23,10	11.72 / 11,72	
Cumulative variance %	53.07 / 53,07	76.17 / 76,17	87.89 / 87,89	

OM: Organic matter, C: Clay, Si: Silt, S: Sand, BD: Bulk density, FC: Field capacity, PWP: Permanent wilting point, AWC: Available water content, PR: Penetration resistance

To determine effects of some physicochemical soil properties on soil tillage, factor analyses was applied. According to study results, AWC, FC, OM and PWP that are inside in Factor 1 were found positive effect on soil tillage whereas, CaCO₃ was determined negative effect on soil tillage for vertisol. Positive values showed difference resistance to soil tillage in wet or dry conditions of vertisol. In this case, it can be said that soil tillage can be applied more easily in wet condition of vertisol than dry soil condition. However, increasing of

Faktör analizi, fiziko-kimyasal özelliklerin toprak işlenebilirliği üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Elde edilen çalışma bulgularına göre Vertisol toprakta Faktör 1 içerisinde yer alan AWC, FC, OM ve PWP pozitif yük değerleri olarak işlenebilirlik üzerine olumlu etkide bulunurken, CaCO₃ negatif yük değeri olarak işlenebilirlik üzerine olumsuz etkide bulunmuştur. Pozitif yük değerleri vertisol toprakların ıslak ve kuru koşullarda toprak işlemeye karşı dirençlerinin farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu sonuçlar, Vertisol

lime content of soil leads to making difficulty of soil tillage in vertisol. When evaluating of Factor 2 results, soil tillage is becoming easy with increasing of BD and S content of soil. On the other hand, if C content increases in soil, this case was negative effect on soil tillage and soil cultivation will be more difficult. In Factor 3 involved PR and its results show the same effect with lime content of soil. Namely, it was found that increasing of PR value in soil leads to make difficult soil cultivation in vertisol

According to factor analyses, were determined factor groups of eigenvalue more than 1 in entisol and their results were given in Table 6. The first group (Factor 1) formed from C, S, AWC, FC, OM, PWP and BD that related to most texture and soil moisture and those factors noted 72.89 % of variance. In second Factor 2 formed from CaCO₃, Si and PR and it was only explained with 22.05% of total variance. Thus, after factor analysis, determined 3 groups involved 94.94% of total variance. In addition, while PR variability was the least clarified feature in physical properties with 70% of PR variability using factor analysis, it was explained with more than 90% variability in other physicochemical properties (Table 6).

toprakta toprak işlemenin nemli koşullarda kuru koşullara oranla daha kolay yapılabileceğini göstermektedir. Ancak toprakların kireç içeriğinin artmasıyla toprak işleme zorlaşmaktadır. Faktör 2 bulguları değerlendirildiğinde ise artan BD ve S içeriği ile birlikte toprakların işlenebilirliği kolaylaşırken C içeriğinin artması toprak işlemeyi zorlaştırmaktadır. Üçüncü faktör (Faktör 3) olarak gruplandırılan ve toprakta sıkışmanın göstergesi olan PR artması da yine toprak işlemenin daha zor şekilde yapılmasına neden olmaktadır

Entisol toprakta faktör analizi ile özdeğeri (eigenvalue) >1 olan faktörler belirlenmiş ve sonuçlar Tablo 6'da sunulmuştur. Bu sonuçlara göre C, AWC, PWP, FC, OM, S ve BD gibi toprak suyu ve tanecik fraksiyonu ile yakından ilişkili özelliklerden oluşan Faktör 1 toplam varyansın % 72.89'unu açıklayarak en önemli faktör olmuştur. CaCO₃, Si ve PR gibi özelliklerden oluşan Faktör 2 ise toplam varyansın ancak % 22,05'ini açıklamıştır. Faktör analizi ile belirlenen faktör grupları entisol toprakta toplam varyansın % 94,94'ünü açıklamıştır. Ayrıca yapılan faktör analizi ile değişkenliğinin ancak yaklaşık % 70'i açıklanabilen PR değişkenliği en az açıklanabilen fiziksel özellik olurken, diğer fiziko-kimyasal özelliklerin tamamında değişkenliğin % 90'dan fazlası açıklanabilmiştir (Tablo 6).

Table 6 / Tablo 6

Values of factor for some physico-chemical properties of Entisol /
Entisol toprakların bazı fiziko-kimyasal özelliklerine ait faktör analiz değerleri

Soil Properties	Factor 1	Factor 2	Communality Estimates
C	0.992 / 0,992		0.994 / 0,994
AWC	0.979 / 0,979		0.996 / 0,996
PWP	0.976 / 0,976		0.997 / 0,997
FC	0.952 / 0,952		0.993 / 0,993
OM	0.908 / 0,908		0.959 / 0,959
S	-0.994 / -0,994		0.994 / 0,994
BD	-0.989 / -0,989		0.993 / 0,993
CaCO ₃		0.840 / 0,840	0.901 / 0,901
Si		0.797 / 0,797	0.967 / 0,967
PR		0.728 / 0,728	0.699 / 0,699
Initial eigenvalue	7.71 / 7,71	1.79 / 1,79	
Variance %	72.89 / 72,89	22.05 / 22,05	
Cumulative variance %	72.89 / 72,89	94.94 / 94,94	

C, AWC, FC, OM and PWP that are inside in Factor 1 were found positive effect on soil tillage whereas, S and BD were determined negative effect on soil tillage for entisol.

Soil tillage is becoming with increasing of soil moisture content in entisol. CaCO₃, Si and PR were grouped under Factor 2 and these properties have positive effect on soil tillage in entisol.

CONCLUSION

Field operation management, especially selecting and using tillage equipment, should be directed toward developing and maintaining an optimal proportion of soil components (water, air, organic matter, and mineral components) for productive and sustainable agriculture. That's why, it should be well known interactions among soil components. Therefore, factor analysis is one of the most important methods to determine these interactions. In this study, ten physico-chemical soil characteristic such as C, S, Si, CaCO₃, OM, AWC, FC, OM, PWP and BD were used to determine their positive or negative effect on soil tillage by investigating with factor analysis for each different soil types (entisol and vertisol). Because, productive soil is a valuable resource and must be protected. Prevention is the best method for controlling compaction. Once a soil has become compacted, correcting it is difficult and costly, and may take years. For this reasons, it should be taken some measurement such as not to work soil or drive on fields unless soil is dry enough otherwise soil

Entisol toprakta Faktör 1 içerisinde gruplandırılan C, AWC, PWP, FC, OM gibi özellikler toprak işlenebilirlik üzerine pozitif etkiler gösterirken S ve BD gibi özellikler negatif etkiler göstermiştir.

Entisol toprakta da vertisol toprağa benzer şekilde topraktaki nem düzeyinin artmasıyla toprağın işlenebilirliği kolaylaşmaktadır. Faktör 2 altında gruplandırılan CaCO₃, Si ve PR gibi fiziko-kimyasal özelliklerde işlenebilirlik üzerine pozitif etkiler ortaya koymaktadır.

SONUÇ

İyi düzenlenmiş olan araştırma desenlerinde faktör analizi, çok sayıda değişkenle ölçülecek olan bir yapıyı ölçmeye yönelik olarak birbirleriyle ilişkili olan değişkenleri bir araya getirerek, bu değişkenleri daha az sayıda değişkenle (faktör) açıklayarak sonuçların kolay anlaşılabilmesine önemli katkılar sunmaktadır. Bu amaçla vertisol ve entisol toprakta seçilen 10 adet fiziko-kimyasal toprak özelliğinin toprak işlenebilirliği üzerine olan etkileri faktör analizi ile araştırılmıştır. Yapılan faktör analizi sonuçlarına göre fiziko-kimyasal özelliklerin toprağın işlenebilirliği üzerine olan etkileri vertisol toprakta üç grup altında toplanırken entisol toprakta iki grup altında toplanmıştır. Analiz sonuçları çalışma bulgularının değerlendirilmesinde faktör analizinin başarılı sonuçlar ortaya koyduğunu ve bazı fiziko-kimyasal toprak özelliklerinin işlenebilirlik üzerine olan etkilerinin anlaşılmasını kolaylaştırdığı görülmüştür.

compaction occurs in the future that leads weak roots growing in crop. In addition maintain as much organic matter in soil as feasible. Increased organic matter generally makes aggregates stronger so they can better support traffic with less compaction. Reduced tillage, use of cover crops, choice of crop, and crop rotations can all add residues and thus organic matter.

Acknowledgement

The authors gratefully acknowledge Scientific Research Council (BAP-PYO. ZRT.1901.011.011) of Ondokuz Mayıs University

REFERENCES

- [1]. Allison, L.E., and Moodie, C.D. (1965) – *Carbonate*. In: C.A. Black et al (ed.) *Methods of Soil Analysis*. Part 2, Agronomy 9;1379-1400. Am. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA;
- [2]. Blake, G.R., and Hartge, K.H. (1986) – *Bulk Density and Particle Density*. In *Methods of Soil Analysis*, A. Klute (ed.), Part I, Physical and Mineralogical Methods (Second edition), pp: 363-381. ASA and SSSA Agronomy Monograph, no: 9, Madison, WI;
- [3]. Brejda, J.J., Moorman, T.B., Karlen, D.L., & Dao, T.H. (2000) – *Identification of regional soil quality factors and indicators: I. Central and southern high plains*. Soil Science Society of America Journal, 64, 2115_2124;
- [4]. Bouyoucos, G.J. (1951) – *A Recalibration of Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soils*, Agronomy Journal, 43(9), 434-438;
- [5]. Jackson, M. (1958) – *Soil Chemical Analysis*, p. 1-498. Prentice-Hall. Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, USA;
- [6]. Govaerts, B., Sayre, K.D., Deckers, J., (2006) – *A minimum data set for soil quality assessment of wheat and maize in the highlands of Mexico*. Soil Tillage Res. 87, 163–174;
- [7]. Marinari, S., Mancinelli, R., Campiglia, E., Grego, S., (2006) – *Chemical and biological indicators of soil quality in organic and conventional farming systems in Central Italy*. Ecol. Indic. 6, 701–711;
- [8]. McKeys, E. (1985) – *Soil Cutting and Tillage*. Elsevier, Amsterdam, 217 pp;
- [9]. Hair, J.F., Anderson, J.R.E., & Tatham, R.L. (1987) – *Multivariate data analysis with readings* (2nd edn). Macmillan Publishing Co, New York, USA;
- [10]. Kaspar, T.C., Fenton, D.J., Colvin, T.S., Karleno, D.L., Jaynes, D.B., & Meek, D.W. (2004) – *Relationships of corn and soybean yield to soil and terrain properties*. Agronomy Journal, 96, 700_709;
- [11]. Klute, A. (1986) – *Water Retention: Laboratory methods*. In *Methods of Soil Analysis*, A. Klute (ed.), Part I, Physical and Mineralogical Methods (Second edition), pp: 635-662, ASA and SSSA Agronomy Monograph no: 9, Madison, WI;
- [12]. Rezaei, S.A., Gilkes, R.J., Andrews, S.S., (2006) – *A minimum data set for assessing soil quality in rangelands*. Geoderma 136, 229–234;
- [13]. Sarıoğlu, F.E., Dengiz, O. (2012) – *Soil Survey and Mapping of Soils Formed on Two Different Physiographic Units and Their Classification*. The International Soil Science Congress on Land Degradation and Challenges in Sustainable Soil Management. 15-17 May 2012, Çeşme-İzmir-TURKEY.
- [14]. Selvi, K.Ç., Kirişçi, V. ve Korucu, T. 2003. The Effects Of Plowpan On Cotton Production In Terms Of Soil Dynamics. 21th National agricultural mechanization congress, 3-5 September 2003. pp:179-185, Konya, TURKEY;
- [15]. Shukla, M.K., Lal, R., Ebinger, M., (2006) – *Determining soil quality indicators by factor analysis*. Soil Tillage Res. 87, 194–204;

Açıklama

Bu çalışmaya (BAP-PYO. ZRT.1901.011.011) desteklerinden dolayı Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) komisyonuna teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1]. Allison, L.E., and Moodie, C.D. (1965) – *Carbonate*. In: C.A. Black et al (ed.) *Methods of Soil Analysis*. Part 2, Agronomy 9;1379-1400. Am. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA;
- [2]. Blake, G.R., and Hartge, K.H. (1986) – *Hacimsel yoğunluk ve parçacık yoğunluğu*. In *Methods of Soil Analysis*, A. Klute (ed.), Part I, Physical and Mineralogical Methods (Second edition), pp: 363-381. ASA and SSSA Agronomy Monograph, no: 9, Madison, WI;
- [3]. Brejda, J.J., Moorman, T.B., Karlen, D.L., & Dao, T.H. (2000) – *Bölgesel toprak kalite faktörlerinin ve göstergelerinin tanımlanması. I. Central and southern high plains*. Soil Science Society of America Journal, 64, 2115_2124;
- [4]. Bouyoucos, G.J. (1951) – *Toprakların mekanik analizleri için hidrometre metodunun kalibrasyonu*. Agronomy Journal, 43(9), 434-438;
- [5]. Jackson, M. (1958) – *Kimyasal toprak analizleri*. p. 1-498. Prentice-Hall. Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, USA;
- [6]. Govaerts, B., Sayre, K.D., Deckers, J., (2006) – *Meksinanın yüksek alanlarında yetişen mısır ve buğday bitkisi toprak kalite değerlendirmesi için minimum veri seti*. Soil Tillage Res. 87, 163–174;
- [7]. Marinari, S., Mancinelli, R., Campiglia, E., Grego, S., (2006) – *Orta İtalya'da konvensiyonel ve organik tarımda toprak kalitesinin kimyasal ve biyolojik göstergeleri*. Ecol. Indic. 6, 701–711;
- [8]. McKeys, E. (1985) – *Toprak işleme ve kesme*. Elsevier, Amsterdam, 217 pp;
- [9]. Hair, J.F., Anderson, J.R.E., & Tatham, R.L. (1987) – *Okumalarla multivariate veri analizi* (2nd edn). Macmillan Publishing Co, New York, USA;
- [10]. Kaspar, T.C., Fenton, D.J., Colvin, T.S., Karleno, D.L., Jaynes, D.B., & Meek, D.W. (2004) – *Mısır ve soyada toprak özellikleri ilişkileri*. Agronomy Journal, 96, 700_709;
- [11]. Klute, A. (1986) – *Water Retention: Laboratory methods*. *Toprak analiz metodları*, A. Klute (ed.), Part I, Physical and Mineralogical Methods (Second edition), pp: 635-662, ASA and SSSA Agronomy Monograph no: 9, Madison, WI;
- [12]. Rezaei, S.A., Gilkes, R.J., Andrews, S.S., (2006) – *Meralarda toprak kalite değerlendirmesi için minimum veri seti*. Geoderma 136, 229–234;
- [13]. Sarıoğlu, F.E., Dengiz, O. (2012) – *Soil Survey and Mapping of Soils Formed on Two Different Physiographic Units and Their Classification*. The International Soil Science Congress on Land Degradation and Challenges in Sustainable Soil Management. 15-17 May 2012, Çeşme-İzmir-TURKEY.
- [14]. Selvi, K.Ç., Kirişçi, V. ve Korucu, T. 2003. *Pamuk üretiminde pulluk tabanının toprak dinamiği açısından etkileri*. 21th National agricultural mechanization congress, 3-5 September 2003. pp:179-185, Konya, TURKEY;
- [15]. Shukla, M.K., Lal, R., Ebinger, M., (2006) – *Faöktör analiz yöntemiyle toprak kalite göstergelerinin belirlenmesi*. Soil Tillage Res. 87, 194–204;

[16]. Swan, A. R. H. and Sandilands, M. (1995) – *Introduction to Geological Data Analysis*. Blackwell, London. 446 PP;
[17]. Soil Survey Staff. (1999) – *Soil Taxonomy. A Basic of Soil Classification for Making and Interpreting soil Survey*. USDA Handbook No: 436, Washington D.C. USA;
[18]. Terzaghi C. (1996) – *Simplified soil test for subgrades and their physical significance*. Publ. Roads 7, 153–162;
[19]. Wendroth, O., Reynold, W.D., Vieira, S.R., Reichardt, K. and Wirth, S. (1997) – *Statistical Approaches to the Analysis of Soil Quality Data*. In: "Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health", (EdS.): Gregorich, E. G. and Carter, M. R.. Elsevier, Amsterdam, PP. 247-276;
[20]. Yemefack, M., Jetten, V.G., Rossiter, D.G., (2006) – *Developing a minimum data set for characterizing soil dynamics in shifting cultivation Systems*. Soil Tillage Res. 86, 84–98.

[16]. Swan, A. R. H. and Sandilands, M. (1995) – *Jeolojik veri analizine giriş*. Blackwell, London. 446 PP;
[17]. Soil Survey Staff. (1999) – *Soil Taxonomy. Toprak araştırmalarında temel toprak sınıflandırılması*. USDA Handbook No: 436, Washington D.C. USA;
[18]. Terzaghi C. (1996) – *alt katmanlar ve onların fiziksel öneminin anlaşılmasında kullanılan basitleştirilmiş toprak testleri*. Publ. Roads 7, 153–162;
[19]. Wendroth, O., Reynold, W.D., Vieira, S.R., Reichardt, K. and Wirth, S. (1997) – *Toprak kalitesi veri analizlerine istatistiksel bir yaklaşım: "Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health"*, (EdS.): Gregorich, E. G. and Carter, M. R.. Elsevier, Amsterdam, PP. 247-276;
[20]. Yemefack, M., Jetten, V.G., Rossiter, D.G., (2006) – *Değişken toprak işleme sistemlerinde toprak dinamiğinin katarterize edilmesin için minimum düzeyde veri seti geliştirilmesi*. Soil Tillage Res. 86, 84–98.