

Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemler ile Toprak Özelliklerinin Gruplandırılması

Mustafa Sağlam¹

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun, 55139.

Özet

Bu çalışma, toprak fiziko–kimyasal özelliklerinin faktör ve kümeleme analizi gibi çok değişkenli istatistik yöntemleriyle değerlendirilmesi amacıyla Ankara Üniversitesi, Ayaş Uygulama ve Araştırma Çiftliği topraklarında yürütülmüştür. Bu kapsamda, seçilen 14 adet toprak fiziko–kimyasal özelliği incelenmiştir. Faktör analizinin Kaiser–Mayer–Olkin (KMO) katsayısı 0,70 ve Bartlett küresellik testi önemlilik değeri 0,00 olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla veri seti faktör analizi için uygun bulunmuştur. Faktör analizi uygulamasında özdeğerleri 1’den büyük olan 3 faktör belirlenmiştir. Toplam değişimin % 71,22’si bu faktörler tarafından açıklanmaktadır. Araştırma sonucunda döndürülmüş faktör analiziyle elde edilen yapı ile aşamalı kümeleme analiziyle elde edilen yapının büyük oldukça benzer olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Fiziksel özellikler, kimyasal özellikler, faktör analizi, kümeleme analizi.

Grouping of Soil Properties using Multivariate Statistical Methods

Abstract

Abstract: This study was carried out in Ayaş Research and Training Farm soils of Agricultural Faculty of Ankara University, to group related soil physico–chemical properties using multivariate statistical methods of factor and cluster analyses. In this context, the selected 14 soil physico-chemical properties were evaluated. Kaiser–Mayer–Olkin (KMO) value of the factor analysis was 0.70 and Barlett Spherity test significance value was 0.00. Thus, data set was found to be suitable for factor analysis. Three factors were occurred with Eigen values greater than one. These three factors described 71.22 % of total variation in the data. Results of the exploratory Factor Analysis and Hierarchical Cluster Analysis on the survey data were highly similar.

Key Words: Soil physical properties, soil chemical properties, factor analysis, cluster analysis.

GİRİŞ

Toprak, fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri yardımıyla; hem bitkisel üretim için gerekli olan bitki besin elementlerini depolaması hem de çevre için olumsuz etkileri olan kirleticileri filtrelemesi veya tutması nedeniyle karasal ekosistemlerin önemli bileşenlerinden birisidir (Marzaioli vd., 2010). Özellikle tarımsal ekosistemlerde toprak özellikleri, toprak oluşum faktörleriyle birlikte yönetim uygulamalarına ve arazi kullanımlarına bağlı olarak zamansal ve konumsal olarak önemli değişkenlikler gösterir. Ayrıca, toprakların fiziksel ve kimyasal

özellikleri ile ilgili bilgiler, toprakta gerçekleşen ayrışma, erozyon, yüzey akış ve yeraltı suyunun depolanması gibi fiziksel ve kimyasal süreçlerin anlaşılması ve değerlendirilmesi içinde önemlidir (Daniels ve Hammer, 1992). Tekstür veya toprağın mineral içeriği gibi bazı durağan toprak özellikleri, oluşum süreçleri tarafından belirlenmesine karşın su içeriği, elektriksel iletkenlik, sıkışma, organik madde miktarı gibi bazı dinamik toprak özellikleri arazi yönetim uygulamalarına bağlı olarak değişkenlikler gösterebilmektedir (Jabro vd., 2006). Bununla birlikte,

tarımsal uygulamalar sırasında toprak özellikleri ile ilgili yaşanan sorunlara çözüm bulunabilmesi, ilgili özelliğin jeolojik değişimlerinin yanısıra yönetim uygulamalarına bağlı zamansal ve konumsal değişimlerinin ortaya konulmasıyla mümkün olabilmektedir. Ancak bu süreçlerin toprak özellikleri üzerine olan etkilerinin hem doğrusal olmaması hem de ölçek bazındaki farklılıklar göstermesi nedeniyle bu ilişkilerin klasik yöntemlerle değerlendirilmesinde bazı zorluklar ortaya çıkabilmektedir. Böyle durumlarda, çok değişkenli konumsal yapıların açıklanması veya analiz edilmesi daha doğru bir yol olabilmektedir. Çünkü bazen özellikler arasındaki ilişkilere dayalı olarak ortaya konulan ikincil bilgilerle yapılan tahminler, tek değişkenli tahmin yöntemlerine oranla daha iyi sonuçlar verebilmektedir (Bishop ve McBratney, 2001).

Çok değişkenli istatistik, iki veya daha fazla değişkeni aynı anda analiz etmeye yarayan istatistiksel yöntemleri tanımlamakta kullanılan genel bir terimdir (Shaw, 2003). Çok değişkenli istatistiksel analizde sistem içerisinde birbiriyle ilişki halinde çok sayıda değişken söz konusudur. Ayrıca, gerçek hayatta ve modern bilimsel çalışmalarda temel alınan birim ve değişken sayısı birden fazla olup, bu birim ve değişkenlerin de karşılıklı etkileşimleri söz konusudur. Bu nedenle çok değişkenli istatistiksel analiz tekniklerine ihtiyaç duyulur ve bu yaklaşımı tek değişkenli istatistiksel analizlerden üstün kılan temel özellik; tek değişkenli istatistiksel analizlerde veri olarak kabul edilen birçok faktörün çok değişkenli analizlerde birer değişken olarak sisteme dâhil edilebilmesidir (Ünlükaptan, 2008).

Bu çalışmada, incelenen 14 adet toprak fiziko-kimyasal özelliğinin aralarındaki ilişkileri kullanarak daha az sayıda değişken grubuna indirgenmesi ve böylece çalışma alanı için önemli olan fiziksel ve kimyasal süreçlerin daha iyi anlaşılması hedeflenmiştir. Bu amaçla yapılan veri analizi sırasında, çok değişkenli istatistiksel analiz yöntemlerinden veri seti içerisinde birbiriyle ilişkili çok sayıda değişkeni, daha az sayıda anlamlı ve birbirinden bağımsız faktörler haline getiren faktör analiz yöntemi ile verileri benzerliklerine göre sınıflandıran kümeleme analiz yöntemi kullanılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma Alanının Tanımı

Ankara ilinin Ayaş ilçesi sınırları içerisinde kalan Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ayaş Araştırma ve Uygulama Çiftliği, 40° 01' ve 40° 02' kuzey

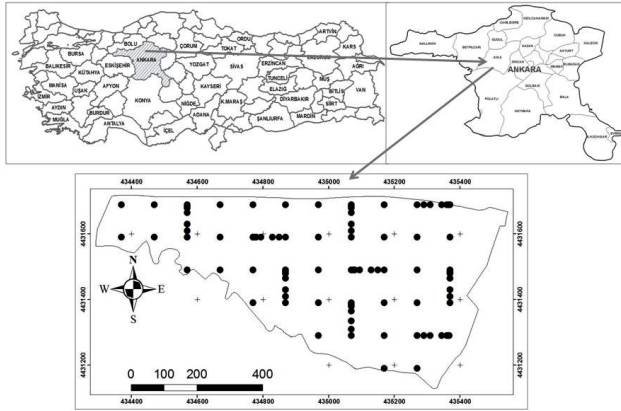
enlemleri 32° 13' ve 32° 15' doğu boylamları arasında, Ankara-Beyşehir karayolunun 65. km'sinde, Güdül yol ayrımının güneybatısında yer almaktadır. Denizden yüksekliği ortalama 680 m olan çalışma alanı yaklaşık 43,5 ha'dır. Ayaş gözlem istasyonu verilerine göre çalışma alanında yıllık ortalama sıcaklık 11,4 °C; yıllık ortalama yağış ise 439,7 mm'dir. En düşük sıcaklık ortalaması 0,5 °C ile ocak ayına ve en yüksek sıcaklık ortalaması ise 22,2 °C ile temmuz ve ağustos aylarında görülmüştür. En yüksek yağış 57,2 mm ile aralık ayında ve en düşük yağış ise 9,6 mm ile ağustos ayında düşmektedir.

Taşkın (1974), araştırma alanının etrafındaki jeomorfolojik yapının genelde jeolojik durumu yansıttığını, jeolojik formasyonların yayılış ve oluşumu ile bölgedeki yeryüzü şekilleri arasında yakın bir ilişkinin var olduğunu, yükseltilerin sedimentler ve volkanik kökenli kayaların aşınmasıyla oluştuğunu, aşınmadan ileri gelen sedimantasyonun ise çukurlarda biriktiğini belirtmektedir (Atatanır ve Yüksel, 2003). Bölgede Neojen'de meydana gelen yükselme ve aşınma hareketleri, sahada basamaklar halinde görünen platoların meydana gelmesine neden olmuştur. Belirgin özellikleri bulunan çeşitli seviyelerdeki aşınım yüzeyleri akarsular tarafından derince yarılarak plato özelliğini kazanmıştır (Atatanır ve Yüksel, 2003). Araştırma alanının da içerisinde yer aldığı aluviyal taban arazisini, Ayaş-Beyşehir karayolu boyunca gözlenen birikinti konileri ve derin vadilerle yarılan sekiler oluşturmaktadır. Kuaternerin son devresinde akarsu gücüyle ve dağınık çakıl, kum, silt, kil birikintilerinden oluşan (Yılmaz, 1993) ve vadi tabanlarının en çukur yerlerini teşkil eden aluviyal alanlar, taban suyu bakımından da zengindirler. Çalışma alanı toprakları Atatanır ve Yüksel (2003) tarafından yapılan detaylı toprak etüd ve haritalama çalışmasıyla toprak sınıflama sistemine (Soil Survey Staff, 1999) göre Entisol (Sazlık, Çiftlik ve Ayaş Çayı serileri) ve İnceptisol (Elmalık serisi) ordosunda sınıflandırılmıştır.

Örnekleme Sistemi ve Laboratuvar Analizleri

Toprak örnekleri 0–30 cm derinlikten alana yerleştirilen 100x100 m'lik düzenli ızgaraların kesişim noktaları ile 100 m'lik iki ızgara noktası arasına 3, 8, 10, 25, 60 ve 80 m mesafelerle yerleştirilen ara noktalar üzerinden alınmıştır (Şekil 1). Çalışma alanında kesişim noktası ve ara nokta olmak üzere toplam 92 adet noktada bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleme yapılmıştır. Tekstür (Bouyoucos, 1951), suya dayanıklı agregat (Kemper, 1965), daimi solma noktası (Klute, 1986), organik madde (Jackson,

1958), pH (Hendershot vd., 1993), EC (Rhoades, 1986) ve kireç (Allison ve Moodie, 1965) analizleri bozulmuş toprak örneklerinde; toprak hacim ağırlığı (Blake ve Hartge, 1986), tarla kapasitesi (Klute, 1986) ve hidrolik iletkenlik (Klute ve Dirksen, 1986) analizleri ise bozulmamış toprak örneklerinde yapılmıştır. Yarayışlı su içeriği tarla kapasitesi ile daimi solma noktası arasındaki farkın hesaplanmasıyla, makropor miktarı ise toplam porozite ve tarla kapasitesi arasındaki farkın hesaplanmasıyla (Malgwi ve Abu, 2011) belirlenmiştir.



Şekil 1 Çalışma alanının konumu ve örnekleme deseni

İstatistiksel Analizler

Çalışmada, Ayaş Araştırma ve Uygulama Çiftliği arazisi topraklarında incelenen 14 adet toprak fiziko-kimyasal özelliği verisini gruplandırmak ve benzer özellikleri sınıflandırmak amacıyla faktör ve hiyerarşik kümeleme analizleri uygulanmıştır.

Faktör analizi, birbiriyle ilişkili çok sayıda değişkeni kullanarak, daha az sayıda ve birbiriyle ilişkisi olmayan değişkenleri elde etmeye yarayan çok değişkenli istatistik tekniğidir. Faktör analizinde, gözlenen fazla sayıda değişken, daha az sayıda faktör ile açıklanmaya çalışıldığından, öncelikle değişkenler arası korelasyonlar göz önünde bulundurulur (Johnson ve Wichern, 1992). Faktör analizi, boyut indirgeme ve bağımlılık yapısını yok etme amacını gerçekleştirerek birlikte, p değişkenli bir olayda birbiri ile ilgili değişkenleri bir araya getirerek, az sayıda yeni (ortak) ilişkisiz değişken bulmayı amaçlar (Tatlıdil, 2002). Toprak fiziko-kimyasal özelliklerinin gruplandırılması amacıyla uygulanan faktör analizinde, veri setinin uygunluğunun belirlenmesinde Barlett ve Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) testlerinden, faktörlerin belirlenmesinde temel bileşenler analizi yönteminden, döndürme işleminin yapılmasında ise Varimax tekniğinden yararlanılmıştır. Faktör analizi sonucunda öz değerleri 1'e eşit veya 1'den büyük olan gruplar

faktör olarak kabul edilirken, kritik faktör yükü 0,5 olarak alınmıştır.

Kümeleme analizi, gruplanmış verileri benzerliklerine göre sınıflandırmada sıklıkla kullanılan çok değişkenli istatistiksel yöntemlerden birisidir. Kümeleme analizi, araştırmada gözlenen bireylerin ya da nesnelerin ölçülen tüm değişkenler üzerindeki değerlerini hesaplayarak ortaya çıkacak kümelere veya gruplara odaklanmaktadır. Bireyler veya nesneler arasındaki benzerlikleri saptamak amacıyla uzaklık ölçüleri, korelasyon ölçüleri veya niteli verilerinin benzerlik ölçüleri kullanılmaktadır (Uçar, 2010). Toprak fiziko-kimyasal özelliklerini benzerliklerine göre sınıflandırmak için seçilen hiyerarşik kümeleme analizi, benzerlik ölçüsü olarak Pearson korelasyonu, bağlantı yöntemi olarak da en kısa mesafe esasına dayanan tek bağlantı yöntemi temel alınarak gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel analizler SPSS 17.0 paket programı ile yapılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Toprak fiziko-kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 1'de sunulmuştur. Çalışma alanındaki toprakların tekstürü kil (C), killi tın (CL), siltli killi tın (SiCL) ve tın (L) arasında dağılım göstermiştir. Toprakların tekstür bileşenleri incelendiğinde, kil ve silt içeriğinin normal dağılımlar sergilediği, kum içeriğinin ise sağa çarpık bir dağılım sergilediği görülmektedir. Bunun yanında en düşük ve en yüksek değerlere göre, nötr ve hafif alkali reaksiyon arasında değişen toprak pH'sının sola çarpık, tuzsuz ve hafif tuzlu arasında değişen elektriksel iletkenlik ile çok düşük ve yüksek arasında değişen organik maddenin sağa çarpık bir dağılım ortaya koyduğu, orta kireçli olarak belirlenen kireç içeriğinin ise normal dağılım sergilediği görülmektedir. Toprak fiziko-kimyasal özelliklerine ilişkin çarpıklık katsayıları incelendiğinde, doymuş hidrolik iletkenliğin normal dağılımdan en uzak dağılım gösteren toprak özelliği olduğu, onu sırasıyla elektriksel iletkenlik, kum, pH, organik madde, makropor, toprak hacim ağırlığı ve tarla kapasitesinin takip ettiği görülmektedir. Normal dağılımdan uzak dağılımlar sergileyen bu veri setlerinde, faktör ve kümeleme analizleri öncesinde normal dağılıma yaklaştırmak amacıyla karekök ve logaritma dönüşümleri yapılmıştır (Webster, 2001). Diğer taraftan kil, silt, suya dayanıklı agregat, daimi solma noktası, yarayışlı su içeriği ve kireç ise çarpıklık katsayılarına göre normal dağılım gösteren toprak fiziko-kimyasal özellikleri olmuşlardır (Çizelge 1). Yapılan birçok çalışmada araştırmacılar parsel ve tarla ölçeğinde toprak özelliklerinin genellikle

normal dağılım göstermediğini bildirmektedir (Edmonds ve Lenter, 1987; Edmonds vd., 1988; Parkin vd., 1988; Parkin ve Rabinson, 1992; Starr vd., 1992; Parkin ve Rabinson, 1994; Starr vd., 1995; Brejda vd., 2000). Diğer taraftan toprak fiziko–kimyasal özellikleri değişkenlik katsayılarına göre değerlendirildiğinde, doymuş hidrolik iletkenliğin en yüksek değişkenliğe (% 124,2) sahip özellik olduğu, buna karşın pH'nın ise en düşük değişkenliğe (% 1,64) sahip özellik olduğu görülmektedir (Çizelge 1). Wilding vd. (1994) ve Mulla ve McBartney (2000)'in yaptığı değerlendirmeye göre, çalışma alanında doymuş hidrolik iletkenlik yüksek düzeyde değişkenliğe sahip tek toprak özelliği olurken yarayırlı su içeriği, elektriksel iletkenlik ve organik madde orta düzeyde değişkenliğe sahip toprak özellikleri olmuştur. Diğer toprak özelliklerinin alan içerisindeki değişkenliklerinin ise düşük düzeyde olduğu bulunmuştur.

Çizelge 1. Toprak fiziko–kimyasal özelliklerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler

Toprak Özelliği	Ortalama	En Düşük	En Yüksek	Std. Sapma	Değişkenlik Katsayısı (%)	Çarpıklık	Basıklık	n
Kil, (%)	39,14	24,62	48,23	5,14	13,14	-0,48	-0,08	90
Silt, (%)	34,48	25,07	46,93	3,92	11,36	0,28	1,09	90
Kum, (%)	26,38	15,61	48,04	5,72	21,68	1,19	2,54	90
SDA, (%)	62,45	40,68	79,69	8,86	14,19	-0,30	-0,49	82
TK, (%)	35,90	30,25	43,41	2,96	8,25	0,65	0,22	88
DSN, (%)	27,47	22,29	33,15	2,42	8,81	0,06	-0,61	88
YSİ, (%)	8,58	2,14	15,28	2,41	28,10	-0,19	0,92	82
DHİ, (cm sa ⁻¹)	7,79	0,04	67,38	9,68	124,22	3,58	17,98	83
THA, (g cm ⁻³)	1,15	1,07	1,28	0,05	3,90	0,75	0,40	85
MP, (%)	20,35	9,88	26,28	3,65	17,96	-0,82	0,28	76
pH	7,99	7,46	8,33	0,13	1,64	-0,94	3,23	92
EC, (dS m ⁻¹)	0,59	0,25	2,10	0,29	49,26	2,26	7,87	92
OM, (%)	1,75	0,67	3,55	0,51	29,08	0,92	2,38	90
Kireç, (%)	10,42	6,60	14,57	1,69	16,25	-0,08	-0,30	91

SDA: Suya Dayanıklı Agregat; TK: Tarla Kapasitesi; DSN: Daimi Solma Noktası; YSI: Yarayırlı Su İçeriği; DHİ: Doymuş Hidrolik İletkenlik; THA: Toprak Hacim Ağırlığı; MP: Makropor; EC: Elektriksel İletkenlik; OM: Organik Madde.

Toprak fiziko–kimyasal özellikleri arasındaki ilişkiler Pearson korelasyonu kullanılarak analiz edilmiş ve istatistiksel olarak önemli korelasyonlar ($p < 0,01$, $p < 0,05$) bulunmuştur (Çizelge 2). İstatistiksel olarak önemli bulunan en yüksek ve en düşük pozitif korelasyon katsayıları sırasıyla daimi solma noktası ile kil içeriği (0,67) ve doymuş hidrolik iletkenlik ile pH (0,25) arasında belirlenmiştir. Buna karşın en yüksek negatif korelasyon katsayısı tarla kapasitesi ile makropor (-0,88) arasında bulunurken, en düşük negatif korelasyon katsayıları kil ile silt, daimi solma noktası ile kireç ve doymuş hidrolik iletkenlik ile toprak hacim ağırlığı (-0,22) arasında bulunmuştur.

Çalışmada faktör analizi, toprak özellikleri arasındaki içsel ilişkileri ortaya koymak için kullanılmıştır. Faktör analizinin temel amacı, birbiriyle

ilişkili veri yapılarını, birbirinden bağımsız ve daha küçük boyutlu yeni veri setleri haline getirmek ve bu şekilde değişkenler arasındaki ilişkiyi ortaya çıkararak sınıflandırmalar yapmaktır. Faktör analizinde ayrıca tanımlanan faktörler ile yüksek korelasyona sahip ölçülebilir değişkenlerin bulunması da amaçlanmaktadır (Ünlükaptan, 2008).

Toprak fiziko–kimyasal özelliklerine ait veri setinin faktör analizine uygunluğunun kontrol edilmesinde Kaiser–Meyer–Olkin (KMO) ve Bartlett küresellik testlerinden yararlanılmıştır. KMO oranı 0,70 değeri ile iyi (Sharma, 1996) ve Bartlett küresellik testi ise $\alpha = 0,00$ düzeyinde önemli bulunduğundan (Hair vd., 1998) toprak özelliklerine ait veri setinin örneklem büyüklüğünün faktör analizi uygulaması için yeterli olduğu kabul edilmiştir. Faktör analizi sonucunda özdeğeri >1 olan ve herbirinin toplam varyansa oranı gittikçe azalan 3 faktör belirlenmiştir (Çizelge 3).

Faktör seçiminde faktör sayısına; özdeğer kriteri, her faktöre ilişkin toplam varyansı gösteren eleme (scree) eğrisinin yatay şekil aldığı nokta, rotasyon sonrasında bileşenler tarafından açıklanan varyans ve bileşenlerin toplam varyansın açıklanmasına yüzde olarak katkısı incelenerek karar verilmiştir. Toplam varyansın açıklanmasına katkısı % 5'in altına düştüğü noktada maksimum faktör sayısına ulaşıldığı kabul edilerek, analiz sonucunda bu değerlendirmeleri karşılayan 3 bileşenin faktör olarak seçilmesine karar verilmiştir. Faktör sayısının kabul edilmesinden sonra ortogonal rotasyon yöntemlerinden en yaygın olan varimax yöntemi kullanılarak her faktörün açıkladığı varyans maksimize edilmiş ve bu şekilde yük matrisinin sütunları basitleştirilerek daha kolay yorumlanabilir faktörlerin elde edilmesi amaçlanmıştır. Rotasyon

Çizelge 2. Toprak fiziko–kimyasal özelliklerinin korelasyon analizi

	Kil	Silt	Kum	SDA	TK	DSN	YSİ	DHİ	HA	MP	pH	EC	OM
Silt	-0,22*												
Kum	-0,75**	-0,48**											
SDA	-0,11	0,18	-0,01										
TK	0,42**	0,22	-0,52**	0,15									
DSN	0,67**	0,16	-0,71**	-0,03	0,62**								
YSİ	-0,16	0,12	0,06	0,18	0,61**	-0,25*							
DHİ	0,17	-0,15	-0,05	0,09	0,14	-0,08	0,30**						
THA	0,03	-0,05	0,01	0,16	0,1	0,07	0,04	-0,22*					
MP	-0,38**	-0,13	0,43**	-0,22	-0,88**	-0,61**	-0,54**	-0,01	-0,57**				
pH	0,36**	-0,01	-0,32**	-0,12	0,18	0,35**	-0,09	0,25*	-0,19	-0,17			
EC	-0,12	0,12	0,03	0,29*	0,26*	0,03	0,26*	0,06	0,18	-0,33**	-0,50**		
OM	-0,03	0,20	-0,11	0,51**	0,15	0,27*	-0,11	-0,13	-0,01	-0,16	0,10	0,14	
Kireç	-0,19	-0,26*	0,34**	0,05	-0,15	-0,22*	0,04	0,19	-0,05	0,12	0,01	0,04	0,06

SDA: Suya Dayanıklı Agregat; TK: Tarla Kapasitesi; DSN: Daimi Solma Noktası; YSİ: Yarayışlı Su İçeriği; DHİ: Doymuş Hidrolik İletkenlik; THA: Toprak Hacim Ağırlığı; MP: Makropor; EC: Elektriksel İletkenlik; OM: Organik Madde.
*: p<0,05; **: p<0,01

sonrasında elde edilen 3 faktör, toplam varyansın % 71,22'sini açıklamıştır (Çizelge 3). Birinci faktörde toprak özelliklerinden tarla kapasitesi, daimi solma noktası ve kil pozitif, makropor ve kum ise negatif ilişkiye sahiptir. Birinci faktörde faktör bileşeni olarak bir arada gruplandırılan toprak özellikleri, niteliklerine göre toprakta tutulan su miktarı üzerine olumlu ve olumsuz katkı yapabilen özellikler olması nedeniyle birinci faktöre “toprak tekstürü ve suyu” adı verilebilir. Çünkü toprak suyu, toprak tekstürü ile yakından ilişkilidir. Özellikle toprak suyunun önemli göstergelerinden olan tarla kapasitesi ve daimi solma noktası değerleri, topraklarda artan kil miktarı ile pozitif yönde değişimler gösterirken, buna karşın artan kum miktarıyla ilişkili olarak negatif yönde değişimler sergilemektedir. Bu çalışmada da, “toprak tekstürü ve suyu” faktörüne değişken olarak atanan toprak suyu göstergelerinden tarla kapasitesi ve daimi solma noktasının kil içeriği ile ilişkisi pozitif, kum içeriği ve makropor ile ilişkisi negatif bulunmuştur., Erşahin ve

Karaman (2000) tarafından da benzer sonuçlar ortaya konulmuştur.

İkinci faktör suya dayanıklı agregat, organik madde ve elektriksel iletkenlik ile pozitif ilişkiler ortaya koymasından dolayı “toprak kimyasal özellikleri ve agregatlaşma” olarak tanımlanabilir. Toprakta agregatlaşma üzerine organik maddenin pozitif etkisi bilinmesine karşın elektriksel iletkenliğin etkisi değişken olabilir. Zira elektriksel iletkenliğin kaynağı topraktaki kalsiyum, magnezyum, potasyum ve sodyum gibi değişebilir katyonlardır. Değişebilir katyonlardan özellikle kalsiyum ve magnezyum toprak tanelerinin flokülasyonunu teşvik ederek agregatlaşmayı artırırken, sodyum toprak tanelerinin teksel yapıya geçişini hızlandırıcı bir etki ortaya koyarak agregatlaşma üzerine negatif bir etki yapmaktadır. Anapalı (1994), Iğdır ovası tuzlu–sodyumlu topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin agregatlaşma üzerine etkilerini incelediği çalışmada agregatlaşma ile kil, porozite, katyon değişim kapasitesi, elektriksel iletkenlik ve değişebilir

Çizelge 3. Toprak fiziko–kimyasal özelliklerinin faktör analizi

Değişkenler	F 1	F 2	F 3	Oransal Ortak Etken Varyansları
TK	0,89			0,82
MP	-0,87			0,80
DSN	0,76			0,73
Kum	-0,66		0,57	0,76
Kil	0,65			0,72
SDA		0,84		0,71
OM		0,75		0,67
EC		0,69		0,61
CaCO ₃			0,77	0,60
Varyans (%)	33,31	21,01	16,90	
Ekleme Varyans (%)	33,31	54,32	71,22	

TK: Tarla Kapasitesi; MP: Makropor; DSN: Daimi Solma Noktası; SDA: Suya Dayanıklı Agregat; OM: Organik Madde; EC: Elektriksel İletkenlik.

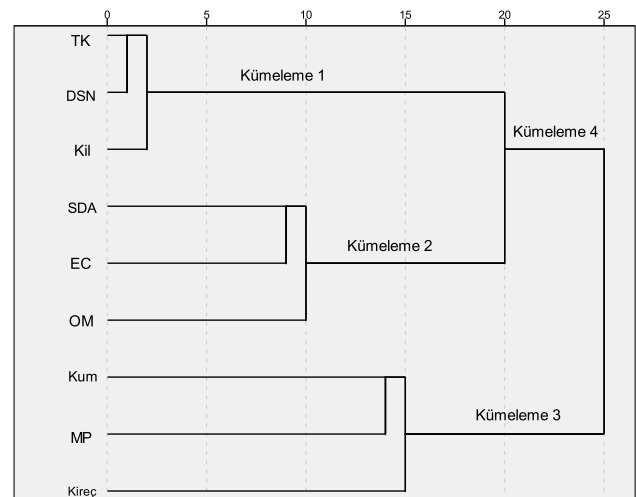
*: Değişkenler için en düşük faktör yükü 0.5 olarak kabul edilmiştir.

kalsiyum+magnezyum arasında önemli pozitif, hacim ağırlığı ile önemli negatif ilişkiler belirlerken, agregatlaşmanın organik madde ile pozitif ilişkisinin ve silt, kireç, değişebilir sodyum ve potasyumun negatif ilişkilerinin ise istatistiksel olarak önemsiz olduğunu bildirmiştir. Faktör bileşeni olarak elektriksel iletkenliğin pozitif yük değeri alması, agregatlaşma üzerine etkisinin pozitif olduğunu ortaya koyarken aynı zamanda çalışma alanındaki elektriksel iletkenlik değerlerinin çoğunlukla kalsiyum, magnezyum gibi değişebilir bazik katyonlardan kaynaklandığını ve dolayısıyla değişebilir sodyum miktarının da düşük olduğunu açıklamaktadır. Faktör analizi gibi birbiri ile ilişkili veri yapılarını kullanarak birbirinden bağımsız ve daha küçük boyutlu yeni veri setleri oluşturan değerlendirmelerde, değişken olarak seçilen diğer özelliklerle daha yüksek ilişkiler ortaya koyabilen özelliklerin değişken olarak seçilmesi analizin başarı oranını daha da artırabilecek bir yaklaşımdır. Bu nedenle çalışma alanı gibi, yağışın az ve katyonların toprak profilinden yıkanmasının düşük olduğu yarı kurak iklim kuşağına sahip bölgelerde değişken olarak elektriksel iletkenlik yerine değişebilir katyonların kullanılması ile varyansın daha yüksek oranlarda açıklanabileceği düşünülmektedir.

Üçüncü faktör ise kireç ve kum ile pozitif ilişkili bulunmuştur. Bu çalışmada, kum hem “toprak tekstürü ve suyu” faktörüne hem de “kireç” faktörüne değişken olarak atanmıştır. Farklı faktörlere yüklenen aynı değişken sayısı arttıkça faktör analizin sonucunun yorumlanması zorlaşır. Bu durumda faktör rotasyonu yapılması tavsiye edilir (Kleinbaum vd., 1988) ve bu şekilde farklı faktörlere yüklenen değişken sayısının azaltılması amaçlanır. Erşahin ve Karaman (2000), Tokat-Kazova’da yaptıkları çalışmada, aynı özelliğin birden fazla faktöre atanmasıyla ilgili benzer sonuçlar ortaya koymuş ve toprakların kum, silt ve kil içeriğinin birden fazla faktöre atanan değişkenler olduğunu bildirmişlerdir. Çalışma alanı topraklarının kireç içeriklerinin orta düzeyde olması (Çizelge 1) ve faktör bileşeni olarak atanan kirecin yüksek yük değeri olması itibarıyla, bu faktör, “kireç” adıyla tanımlanabilir. Çalışma alanı çevresinde neojen formasyonlar geniş alanlar kaplamaktadır. Litolojik olarak havzanın her yerinde aynı özellikte olmamasına karşın her yerde kil, kum, çakıl, kilaşı, marn ve kumtaşı içermektedir. Bölgedeki jeolojik formasyonların yayılış ve oluşumu ile yeryüzü şekilleri arasında yakın bir ilişki vardır. Yükselteleri oluşturan sedimenter ve volkanik kökenli kayalar aşınırken, çukurlarda ise aşınmadan kaynaklanan sedimantasyon birikimleri meydana gelmektedir (Taşkın, 1974).

Faktör analizin başarısını ve açıklanan varyans oranını yükseltmek adına çalışmada incelenen fiziko-kimyasal toprak özelliklerinden oransal ortak etken varyansı 0,5’in altında olan silt, yarayışlı su içeriği, doymuş hidrolik iletkenlik, toprak hacim ağırlığı ve pH, faktör analizine değişken olarak dahil edilmemiştir. Faktör analizi sonuçlarına göre, tarla kapasitesi en yüksek yük değeri olarak faktör bileşeni olarak atanan toprak fiziksel özelliği olurken, kireç ise en yüksek yük değeri olarak atanan toprak kimyasal özelliği olmuştur.

Çalışmada incelenen veri seti içerisinde yer alan fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerini benzerliklerine göre daha basit bir şekilde sınıflandırmak amacıyla hiyerarşik kümeleme analizi uygulanmıştır. Kümeleme analizin temel amacı; birey ya da nesnelere temel özelliklerine ya da uzaklık/yakınlıklarına göre gruplandırmaktır. Böylece yapılan sınıflandırmanın yanında ortaya konulan veri basitleştirmesiyle de ilişkilerin daha doğru bir şekilde açıklanabilmesini sağlanmaktadır. Bu amaçla kümeleme analizinde, uzaklık matrisi ya da benzerlik matrisinden yararlanılarak birimlerin ya da değişkenlerin kendi içinde homojen, kendi aralarında ise heterojen gruplar oluşturduğu sınıflandırmalar yapılmaktadır (Doğan, 2002). Kümeleme analizinde benzerliklerin sınıflandırılması sırasında, uzaklıkların hesaplanmasında Pearson öklid uzaklığı, bağlantı yöntemi olarak ise en yakın komşu metodu kullanılmıştır. Kümeleme analizinde, faktör analizi sonucunda faktör bileşeni olarak belirlenen 9 adet toprak fiziko-kimyasal özelliği benzerliklerine göre sınıflandırılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2 Toprak fiziko-kimyasal özelliklerinin dendrogramı

Yapılan sınıflandırmada toprak fiziko-kimyasal özellikleri, benzerliklerine göre iki ana grupta sınıflandırılmasına karşın, birinci grup kendi içerisinde iki farklı alt salkıma ayrılmaktadır. Faktör analizi

sonucunda ortaya çıkan gruplandırma ile önemli oranda benzer bulunun kümeleme analizi sınıflandırması, dendrogramın alt salkımlarında yer alan toprak fiziko-kimyasal özellikleri dikkate alınarak isimlendirilmiştir. Kümeleme analizi sonuçlarının, faktör analizi sonuçları ile olan benzerliği dikkate alınarak kümeleme isimlerinin de aynı isimlerle yapılmasına karar verilmiştir. Buna göre, birinci grubun alt salkımında yer alan tarla kapasitesi, daimi solma noktası ve kil'den oluşan sınıf "toprak tekstürü ve suyu" adıyla; suya dayanıklı agregat, elektriksel iletkenlik ve organik maddeden oluşan sınıf ise "toprak kimyasal özellikleri ve agregatlaşma" adıyla tanımlanmıştır. Bu iki alt salkımın oluşturduğu birinci grup "toprak verimliliği" olarak isimlendirilirken kum, makropor ve kireç'ten oluşan ikinci gruba ise "kum ve kireç" adı verilmiştir.

SONUÇ

Toprak özellikleri, toprak oluşum faktörlerinin yanında yönetim uygulamaları gibi diğer değişkenlik kaynakları tarafından da önemli oranda etkilenmektedir. Analiz edilen özelliklerin bu gibi çok sayıda değişken tarafından etkilendiği durumlarda, güvenilir ve geçerli sonuçların elde edilebilmesi için varyasyonu oluşturan tüm faktörlerin dikkate alınması ve elde edilen değişkenlerin bütün yönleri ile değerlendirilmesi gerekir. Yapılan birçok çalışmayla ilgili değerlendirmelerde, klasik istatistiksel yöntemlerin çok değişkenli verilerin söz konusu olduğu durumlarda faktör çeşitliliği ve yüksek varyasyon varlığı nedeniyle ortaya çıkan çevresel ve yönetsel etkilere ait bilgilerin elde edilmesinde yetersiz kaldığı bildirilmektedir. Özellikle son yıllarda toprak ile ilgili çalışmalarda da yoğun şekilde kullanılan ve değişken indirgeme yöntemi olarak bilinen çok değişkenli istatistiksel yaklaşımlar, veri setleri içerisinde çevresel ve yönetsel etkilere ait gizlenen bilgilerin ortaya çıkarılmasına izin vererek muhtemel bilgi kayıplarının yaşanmasını engellemektedir.

Çok değişkenli istatistik yaklaşımlar, fazla sayıda değişkenden oluşan veri yapısını daha basit bir forma dönüştürerek ele alınan problemin yapısına uygun çözümler için gerekli bilgileri ortaya koyabilmektedir. Ayrıntılı olarak ele alındığında, çalışmada incelenen birçok değişken bağımsız olarak dağılım göstermez, bir ya da daha fazla değişken ile ilişki içindedir. Bu nedenle herhangi bir değişken incelenirken, değişken ile birlikte değişen ya da ilişkili diğer tüm değişkenleri sabit kabul etmek ya da kontrol altına almak mümkün değildir. Bu nedenle, koşulların değişimini problem çözümüne katmak ve gerçekçi çözümlere ulaşmak adına çok değişkenli istatistiksel yöntemlerden yararlanmak gerekmektedir.

Toprak fiziko-kimyasal özelliklerinin değerlendirildiği bu çalışmada, çok değişkenli istatistiksel analiz yöntemlerinden birbirlerine alternatif olan atama ve sınıflandırma gibi iki temel analiz yönteminden yararlanılmıştır. Çalışmada atama yöntemi olarak faktör analizinden, sınıflandırma yöntemi olarak da kümeleme analizi yöntemi kullanılmıştır. Toprak fiziko-kimyasal özelliklerinin iki farklı analiz yöntemiyle değerlendirildiği bu çalışmadan elde edilen bulgular, alanda yapılacak yönetsel uygulamalarda toprak suyu, agregatlaşma ve kireç faktörlerinin dikkate alınması gereken önemli özellikler olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca çalışmada kullanılan bu yöntemler takip edilerek farklı ölçeklerdeki alanlarda, zamansal ve konumsal olarak birçok heterojenlik kaynağına sahip toprak veri setleri basitleştirilebilir ve karşılıklı ilişkiler başarılı bir şekilde ortaya konularak yönetsel öneriler yapılabilir.

KAYNAKLAR

- Allison L E, Moodie C D (1965). Carbonate. In: C.A. Black et al. (Eds.), *Methods of Soil Analysis-Part II*, American Society of Agronomy, No: 9, Publisher Madison, Wisconsin, p. 1379-1400.
- Anaplı Ö (1994). Iğdır Ovası tuzlu-sodyumlu topraklarında bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerin agregasyon üzerine etkileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 25(3): 436-444.
- Atatanır L, Yüksel M (2003). Ankara üniversitesi ziraat fakültesi ayış araştırma ve uygulama çiftliği topraklarının detaylı toprak etüd ve haritalaması. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 20(1): 157-164.
- Bishop T F A, McBratney B A (2001). A comparison of prediction methods for the creation of field-extent soil property maps. *Geoderma* 103: 149-160.
- Blake G R, Hartge K H (1986). Bulk Density and Particle Density. In: A. Klute (Ed.), *Methods of Soil Analysis-Part I*, American Society of Agronomy, No: 9, Publisher Madison, Wisconsin, p. 363-381.
- Bouyoucos G J (1951). A Recalibration of hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal* 43(9): 434-438.
- Brejda J J, Moorman T B, Smith J L, Karlen D L, Allan D L, Dao T H (2000). Distribution and variability of surface soil properties at a regional scale. *Soil Science Society American of Journal*, 64: 974-982.
- Daniels R B, Hammer R D (1992). *Soil Geomorphology*. John Wiley and Sons Inc., Toronto.
- Doğan İ (2002). Kümeleme Analizi ile Seleksiyon. *Türk Journal Vet. Anim.* 26: 47-53.
- Edmonds W J, Lentner M (1987). Soil series differentiae selected by discriminate analysis based on ranks. *Soil Science Society American of Journal* 51: 716-721.
- Edmonds W J, Rector D D, Wilson N O, Arnold T L (1988). Evaluation of relationship between oak site indices and properties of selected dystrochrepts. *Soil Science Society American of Journal* 52: 204-209.
- Eřahin S, Karaman M R (2000). Toprak Değişkenliğinin Yere Özgü Amenajman ve Toprak Verimliliği Çalışmaları için Değerlendirilmesinde Faktör Analizinin Kullanılması. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 6(2): 76-81.

- Hair J F, Anderson R E, Tatham R L, Black W C (1998). *Multivariate Data Analysis*. Prentice Hall, New Jersey.
- Hendershot W H, Lalonde H, Duquette M (1993). Soil reaction and exchangeable acidity. In: M R Carter (Ed.), *Soil Sampling and Methods of Analysis*, Canadian Society of Soil Science.
- Jabro J D, Stevens W B, Evans R G (2006). Spatial relationships among soil physical properties in a grass-alfalfa hay field. *Soil Science* 171(9):719-727.
- Jackson M L (1958). *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J.
- Johnson R A, Wichern D W (1992). *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Prentice-Hall Inc, New Jersey, p. 396-397.
- Kemper W D (1965). Aggregate stability. In: C A Black (Ed. In Chief), *Methods of Soil Analysis-Part I*, American Society of Agronomy, No. 9, Inc., Madison, Wisconsin, p. 511-519.
- Kleinbaum D G, Kupper L L, Muller K E (1988). *Variable Reduction and Factor Analysis*: In: M Payne (Ed.), *Applied Regression Analysis and Other Multivariate Methods*, 2th ed., p. 595-641.
- Klute A (1986). Water Retention: Laboratory methods. In: A Klute (Ed.), *Methods of Soil Analysis-Part I*, ASA and SSSA Agronomy Monograph no: 9, Madison, Wisconsin, p. 635-662.
- Klute A, Dirksen C (1986). Hydraulic Conductivity and Diffusivity: Laboratory Methods. In: A. Klute (Ed.), *Methods of Soil Analysis-Part I*, American Society of Agronomy, No: 9, Publisher Madison, Wisconsin, p. 687-732.
- Malgwi W B, Abu S T (2011). Variation in Some Physical Properties of Soils Formed on a Hilly Terrain under Different Land use Types in Nigerian Savanna. *International Journal of Soil Science* 6(3): 150-163.
- Marzaioli R, D'Ascoli R, De Pascale R A, Rutigliano F A (2010). Soil quality in a Mediterranean area of Southern Italy as related to different land use types. *Applied Soil Ecology* 44: 205-212.
- Mulla D J, McBratney A B (2000). Soil Spatial Variability. A-321-A-351. In: M E Summer (Ed. in chief), *Handbook of Soil Science*, CRS Press.
- Parkin T B, Meisinger J J, Chester S T, Starr J L, Robinson J A (1988). Evaluating of statistical methods for lognormally distributed variables. *Soil Science Society American of Journal* 52: 323-329.
- Parkin T B, Robinson J A (1992). Analysis of lognormal data. *Advances Soil Science* 20: 193-235.
- Parkin T B, Robinson J A (1994). Statistical Treatment of Microbial Data. In: R.W. Weaver et al. (Eds:), *Methods of Soil Analysis-Part II*, Soil Science Society American of Journal Book Series, No: 5, Madison, WI.
- Rhoades J D (1986). Soluble Salts. (Ed. A Klute, *Methods of Soil Analysis-Part II*) ASA and SSSA Agronomy Monograph no: 9, Madison, Wisconsin, p. 167-179.
- Sharma S (1996). *Applied Multivariate Techniques*. John Wiley and Sons Inc., New York.
- Shaw P J A (2003). *Multivariate Statistics for the Environmental Sciences*. Hodder Arnold, New York.
- Soil Survey Staff (1999). *Soil Taxonomy. A Basic of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Survey*. U.S.D.A Handbook No: 436, Washington D.C.
- Starr J L, Parkin T B, Meisinger J J (1992). Sample size consideration in the determination of soil nitrate. *Soil Science Society American of Journal*, 56: 1824-1830.
- Starr J L, Parkin T B, Meisinger J J (1995). Influence of sample size on chemical and physical soil measurement. *Soil Science Society American of Journal*, 56: 1824-1830.
- Taşkın C (1974). Ayaş (Ankara) civarındaki tuğla-kiremit, toz kireç ve alçı taşı (jips) zuhurlarında endüstriyel hammadde imkanları bakımından yapılan araştırma raporu. Maden Tetkik Arama Enstitüsü Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Tatlidil H (2002). *Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz*. Akademi Matbaası, Ankara
- Uçar N (2010). Kümeleme (Cluster) Analizi (Editör Ş Kalaycı, SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri), Asil Yayın Dağıtım Ltd. Şti., Ankara.
- Ünlükaptan Y (2008). Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemlerin Peyzaj Ekolojisi Araştırmalarında Kullanımı. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Webster R (2001). Statistics to support soil research and their presentation. *European Journal of Soil Sciences* 52: 331-340.
- Wilding L P, Bouma J, Goss D W (1994). Impact of Spatial Variability on Interpretative Modelling. In: R B Bryant and R W Arnold (Eds.), *Quantitative Modelling of Soil Forming Processes*, SSSA Special Publication Number 39, SSSA Inc, Madison, Wisconsin, p. 65-75.
- Yılmaz M (1993). Ayaş ve yakın çevresinin fiziki coğrafyası. Lisans tezi, Ankara Üniversitesi Dil Tarih ve Coğrafya Fakültesi Fiziki Coğrafya Anabilim Dalı, Ankara.