



## Araştırma Makalesi

www.ziraat.selcuk.edu.tr/ojs  
Selçuk Üniversitesi  
Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi  
26 (2): (2012) 31-39  
ISSN:1309-0550



### Ayaş Araştırma ve Uygulama Çiftliği Topraklarında Bazı Besin Elementlerinin Dağılımlarını Belirleyen Faktörler

Yakup ÇIKILI<sup>1,3</sup>, Mustafa SAĞLAM<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Düzce Üniversitesi, Çilimli Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Düzce/Türkiye  
<sup>2</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun/Türkiye

(Geliş Tarihi: 14.10.2011, Kabul Tarihi: 25.04.2012)

#### Özet

Bu çalışma; toplam azot (TN), yarıyışıl fosfor (YP) ve ekstrakte edilebilir potasyum (EK) 'un uzaysal değişkenliğinin ve değişkenliği etkileyen toprak faktörlerinin belirlenmesi amacıyla Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ayaş Araştırma ve Uygulama Çiftliği arazilerinde yürütülmüştür. Yaklaşık 43.5 ha alana ve 4 farklı toprak serisine sahip araziden 0-30 cm derinlikten 100 adet toprak örneği alınarak analiz edilmiştir. 46 adet toprak örneği 100x100 m'lik ızgaraların kesişim noktalarındaki poligon noktalarından alınmıştır. Bu poligon noktaları üzerine 3, 8, 10, 25, 60 ve 80 m aralıklarla yerleştirilen 9 adet ara hat noktasından da 54 adet toprak örneği alınmıştır. Uzaysal değişkenliğin belirlenmesinde öncelikle tanımsal istatistikler yapılmış, daha sonra her bir parametre için uygun teorik semivariogramlar hesaplanarak değişim haritaları krigleme yoluyla oluşturulmuştur. Araştırılan besin elementlerinden TN ve EK düzeyleri bitki gelişimi açısından alan içerisinde yeterli seviyelerde bulunurken, YP düzeyleri ise yetersiz ve yeterli seviyeler arasında değişmiştir. Besin elementlerinin değişkenliğini etkileyen toprak faktörlerinin belirlenmesinde en yüksek R<sup>2</sup> (0.394) TN için elde edilirken en düşük R<sup>2</sup> (0.105) ile EK için elde edilmiştir. Regresyon modeline arazi kullanımı, ana materyal ve topografya gibi özelliklerin dâhil edilmesiyle birlikte daha yüksek oranlı tahminler yapılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Uzaysal dağılım, krigleme, regresyon, azot, fosfor, potasyum.

#### Factors Determining Spatial Variability of Some Nutrient Elements in Soils of Ayaş Research and Training Farm

##### Abstract

This study was conducted at fields of Ayaş Research and Training Farm soils of Agricultural Faculty of Ankara University to determine spatial variability of total nitrogen (TN), available phosphorus (YP) and exchangeable potassium (EK) contents and affecting soil factors their variability. Total of 100 soil samples taken from 0-30 cm soil depth in the study area that has 43.5 hectares land area with 4 different soil series were analyzed. In addition, 46 soil samples were collected from intersect points in grid lines sized 100x100 m polygons in the study area. Moreover, 54 soil samples were taken from 9 transects set up with 3, 8, 10, 25, 60 and 80 m interspaces on these polygons. Firstly, to determine spatial variability, descriptive statistics were generated and then theoretical semivariogram were calculated for each parameter and variation maps were created by kriging method. Levels of TN and EK investigated nutrient elements in this research in terms of their availability plant growth were found adequately levels whereas, available phosphorus level was ranged from inadequate to adequate levels. It was obtained the highest R<sup>2</sup> value (0.394) for TN whereas, the lowest R<sup>2</sup> value (0.105) was found for EK in determining of soil factors effected on variation of plant nutrient elements. In addition to that, the higher estimations can be made addition of some properties such as land use, parent material and topography and so on to regression model.

**Key Words:** Spatial distribution, kriging, regression, nitrogen, phosphorus, potassium.

#### Giriş

Dünya nüfusundaki sürekli artış ve toprakların amaç dışı kullanımına bağlı olarak tarım alanlarında ortaya çıkan kayıplar, orman ve mera gibi farklı amenajmana sahip alanların tarıma açılması sonucunu doğurmaktadır. Bununla birlikte organik madde kaybı, besin elementlerinin tükenmesi ve farklı arazi kullanımları gibi insan kaynaklı arazi bozulmalarından tarım alanlarının yaklaşık %40'ının olumsuz etkilendiği tahmin edilmektedir (Oldeman ve ark., 1990). İklimsel değişimler ve insan aktiviteleri gibi çeşitli faktörlerin etki-

si sonucunda kurak ve yarı kurak alanlarda ortaya çıkan arazi bozulmaları, kuru alanlarda sürdürülebilir arazi kullanımını tehdit eden en önemli konulardan birisidir (UNCED, 1992; Dumanski and Pieri, 2000). Yoğun tarım yapılan alanlardaki bu tehdidi azaltmak veya ortadan kaldırmak amacıyla toprak özelliklerinin alan içerisindeki dağılımlarının belirlenmesi, korunması ve yönetilmesi tarımda sürdürülebilirlik ve verimlilik potansiyeli açısından büyük önem taşımaktadır.

<sup>3</sup>Sorumlu Yazar: [yakupcikili@duzce.edu.tr](mailto:yakupcikili@duzce.edu.tr)

Topraktaki besin elementleri bitki gelişimini düzenleyen ana faktörlerden birisi olmakla birlikte toprakların sürdürülebilirliği açısından da büyük öneme sahiptirler. Tarımsal üretim alanları doğal sistemlerin yaratmış olduğu değişikliklerin yanında, yönetim uygulamalarına bağlı olarak da önemli uzaysal değişkenlikler gösterebilmekte (Lal, 1998; Huang, 2000; Barton ve ark., 2004; Atreya ve ark., 2008), özellikle toprak özelliklerinin değişkenliğine bağlı olarak alan içerisinde, bölgeler arasında veya farklı ölçeklerde önemli değişkenlikler gösterebilmektedir (Burrough, 1993). Bu alanlarda toprak özelliklerine ait uzaysal değişkenlik bilgisi yalnızca gübre gereksinimlerinin belirlenmesi için değil, aynı zamanda yönetim uygulamalarının planlanması açısından da gereklidir. Hassas tarım uygulamalarında uzaysal bilgi teknolojilerinin yardımıyla ortaya konulan uzaysal değişkenlik bilgisi yönetim uygulamalarının planlanmasına yardımcı olabildiği gibi, üreticilerinde arazilerindeki değişiklikleri daha doğru anlamalarına ve kontrol edebilmelerine de olanak sağlamaktadır (Mc Cauley ve ark., 1997). Geçmişte bilgi teknolojilerindeki yetersizliklerden dolayı toprak değişkenliği bilgisi çok sınırlı olmuş, ancak son yıllarda bilgisayar teknolojisi, coğrafi bilgi sistemleri (CBS), küresel konumlama sistemleri (GPS), uzaktan algılama ve jeostatistikteki ilerlemeler toprakların uzaysal değişkenliğinin belirlenmesi, kaydedilmesi, analiz edilmesi ve yönetilmesindeki yeteneğimizi büyük oranda artırmıştır.

Besin elementleri ile ana materyal, topografya, toprak tekstürü ve insan aktiviteleri arasındaki ilişkilerle ilgili yapılan araştırmalar, besin elementlerinin uzaysal değişkenlik derecesi üzerine kurulmasına rağmen analizler genelde iç faktörler (ana materyal, topografya, toprak tipleri) ve dış faktörler (toprak yönetim uygulamaları) olmak üzere iki farklı şekilde değerlendirilmektedir (Wang ve ark., 2009). Arazi kullanımı besin elementlerinin alınımı ve taşınımını etkileyen birden fazla çevresel faktörün bileşimi olarak ifade edilmektedir (Young ve ark., 1996). Arazi kullanımının erozyon, oksidasyon, mineralizasyon ve yıkanma gibi besin elementleriyle ilişkili süreçlere etkisi nedeniyle bu durum özellikle havza ölçeğinde doğruluk kazanmaktadır (Fu ve ark., 1999; Hontoria ve ark., 1999). Arazi kullanımı besin elementlerinin taşınım ve dağılımlarını değiştirebilirken farklı arazi kullanımları organik madde ve besin elementi konsantrasyonlarında değişimlere neden olabilmektedir (Sun ve ark., 2005; Zhang ve ark., 2008).

Topografya, yüzey akış, drenaj, toprak sıcaklığı, toprak erozyonu ve toprak oluşumunu etkilemesi nedeniyle toprak organik maddesi ve besin elementleri gibi toprak özellikleri üzerinde büyük bir etkiye sahiptir (Aandahl, 1948; Carter and Ciolkosz, 1991; Moore ve ark., 1993; Schmidt ve ark., 1993; Johnson ve ark., 2000). Nitekim birbiriyle benzerlik göstermeyen toprak fiziksel ve kimyasal özellikleri de farklı toprak oluşumlarının birer sonucudur (Brubaker ve ark., 1993). Top-

rak tekstürü de toprak besin elementlerinin korunmasında önemli bir rol oynamaktadır (Li, 1991). Yapılan birçok çalışmada; kil içeriği ile besin elementleri arasında önemli korelasyonlar görülürken (Spain, 1990; Li, 1991; Arrouays ve ark., 1995; Alvarez and Lavado, 1998), kilin etkisinin kil minerolojisiyle yakından ilişkili olduğu (Spain, 1990) ve toprak tekstürünün öneminin bölgesel olarak değişebileceği belirtilmiştir (Oades, 1988).

Son yıllarda yapılan birçok çalışmada; hem toprak besin elementlerinin uzaysal dağılım analizleri hem de toprak besin elementlerini belirleyen faktörler araştırılırken, çok az çalışmada da toprak besin elementleri ile besin elementlerini belirleyen faktörler arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacıyla çalışmalar yapılmıştır. Toprak özelliklerinde var olan uzaysal değişkenliğin analizinde klasik istatistik yöntemler, örnekleme noktalarının birbirinden bağımsız olduğunu kabul etmesi nedeniyle uzaysal değişkenliğin temelini oluşturan mesafeye bağlı değişkenliklerin belirlenmesinde kullanımı uygun değildir. Toprak özelliklerindeki bu uzaysal değişimlerin belirlenmesinde, yapısal uzaklığa bağlı değişimleri dikkate alarak analizler yapan jeostatistiksel yöntemler son yıllarda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Bu çalışmayla, Atatanır ve Yüksel (2003) tarafından yapılan detaylı toprak etüd ve haritalama çalışmasıyla Entisol ve Inceptisol Ordosundan toprak serilerinin belirlendiği Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ayaş Araştırma ve Uygulama Çiftliği topraklarında toplam azot (TN), yarayırlı fosfor (YP) ve ekstrakte edilebilir potasyumun (EK) uzaysal değişkenliği ile besin elementlerinin değişkenliğini etkileyen toprak özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Entisol ve Inceptisol Ordosuna ait toprakların tipik özelliği sahip oldukları zayıf toprak horizonlarıdır. Bu alanlarda besin elementleri ana materyal tarafından yoğun bir şekilde etkilenirken, normalde kaba tekstürlü ve kolay ayrışarak oluşmuş topraklar bitki besin maddelerince zenginlerdir (Huang ve ark., 2006). Bu amaçla, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ayaş Araştırma ve Uygulama Çiftliği topraklarında bazı besin elementlerinin uzaysal değişkenliği, mesafeye bağlı değişimleri dikkate alarak analizler yapan jeostatistiksel yöntemler ve değişkenliği etkileyen faktörleri belirlemek amacıyla çok değişkenli regresyon yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir.

## Materyal ve Yöntem

### Çalışma Alanının Tanımı

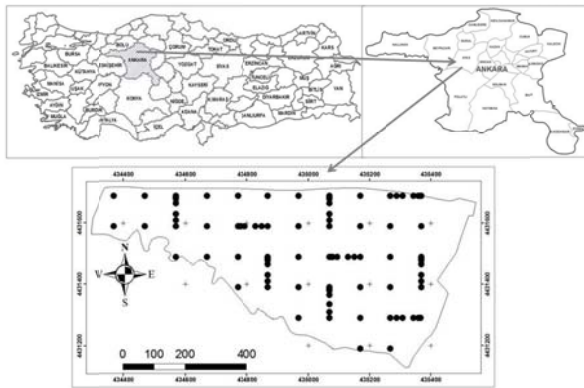
Ankara ilinin Ayaş İlçesi sınırları içerisinde kalan Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ayaş Araştırma ve Uygulama Çiftliği, 40° 01' ve 40° 02' kuzey enlemleri 32° 13' ve 32° 15' doğu boylamları arasında ve Ankara-Bey pazarı karayolunun 65. km'sinde, Güdül yol ayrımının güneybatısında yer almaktadır. Denizden yüksekliği ortalama 680 m olan çalışma alanı yaklaşık 43.5 ha'dır. Ayaş gözlem istasyonu verilerine göre

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).

Araştırma alanı içerisinde yer alan aluviyal taban arazisi, Ayaş-Beypazarı karayolu boyunca gözlenen birikinti konilerinden ve derin vadilerle yarılan şekillerden oluşmaktadır. 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 Atatanır ve Yüksel (2003) tarafından yapılan detaylı toprak etüd ve haritalama çalışmasıyla; Sazlık serisi, Çiftlik serisi ve Ayaş Çayı serileri toprak sınıflama sistemi içerisinde Entisol Ordusu'nda ve Elmalık serisi ise İnceptisol Ordusu'nda 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.



Şekil 1. Çalışma alanı konumu ve örnekleme deseni

Arazide 0-30 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde pH (Hendershot ve ark., 1993), elektriksel iletkenlik (EC) (Rhoades, 1986), organik madde (OM) (Jackson, 1958), kireç (CaCO<sub>3</sub>) (Allison ve Moodie, 1965), tekstür (Bouyoucoucous, 1951), toplam azot (Bremner and Mulvaley, 1982), yarıyıllı fosfor (Olsen ve ark., 1954)

ve ekstrakte edilebilir potasyum (Jackson, 1958) belirlenmiştir.

### Jeostatistiksel ve İstatistiksel analizler

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

$z(x_i)$  : x noktasında ölçülmüş örnek değeri

$z(x_i+h)$  : 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<sup>2</sup>) 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<sup>+</sup> 7.0 paket programı kullanılarak, krigleme haritaları ise ArcMap 9.2 programı kullanılarak hesaplanmıştır.

Toprak özellikleri için tanımlayıcı istatistik olarak ortalama, minimum ve maksimum değerler, standart sapma, değişkenlik katsayısı, çarpıklık ve basıklık hesaplanmıştır (Tablo 1). Çarpıklık, basıklık ve Kolmogorov-Smirnov testine göre toprak özelliklerinin normal dağılımları test edilmiş ve normal dağılım göstermeyen verilere logaritma ve karekök gibi dönüşümler uygulanmıştır (Liu ve ark., 2006). TN, YP ve EK ile toprak özellikleri (kil, silt, kum, pH, EC, organik madde ve kireç) arasındaki ilişkileri belirlemek için Spearman korelasyon katsayıları belirlenmiştir. Besin elementlerinin değişkenliğini etkileyen toprak özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan çok değişkenli regresyon analiz yöntemi ise bağımlı değişkenler ile bağımsız değişkenler arasındaki istatistiksel önemi (p<0.05) değerlendirmek amacıyla kurulmuştur (Uyak ve ark., 2007; Kaiser and Rice, 1974; Ramos ve ark., 2007; Meersmans ve ark., 2008). Çok değişkenli regresyon analizinde en küçük kareler yöntemi kullanılmış ve bağımsız değişkenler modele stepwise yöntemiyle dâhil edilmiştir. İstatistiksel analizler SPSS paket programı kullanılarak hesaplanmıştır (SPSS 17.0).

### Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Çalışma alanı içerisinde uzaysal değişkenliği araştırılan toprak özelliklerine ait tanımsal istatistik değerleri Tablo 1'de verilmiştir. TN içeriği alan içerisinde en düşük ve en yüksek 0.46-2.07 g kg<sup>-1</sup> değerleri arasında değişkenlik gösterirken, ortalama 1.00 g kg<sup>-1</sup> olarak

bulunmuştur. Bu değerler, çalışma alanının tamamında topraklarının TN düzeyleri bakımından yüksek ve çok yüksek düzeyde olduğunu göstermiştir (Bruce ve Rayment, 1982). TN düzeylerinin yüksek ve çok yüksek düzey arasında değişen değişkenliğinin en önemli nedeni, çiftlik içerisinde uygulanan yönetim desendir.

Tablo 1. Toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik değerleri

Değişken	Ortalama	En Düşük	En Yüksek	SS	DK <sup>d</sup>	Çarpıklık	Basıklık
TN, g kg <sup>-1</sup>	1.00	0.46	2.07	0.34	34	0.97	1.24
YP, mg kg <sup>-1</sup>	17.27	1.48	66.21	11.84	69	1.88	4.97
EK, cmol(+) kg <sup>-1</sup>	1.55	0.65	4.82	0.62	40	1.95	7.14
Kil, %	39.13	24.62	48.23	5.14	13	-0.47	-0.14
Silt, %	34.48	25.07	46.93	3.92	11	0.28	0.96
Kum, %	26.38	15.61	48.04	5.72	22	1.17	2.33
pH	7.99	7.73	8.25	0.11	1	-0.22	0.22
EC, dS/m	0.58	0.25	1.53	0.25	43	1.36	2.17
Kireç (CaCO <sub>3</sub> ), %	10.42	6.60	14.57	1.69	16	-0.08	-0.35
Organik madde, %	1.75	0.67	3.55	0.51	29	0.91	2.19

SS: Standart Sapma; DK: Değişkenlik Katsayısı

Çiftlik içerisinde sebze başta olmak üzere tahıl, yonca, fidan ve meyve bahçesi gibi farklı üretim alanlarının olması, alan içerisinde farklı düzeylerde organik madde birikim alanları ortaya koyabilmekte ve topraklara yüksek düzeylerde azot (N) kazanımları sağlayabilmektedir. Sebze ve meyve yetiştiriciliği, özellikle sulu koşullarda yapılması nedeniyle üretimi yapılan alanlarda bitki gelişimlerini önemli oranda teşvik ederler ve sulamaya bağlı olarak topraklarda ortaya çıkan yüksek nem koşulları yabancı ot gelişimini önemli düzeyde artırır. Bu tür alanlarda üretim sırasında ortaya çıkan yabancı otlarla mücadelede çoğunlukla kimyasal mücadele yerine çapalama gibi mekaniksel yöntemlerin uygulanması, topraklara sürekli olarak C/N oranı düşük, mikroorganizmalarca hızlı bir şekilde ayrıştırılabilen ve nispeten N içeriği yüksek yeşil bitkilerin kazandırılmasına olanak sağlar. Tahıl üretiminin yapıldığı alanlarda ise, hasat sonrasında C/N geniş ve kısmen N içeriği daha düşük, mikroorganizmalarca daha düşük bir hızda ayrıştırılabilen organik materyallerin toprakta kalması diğer yönetim uygulamalarına oranla daha düşük düzeylerde organik madde ve N sağlama, TN düzeylerindeki değişkenliklerin ortaya çıkmasının önemli nedenleri arasında sayılabilir. Farklı yönetim uygulamalarına bağlı olarak topraklara kazandırılan C/N oranı düşük organik materyaller toprakta daha kolay ve daha hızlı parçalanarak toprakların N ve P içeriklerinde önemli artışlar ortaya koyabilmektedir. Ayrıca, sebzelerin hasat sonrası toprakta kalan bitkisel atıklarının da organik maddece zengin olması, sebze yetiştiriciliği yapılan alanlarda organik madde birikimini artırarak N ve P düzeylerinde önemli artışlar sağlayabilmektedir.

Çalışma alanındaki toprakların organik madde içerikleri incelendiğinde; ortalama organik madde miktarı-

nın %1.75 olduğu, alan içerisinde en düşük ve en yüksek % 0.67-3.55 arasında değiştiği görülmektedir. Organik maddeye ait çarpıklık katsayısı da, alan içerisindeki birçok örnek noktasında organik madde içeriğinin ortalamadan yüksek değerler aldığı ortaya koymaktadır. Çarpıklık katsayısının normal dağılımdan uzak bir dağılım sergilemesi ve pozitif değer olması örnek noktalarının alan içerisinde ortalamadan daha yüksek değerler aldığı açıklandırmaktadır (Tablo 1). Webster (2001), toprak verilerinde normal dağılımla ilgili en ciddi ayrılma göstergesinin çarpıklık değeri olduğunu ve verilerin normal dağılımını açıkladığını ifade etmiştir. Verilerin değişkenliğini açıklayan değişkenlik katsayısı (DK) incelendiğinde ise, TN'un alan içerisindeki değişkenliğinin orta olduğu görülmektedir. Wilding ve ark. (1994) ve Mulla ve McBartney (2000), DK değerinin %15'den düşük olması durumunda değişkenliğin düşük, %15-35 arasında orta ve %35'ten büyük olduğunda ise yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Diğer taraftan toprak özellikleri ile besin elementleri arasındaki korelasyon ilişkileri incelendiğinde; TN, YP, silt ve organik madde ile p<0.01 düzeyinde, EC ile de p<0.05 düzeyinde önemli pozitif korelasyonlar göstermiştir. Ayrıca organik madde de hem TN, hem de YP ile p<0.01 düzeyinde pozitif korelasyonlar göstermiş ve bu sonuç ile organik madde birikimiyle toprakların TN ve YP içeriği artar görüşü de desteklenmiştir (Tablo 2).

YP içeriğine ait değerler incelendiğinde, alan içerisinde en düşük ve en yüksek 1.48-66.21 mg kg<sup>-1</sup> değerleri arasında değişkenlik gösterirken, ortalama 17.27 mg kg<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur (Tablo 1). FAO (1990)'ya göre bu sonuçlar; çalışma alanının YP kapsamının çok düşük ve fazla düzeyleri arasında değiştiğini, ortalama yarayışlı P içeriğinin ise yeterli düzeyde olduğunu

göstermiştir. Alan içerisindeki YP'a ait bu değişken düzeyler değişkenlik katsayısının yüksek bulunmasıyla da desteklenmektedir (Tablo 1). Toprakların P kaynakları birinci derecede primer ve sekonder mineraller olmakla birlikte, yönetim uygulamaları da topraklara P kazandırabilmektedir. Özellikle yönetim uygulamalarına bağlı olarak organik madde içeriğindeki artışlar yarıyıllık P üzerine etkili olabilir (Mandal ve ark., 2008), ancak bu etkinin toplam N ile aynı olması beklenebilir. Alan içerisindeki YP'un yüksek değişkenliğinin nedenleri, yönetim uygulamalarıyla birlikte çalışma alanının büyük çoğunluğunun aluviyal topraklardan oluşması, bu nedenle çok çeşitli ana materyal kaynaklarının alan içerisinde birikmesi nedeniyle sahip olduğu yüksek değişkenlik kaynakları olabilir. Liu ve ark. (2007) tarafından TN ve YP değişkenliğinin karasal ekosistemlerde toprak özellikleriyle birlikte arazi kullanımı, topografya, bitki çeşidi, toprak işleme ve ana materyalle ilişkili olabileceği rapor edilmiştir.

Tablo 2. Toprak özellikleri arasındaki korelasyon ilişkileri

	TN <sup>†</sup>	YP <sup>†</sup>	EK
YP <sup>†</sup>	0.459**		
EK	0.197	0.226*	
Kil	-0.094	-0.340**	-0.192
Silt	0.384**	0.386**	0.132
Kum <sup>†</sup>	-0.105	0.128	0.177
pH <sup>††</sup>	-0.076	-0.059	-0.095
EC <sup>†</sup>	0.240*	0.278*	0.180
CaCO <sub>3</sub>	-0.032	-0.061	-0.040
OM	0.443**	0.305**	0.086

\*\**p*<0.01; \**p*<0.05; <sup>†</sup>: logaritma dönüşümü; <sup>††</sup>: karekök dönüşümü

EK'a ait değerler incelendiğinde, alan içerisinde 0.65-4.82 cmol(+) kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği ve ortalama 1.55 cmol(+) kg<sup>-1</sup> olduğu görülmektedir (Tablo 1). Bu sonuçlar, çalışma alanının tamamında EK içeriğinin bitki gelişimi için yeterli seviyede olduğunu göstermektedir (Gourley, 1999). Değişkenlik katsayısı ise EK'un alan içerisindeki değişkenliğinin yüksek olduğunu göstermektedir (Tablo 1). Aluviyal alanlarda taşınan ve depolanan ana materyalin/ materyallerin farklılıklar göstermesi nedeniyle, çoğu zaman yüksek değişkenlik kaynaklarına sahip olabilmektedir. Bu yüksek değişkenlik kaynakları, toprak özelliklerini önemli oranda etkileyerek alan içerisindeki dağılımlarının çok değişken olmasını sağlayabildiği gibi, alan içerisinde kısa mesafeli değişkenliklerinde ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Çalışma sonuçlarında ortaya konan EK'a ait yüksek değişkenliğin nedenleri, aluviyal toprakların ana materyal farklılığından kaynaklı değişken K içeriğine sahip olabileceği görüşüyle açıklanabilir. Bu görüş, araştırılan diğer toprak özellikleri ile EK'un ara-

sındaki korelasyonların önemsiz bulunmasıyla da desteklenmektedir (Tablo 2).

Değişkenliği araştırılan besin elementlerinden TN ve YP küresel model (spherical) ile EK ise üssel model (exponential) ile modellenmiş ve nugget değerleri tüm özellikler için düşük bulunmuştur (Tablo 3). Nugget değerlerinin düşük olması, seçilen örnekleme deseni ve örnekleme mesafelerinin araştırılan toprak özelliklerinin uzaysal değişkenliğini modellemek için uygun olduğunu açıklamaktadır. Nugget değişkenlere ait örnekleme ve analiz sırasındaki hatayı açıklarken, nugget değerinin sıfır olması ölçüm hatası ve kısa mesafede değişkenliğin olmadığını açıklamaktadır (Trangmar ve ark., 1985; Webster, 1985; Warrick ve ark., 1986; Goovaerts, 1999; Mulla ve McBratney, 2000). Flatman ve Yfantis (1984)'e göre en uygun örnekleme mesafesi olarak, range'in 1/4'ünden 1/2'sine kadar olan mesafeyi tanımlamaktadır (Mulla ve McBratney, 2000). Çalışmada kullanılan örnekleme mesafeleri ve range değerleri bu sonuçlarla benzerlik göstermektedir. Değişkenliği araştırılan besin elementlerinin tamamı güçlü konumsal ilişkiler göstermiştir (Tablo 3). Toprak özelliklerinin uzaysal değişkenliklerinin ifade edilmesinde nugget/sill oranının (C<sub>0</sub>/C<sub>0</sub>+C) yüzde olarak ifadesi uzaysal bağımlılık sınıfı (UBS) olarak tanımlanmaktadır. Eğer bu oran ≤%25 ise değişken güçlü uzaysal bağımlı, %25-%75 arasında orta uzaysal bağımlı ve ≥ %75 ise değişken zayıf uzaysal bağımlı olarak sınıflandırılmaktadır (Trangmar ve ark., 1985; Cambardella ve ark., 1994; Erşahin, 1999). UBS'nin güçlü bulunması, değişkenlerin alan içerisinde kısa mesafelerde değişkenlik göstermediğini açıklamaktadır. Toprak özelliklerinin alan içerisindeki değişkenliğini tahmin etmek için kullanılan semivariogram modellerinin tamamı çapraz doğrulama sonuçlarına göre değişkenlere ait varyansın %67 (2/3)'sinden fazlasını açıklamıştır (Şekil 2).

Besin elementlerinin alan içerisindeki değişkenliğini gösteren dağılım haritalarından TN (Bruce ve Rayment, 1982) bitkiye yararlılık sınır değerlerine göre tüm alan içerisinde yüksek ve çok yüksek düzey arasında bulunurken, EK dağılımları tüm alan içerisinde yeterli düzeyde bulunmuştur (Gourley, 1999). YP dağılımları çok az ve fazla düzey arasında değişkenlik göstermiştir (FAO, 1990). YP alan içerisinde batı ve kuzeybatı yönlerinde düşük değerlerini alırken doğu ve kuzeydoğu yönlerinde yüksek değerler almıştır (Şekil 3).

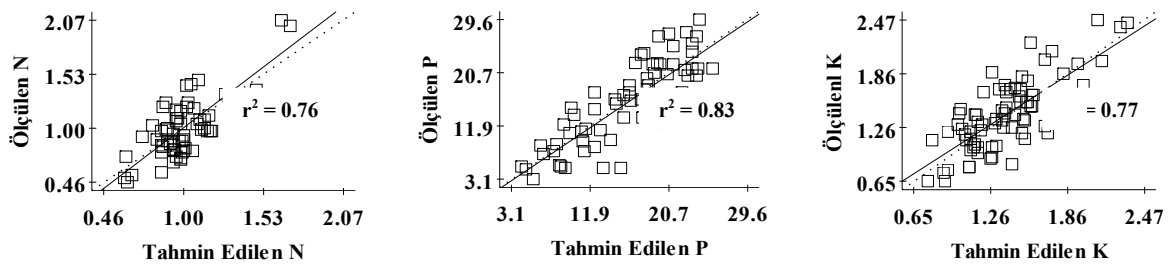
Besin elementlerinin değişkenliğini belirleyen toprak faktörlerinin belirlenmesi amacıyla regresyon modelleri oluşturulmuş ve modeller istatistiksel olarak anlamlı (p<0.01) bulunmuştur (Tablo 4). TN'a ait regresyon modeli incelendiğinde; değişkenlik kaynağı olarak modele dahil edilen toprak faktörlerinden yalnızca YP ve OM'nin değişkenliği açıklamadaki etkileri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş ve oluşturulan regresyon modeli TN'a ait değişkenliğin %39.4'ünü açıklayabilmektedir. Topraklardaki OM miktarı, arazi kullanı-

mı ve yönetim uygulamalarına bağlı olarak değişkenlik gösteren bitki çeşidi, C/N oranı, biyokütle miktarı, organik atık ve lif miktarı gibi faktörlerden büyük oranda etkilenmektedir. Bununla birlikte erozyon, oksidasyon, mineralizasyon, yıkanma ve havalanma gibi arazi kullanımına bağlı toprak yönetim uygulama-

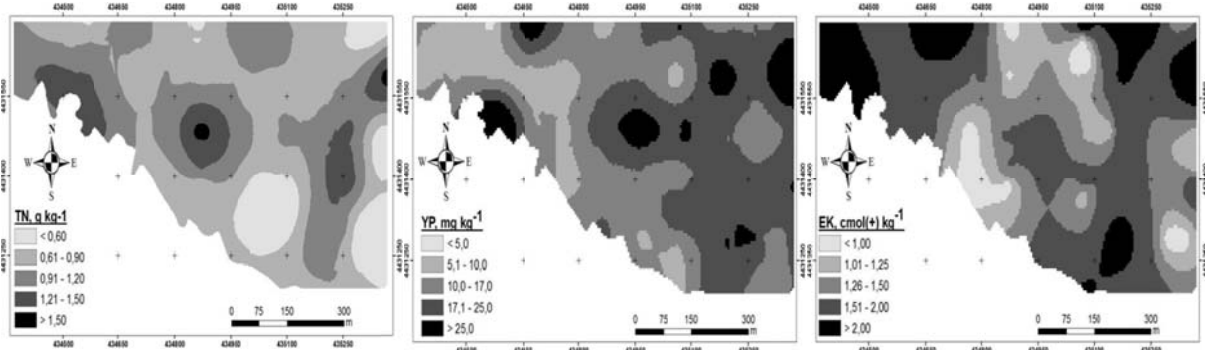
ları OM miktarını etkileyerek (Hontoria ve ark., 1999) topraklarda OM birikimleri ve kayıpları sağlayabilmektedir (Pierson and Mulla, 1990). Bu nedenle OM birikimini etkileyen faktörler dolaylı olarak toprakların TN miktarını da etkileyebilmektedir.

Tablo 3. Toplam N, yarıyışlı P, ekstrakte edilebilir K'a ait semivariogram değerleri

Değişken	Model	Nugget, $C_0$	Sill, $C_0+C$	Range, A	$R^2$	RSS	N/S, %	UBS
Toplam N	Küresel	0.00561	0.02392	171.6	0.999	$2.052 \times 10^{-7}$	23	Güçlü
Yarıyışlı P	Küresel	0.0238	0.1196	129.4	0.919	$4.460 \times 10^{-4}$	20	Güçlü
Ekst. edilebilir K	Üssel	0.0056	0.0807	330	0.999	$2.666 \times 10^{-6}$	7	Güçlü



Şekil 2. Toplam N, yarıyışlı P, ekstrakte edilebilir K'a ait çapraz doğrulama grafikleri



Şekil 3. Toplam N (TN), yarıyışlı P (YP), ekstrakte edilebilir K (EK)'a ait krigleme haritaları

Tablo 4. Toplam N (TN), yarıyışlı P (YP), ekstrakte edilebilir K (EK) için regresyon modelleri

Regresyon modelleri	$R^2$	P
$TN = (0.339 \times \log YP) + (0.292 \times OM) + 0.098$	% 0.394	< 0.01
$YP = (13.363 \times \log TN) + (7.066 \times EK) - 8.876$	% 0.306	< 0.01
$EK = (0.694 \times \log YP) + 0.893$	% 0.105	< 0.01

YP'a ait regresyon modeli değişkenliğin % 30.6'sını açıklarken, bağımsız değişkenler olarak TN ve EK oluşturulan modelde yer almışlardır. Topraklarda yüksek fosfor (P)'un kaynağı genelde ana materyaldir (Li, 1991). Bununla birlikte eğim ve yükseklik de mikro klima iklimlerde toplam fosfor (TP)'un değişkenliğini belirleyen faktörler arasında yer almaktadır (Moore ve

ark., 1993). EK'a ait değişkenliği etkileyen faktörler arasında ise bağımsız değişken olarak sadece YP önemli bulunmuş ve değişkenliğin yalnızca %10.5'ini açıklayabilmiştir. Topraklardaki potasyum (K) seviyeleri büyük oranda ana materyal tarafından kontrol edilmektedir (Li, 1991). Farklı tekstür fraksiyonlarına sahip farklı eğim seviyeleri de K değişkenliğini kontrol ede-

bilmektedir. Kaba fraksiyonlar ve mineraller genellikle eğimli alanların üst kısımlarında birikirken, K içeriği yüksek ince fraksiyonlar erozyon sonucunda eğimli alanların alt kısımlarına taşınarak bu alanlarda birirmektedir (Li, 1991). Ayrıca, eğimli alanların tepelerinde kalan minerallerin çoğu genellikle yüksek baz içerikleri ve stabiliteyi nedeniyle K'yu kolay şekilde serbest bırakmazlar (Li, 1991) ve bu nedenle minerallerin K içeriği çok düşük olabilir.

Bu çalışmayla Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ayaş Araştırma ve Uygulama Çiftliği topraklarının TN, YP ve EK dağılımlarının haritalanarak değişim desenlerinin belirlenmesi ve besin elementlerinin değişkenliklerini etkileyen toprak faktörlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Sonuçlar özellikle bitkisel üretimde temel gübreleme olarak tanımlanan NPK bakımından çiftlik topraklarının N ve K kapsamının bitki gelişimi için yeterli seviyelerde, P kapsamının ise bitki gelişimi için noksanlık ile yeterli seviyeler arasında değişken olduğunu ortaya koymuştur. YP'un değişkenliğinin yüksek olması, P'un yarayırlılığını ve topraklardaki P miktarını etkileyen toprak ve çevre faktörlerinin çok fazla değişken olduğunu ortaya koymuştur (Liu ve ark., 2007; Mandal ve ark., 2008). Çalışma alanında toprakların YP kapsamının düşük, orta ve yüksek seviyeler arasında yüksek değişkenlik düzeylerinde bulunması, çiftlik topraklarında yapılacak tarımsal üretimler sırasında P'lu gübre uygulamalarının gerekliliğini ortaya koymaktadır. TN'un alan içerisindeki değişkenliğinde YP ve organik madde etkili toprak özellikleri olarak belirlenmiştir. Bu nedenle, toprakların organik madde kapsamının artırılmasına yönelik yönetim uygulamalarının yürütülmesiyle alanda önemli N kazanımları sağlanabilir. Organik madde miktarında sağlanacak artışlarla birlikte toprakların P kapsamında da artışlar ortaya konulabilir. Ayrıca, toprak özellikleriyle birlikte ana materyal, topografya, arazi kullanımı, sulama ve drenaj gibi faktörlere ait özelliklerin modele dahil edilmesiyle besin elementlerinin alandaki değişkenlikleri daha yüksek oranlarda açıklanabilir.

#### Kaynaklar

Aandahl, A.R., 1948. The characterization of slope positions and their influence on the total nitrogen content of a few virgin soils of western Iowa. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 13:449-454.

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.

Alvarez, R. and Lavado, R.S., 1998. Climate, organic matter and clay content relationships in the Pampa and Chaco soils, Argentina. *Geoderma*, 83:127-141.

Arrouays, D., Vion, I. and Kicin, J.L., 1995. Spatial analysis and modeling of topsoil carbon storage in

temperate forest humic loamy soils of France. *Soil Sci.*, 159:191-198.

- Atatanır, L. ve Yüksel, M., 2003. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ayaş Araştırma ve Uygulama Çiftliği Topraklarının Detaylı Toprak Etüd ve Haritalaması. *GOÜ Ziraat Fak. Derg.*, 20(1):157-164.
- Atreya, K.S., Sharma, R.M. and Bajracharya, N.P., 2008. Developing a sustainable agro-system for central Nepal using reduced tillage and straw mulching. *J. Environ. Manage.*, 88:547-555.
- Barton, A.P., Fullen, M.A. and Mitchell, D.J., 2004. Effects of soil conservation measures on erosion rates and crop productivity on subtropical Ultisols in Yunnan province. *China. Agric. Ecosyst. Environ.*, 104:343-357.
- Bouyoucos, G.J., 1951. A Recalibration of hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal*, 43(9):434-438.
- Bremner, J.M. and Mulvaney, C.S., 1982. Nitrogen-Total. *Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Agronomy monograph No.9: 595-625. 2<sup>nd</sup> Ed. Am. Soc. of Agron. Inc.* Madison, Wisconsin, USA.
- Brubaker, S.C., Jones, A.J., Lewis, D.T. and Frank, K., 1993. Soil properties associated with landscape positions. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 57:235-239.
- Bruce, R.C. and Rayment, G.E., 1982. Analytical methods and interpretations used by the Agricultural Chemistry Branch for Soil and Land Use Surveys. *Queensland Department of Primary Industries. Bulletin QB8* (2004), Indooroopilly. Queensland.
- Burrough, P.A., 1993. Soil variability: A late 20<sup>th</sup> century view. In: McBratney, A.B. and M.J. Pringle. *Spatial variability in soil implication for precision farming. Precision Agriculture 97. Vol.1* .ed. J.V. Stafford. pp:3-31.
- Cambardella, C.A., Moorman, T.B., Novak, J.M., Parkin, T.B., Karlen, D.L., Turco, R.F. and Konopka, A.E., 1994. Field-Scale Variability Soil Properties in Central Iowa Soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 58:1501-1511.
- Carter, B.J. and Ciolkosz, E.J., 1991. Slope gradient and aspect effects on soils developed from sandstone in Pennsylvania. *Geoderma*, 49:199-213.
- Dumanski, J. and Pieri, C., 2000. Land quality indicators: research plan. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 81:93-102.
- Erşahin, S., 1999. Aluviyal bir tarlada bazı fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin uzaysal (spatial) değişkenliğinin belirlenmesi. *S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(19):34-41.

- FAO, 1990. Micronutrient, Assessment at the Country Level: An International Study. *FAO Soil Bulletin by Sillanpaa*. Rome.
- Flatman, G.T. and Yfantis, A.A., 1984. Geostatistical strategies for soil sampling: The survey and the census. *Environ. Monit. Assess.*, 4:335-349.
- Fu, B.J., Ma, K.M., Zhou, H.F. and Chen, L.D., 1999. The effect of land use structure on the distribution of soil nutrients in the hilly area of the loess plateau, China. *Chin. Sci. Bull.*, 44, 732-736.
- Goovaerts, P., 1999. Geostatistics in Soil Science: State of the Art and Perspectives. *Geoderma*, 89(12):1-45.
- Gourley, C.J.P., 1999. Potassium. In: 'Soil analysis: An interpretation manual'. (Eds K.I. Peverill, L.A. Sparrow and D.J. Reuter) pp. 229-246. (CSIRO Publishing: Melbourne).
- Hendershot, W.H., Lalonde, H. and Duquette, M., 1993. Soil reaction and exchangeable acidity. In Soil Sampling and Methods of Analysis, M.R.Carter (ed.), *Canadian Society of Soil Science*.
- Hontoria, C., Rodriguez-Murillo, J.C. and Saa, A., 1999. Relationships between soil organic carbon and site characteristics in Peninsular Spain. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 63:614-621.
- Huang, C.Y., 2000. Soil Science. *China Agriculture Press*. Beijing.
- Huang, X.X., Gao, M., Wei, C.F., Xie, D.T. and Pan, G.X., 2006. Tillage effect on organic carbon in a purple paddy soil. *Pedosphere*, 16(5):660-667.
- Jackson, M., 1958. Soil Chemical Analysis, p. 1-498. Prentice-Hall. Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, USA.
- Johnson, C.E., Ruiz-Mendez, J.J. and Lawrence, G.B., 2000. Forest soil chemistry and terrain attributes in a Catskills watershed. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64:1804-1814.
- Kaiser, H.F. and Rice, J., 1974. Little jiffy, mark IV. *Educ. Psychol. Meas.*, 34:111-117.
- Lal, R., 1998. Soil erosion impact on agronomic productivity and environmental quality. *Crit. Rev. Plant Sci.*, 17:319-464.
- Li, Z.M., 1991. Purple Soils in China. Science Press, Beijing, pp. 86-101, 203-216 (in Chinese).
- Liu, D.W., Wang, Z.M., Zhang, B., Song, K.S., Li, X.Y., Li, J.P., Li, F. and Duan, H.T., 2006. Spatial distribution of soil organic carbon and analysis of related factors in croplands of the black soil region, Northeast China. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 113:73-81.
- Liu, S.L., Guo, X.D., Fu, B.J., Lian, G., and Wang, J., 2007. The effect of environmental variables on soil characteristics at different scales in the transition zone of the Loess Plateau in China. *Soil Use Manage.*, 23:92-99.
- Mandal, U.K., Warrington, D.N., Bhardwaj, A.K., Bar-Tal, A., Kautsky, L., Minz, D., and Levy, G.J., 2008. Evaluating impact of irrigation water quality on a calcareous clay soil using principal component analysis. *Geoderma*, 144:189-197.
- Mc Cauley, J.D., Whittaker, A.D., and Searcy, S.W., 1997. Sampling resolutions for prescription farming and their effects on cotton yield. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers.
- Meersmans, J., De Ridder, F., Canters, F., De Baets, S. and Van Molle, M., 2008. A multiple regression approach to assess the spatial distribution of Soil Organic Carbon (SOC) at the regional scale (Flanders, Belgium). *Geoderma*, 143:1-13.
- Moore, I.D., Gessler, P.E., Nielsen, G.A., and Peterson, G.A., 1993. Soil attribute prediction using terrain analysis. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57:443-452.
- Mulla, D.J., and McBratney, A.B., 2000. Soil Spatial Variability. A-321-A-351. In: Handbook of Soil Science, Malcom E. Summer (Ed. in chief) CRS Press.
- Oades, J.M., 1988. The retention of organic matter in soils. *Biogeochemistry*, 5:35-70.
- Oldeman, L.R., Hakkeling, R.T.A., and Sombroek, W.G., 1990. World map of human-induced soil degradation. *ISRIC, Wageningen*, The Netherlands, UNEP, Nairobi.
- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., and Dean, L.A., 1954. Estimation of available phosphorous in soils by extraction with sodium bicarbonate. *USDA Circular No:939*. Washington, USA.
- Pierson, F.B., and Mulla, D.J., 1990. Aggregate stability in the Palouse region of Washington: effect of landscape position. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 54:1407-1412.
- Ramos, M.C., Cots-Folch, R. and Martinez-Casasnovas, J.A., 2007. Effects of land terracing on soil properties in the Priorat region in North-eastern Spain: a multivariate analysis. *Geoderma*, 142:251-261.
- Rhoades, J.D., 1986. Soluble salts. In Methods of Soil Analysis, A. Klute (ed.), Part II, Chemical and Microbiological Properties (Second edition), pp: 167-179. *ASA and SSSA Agronomy Monograph*, no. 9, Madison, WI.
- Schmidt, M.G., Schreier, H., and Shah, P.B., 1993. Factors affecting the nutrient status of forest sites



- in a mountain watershed in Nepal. *J. Soil Sci.*, 44:417-425.
- Spain, A.V., 1990. Influence of environmental conditions and some soil chemical properties on the carbon and nitrogen contents of some tropical Australian rainforest soils. *Aust. J. Soil Res.*, 28:825-839.
- Sun, G., Wu, N. and Luo, P., 2005. Soil N pools and transformation rates under different land uses in a subalpine forest-grassland ecotone. *Pedosphere*, 15(1):52-58.
- Trangmar, B.B., Yost, R.S., and Uehara, G., 1985. Application of Geostatic to Spatial Studies of Soil Properties. *Advances in Argon.*, 38:45-94.
- UNCED, 1992. Earth summit'92. The UN Conference on the Environment and Development, *Rio de Janeiro*.
- Uyak, V., Ozdemir, K. and Toroz, I., 2007. Multiple linear regression modeling of disinfection by-products formation in Istanbul drinking water reservoirs. *Sci. Total Environ.*, 378:269-280.
- Wang, H.J., Shi, X.Z., Yu, D.S., Weindorf, D.C., Huang, B., Sun, W.X., Ritsema, C.J., and Milne, E., 2009. Factors determining soil nutrient distribution in a small-scaled watershed in the purple soil region of Sichuan Province, China. *Soil & Tillage Research*, 105:300-306.
- Warrick, A.V., Myers, D.E., and Nielsen, D.R., 1986. Geostatistical Methods Applied to Soil Sciences Methods of Soil Analysis. Part I, Physical and Mineralogical Methods. *Agronomy Monograph* No:9 (2<sup>nd</sup> Ed.), 53-82.
- Webster, R., 1985. Quantitative Spatial Analysis of the Soil in the Field. *Advances in Soil Sciences*, 3:1-70.
- Webster, R., 2001. Statics to Support Soil Research and their Presentation. *European Journal of Soil Science*, 52:331-340.
- Wilding, L.P., Bouma, J., and Goss, D.W., 1994. Impact of Spatial Variability on Interpretative Modelling, 65-75. *In: Quantitative Modelling of Soil Forming Processes* R.B. Bryant and Arnold R.W. (eds), *SSSA Special Publication* Number 39. SSSA Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- Yılmaz, M., 1993. Ayaş ve Yakın Çevresinin Fiziki Coğrafyası. Lisans Tezi, *A.Ü. Dil Tarih ve Coğrafya Fak. Fiziki Coğrafya Anabilim Dalı*. 30 s. Ankara.
- Young, W.J., Marston, F.M. and Davis, J.R., 1996. Nutrient exports and land use in Australian catchments. *J. Environ. Manage*, 47:165-183.
- Zhang, J.B., Song, C.C. and Wang, S.M., 2008. Short-term dynamics of carbon and nitrogen after tillage in a freshwater marsh of northeast China. *Soil Till. Res.*, 99:149-157.