

Mustafa SAĞLAM¹
Ferhat TÜRKMEN²

¹ Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi,
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun,
e-posta: mustafa.saglam@omu.edu.tr
² Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve
Bitki Besleme Bölümü, Ordu,

Ayaş Araştırma ve Uygulama Çiftliği Topraklarının Bazı Fizikokimyasal Özelliklerinin Jeostatistiksel Yöntemlerle İncelenmesi

Investigation with geostatistical methods of some
physicochemical properties of Ayaş Research and Training
Farm soils

Alınış (Received): 19.09.2011 Kabul tarihi (Accepted): 23.01.2012

Anahtar Sözcükler:

Jeostatistik, krigeleme, tekstür, pH, organik
madde

Key Words:

Geostatistics, kriging, texture, pH, organic
matter

ÖZET

Bu çalışmada, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ayaş Araştırma ve Uygulama Çiftliği topraklarının bazı fizikokimyasal özellikleri jeostatistiksel yöntemlerle incelenmiştir. Inceptisol ve Entisol topraklardan oluşan çalışma alanında 0-30 cm derinlikten alınan örneklerde, bazı fiziksel (kil, silt, kum) ve kimyasal (pH, EC, OM ve CaCO₃) toprak analizleri yapılmıştır. Toprak örneklemeleri, alana yerleştirilen 100x100 m'lik ızgaraların kesişim noktaları (poligon noktası) ile 100 m'lik ızgara noktalarına 3, 8, 10, 25, 60 ve 80 m mesafelerle yerleştirilen ara noktalar (transekt noktalar) üzerinde yapılmıştır. Belirlenen 100 adet toprak örneklem noktasından 46 adeti poligon noktası, 54 (9x6) adeti ise transekt noktası olarak tanımlanmıştır. Analiz sonuçlarında öncelikle tanımsal istatistikler yapılmış daha sonra her bir parametre için uygun teorik semivariogramlar hesaplanarak krigeleme yoluyla değişim haritaları hesaplanmıştır. Kil, Silt, pH, EC, CaCO₃ küresel (spherical) model ile modellenirken, kum ve OM ise üssel (exponential) model ile modellenmiştir. Hesaplanan semivariogram modelleri sonucunda en yüksek ayırma mesafesi (range) 639 m ile EC için belirlenirken en düşük ayırma mesafesi (range) 181 m ile alanın kil içeriğinde belirlenmiştir. Semivariogram modelleriyle yapılan tahminler çapraz doğrulama analizleriyle kontrol edilmiştir. Çapraz doğrulama sonuçlarında korelasyon katsayıları 0.69- 0.81 arasında değişmiştir.

ABSTRACT

In this study, some physicochemical properties of Ayaş Research and Training Farm soils of Agricultural of Faculty, Ankara University investigated using geostatistical methods. Soil properties of physical (clay, silt, sand) and chemical (pH, EC, OM and CaCO₃) in Inceptisols and Entisols soils taken from 0-30 cm depths were analyzed. Soil sampling has been made on a grid with 100mx100m unit cells and located transects between these polygon points to collect samples in every 3, 8, 10, 25, 60, 80 m. The localized of 100 soil samples points was defined as polygon of 46 points and transect of 54 (9x6) points. Initially, descriptive statistics were determined, and then theoretical semivariogram were calculated for each parameters and variation maps were created by kriging method. Clay, Silt, pH, EC and CaCO₃ were modeled with the spherical model, sand and OM with the exponential model. As a result of the calculated semivariogram models, The highest range distance was observed for EC with 639 m, and the lowest value was observed for clay with 181 m. The estimates of semivariogram models were controlled with cross-validation analysis. Correlation coefficients in cross-validation tests ranged from 0.69-0.81.

GİRİŞ

Ekosistemdeki yaşam ve bitki gelişimi için mutlak gerekli olan su, hava ve besin elementi değişimine fiziksel, kimyasal ve biyolojik katkıda bulunan toprak, insanın temel ihtiyaçlarını karşılayan önemli bir doğal kaynaktır. Aynı zamanda fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin değişebilir olması ve farklı çaptaki tanelerden (kum, kil, silt), organik maddelerden ve çok sayıda canlı organizma türlerinden uzun zaman sürecinde oluşması nedeniyle yenilenemez doğal bir kaynak olarak da değerlendirilmektedir. Yaşayan her canlı gibi toprakta, olduğu çevredeki etmenlerin etkisi altında değişime uğramaktadır. Jeolojik ve pedolojik toprak oluşum olayları nedeniyle doğada var olan değişkenliklerden dolayı toprak özellikleri, zamana ve mekâna göre uzaysal ve hacimsel olarak büyük farklılıklar gösterebilmektedir. Ayrıca, tarım alanları içerisinde veya arasında ürün yetiştiriciliği sırasında yapılan yönetim uygulamaları, toprak işleme ve insan etkileri (anthropic) nedeniyle toprak özellikleri daha fazla heterojenlik kaynaklarına sahip olabilmektedir. Bu faktörler uzaysal ve zamansal ölçekte birbirlerini etkilerken, bunun yanında taşınma ve birikme olayları nedeniyle toprak özelliklerinde yersel değişkenlikler de görülebilir.

Toprak bilimciler, toprak özelliklerinin uzaysal değişkenliğe sahip olduğunu, kısa mesafelerde güçlü dalgalanmalar ortaya koyduklarını (Trangmar et al., 1985; Warrick et al., 1986) ve bu nedenle uzaysal bağımlılığın analiz edilmesinde jeostatistiksel yöntemlerin kullanılması gerekliliğini belirtmişlerdir (Journel and Huijbregts, 1991). Bir alanda yerel olarak ortaya çıkan düzensiz yönelmenin nedenleri, bazı uzaysal yapılar veya farklı uzaysal ölçeklerde çeşitli fiziksel, kimyasal veya biyolojik süreçlerin ortak etkileri olabilir. Toprak özelliklerinin uzaysal değişkenliğinin tanımlanması toprak ve çevresel faktörler arasındaki karmaşık ilişkilerin anlaşılabilmesi için gereklidir (Goovaerts, 1998). Son yıllarda teknolojiye ilerlemeler çiftçilere, tarım alanlarının içerisindeki birçok değişkenliği anlama imkânı sağlamıştır. Bu durum asitlik (pH), tuzluluk (EC), organik madde, kireç, su tutma, havalanma, drenaj ve besin elementi gibi birçok özelliğin değişkenliğinin yönetilebilmesine de olanak sağlamaktadır. Bu yönetim şekli aynı zamanda tohum, gübre ve ilaç gibi girdilerin miktarını belirleyerek hem ekonomik hem çevresel yönden yararlı bilgiler ortaya koyabilmektedir.

Alana özgü yönetim uygulamaları, alan içerisindeki toprak özelliklerinin uzaysal değişkenliği üzerine doğru bilgiler gerektirir. Bu bilgiler uygun örnekleme deseni ve örnekleme gücüyle (Frogbrook and Oliver,

2000) elde edilebilir. Ancak, genelde birçok toprak araştırmasında örnekleme büyüklüğü herhangi bir uzaysal değişkenlik bilgisi yerine araştırma maliyeti tarafından belirlenir. İngiltere'deki hassas tarım uygulamalarında çiftçilerin genelde hektara bir örnek, 100 m'lik ızgaraya bir örnek, olacak şekilde örnekleme yoğunluğu uyguladıklarını (Carroll and Oliver, 2005), ancak bunun genelde İngiltere'de bir alan içerisindeki değişkenliği ortaya koymak için kaba bir örnekleme (Frogbrook and Oliver, 2000) olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca Frogbrook (2000), böyle bir örnekleme yoğunluğu bilgisinin toprakların uzaysal değişkenliğini yeterli düzeyde gösterememesi nedeniyle çiftçilerin hatalı karar vermesine neden olabileceğini belirtmiştir.

Bu çalışmayla, detaylı toprak etüd ve haritalaması (Atatanır ve Yüksel, 2003) yapılan Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ayaş Araştırma ve Uygulama Çiftliği topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin jeostatistiksel yöntemler kullanılarak uzaysal değişkenliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma Alanın Tanımı ve Jeolojisi

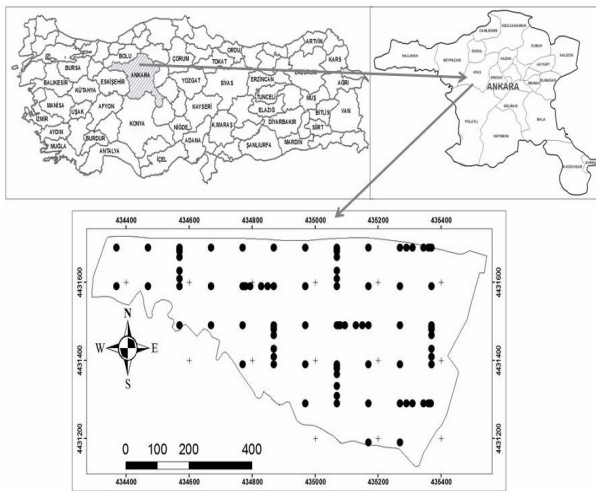
Ankara ilinin Ayaş ilçesi sınırları içerisinde kalan Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ayaş Araştırma ve Uygulama Çiftliği, 40° 01' ve 40° 02' kuzey enlemleri 32° 13' ve 32° 15' doğu boylamları arasında ve Ankara-Beyazırma karayolunun 65. km'sinde, Gündül yol ayrımının güneybatısında yer almaktadır. Denizden yüksekliği ortalama 680 m olan çalışma alanı yaklaşık 43.5 ha'dır. Ayaş gözlem istasyonu verilerine göre yıllık ortalama sıcaklığı 11.4 °C; yıllık ortalama yağışı 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 aylarına aittir. En yüksek yağış 57.2 mm ile Aralık ayında ve en düşük yağış ise 9.6 mm ile Ağustos ayında düşmektedir (Atatanır ve Yüksel, 2003).

Taşkın (1974), araştırma alanının etrafındaki jeomorfolojik yapının az çok jeolojik durumu yansıttığını, jeolojik formasyonların yayılış ve oluşumu ile bölgedeki yeryüzü şekilleri arasında yakın bir ilişkinin var olduğunu, yükseltilerin sedimentler ve volkanik kökenli kayaçların 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 (Atanır ve Yüksel, 2003). Araştırma alanının da içerisinde yer aldığı aluviyal taban arazisini, Ayaş-Beypazarı 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. Çiftlikte Atanır ve Yüksel (2003) tarafından yapılan detaylı toprak etüd ve haritalama çalışmasıyla Sazlık serisi, Çiftlik serisi, Ayaş Çayı serileri toprak sınıflama sistemi içerisinde Entisol ordosunda ve Elmalık serisi ise İnceptisol ordosunda sınıflandırılmıştır.

Örnekleme ve Laboratuvar Analizleri

Toprak örneklemeleri, alana yerleştirilen 100x100 m'lik düzenli ızgaraların kesişim noktaları (poligon noktası) ile 100 m'lik iki ızgara noktası arasına 3, 8, 10, 25, 60 ve 80 m mesafelerle yerleştirilen ara noktalar (transekt noktalar) üzerinde yapılmıştır (Şekil 1). Çalışma alanına 100x100 m'lik ızgara düzleminin kesişim noktalarından oluşan 46 adet poligon noktası, 100 m'lik iki ızgara noktası arasına kuzey-güney ve doğu-batı doğrultusunda 9 transekt hattı ve bu transekt hatları üzerine 54 (9x6) transekt noktası olmak üzere toplamda 100 adet örnekleme noktası yerleştirilmiştir. Arazide 0-30 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde tekstür (Bouyoucous, 1951), organik madde (Jackson, 1958), pH (Hendershot et al., 1993), EC (Rhoades, 1986) ve kireç (Allison and Moodie, 1965) belirlenmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı konumu ve örnekleme deseni
Figure 1. Location of the study area and sampling design

Jeostatistik

Laboratuvarda analiz edilen toprak özelliklerinin uzaysal değişkenlik bilgisini ortaya koymak amacıyla öncelikle her bir toprak özelliğine ait semivariogram modelleri tahmin edilmiştir. Semivariogram modellerinin tahmininde aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N (z(x) - z(x+h))^2$$

Burada;

h : ayırma uzaklığı (lag)

$\gamma(h)$: h uzaklığı için semivaryans

z(xi) : x noktasında ölçülmüş örnek değeri

z(xi+h) : x+h noktasında ölçülmüş örnek değeri

N : h ayırma uzaklığı için çiftlerin toplam sayısını tanımlamaktadır.

Toprak özelliklerine ait en uygun semivariogram modeline karar verirken belirleme katsayısını (R^2) en yüksek, hata kareler toplamını (HKT) en düşük ve çapraz doğrulamada regresyon katsayısını (r) en yüksek tahmin eden model uygun semivariogram modeli olarak seçilmiştir. Tahmin edilen semivariogram modelleri kullanılarak krigleme yapılmış ve bu şekilde çalışma alanı içerisindeki değişkenlikler haritalanmıştır. Toprak özelliklerine ait tanımsal istatistikler ile semivariogram tahminleri bilgisayarda GS+ 7.0 paket programı kullanılarak hesaplanırken krigleme haritaları ArcMap 9.2 programı kullanılarak hesaplanmıştır. Toprak özellikleri arasındaki korelasyonlar ise SPSS 17.0 paket programında hesaplanmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışma alanı toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik değerleri Çizelge 1'de görülmektedir. Toprak özelliklerinin alan içerisindeki değişkenliğin göstergesi olan değişkenlik katsayısı (DK) incelendiğinde kil, silt ve pH'nın düşük; kum, kireç (CaCO_3) ve organik madde (OM)'nin orta; EC'nin değişkenliğinin ise yüksek olduğu görülmektedir.

Wilding et al. (1994); Mulla and McBratney (2000), değişkenlik katsayısı değerinin %15'den düşük olması durumunda değişkenliğin düşük, %15-35 arasında olduğunda orta ve %35'ten büyük olduğunda ise yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Wilding et al. (1994), toprak tekstürü, mineraloji, toprak kalınlığı ve rengi gibi durağan toprak özelliklerinin su içeriği, hidrolik iletkenlik, redoks durumu, biyolojik aktivite, değişebilir katyonlar, organik madde içeriği gibi dinamik toprak özelliklerine göre daha düşük değişkenlik derecesine sahip olduğunu bildirmektedir. Toprak özelliklerinin uzaysal değişkenliği jeolojik ve pedolojik toprak oluşum olayları nedeniyle doğada var olan bir

durumdur ancak bazı değişkenlikler yapılan yönetim uygulamaları ve toprak işleme nedeniyle de ortaya çıkabilmektedir. Özellikle yapılan tarımsal uygulamaların ve topografik özelliklerin etkisine bağlı olarak taşınma/birikme süreçlerinde sedimentlerin birikimi farklılık gösterebilmekte ve bunun sonucunda fraksiyonların uzaysal bağımlılığı değişik mesafelerde gerçekleşebilmektedir. Bazı alanlarda kil sedimentlerinin üzerinde kum sedimentleri veya başka alanlarda kumlu, tınlı sedimentler üzerinde killi sedimentler birikebilmektedir. Bu nedenle toprakların uzaysal bağımlılığı ile ilgili çalışmalarda yüzey toprağının uzaysal değişkenliğinin mesafesi kadar aynı zamanda toprakların yüzey altı dağılımları ve horizonların derinliği de önemlidir (Iqbal et al., 2005). Araştırma alanı toprakları iklim, bitki örtüsü ve zamanın etkilerinden tam olarak etkilenmemişlerdir. Toprak oluşum süreçlerinin başlangıcının uzun olmaması nedeniyle horizonlar arasındaki ayrımlar, toprakların üzerinde oluştukları materyallerin depolanma desenlerinin bir ürünü şeklinde ortaya çıkmıştır. Entisol ordosunda içerisinde tanımlanan Sazlık, Çiftlik ve Ayaş Çayı serileri, Ayaş çayının değişik zamanlarındaki aktivitesi sonucunda oluşmuş A/C horizonlu genç topraklardır. Inceptisol ordosu içerisinde tanımlanan Elmalık serisi toprakları ise az eğimli yamaçlardan yerçekimi, toprak kayması, yüzey akış ve yan dereler ile kısa mesafelerden taşınarak biriktirilmiş kolüviyal ve Ayaş çayının alüviyal topraklarının birbirine geçişli olarak karıştığı alanlardır. Orta ve kuvvetli bir strüktür oluşumuna sahip bu topraklar A/B/C horizonludurlar (Atatanır ve Yüksel, 2003). Değişkenlik katsayısı tekstür bileşenleri açısından karşılaştırıldığında kumun silt ve kile göre daha değişken bir yapıya sahip olduğu görülmektedir (Çizelge 1). Kumun gösterdiği olduğu bu orta değişkenliğinin nedenleri, arazinin güneyinden geçen Ayaş çayının veya yamaçlardan yerçekimi, toprak kayması ve yüzey akış etkisinde taşınan sedimentlerden kum fraksiyonunun daha kısa mesafelerde, silt ve kil fraksiyonlarının ise daha uzun mesafelerde biriktirilmesi olabilir. Organik maddenin sahip olduğu orta değişkenlik ise alan içerisinde sebze üretimi, meyvecilik, tahıl ve yem bitkisi gibi birbirinden farklı yönetim uygulamalarının yürütülmesinden kaynaklanabilir. Alan içerisinde yüksek değişkenlik

katsayısına sahip EC'nin değişkenliğinin nedenleri çiftlik içerisinde drenaj sorunu olan alanların varlığı, taban suyunun yüzeye yakın olmasıyla birlikte yağışlı ve kurak dönemlerde gösterdiği yüksek değişkenlik, yönetim uygulamalarına bağlı olarak yaz aylarında yapılan sulama ve buharlaşma olabilir. Çarpıklık katsayısı incelendiğinde orta ve yüksek değişkenlik gösteren özelliklerden kireç hariç kum, EC ve OM'ye ait veri setleri normal dağılımdan uzak pozitif çarpık dağılımlar sergilemişlerdir (Çizelge 1). Kum, EC ve OM'ye ait ortalama medyan (ortanca) değerlerin birbirine çok yakın olması çarpıklığın bazı uç değerlerden (outlier) kaynaklandığını açıklamaktadır (Akbaş ve Durak, 2006). Yapılan birçok çalışmada araştırmacılar parsel ve tarla ölçeğinde toprak özelliklerinin genellikle normal dağılım göstermediğini bildirmektedir (Edmonds and Lenter, 1987; Edmonds et al., 1988; Parkin et al., 1988; Parkin and Rabinson, 1992; Starr et al., 1992; Parkin and Rabinson, 1994; Starr et al., 1995; Brejda et al., 2000). Young et al. (1999), alüviyal bir alanda yaptıkları çalışmada araştırdıkları 12 toprak özelliğinin tamamının normal dağılım göstermediğini bildirmişlerdir. Çalışmanın sonuçları araştırmacılar tarafından belirtilen sonuçlarla benzerlik göstermektedir.

Uzaysal değişkenliği araştırılan toprak özelliklerine ait semivariogram değerleri Çizelge 2'de görülmektedir. Kum ve OM'ye ait uzaysal değişkenlikler exponential model kullanılarak, diğer toprak özelliklerine ait değişkenlikler ise spherical model kullanılarak modellenmiştir. Araştırılan tüm toprak özelliklerinde nugget değerlerinin düşük bulunması, seçilen örnekleme deseni ve örnekleme mesafelerinin toprak özelliklerinin uzaysal değişkenliğini modellemek için uygun olduğunu göstermiştir. Nugget değişkenlere ait örnekleme ve analiz sırasındaki hatayı açıklarken, nugget değerinin sıfır olması ölçüm hatası ve kısa mesafede değişkenliğin olmadığını açıklamaktadır (Trangmar et al., 1985; ebster, 1985; Warrick et al., 1986; Goovaerts, 1999; Mulla and McBratney, 2000). Flatman and Yfantis (1984), en uygun örnekleme mesafesi olarak, range'in 1/4'ünden 1/2'sine kadar olan mesafeyi tanımlamaktadır. Çalışmada kullanılan örnekleme mesafeleri, hesaplanan range değerleriyle EC dışında belirtilen oranlarda benzerlik göstermiştir.

Çizelge 1. Toprak özelliklerine ait tanımsal istatistik değerleri

Table 1. Descriptive statistical value of soil properties

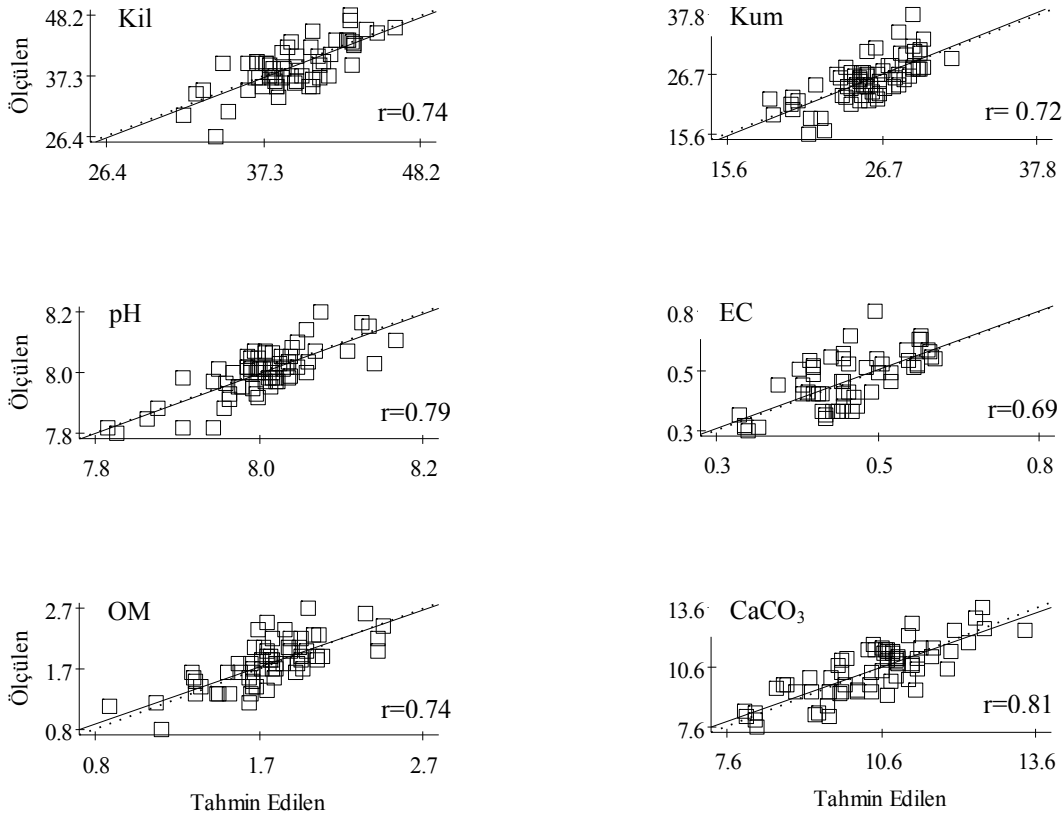
Özellik	Birim	Ortalama	En Büyük	En Küçük	SS	DK ^a	Çarpıklık	Basıklık
Kil	%	39.13	48.23	24.62	5.14	13	-0.47	-0.14
Silt	%	34.48	46.93	25.07	3.92	11	0.28	0.96
Kum	%	26.38	48.04	15.61	5.72	22	1.17	2.33
pH		7.99	8.25	7.73	0.11	1	-0.22	0.22
EC	dS m ⁻¹	0.58	1.53	0.25	0.25	43	1.36	2.17
CaCO ₃	%	10.42	14.57	6.6	1.69	16	-0.08	-0.35
OM	%	1.75	3.55	0.67	0.51	29	0.91	2.19

EC: Elektriksel İletkenlik; OM: Organik Madde; SS: Standart Sapma; DK: Değişkenlik Katsayısı

Çizelge 2. Toprak özelliklerine ait semivariogram değerleri
Table 2. Semivariogram value of soil properties

Özellik	Model	Nugget	Sill	Range	HKT	R ²	Nugget/Sill, %	UBS
Kil	Spherical	0.01	15.01	181	2.97	0.973	0.1	Güçlü
Silt	Spherical	1.35	14.64	231.3	0.684	0.992	9.2	Güçlü
Kum	Exponential	0.00606	0.0299	219.9	3.72x10 ⁻⁶	0.978	20.3	Güçlü
pH	Spherical	0.00047	0.0092	298.1	1.09x10 ⁻⁷	0.998	5.1	Güçlü
EC	Spherical	0.0261	0.100	639	1.75x10 ⁻⁴	0.943	26.0	Orta
Kireç	Spherical	0.101	2.028	424	8.24x10 ⁻³	0.994	5.0	Güçlü
OM	Exponential	0.00071	0.0214	182.7	4.22x10 ⁻⁶	0.976	3.3	Güçlü

HKT: Hata Kareler Toplamı; UBS: Uzaysal Bağımlılık Sınıfı.



Şekil 2. Toprak özelliklerine ait çapraz doğrulama grafikleri
Figure 2. Cross validation graphs of soil properties

Toprak özelliklerinden kil, silt, kum, pH, kireç ve OM güçlü konumsal ilişkiler gösterirken sadece EC orta konumsal ilişki göstermiştir (Çizelge 2). Uzaysal bağımlılığın ifade edilmesinde nugget/sill oranının (C_0/C_0+C) yüzde olarak ifadesi, uzaysal bağımlılık sınıfı olarak tanımlanmaktadır. Eğer bu oran ≤ 25 ise değişkenin uzaysal bağımlılık sınıfı güçlü, $25-75$ arasında değişkenin uzaysal bağımlılık sınıfı orta ve ≥ 75 ise değişkenin uzaysal bağımlılık sınıfı zayıf olarak sınıflandırılmaktadır (Trangmar et al., 1985; Cambardella et al., 1994; Erşahin, 1999). EC hariç diğer

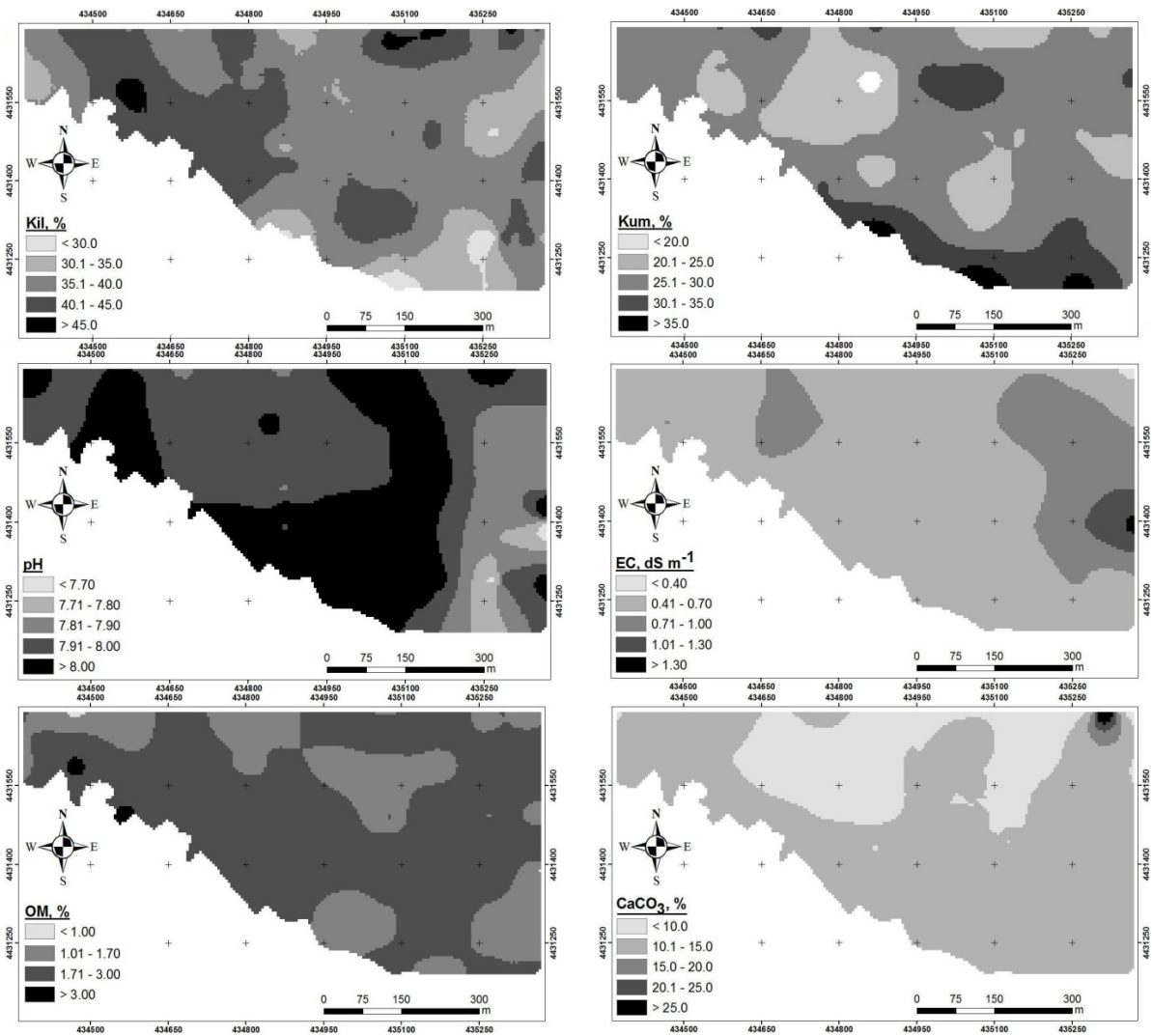
toprak özelliklerinde uzaysal bağımlılık sınıfının güçlü bulunması, değişkenlerin alan içerisindeki benzerliklerinin kısa mesafelerde ortadan kalkmadığını benzerliğin uzun mesafelerde de devam ettiğini göstermektedir.

Çapraz doğrulama sonuçlarına göre toprak özelliklerinin alan içerisindeki değişkenliğini tahmin etmek için hesaplanan semivariogram modellerinin tamamı değişkenlere ait varyansın $2/3$ (% 67)'ünden fazlasını açıklamıştır (Şekil 2). Çapraz doğrulama sonucunda elde edilen bu sonuçlar, hesaplanan

semivariogram modellerinin ve bu modeller kullanılarak yapılan alan tahminlerinin başarılı ve kabul edilebilir olduğunu göstermiştir.

Çalışma alanında jeostatistiksel yöntemler kullanılarak oluşturulan toprak özelliklerine ait dağılım haritaları Şekil 3'de görülmektedir. Tekstür bileşenlerinden kil ve kuma ait dağılım haritaları incelendiğinde kum içeriğinin alanın güneyinde en yüksek değerleri kil içeriğinin ise alanın kuzeyinde ve doğusunda en yüksek değerleri aldığı görülmektedir. Kum içeriğinin yüksek bulunduğu alanlar çiftlik arazisinin güneyinden geçen Ayaş çayına yakın mesafelerde yer alırken aynı bölgelerin kil içeriği yönünden en düşük alanlar olduğu görülmektedir. Bu

sonuçlar alan içerisindeki tekstürel özelliklerin Ayaş çayının taşımış olduğu sedimentlerin birikimine bağlı olarak önemli oranda değişkenlik gösterdiğini ortaya koymuştur. Kum gibi iri taneli materyaller Ankara çayının taşkın etkisine bağlı olarak yakın mesafelerde birikim gösterirken kil gibi ince taneli materyaller ise daha uzak mesafelere taşınarak biriktirilmiştir. Alan içerisinde pH ve OM'ye ait dağılım haritaları incelendiğinde ise tekstürel özelliklerle özellikle kil dağılımıyla uyumlu olduğu görülmektedir. Kil içeriğinin yüksek olduğu alanlarda pH en yüksek değerlerini alırken en düşük değerlerini ise kum içeriğinin yüksek olduğu alanlarda aldığı görülmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Toprak özelliklerine ait krigleme haritaları
Figure 3. Kriging maps of soil properties

OM'ye ait dağılım haritası incelendiğinde kil içeriğinin yüksek olduğu alanların OM içeriğinin de yüksek olduğu görülmektedir. Kil içeriği yüksek alanlar kum içeriği yüksek alanlara göre hem daha yüksek su tutma kapasitesine ve daha yüksek yarıyıllı su içeriğine sahip olmaları hem de killerin sahip oldukları elektrikli tutma özelliği göstermeleri nedeniyle kumlu alanlara oranla bitki gelişimini daha fazla teşvik etmektedirler. Bitki gelişimindeki bu artışlara bağlı olarak toprakların OM birikimlerinde de artışlar görülebilmektedir. EC'ye ait dağılım haritası incelendiğinde EC'nin en yüksek değerlerini çiftliğin güneydoğusunda bulunan alanlarda aldığı görülmektedir. EC'nin yüksek değerler aldığı bu bölge Sazlık serisi içerisinde yer almakta ve seri Atatanır ve Yüksel (2003) tarafından düz düze yakın eğimli, derin ve orta derin profilli, değişik boyutlarda sazlarla kaplı ve drenaj sorunu olan işe yaramaz araziler olarak tanımlanmaktadır. Nemli serin mevsimlerde taban suyu yüzeye yakındır, fakat yazın sonlarında kısa bir süre için 1 metrenin altına düşmektedir. Yüksek EC değerlerinin en önemli nedenlerinin belirtilen bu olumsuz toprak koşulları olduğu düşünülmektedir. Kirecin en yüksek değerlerini çiftliğin kuzeydoğusundaki alanda aldığı ancak çiftliğin büyük kısmında toprakların yüksek kireç içeriğine sahip olduğu görülmektedir.

KAYNAKLAR

- Akbaş, F. ve A. Durak. 2006. Entisol ordusuna ait bir arazide bazı toprak özelliklerinin değişiminin belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 20 (39): 43-52.
- Allison, L.E. and C.D. Moodie. 1965. Carbonate. In: Methods of Soil Analysis, Part II (Eds: C.A. Black et al.). American Society of Agronomy Inc., No: 9, Madison, Wisconsin, 1379-1400.
- Atatanır, L. ve M. Yüksel. 2003. Ankara üniversitesi ziraat fakültesi ayaş araştırma ve uygulama çiftliği topraklarının detaylı toprak etüt ve haritalaması. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 20(1); 157-164.
- Bouyoucos, G.J. 1951. A Recalibration of hydrometer method for making mechanical analysis of soils. Agronomy Journal, 43(9), 434-438.
- Brejda, J.J., T.B. Moorman, J.L. Smith, D.L. Karlen, D.L. Allan and T.H. Dao. 2000. Distribution and variability of surface soil properties at a regional scale. Soil Science Society American of Journal, 64: 974-982.
- Camardella, C.A., T.B. Moorman, J.M. Novak, T.B. Parkin, D.L. Karlen, R.F. Turco and A.E. Konopka. 1994. Field-scale variability soil properties in Central Iowa soils. Soil Science Society American of Journal, 58: 1501-1511.
- Carroll, Z.L. and M.A. Oliver. 2005. Exploring the spatial relations between soil physical properties and apparent electrical conductivity. Geoderma, 28: 354-374.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışmanın yapıldığı çiftlik arazisi, üniversite bünyesinde yer alması nedeniyle yoğun bilimsel çalışmaların yürütüldüğü, aynı zamanda da üzerinde yoğun yetiştiricilik yapılan bir alandır. Atatanır ve Yüksel (2003) tarafından daha önce detaylı toprak etüt ve haritalama çalışması yapılan çiftlik arazisinde 4 farklı toprak serisi belirlenmiş ve toprak özellikleri seri bazında tanımlanmıştır. Ancak toprak özelliklerinin mesafe bağlı değişkenlikler gösterdiği daha önce yapılan birçok araştırma sonucuyla ortaya konmuştur. Bu nedenle ortalama değerlerin kullanıldığı detaylı toprak etüt ve haritalama çalışmaları veya her bir örneğin birbirinden bağımsız olduğunu kabul ederek değerlendirmeler yapan klasik istatistiksel yöntemler, toprak özelliklerinin mesafeye bağlı değişkenlikleri hakkında bilgiler içermez. Mesafeye bağlı değişkenlikleri analiz eden jeostatistiksel yöntemlerin kullanıldığı bu çalışmayla, Ayaş Araştırma ve Uygulama Çiftliği topraklarının alan içerisindeki değişkenliklerin dağılımları belirlenmiş ve haritalanmıştır. Özellikle oluşumlarına bağlı olarak tarımsal değeri çok yüksek olan aluviyal araziler, kısa mesafeler içerisinde çok farklı toprak özellikleri içermeleri nedeniyle, bu özelliklerinin tanımlanması ve alan içerisindeki değişkenliklerinin ortaya konması günümüzde ve gelecekte yapılacak bilimsel ve tarımsal uygulamalara önemli katkılar sunacağı bir gerçektir.

- Edmonds, W.J. and M. Lentner, 1987. Soil series differentiae selected by discriminate analysis based on ranks. Soil Science Society American of Journal, 51: 716-721.
- Edmonds, W.J., D.D. Rector, N.O. Wilson and T.L. Arnold. 1988. Evaluation of relationship between oak site indices and properties of selected dystrochrepts Soil Science Society American of Journal, 52:204-209.
- Erşahin, S. 1999. Aluviyal bir tarlada bazı fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin uzaysal (spatial) değişkenliğinin belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 13(19); 34-41.
- Flatman, G.T. and A.A. Yfantis. 1984. Geostatistical strategy for soil sampling-the survey and the census. Environmental Monitoring and Assessment, 4: 335-349.
- Frogbrook, Z.L. 2000. Geostatistics as an aid to soil management for precision agriculture. Unpublished PhD thesis, The University of Reading, Reading, UK.
- Frogbrook, Z.L. and M.A. Oliver, 2000. The effects of sampling on the accuracy of predictions of soil properties in precision agriculture. Accuracy 2000 Proceedings of the Fourth International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences, Amsterdam July 2000, Delft University Press, The Netherlands, pp. 225-232.
- Goovaerts, P. 1998. Geostatistical tools for characterizing the spatial variability of microbiological and physico-chemical soil properties. Biology and Fertility of Soils, 27: 315-334.

- Hendershot, W.H., H. Lalonde, and M. Duquette. 1993. Soil reaction and exchangeable acidity. In *Soil Sampling and Methods of Analysis* (Eds: M.R.Carter), Canadian Society of Soil Science.
- Iqbal, J., J.A. Thomasson, J.N. Jenkins, P.R. Owens and F.D. Whisler. 2005. Spatial variability analysis of soil physical properties of alluvial soils. *Soil Science Society of America Journal*, Vol. 69, No: 4, 1338.doi:10.2136/sssaj2004.0154.
- Jackson, M.L. 1958. *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J.
- Journal, A.G. and C.H.J. Huijbregts, 1978. *Mining Geostatistics*. Academic Press, London, pages 600.
- Mulla, D.J. and A.B. McBratney. 2000. *Soil Spatial Variability*. In: *Handbook of Soil Science* (Ed. in chief: Malcom E. Summer), CRS Press, A-321-A-351.
- Parkin, T.B. and J.A. Robinson. 1992. Analysis of lognormal data. *Advances Soil Science*, 20: 193-235.
- Parkin, T.B. and J.A. Robinson. 1994. *Statistical Treatment of Microbial Data*. *Methods of Soil Analysis* (Eds: R.W. Weaver et al.), Part 2, Soil Science Society American of Journal Book Series, No: 5, Madison, WI.
- Parkin, T.B., J.J. Meisinger, S.T. Chester, J.L. Starr and J.A. Robinson. 1988. Evaluating of statistical methods for lognormally distributed variables. *Soil Science Society American of Journal*, 52: 323-329.
- Rhoades, J.D. 1986. Soluble Salts. In *Methods of Soil Analysis, Part II, Chemical and Microbiological Properties*. 2th ed. (Ed: A. Klute), American Society of Agronomy and Soil Science Society American of Journal Agronomy Monograph, No: 9, Madison, WI., pp: 167-179.
- Starr, J.L., T.B. Parkin and J.J. Meisinger. 1992. Sample size consideration in the determination of soil nitrate. *Soil Science Society American of Journal*, 56: 1824-1830.
- Starr, J.L., T.B. Parkin and J.J. Meisinger. 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.
- Trangmar, B.B., R.S. Yost and G. Uehara. 1985. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. *Advances Agronomy*, 38: 45-94.
- Warrick, A.W., D.E. Myers, and D.R. Nielsen. 1986. *Geostatistical Methods Applied To Soil Science*. In: *Methods of Soil Analysis, Part I, Physical And Mineralogical Methods*. 2th ed. Agronomy Monograph, No: 9, pp: 53-82.
- Wilding, L.P., J. Bouma, and D.W. Goss. 1994. Impact of Spatial Variability on Interpretative Modelling In: *Quantitative Modelling of Soil Forming Processes* (Eds: R.B. Bryant and R.W. Arnold) Soil Science Society of American Special Publication Number 39, Soil Science Society of American Inc., Madison Wisconsin, USA.
- Yılmaz, M. 1993. Ayaş ve yakın çevresinin fiziki coğrafyası. Lisans tezi, Ankara Üniversitesi Dil Tarih ve Coğrafya Fakültesi Fiziki Coğrafya Anabilim Dalı, Ankara, 30 s.
- Young, F.J., R.D. Hammer and D. Larsen. 1999. Frequency distribution of soil properties on a loess-mantled Missouri Watershed. *Soil Science Society American of Journal*, 63: 178-185.