

Iğdır Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi Deneme Alanı Toprak Özelliklerinin Yersel Değişim Paternlerinin Jeostatistiksel Yöntemlerle Belirlenmesi

Serdar SARI^{1*}, Ekrem Lütfi AKSAKAL², Taşkın ÖZTAŞ²

ÖZET: Toprak özelliklerinin mekânsal değişim desenlerinin belirlenmesi sürdürülebilir toprak yönetim stratejilerinin geliştirilebilmesi için önemlidir. Bu çalışma, Iğdır Üniversitesi Uygulama ve Araştırma Merkezi Deneme Alanı topraklarının fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin yersel değişimlerinin jeostatistiksel yöntemlerle belirlenmesi ve dağılım paternlerinin haritalanarak değerlendirilmesi amacıyla yürütülmüştür. Çalışma alanı yaklaşık 10 ha olup 50x60 m’de K-G ve D-B yönlerinde oluşturulan gridlerin kesişim noktalarından 0-20 cm derinlikten 35 noktadan bozulmamış ve bozulmuş toprak örneği alınmıştır. Bozulmamış örneklerde hacim ağırlığı ve hidrolik iletkenlik belirlenirken, bozulmuş toprak örneklerinden tekstür, CaCO₃, organik madde, katyon değişim kapasitesi (KDK), değişebilir katyonlar, elektriksel iletkenlik (EC), toprak reaksiyonu (pH) ve değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) değerleri belirlenmiştir. Toprak özelliklerinin yersel değişkenliklerini için semivariogram analizi uygulanmış ve Kriging analizi yapılarak haritalar oluşturulmuştur. Toprak özellikleri çok yönlü (isotropic) dağılım göstermiştir. Dağılım haritaları oluşturulmuş, karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir. Toprak örneklerinin kil içeriğinin %18 ile %39 arasında, kum içeriğinin %20 ile %45 arasında değiştiği, tekstürün killi tın, siltli killi tın ve tın sınıflarında yer aldığı belirlenmiştir. Araştırma alanı topraklarının ortalama olarak CaCO₃ içeriğinin %11.4, organik madde içeriğinin %1.0, P₂O₅ içeriğinin 2.4 kg da⁻¹ ve KDK’sının 25.1 me 100gr⁻¹ olduğu belirlenmiştir. Alanda tuzluluk ve alkalilik problemi yersel olarak değişmekte olup ortalama pH, EC ve ESP değerleri sırasıyla 8.5, 6.5 mS cm⁻¹ ve %18.8 olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Iğdır toprakları, yersel değişkenlik, alkalilik, tuzluluk

Assessment of Spatial Distribution Patterns of Soil Properties at the Experimental Fields of Iğdir University

ABSTRACT: Assessment of spatial distribution patterns of soil properties are important for developing sustainable soil management strategies. The objective of this study was to define spatial variability characteristics of physical and chemical properties of soil at the experimental fields of Iğdir University. The study area with a size of 10 ha was gridded by 50x60 m in the N-S and E-W directions, respectively and totally 35 soil samples (both disturbed and undisturbed) were collected from 0-20 cm soil depth at each intersection of the grid system. Undisturbed soil samples were used for obtaining bulk density and hydraulic conductivity, and disturbed soil samples for texture, CaCO₃, organic matter, cation exchange capacity (CEC), exchangeable cations, electrical conductivity (EC), soil reaction (pH) and exchangeable sodium percentage (ESP) determinations. Semivariogram analysis was performed for defining spatial variability and Kriging analysis was used for interpolation and mapping of measured soil properties. Most of the soil properties showed isotropic distributions. Distribution maps were produced, compared and evaluated. The soils at the experimental fields were mainly medium textured (CL, SiCL and L) with a clay content changing from 18% to 39%, sand content changing from 20% to 45%. On the average, soil samples of the evaluated area were determined CaCO₃ 11.4%, organic matter content 1.0%, P₂O₅ content 2.4 kg da⁻¹, CEC 25.1 me 100gr⁻¹. Spatial distribution patterns indicated that there was salinity and alkalinity problems in local levels. On the average soil pH, EC and ESP were 8.5, 6.5 mS cm⁻¹ and 18.8%, respectively.

Keywords; Iğdir soils, spatial variability, alkalinity, salinity

¹ Serdar SARI (Orcid ID: 0000-0002-9990-7918), Iğdır Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Iğdır, Türkiye

² Ekrem Lütfi AKSAKAL (Orcid ID: 0000-0002-8910-3190), Taşkın ÖZTAŞ (Orcid ID: 0000-0001-5001-103X), Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Erzurum, Türkiye

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Serdar SARI, e-mail: serdar.sari@igdir.edu.tr

GİRİŞ

Toprak; toprak oluş faktörleri ile süreçlerinin kompleks interaksiyonları sonucunda oluşan heterojen ve dinamik bir sistemdir. (Webster, 2000; Júnior ve ark., 2006). Toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri toprak oluş faktörleri ile süreçlerinin ortak etkileri sonucu şekillenmekte ve yine bu faktörler ile süreçlere ve farklı amenajman uygulamalarına bağlı olarak çok kısa mesafelerde ve zaman aralıklarında hem yatay hem de dikey yönde önemli düzeyde değişim gösterebilmektedir (Ryel ve ark., 1996; Strudley ve ark., 2008; Mubarak ve ark., 2010; Some'e ve ark., 2011).

Arazi üzerinde mesafeye bağlı olarak ortaya çıkan toprak değişkenliği devamlı ya da nokta toprak örnekleme ile tahmin edilmektedir. Devamlı örnekleme incelenen toprak özelliğinin çalışma alanının tamamında incelenmesi ile mümkündür. Uydu görüntüleri, hava fotoğrafları ve diğer uzaktan algılama teknikleri devamlı örnekleme yöntemleri arasındadır. Nokta örneklemede ise tüm alanı temsilen daha önceden belirlenmiş yer ve derinlikteki noktalardan alınan toprak örnekleri kullanılmaktadır (Gotway ve ark., 1997).

Bir toprak özelliğinin herhangi bir noktadaki ölçüm değeri onun söz konusu noktadaki yersel konumunun bir fonksiyonudur. Bu durum, toprak özelliklerinin arazide süreklilik gösterdiğini işaret etmektedir. Ancak, topraklarla ilgili çalışmalarda da araştırma sahasının örnekleme esasına göre seçilen noktalarında incelenen özellikleri için kaydedilen ölçüm değerleri esas alınarak söz konusu toprak varlığını temsilen değerlendirilmektedir. Doğal yaklaşımda budur. Çünkü, incelemeye konu olacak toprak özelliğini araştırma sahasının bütün noktalarında ölçmek olanaksızdır. Ancak, toprak gibi heterojen bir yapıya sahip olan varlığın incelenen özellikleri de büyük bir varyasyon göstermektedir. Bu durumda, incelenen özelliğe

ait klasik istatistiksel parametrelerin güven sınırları da daralmaktadır. Klasik istatistik de seçilen temsili noktaların birbirlerinden bağımsız olduğu ve örnek ortalamasının populasyon ortalamasını en iyi şekilde temsil ettiği varsayılmaktadır. Oysa, birbirlerine yakın olarak örneklenen noktaların kendi aralarında daha çok benzer olması olağandır. Yani, ölçülen değerler örnekleme noktaları arasındaki mesafenin bir fonksiyonu olup mesafeden bağımsız olarak düşünülemezler. Bu nedenle, incelenen özelliklerin değerleri arasında doğal olarak bulunan yersel değişim derecesinin belirlenmesi gerekir. Söz konusu uzaysal bağımlılığın belirlenmesin de jeostatistiksel yöntemler başarıyla uygulanmaktadır (Öztaş, 1995).

Jeostatistiksel yöntemler, maden yataklarındaki değişimlerin tahmin edilmesinde kullanılmak amacıyla Krige ve Matheron tarafından geliştirilmiştir. İlk olarak uygulanmaya başlandığı 1960'lı yılların başından beri jeostatistiksel yöntemler yeraltı suyu hidrolojisi ve hidrojeolojisi, yüzey hidrolojisi, deprem mühendisliği ve sismoloji, kirlilik kontrolü ve jeokimyasal çalışmalar başta olmak üzere birçok alanda uygulanmıştır (Journel ve Huijbregts, 1978; Hohn, 1988). Toprak özelliklerinin mekansal değişim desenlerinin belirlenmesi sürdürülebilir toprak yönetim stratejilerinin geliştirilebilmesi için önemlidir. Jeostatistiksel teknikler fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özelliklerinin yersel ve zamansal değişkenliklerini belirlemek için son yıllarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Yost ve ark., 1982; Yates ve Warrick, 1987; Aiken ve ark., 1991; Rochette ve ark., 1991; Cambardella ve ark., 1994; Imhoff ve ark., 2000; Ersahin, 2003; Sauer ve Meek, 2003; Barik ve ark., 2014).

Bu çalışma da, İğdır Üniversitesi Uygulama ve Araştırma Merkezi deneme alanı toprak özellikleri belirlenmiş ve jeostatistiksel yöntemlerle değerlendirilerek haritalandırılmıştır.

MATERYAL ve METOT

Çalışma Alanı

Bu çalışma, İğdır Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezine ait Melekli Beldesindeki yaklaşık 10 ha'lık arazide yapılmıştır. Çalışma alanı araştırma maksadıyla denemelerin kurulduğu parsellerden ve tuzluluk probleminin görüldüğü alanlardan oluşmaktadır (Şekil 1).

İğdir Ovası Doğu Anadolu Bölgesi içerisinde, yükseltinin düşük (ortalama rakım 833 m) ve etrafının yüksek dağlarla çevrili olması nedeniyle özel bir mikro klima özelliği göstermektedir. Ovada yazlar sıcak, kışlar ılıman geçmekte olup, en yüksek yağış Mayıs, en düşük yağış ise Ağustos ayında görülmektedir. Ortalama nispi nem %56.9, yıllık yağış 257.2 mm, evaporasyon 1339.4 mm ve ortalama sıcaklık 12.2°C olup en soğuk ay Ocak, en sıcak aylar ise Temmuz ve Ağustos'tur (Anonim, 2017).

Toprak Örnekleme ve Analizler

Çalışma alanının örneklenmesinde grid sistemi kullanılmıştır. Bu amaçla 50×60 m'de oluşturulan gridlerin kesim noktalarından ve yüzeyden (0-20 cm) 35 adet bozulmuş ve bozulmamış toprak örneği alınmıştır. Bozulmuş toprak örnekleri laboratuvar şartlarında kurutulduktan sonra 2 mm'lik elekten geçirilerek analizler için hazırlanmıştır. Bozulmamış toprak örneklerinin kullanıldığı hacim ağırlığının hesaplanmasında kütle/hacim ilişkisi (Grossman

ve Reinsch, 2002) ve hidrolik iletkenliğin tespitinde ise sabit seviyeli permeametre (Reynolds ve Elrick, 2002) yöntemleri kullanılmıştır.

Toprakların tekstürleri Bouyoucus Hidrometre yöntemi ile (Gee ve Bauder, 1986), kireç içerikleri Scheibler kalsimetresi ile volümetrik olarak (Nelson, 1982), organik madde içerikleri Smith-Weldon yöntemiyle (Nelson ve Sommers, 1982), fosfor içerikleri molibdofosforik mavi renk yöntemine göre spektrofotometrede okunarak (Olsen ve Sommers, 1982), pH ve elektriki iletkenlikleri saturasyon macunundan elde edilen ekstraktta pH-elektriki iletkenlik aygıtı ile (Thomas, 1996) belirlenmiştir. Toprakların kation değişim kapasiteleri (KDK) örneklerde sodyum asetatla (1 N, pH=8,2) sodyum adsorpsiyonu sağlandıktan sonra amonyum asetatla (1 N, pH=7,0) ekstrakte edilen solüsyonlarda alev fotometresi ile Na⁺ okuması yapılarak (Rhoades, 1982a), değişebilir kation içerikleri ise amonyum asetatla (1N, pH=7,0) çalkalanıp ekstrakte edildikten sonra Na⁺ ve K⁺ alev fotometresinde okunarak, Ca⁺² ve Mg⁺² ICP-OES ile okunarak tespit edilmiştir (Rhoades, 1982b). Toprakların değişebilir sodyum yüzdesi (ESP), amonyum asetatla belirlenen değişebilir Na⁺ miktarından, saturasyon ekstraktında belirlenen Na⁺ miktarının çıkartılıp KDK'ya oranlanmasıyla hesaplanmıştır (Sezen, 1995).



Şekil 1. Araştırma alanı genel görünümü ve sınırları

İstatistiksel Değerlendirmeler

Araştırmadan elde edilen tüm verilerin tanımlayıcı istatistikleri (minimum, maksimum, ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı) SPSS Package v.20.0 (IBM, 2011) kullanılarak belirlenmiştir. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov-Smirnov testi ile kontrol edilmiştir. Tüm veriler varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuş, Tukey çoklu karşılaştırma test yöntemi ile karşılaştırılmış ve Pearson korelasyon yöntemi ile parametreler arasındaki korelasyon ilişkileri tanımlanmıştır.

Toprak parametrelerinin uzaysal bağımlılığı semivariogram analizi ile belirlenmiş olup kriging yöntemi ile de dağılım haritaları oluşturulmuştur. Bu işlemler için Netcad GIS 7.6 programının jeostatistik modülü kullanılmıştır. Semivariogramlar aşağıdaki denklem kullanılarak üretilmiştir (Isaaks ve Srivastava, 1989):

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (1)$$

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

h: Örnek çiftleri arasındaki lag mesafesi

N(h): h mesafesi ile ayrılmış örnek çiftleri sayısı

Z(x_i): İncelenen parametrenin i. noktadaki ölçüm değeri

Z(x_{i+h}): İncelenen parametrenin (i+h) noktasındaki ölçüm değeri

Araştırma alanı içerisinde yöneysel değişimlerin olup olmadığını belirlemek amacıyla tüm parametreler için semivariogramlar 0°, 45°, 90° ve 135°'de geliştirilmiştir. Yöneysel semivariogram modellerinin yapısal parametreleri arasında farklılıkların olmadığı belirlenmiş ve yersel değişkenlikleri karakterize etmek için çok yönlü (isotropic) semivariogram modelleri kullanılmıştır. En uygun modellerin seçiminde en küçük kareler toplamı (RSS) ve en yüksek r² dikkate alınmıştır. Seçilen modellerin uygunluğu çapraz doğrulama yapılarak ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki ilişkinin derecesi (r > 0.70) ile de test edilmiştir. Yersel değişkenliği açıklamak için exponential, Gaussian and spherical semivariogram modelleri en uygun modeller olarak belirlenmiştir.

$$\gamma(h) = C_0 + C [1 - \exp(-h / A_0)] \quad \text{Exponential model} \quad (2)$$

$$\gamma(h) = C_0 + C [1 - \exp(-h^2 / A_0^2)] \quad \text{Gaussian model} \quad (3)$$

$$\gamma(h) = C_0 + C \left[1.5 \frac{h}{A_0} - 0.5 \left(\frac{h}{A_0} \right)^3 \right] \quad h \leq A_0 \quad \text{Spherical model} \quad (4)$$

$$\gamma(h) = C_0 + C \quad h > A_0 \quad \text{Spherical model} \quad (5)$$

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

h: Örnek çiftleri arasındaki lag mesafesi

C₀: Nugget varyans

C: Yapısal varyans

A₀: Etki aralığı

İncelenen toprak özelliklerinin örnekleme yapılmayan noktalardaki tahmini için 1 m aralıklarla aşağıdaki denklem yardımıyla 6 ile 16 ölçüm yapılan noktadaki değerler kullanarak kriging uygulanmıştır. Ölçülen değerler ve krigingden elde edilen değerler kullanılarak toprak özelliklerinin dağılım haritaları elde edilmiştir.

$$Z^*(x_0) = \lambda_i Z(x_i) \quad (6)$$

$Z^*(x_0)$: x_0 bilinmeyen konumdaki parametre

$Z(x_i)$: x_i noktalarında N sayıdaki örneğin ölçüm değeri

λ_i : Ağırlık katsayısı

Exponential, Gaussian ve spherical semivariogram modelleri araştırmada en uygun modeller olarak belirlenmiş olup, araştırma konusu her bir toprak özelliği için belirlenmiş olan modellerin model parametreleri [nugget varyans (C_0), sill varyans (C_0+C), etki aralığı (A_0)] tanımlanmıştır. Nugget varyans, sıfır mesafedeki varyansı ifade etmektedir. Semivariogramda, örnekleme çiftleri arasındaki mesafe arttıkça ($h, 2h, 3h...$) semivaryans değeri de artmakta ve belli bir noktadan sonra az yada çok sabit bir değere ulaşmaktadır. Semivariogram grafiğinin X eksenine paralel konuma geldiği bu noktadaki semivaryans değeri sill varyans, semivariogramın sill varyansını yakaladığı noktadaki X değeri ise etki aralığı olarak adlandırılmakta ve bir değişkenin değerinin yersel olarak diğerinden bağımsız hale geldiği mesafeyi ifade etmektedir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Araştırma alanında incelenmiş olan parametrelerin tanımlayıcı istatistiksel değerleri, semivariogram model ve model parametreleri Çizelge 1.'de verilmiştir.

Bu verilerin incelenmesinde de görüleceği üzere çalışma alanı topraklarının kil, silt ve kum içeriklerine ait minimum değerler sırasıyla %18.1, 30.9 ve 20.0 olarak belirlenirken maksimum değerler sırasıyla %38.8, 47.5 ve 44.7 olarak tespit edilmiştir. Kil, silt ve kum içeriklerine ait standart sapma değerleri sırasıyla 4.4, 3.5, 5.2; varyasyon katsayıları sırasıyla %14.5, 8.4 ve 18.5 olarak belirlenmiştir (Çizelge 1). Çalışma alanından alınan 35 toprak örneğinden 26 tanesinin killi tın, 1 tanesinin siltli killi tın ve 8 tanesinin tın tekstür sınıfında olduğu tespit edilmiştir. Kil içeriği dağılım paterni incelendiğinde kil içeriğinin çalışma alanının doğu ve güneyine doğru arttığı, kum içeriğinin ise kuzeye doğru artış gösterdiği görülmektedir (Şekil 2; 3; 4).

Wilding (1985) toprak özelliklerindeki değişkenliği varyasyon katsayısına (CV) göre %15'den küçük olanlar az değişken, %15-35 arasında olanlar orta derecede değişken ve %35'den büyük olanlar ise yüksek derecede değişken olarak üç sınıfa ayırmıştır. Bu sınıflamaya göre varyasyon katsayısı %14.5 ve %8.4 olan kil ile siltin az değişkenlik, varyasyon katsayısı %18.5 olan kumun ise orta derecede değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir. Cambardella ve ark., (1994) toprak özelliklerindeki mekansal bağımlılığı tanımlamak için Nugget/Sill oranını kullanmışlardır. Bu oran değerinin %25'ten küçük olması durumunda yüksek, %25-75 için orta ve %75'ten yüksek olması durumunda ise zayıf mekansal bağımlılığın olduğu ifade edilmektedir. Bu değerlendirmeye göre kil ile siltin ortada derecede, kumun ise yüksek derecede mekansal bağımlılık gösterdiği belirlenmiştir. Bu sonuçların CV değerleri ile de genel olarak uyum içerisinde olduğu görülmektedir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Çalışma alanı toprak özelliklerinin tanımlayıcı istatistikleri, semivariogram model ve model parametreleri

Toprak özellikleri	Değişim aralığı	Min.	Max.	Ort.	Std.	CV (%)	Yersel bağımlılık derecesi ve model*	Nugget (C ₀)	Sill (C ₀ +C)	Nugget/Sill (%)*	Etki aralığı (A ₀) (m)	r ²
Kil (%)	20.7	18.1	38.8	30.4	4.4	14.5	M. Sph.	9.12	34.91	26.12	573.2	0.539
Silt (%)	16.6	30.9	47.5	41.5	3.5	8.4	M. Exp.	4.62	15.39	30.02	326.7	0.358
Kum (%)	24.7	20.0	44.7	28.1	5.2	18.5	S. Gau.	12.60	55.88	22.55	488.3	0.809
CaCO ₃ (%)	3.5	9.4	12.9	11.4	0.9	7.9	S. Gau.	0.001	0.842	0.12	89.2	0.590
OM (%)	1.8	0.2	2.0	1.0	0.4	40.0	S. Sph.	0.0001	0.2122	0.05	85.1	0.237
P ₂ O ₅ (kg da ⁻¹)	4.2	0.4	4.6	2.4	1.0	41.7	S. Sph.	0.001	1.113	0.09	85.1	0.237
KDK (me 100gr ⁻¹)	9.0	19.5	28.5	25.1	2.1	8.4	M. Gau.	2.59	7.32	35.38	393.9	0.676
Na (me 100gr ⁻¹)	44.5	1.1	45.6	7.3	12.0	164.4	S. Sph.	6.60	156.80	4.21	193.2	0.557
K (me 100gr ⁻¹)	2.0	0.7	2.7	1.6	0.4	25.0	S. Sph.	0.0009	0.1988	0.45	167.2	0.778
Ca (me 100gr ⁻¹)	19.6	3.3	22.9	17.4	3.7	21.3	S. Gau.	0.01	13.9	0.07	88.9	0.189
Mg (me 100gr ⁻¹)	10.9	1.0	11.9	6.8	3.0	44.1	S. Sph.	0.25	8.20	3.05	124.9	0.391
Toplam tuz (%)	4.87	0.03	4.9	0.5	1.1	220.0	S. Sph.	0.34	1.377	24.69	179.3	0.324
SuÇözNa (me 100gr ⁻¹)	29.7	0.1	29.8	2.8	6.4	228.6	M. Sph.	11.99	42.33	28.33	176.0	0.332
pH	2.2	8.1	10.3	8.5	0.5	5.9	S. Sph.	0.0425	0.217	19.59	181.5	0.377
EC (mS cm ⁻¹)	67.3	0.5	67.8	6.5	15.2	233.8	M. Sph.	71.2	241.5	29.48	175.8	0.290
ESP (%)	81.0	3.6	84.6	18.8	26.0	138.3	S. Sph.	1.0	756.0	0.13	204.0	0.578
BD (g cm ⁻³)	0.45	1.15	1.60	1.41	0.11	7.8	S. Sph.	0.0008	0.0125	6.40	43.6	0.252
Hİ (cm h ⁻¹)	6.62	0.04	6.66	0.98	1.47	150.0	S. Gau.	0.032	1.977	1.62	12.3	0.166

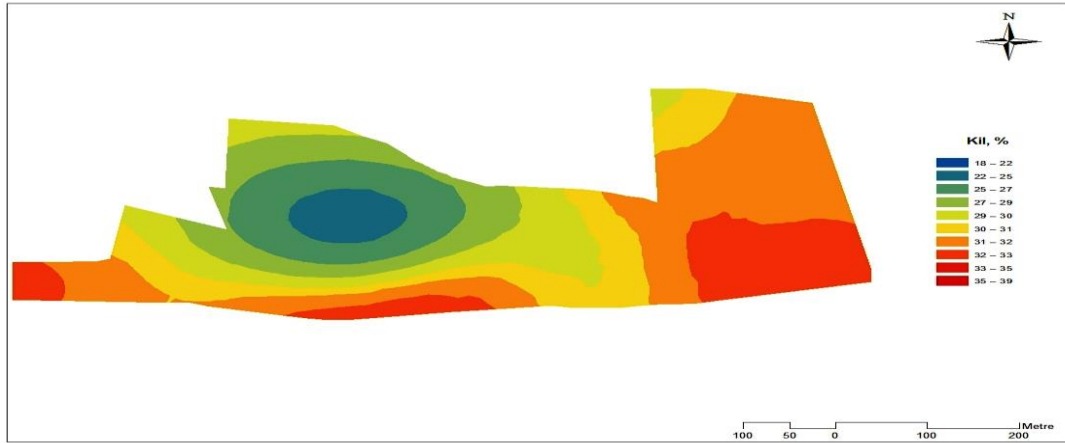
* % nugget = (nugget semivaryans/toplam semivaryans) × 100, S yüksek mekansal ağırlılık (% nugget < 25), M orta derecede mekansal bağımlılık (%nugget 25 ile 75 arasında), W zayıf mekansal bağımlılık (% nugget > 75), Sph. spherical, Exp. Exponential, Gau. Gaussian
OM: Organik madde; KDK: Katyon değişim kapasitesi; SuÇözNa: Suda çözünebilir Na; EC: Elektriksel iletkenlik; ESP: Değişebilir Na yüzdesi; BD: Hacim ağırlığı; Hİ: Hidrolik iletkenlik.

Çizelge 2. Pearson korelasyon matrisi

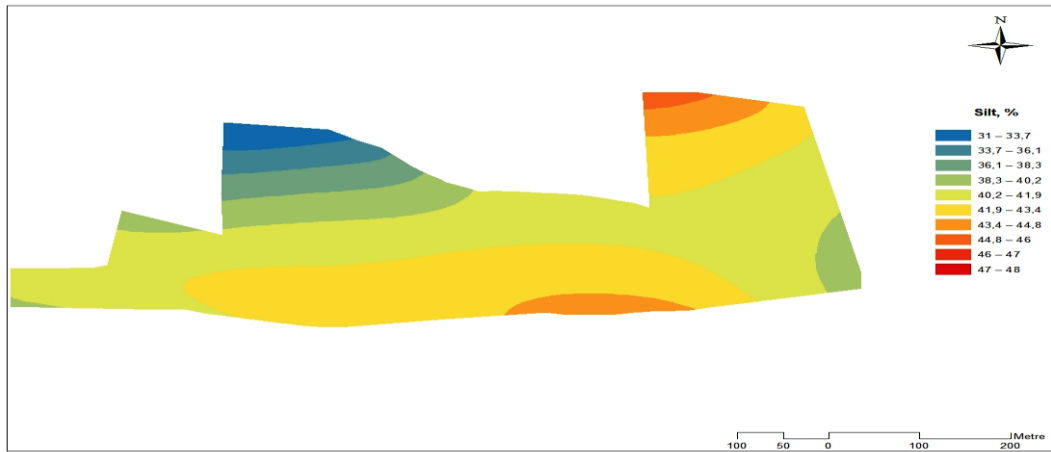
	Kil	Silt	Kum	CaCO ₃	OM	P ₂ O ₅	KDK	Na	K	Ca	Mg	Top.Tuz	SuÇözNa	pH	EC	ESP	BD
Kil	-																
Silt	-.161	-															
Kum	-.744**	-.539**	-														
CaCO ₃	-.331	.295	.082	-													
OM	.210	-.241	-.016	-.347*	-												
P ₂ O ₅	.210	-.241	-.016	-.347*	.986**	-											
KDK	.522**	.234	-.604**	-.406*	.343*	.343*	-										
Na	.196	.149	-.268	.300	-.350*	-.350*	-.301	-									
K	.389*	-.021	-.318	-.089	.155	.155	.158	.484**	-								
Ca	.122	.025	-.121	-.175	.603**	.603**	.337*	-.396*	-.242	-							
Mg	-.095	-.077	.133	-.167	.407*	.406*	.136	-.562**	-.334*	.609**	-						
Tuz	.295	.074	-.302	.162	-.274	-.274	-.291	.939**	.341*	-.301	-.481**	-					
SuÇözNa	.230	.144	-.294	.232	-.327	-.327	-.278	.951**	.368*	-.328	-.488**	.980**	-				
pH	.107	.163	-.201	.381*	-.286	-.286	-.282	.841**	.402*	-.347*	-.404*	.764**	.830**	-			
EC	.286	.073	-.294	.155	-.271	-.270	-.302	.929**	.331	-.297	-.470**	.998**	.983**	.765**	-		
ESP	.125	.125	-.191	.348*	-.350*	-.350*	-.340*	.960**	.539**	-.431**	-.581**	.826**	.829**	.776**	.807**	-	
BD	-.265	.114	.149	-.182	-.086	-.086	-.237	.148	-.016	-.094	-.008	.141	.142	.114	.148	.148	-
Hİ	.182	.019	-.169	.002	.122	.122	.286	-.229	-.197	.234	.021	-.185	-.207	-.219	-.187	-.235	-.453**

** . Korelasyon 0.01 seviyesinde önemlidir.

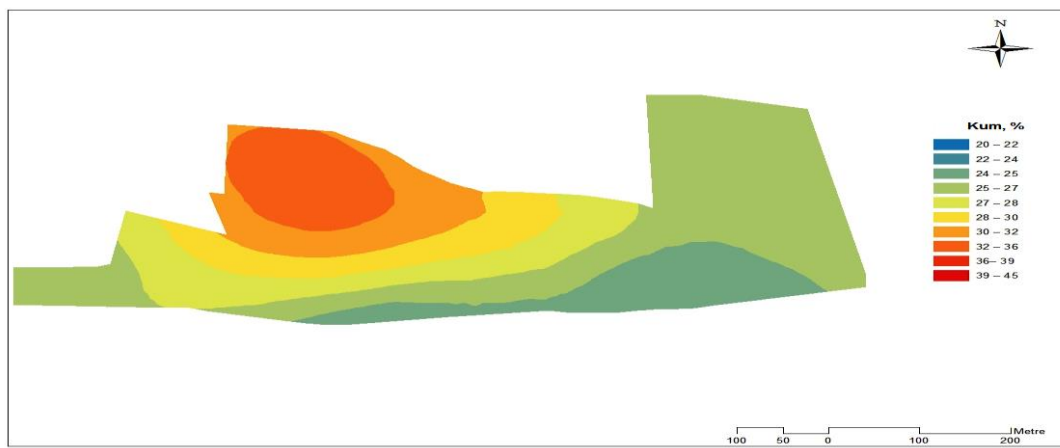
* . Korelasyon 0.05 seviyesinde önemlidir.



Şekil 2. Araştırma alanında kilin yersel değişkenliği



Şekil 3. Araştırma alanında siltin yersel değişkenliği



Şekil 4. Araştırma alanında kumun yersel değişkenliği

Araştırma alanının organik madde (OM) içeriğinin %0.2 ile 2.0 arasında değiştiği ve ortalama %1.0 OM içeriği ile çok az seviyede olduğu belirlenmiştir. Organik madde içeriğinin

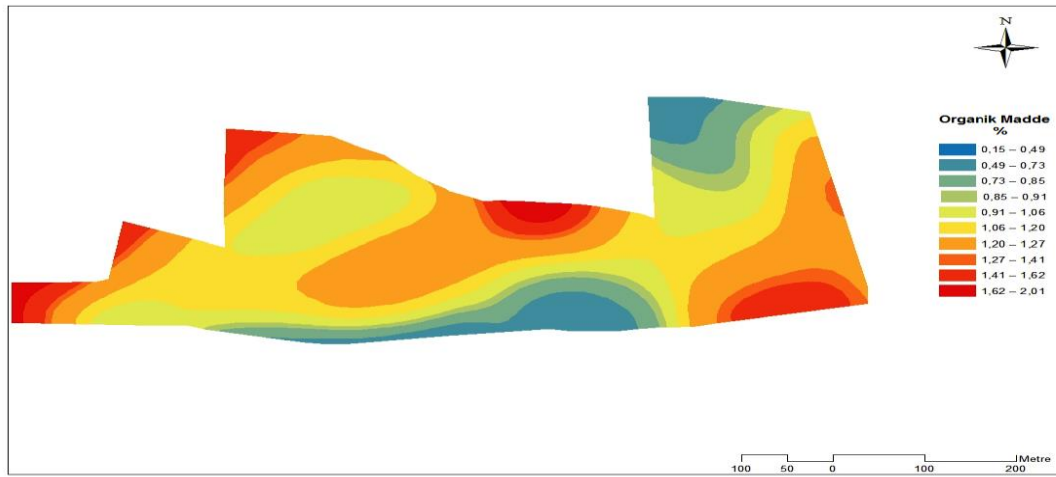
standart sapması 0.4, varyasyon katsayısı %40.0 ve Nugget/Sill oranı %0.05 hesaplanmış olup, Wilding (1985)'in değerlendirmesine göre yüksek derecede değişken, Cambardella ve ark.,

(1994)'ün değerlendirmesine göre ise yüksek derecede mekansal bağımlılık göstermektedir (Çizelge 1).

Çalışma alanında kil içeriğinin yüksek olduğu alanlarda OM içeriğinin de genellikle yüksek olduğu gözlemlenmiş olup, kil-OM arasındaki korelasyon katsayısı 0.210 olarak belirlenmiştir. Silt ve kum içeriği ile OM içeriği arasında ise negatif yönlü bir ilişkinin olduğu gözlemlenmiş olup, silt-OM ve kum-OM arasındaki korelasyon katsayıları sırasıyla -0.241 ve -0.016 olarak belirlenmiştir (Çizelge 2; Şekil 5). Hassink ve ark., (1993) kum içeriği yüksek olan topraklarda OM mineralizasyonunun daha fazla ve hızlı olmasından dolayı genellikle OM içeriğinin düşük olduğunu, killi topraklarda ise OM'nin mikro gözeneklerde fiziksel olarak korunduğu için OM içeriğinin daha yüksek olduğunu ifade etmektedirler. Ayrıca, Hassink (1997) organik materyallerin kil fraksiyonları

tarafından adsorbsiyonu ile stabiliteilerinin korunduğunu belirtmektedir.

Çalışma alanında en düşük OM içerikleri topraklarda tuzluluğun ve alkaliliğin görüldüğü alanlarda olduğu belirlenmiş olup, OM içeriğini etkileyen en önemli faktörlerin çoraklık parametrelerinin (Na, SuÇözNa, toplam tuz, pH, EC ve ESP) olduğu saptanmıştır. OM ile Na, SuÇözNa, toplam tuz, pH, EC ve ESP arasındaki korelasyon katsayıları sırasıyla -0.350*, -0.327, -0.274, -0.286, -0.271 ve -0.350* olduğu belirlenmiş olup, tuzluluk ve alkaliliğin artışı ile toprak OM içeriğinin düştüğü saptanmıştır (Çizelge 2). Rietz ve Haynes (2003)'de tuzluluk ve alkalilik parametreleri ile OM arasında negatif korelasyonlar belirlemiş olup, bu durumu tuzluluk ve alkaliliğin artışı ile vejetasyonun zayıflamasına bağlı olarak toprağa organik madde girişinin önemli ölçüde azalmasıyla açıklamışlardır.



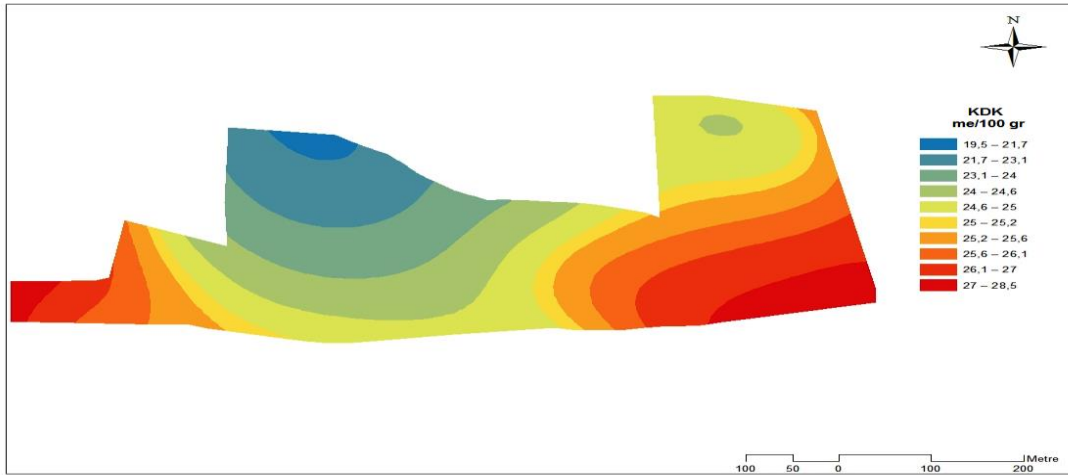
Şekil 5. Araştırma alanında organik maddenin yersel değişkenliği

Alanda CaCO_3 içeriği %9.4 ile 12.9 arasında değişmekte olup ortalama olarak %11.4 kireç içeriği ile çalışma alanı fazla kireçli sınıfa girmektedir. Kireç içeriklerinin standart sapması 0.9, CV %7.9, Nugget/Sill oranı %0.12 hesaplanmış olup, Wilding (1985)'in değerlendirmesine göre az değişken, Cambardella ve ark., (1994)'ün değerlendirmesine göre ise

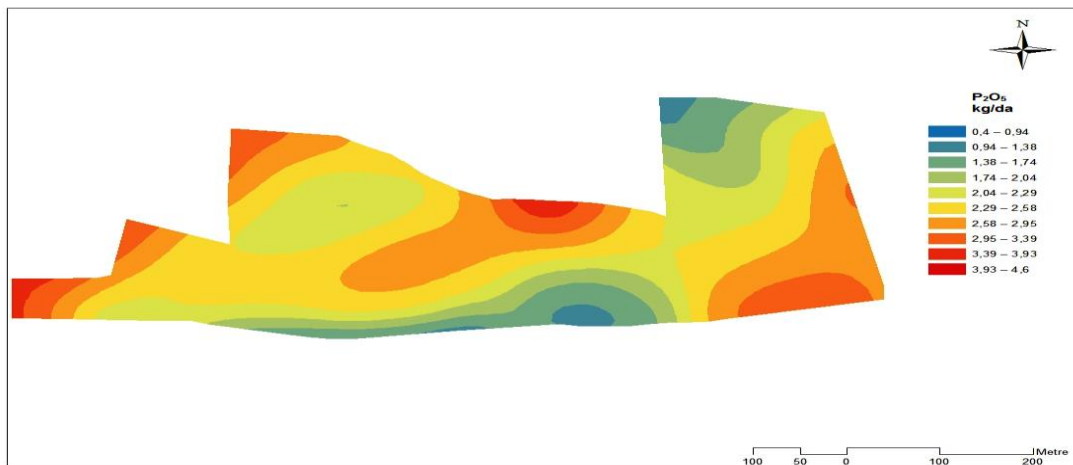
yüksek derecede mekansal bağımlılık göstermektedir (Çizelge 1). Çalışma alanında genel olarak kil ile OM'nin düşük olduğu alanlarda CaCO_3 içeriğinin genellikle yüksek olduğu gözlemlenmiş olup, kil- CaCO_3 ve OM- CaCO_3 arasında belirlenmiş olan korelasyon katsayıları da (-0.331 ve -0.347*) söz konusu ilişkiyi doğrulamaktadır. Buna ilaveten, genel

olduğu bölgelerdeki topraklarda genel olarak yüksek P_2O_5 değerleri elde edilmiştir ($r^2=0.210$). Kil içeriği artışı ile fosfor absorpsiyonunun ve yarayırlılığının arttığı uzun yıllardan beri bilinmektedir (Baldovinos ve Thomas, 1967). Çalışma alanı topraklarının $CaCO_3$ içeriği ile P_2O_5 içerikleri arasında önemli düzeyde negatif korelasyon ($r^2= -0.347^*$) belirlenmiş olup, $CaCO_3$ içeriğinin yüksek olduğu bölgelerde genellikle düşük miktarlarda P_2O_5 belirlenmiştir. Bunun sebebi fosforun kireç ile çözünmez bileşikler oluşturmasıyla açıklanmaktadır (Haynes ve Ludecke, 1981; Westermann, 1992). Ayrıca,

tuzluluk ve alkaliliğin de toprak P_2O_5 içeriğini olumsuz yönde etkilediği belirlenmiş olup, Na, SuÇözNa, toplam tuz, pH, EC ve ESP'nin yüksek olduğu bölgelerde P_2O_5 'in genellikle düşük değerlerde olduğu belirlenmiştir. Topraktaki P_2O_5 ile Na, SuÇözNa, toplam tuz, pH, EC ve ESP arasındaki korelasyon katsayıları sırasıyla -0.350*, -0.327, -0.274, -0.286, -0.270 ve -0.350* olması söz konusu negatif ilişkiyi ortaya koymaktadır (Çizelge 2; Şekil 8). Dahiya ve Singh (1976), White (2012), Cerozi ve Fitzsimmons (2016) yaptıkları çalışmalarında da benzer ilişkileri elde etmişlerdir.



Şekil 7. Araştırma alanında katyon değişim kapasitesini yersel değişkenliği



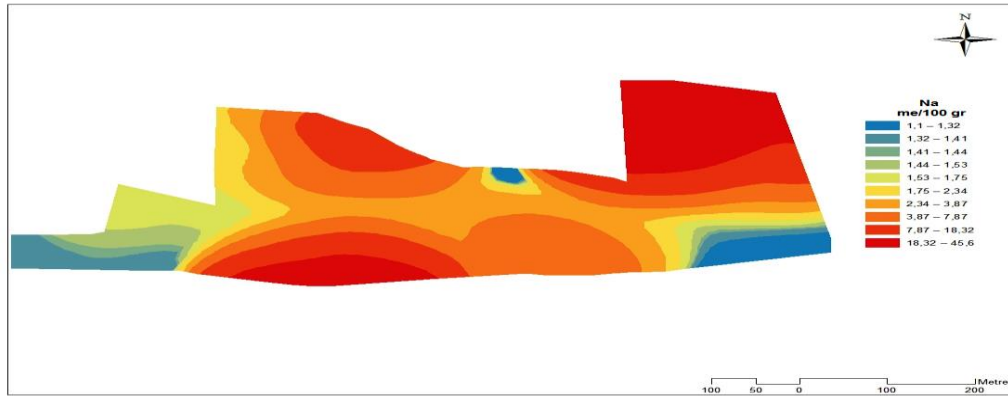
Şekil 8. Araştırma alanında P_2O_5 yersel değişkenliği

Çalışma alanı topraklarının Na, K, Ca, Mg içeriklerinin sırasıyla 1.1 – 45.6, 0.7 – 2.7, 3.3 –

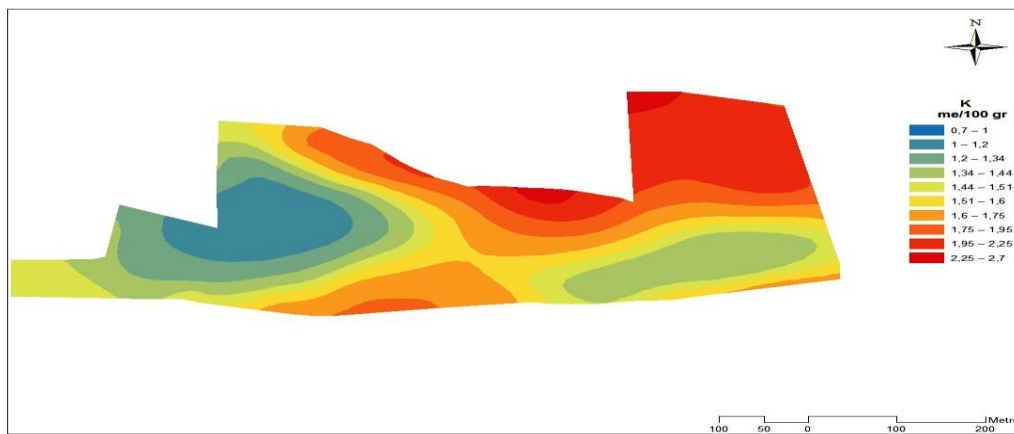
22.9, 1.0 – 11.9 me $100gr^{-1}$ arasında değiştiği ve nugget etki oranlarına göre yüksek derecede

mekansal bağımlılık gösterdikleri belirlenmiştir (Çizelge 1). Toprakların Na, K ve Ca içeriklerinin kil içeriği artışı ile arttığı, kum içeriğinin artışı ile azaldığı belirlenirken, Mg içeriğinde ise ilişkinin tam ters olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanında OM'nin yüksek olduğu bölgelerde genellikle düşük miktarlarda Na tespit edilirken ($r^2=$ -

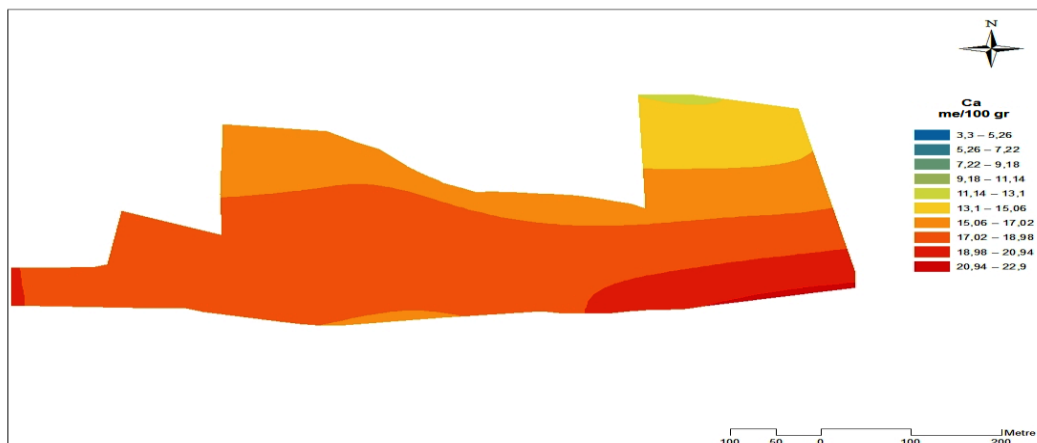
0.350*), yüksek miktarlarda Ca ($r^2= 0.603^{**}$) ve Mg ($r^2= 0.407^*$) belirlenmiştir (Çizelge 2). Tuzluluk ve alkaliliğin yüksek olduğu bölgelerde Na ve K iyonlarının miktarının yüksek olduğu belirlenirken, Ca ve Mg iyonlarının miktarının düşük olduğu saptanmıştır (Şekil 9; 10; 11; 12)



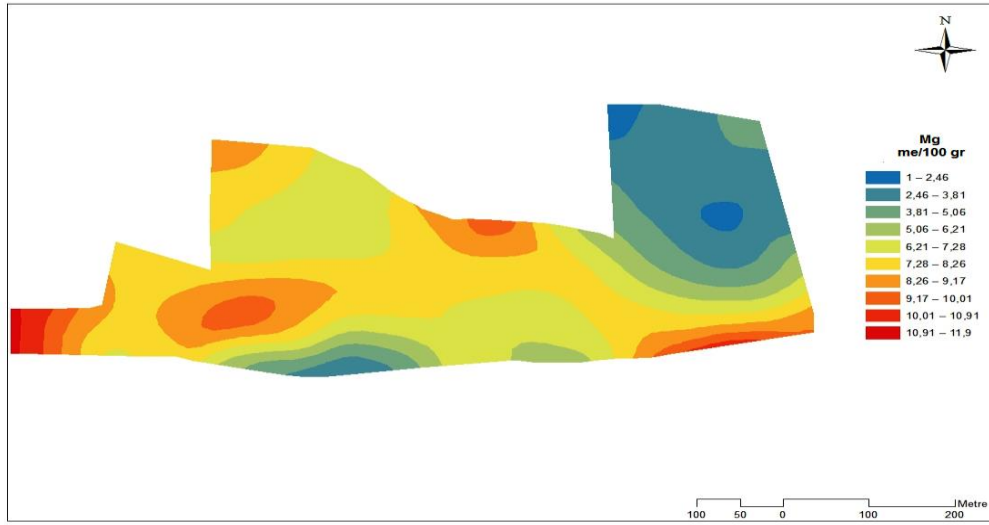
Şekil 9. Araştırma alanında Na yersel değişkenliği



Şekil 10. Araştırma alanında K yersel değişkenliği



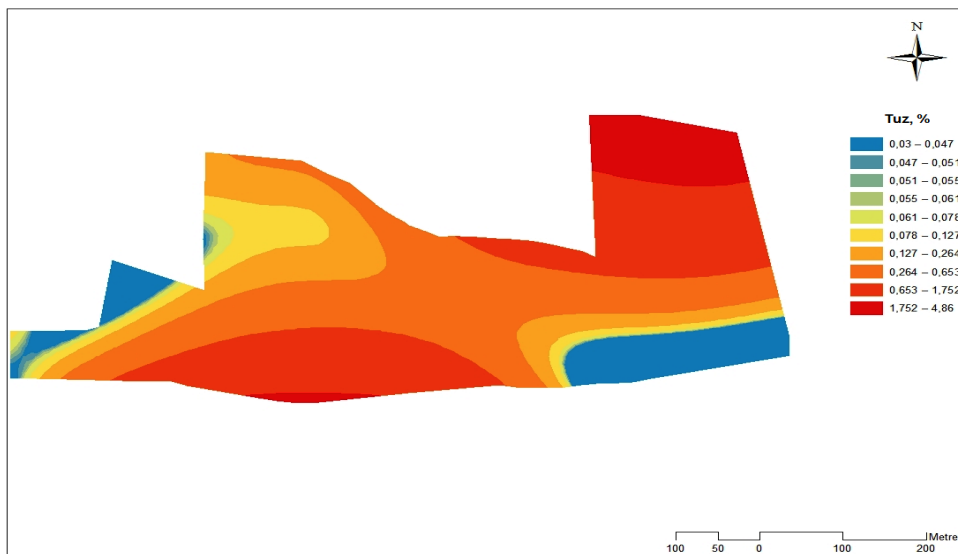
Şekil 11. Araştırma alanında Ca yersel değişkenliği



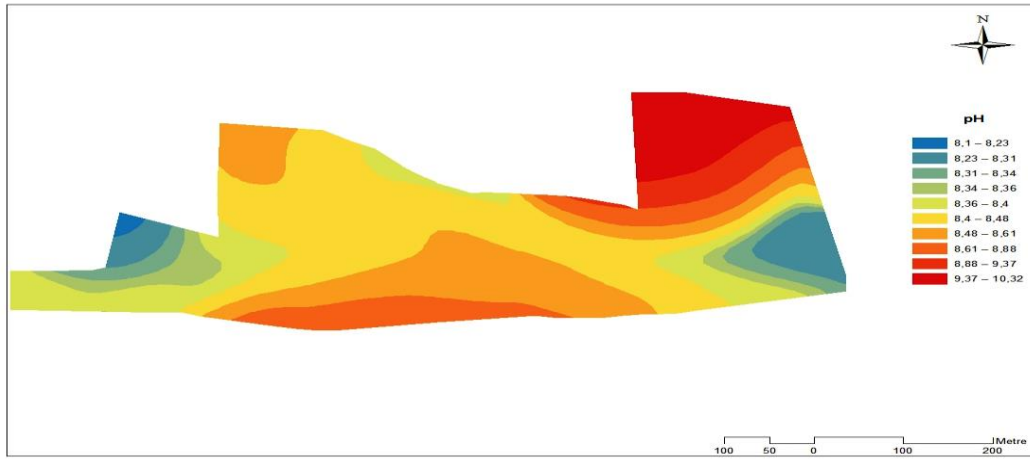
Şekil 12. Araştırma alanında Mg yersel değişkenliği

Çalışma alanı çoraklık parametreleri açısından değerlendirildiğinde alan içerisinde tuzlu, tuzlu-alkali ve alkali sınıflara giren bölgelerin olduğu belirlenmiştir. Toplam tuz içeriği %0.03-4.9, pH 8.1-10.3, EC 0.5-67.8 mS cm⁻¹ ve ESP %3.6-84.6 arasında değişmekte olup, toplam tuz, EC ve ESP'nin yüksek derecede değişkenlik gösterirken pH'nın az derecede değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir. Çalışma alanının yaklaşık %40'ının kritik pH değeri olan

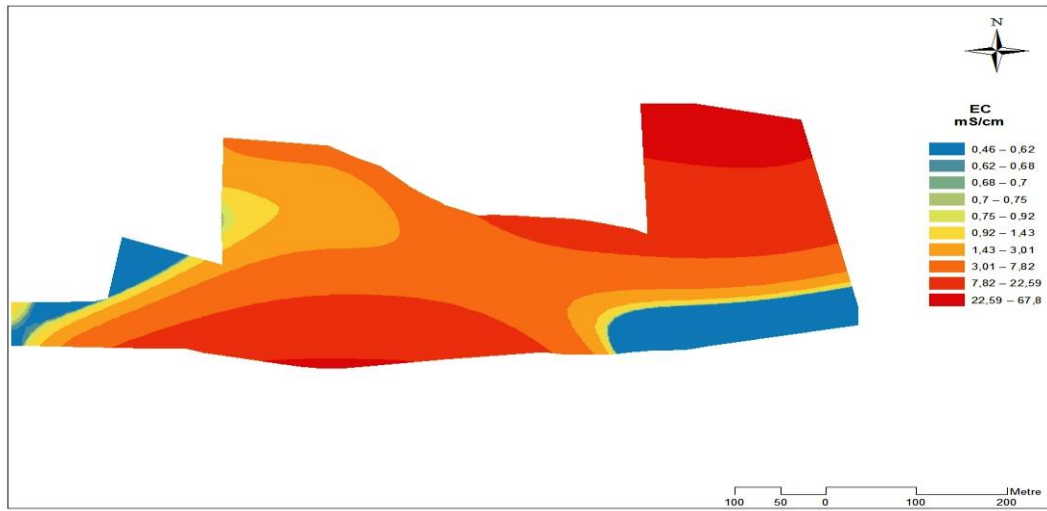
8.5'in, %70'inin kritik EC değeri olan 4 mS cm⁻¹'nin ve %45'inin de kritik ESP değeri olan %15'in üzerinde olduğu saptanmıştır. Kil içeriği fazla olan bölgelerde toplam tuz, pH, EC ve ESP değerlerinin kum içeriği fazla olan bölgelerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, OM içeriğinin yüksek olduğu bölgelerde toplam tuz, pH, EC ve ESP'nin genellikle en düşük değerlere sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1; Şekil 13; 14; 15; 16).



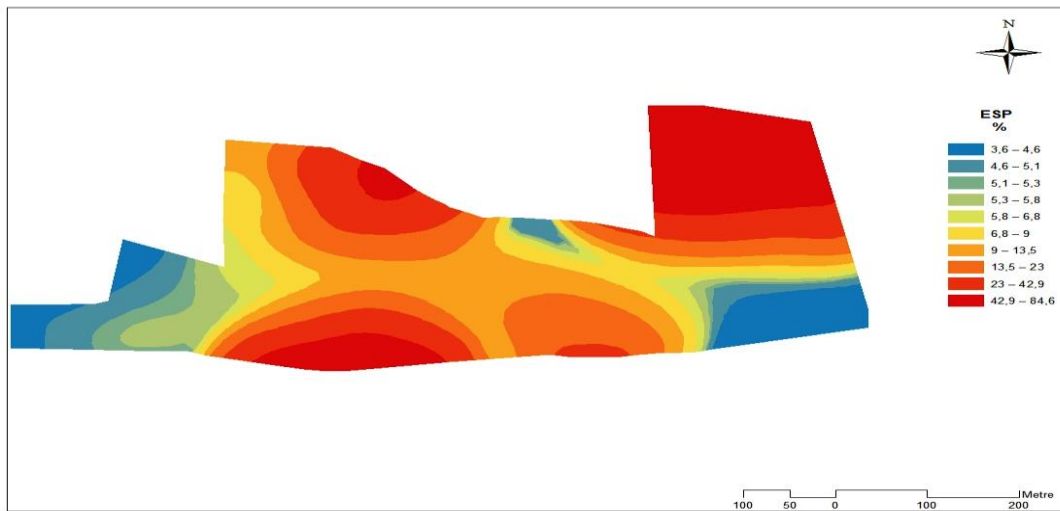
Şekil 13. Araştırma alanında toplam tuzun yersel değişkenliği



Şekil 14. Araştırma alanında pH'nın yersel değişkenliği



Şekil 15. Araştırma alanında EC'nin yersel değişkenliği

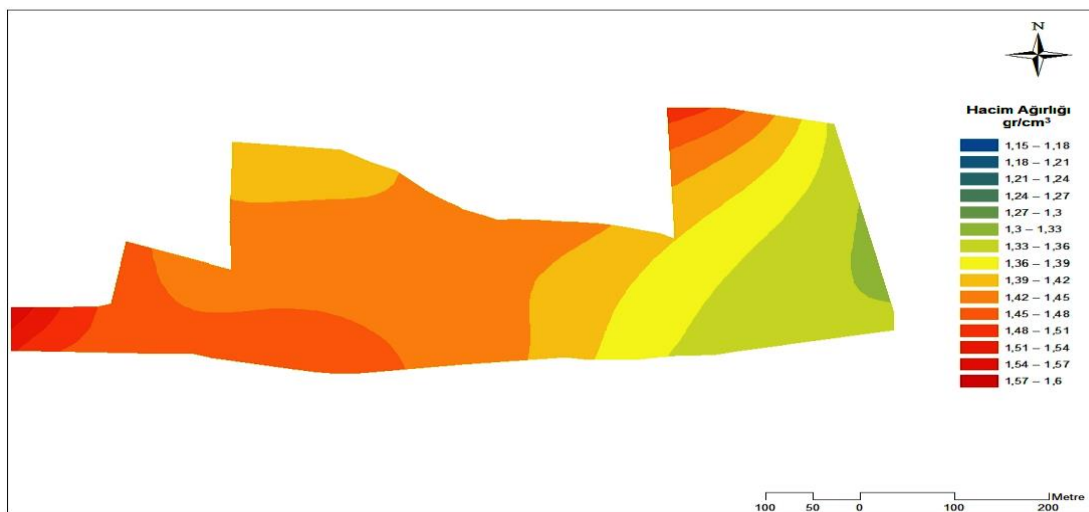


Şekil 16. Araştırma alanında ESP'nin yersel değişkenliği

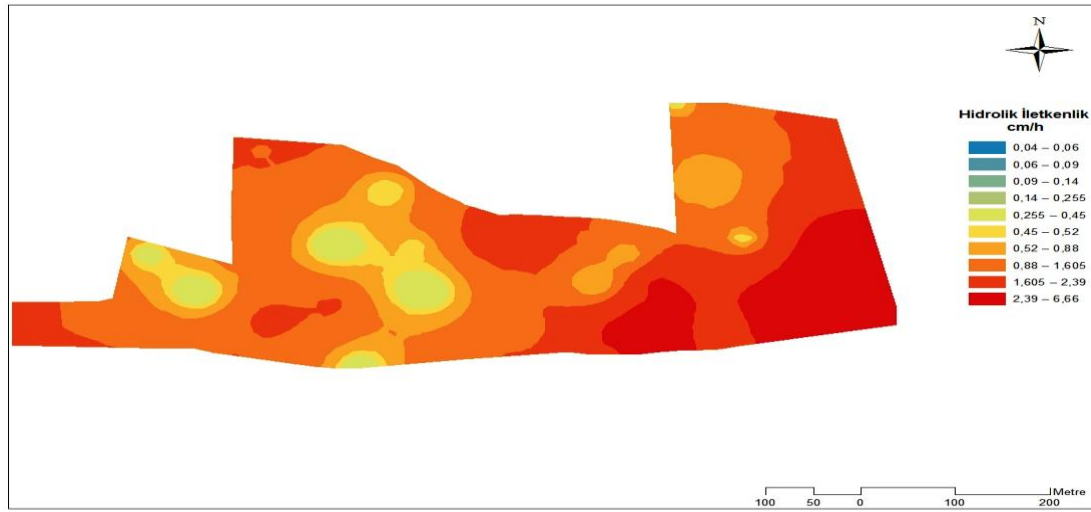
Alanının hacim ağırlığı değerlerinin 1.15 ile 1.60 g cm⁻³ arasında değiştiği ve ortalama değerin 1.41 g cm⁻³ olduğu hesaplanmıştır. Nugget etki oranına göre yüksek derecede mekansal bağımlılık belirlenmiştir (Çizelge 1, Şekil 17). Kil içeriği ile KDK değerinin yüksek olduğu bölgelerde hacim ağırlığı değerlerinin genellikle düşük değerlerde olduğu belirlenmiş olup, hacim ağırlığı-kil içeriği ve hacim ağırlığı-KDK arasında negatif korelasyonlar saptanmıştır. Bunun yanı sıra; Na, EC ve ESP değerlerinin yüksek olduğu bölgelerde ise hacim ağırlığı değerlerinin de yüksek değerler gösterdiği belirlenmiş olup söz konusu parametreler ile hacim ağırlığı arasında pozitif korelasyonlar belirlenmiştir. Hacim ağırlığının bu bölgelerde yüksek olmasının sebebi dispersiyon ile açıklanmaktadır. Yüksek Na ve ESP toprak agregatlarının dispers olmasına neden olmakta ve dispers olan toprak fraksiyonlarının daha sıkı bir şekilde paketlenmeleri hacim ağırlığının yüksek değerlere ulaşmasına neden olmaktadır (Suarez ve ark., 1984).

Çalışma alanı topraklarında en düşük hidrolik iletkenlik (Hİ) 0.04 cm h⁻¹ (çok yavaş), en yüksek Hİ ise 6.66 cm h⁻¹ (oldukça hızlı)

ölçülmüştür. Ortalama Hİ değeri ise 0.98 cm h⁻¹ hesaplanmış olup oldukça yavaş olarak değerlendirilmektedir. Hidrolik iletkenlik değerlerinin CV %150.0 ve nugget etki oranı %1.62 hesaplanmış olup, yüksek derecede değişkenlik ve yüksek derecede mekansal bağımlılık gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 1, Şekil 18). Kil, OM ve KDK ile Hİ arasında pozitif korelasyon belirlenmiş olup; kil, OM ve KDK'nın yüksek olduğu bölgelerde Hİ değerlerinin de genellikle yüksek olduğu saptanmıştır. Ancak, Na, pH, EC, ESP ve hacim ağırlığı ile Hİ arasında ise negatif korelasyonlar belirlenmiş olup söz konusu toprak özelliklerinin ölçüm değerlerinin artış gösterdiği bölgelerde Hİ değerlerinin azaldığı veya tam tersi olarak azalış gösterdiği bölgelerde Hİ değerlerinin artış gösterdiği belirlenmiştir. Özellikle hacim ağırlığı ile Hİ arasında çok önemli düzeyde negatif korelasyon (-0.453**) belirlenmiştir (Çizelge 2). Debicki ve ark., (1993), Håkansson ve Medvedev (1995), Kibara ve ark., (2001), Green ve ark., (2003) yapmış oldukları çalışmalarında hacim ağırlığı artışı ile makro gözenekliliğin azalmasına bağlı olarak Hİ değerlerinin çok önemli düzeyde düştüğünü ortaya koymuşlardır.



Şekil 17. Araştırma alanında hacim ağırlığının yersel değişkenliği



Şekil 18. Araştırma alanında hidrolik iletkenliğin yersel değişkenliği

SONUÇ

Iğdır Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenerek yersel değişkenliklerinin jeostatistiksel yöntemlerle değerlendirildiği bu çalışmada;

1. Kil, silt ve KDK'nın orta derecede mekansal bağımlılık gösterirken araştırma konusu diğer toprak özelliklerinin yüksek derecede mekansal bağımlılık gösterdiği,

2. Kil içeriğinin yüksek olduğu bölgelerde OM içeriğinin de genellikle yüksek olduğu, kil-OM arasında pozitif korelasyon, silt ve kum içeriği ile OM arasında ise negatif korelasyon olduğu, en düşük OM değerleri tuzluluğun ve alkaliliğin görüldüğü bölgelerde olduğu belirlenmiştir.

3. Toprakların P_2O_5 içerikleri ile OM içerikleri arasında çok yüksek düzeyde pozitif korelasyonun (0.986**) olduğu belirlenmiş olup, OM'nin yüksek olduğu bölgelerde de P_2O_5 değerlerinin yüksek değerlere sahip olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, kil içeriğinin yüksek olduğu bölgelerdeki topraklarda genel olarak yüksek P_2O_5 değerleri elde edilmiştir.

4. Katyon değişim kapasitesini pozitif yönde etkileyen en önemli toprak özelliklerinin kil ve OM içeriğinin olduğu, kil ile OM

içeriklerinin yüksek olduğu bölgelerde genellikle KDK'nın en yüksek değerlere ulaştığı, en düşük KDK değerlerinin ise kum içeriğinin en fazla olduğu bölgelerde olduğu, ayrıca, tuzluluk ve alkaliliğin de KDK'yı olumsuz yönde etkilediği belirlenmiş olup, toplam tuz, $Su\text{ÇözNa}$, pH, EC ve ESP'nin yüksek olduğu bölgelerde KDK'nın genellikle düşük değerlerde olduğu belirlenmiştir.

5. Toprakların Na, K ve Ca içeriklerinin kil içeriği artışı ile arttığı, kum içeriğinin artışı ile azaldığı, Mg içeriğinde ise ilişkinin tam ters olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanında OM'nin yüksek olduğu bölgelerde genellikle düşük miktarlarda Na tespit edilirken, yüksek miktarlarda Ca ve Mg belirlenmiştir. Tuzluluk ve alkaliliğin yüksek olduğu bölgelerde Na ve K iyonlarının miktarının yüksek olduğu belirlenirken, Ca ve Mg iyonlarının miktarının düşük olduğu saptanmıştır

6. Kil içeriği fazla olan bölgelerde toplam tuz, pH, EC ve ESP değerlerinin kum içeriği fazla olan bölgelerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, OM içeriğinin yüksek olduğu bölgelerde toplam tuz, pH, EC ve ESP'nin genellikle en düşük değerlere sahip olduğu belirlenmiştir

7. Kil içeriği ile KDK değerinin yüksek olduğu bölgelerde hacim ağırlığı değerlerinin genellikle düşük değerlerde olduğu, Na, EC ve

ESP değerlerinin yüksek olduğu bölgelerde ise hacim ağırlığı değerlerinin yüksek değerler gösterdiği belirlenmiştir.

8. Kil, OM ve KDK ile Hİ arasında pozitif korelasyon belirlenmiş olup; kil, OM ve KDK'nın yüksek olduğu bölgelerde Hİ değerlerinin de genellikle yüksek olduğu saptanmıştır. Ancak, Na, pH, EC, ESP ve hacim ağırlığı ile Hİ arasında ise negatif korelasyonlar belirlenmiş olup, söz konusu toprak özelliklerinin ölçüm değerlerinin artış gösterdiği bölgelerde Hİ değerlerinin azaldığı veya tam tersi olarak azalış gösterdiği bölgelerde Hİ değerlerinin artış gösterdiği belirlenmiştir.

9. Çalışma alanının yaklaşık %40'ının kritik pH değerinin, %70'inin kritik EC değerinin ve %45'inin de kritik ESP değerinin üzerinde olduğu saptanmıştır.

Arazi hakkındaki bilgiler sadece daha iyi bir yönetim sağlamak için değil aynı zamanda verimlilik ve üretkenlik artışı sağlamak, gelecekteki planlamalar, arazinin ıslahı, rehabilitasyonu ve sürdürülebilir tarım açısından çok önemlidir. Toprak özelliklerinin küçük bir arazi içerisinde bile yüksek derecede değişkenlik gösterebileceği ortaya konularak, araştırma alanı toprak özelliklerinin ve problemlerinin dağılım durumları haritalanmıştır. Bu alan için yapılacak olan çalışmaların ve tarımsal faaliyetlerin sürdürülebilir olması için bu çalışma altlık oluşturmakta ve alanda yapılacak olan ıslah, parselasyon vb. çalışmalar için de referans niteliği taşımaktadır.

KAYNAKLAR

Aiken RM, Jawson MD, Grahammer K, Polymenopoulos AD, 1991. Positional, spatially correlated and random components of carbon dioxide flux. *Journal of Environmental Quality*, 20(1): 301-308.

Anonim, 2017. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.

Baldovinos F, Thomas GW, 1967. The effect of soil clay content on phosphorus uptake. *Soil Science Society of America Journal*, 31(5): 680-682.

Barik K, Aksakal EL, Islam KR, Sari S, Angin I, 2014. Spatial variability in soil compaction properties associated with field traffic operations. *Catena*, 120: 122-133.

Cambardella CA, Moorman TB, Novak JM, Parkin TB, Karlen DL, Turco RF, Konopka AE, 1994. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil Science Society of America Journal*, 58(5): 1501-1511.

Cerozi BS, Fitzsimmons K, 2016. The effect of pH on phosphorus availability and speciation in an aquaponics nutrient solution. *Bioresource Technology*, 219: 778-781.

Dahiya SS, Singh M, 1976. Effect of salinity, alkalinity and iron application on the availability of iron, manganese, phosphorus and sodium in pea (*Pisum sativum* L.) crop. *Plant and Soil*, 44(3): 697-702.

Debicki R, Glinski J, Lipiec J, Pukos A, Turski R, 1993. Soil strength, stability and structural state of orthic luvisols under different land use. *International Agrophysics*, 7(2-3): 155-161.

Ersahin S, 2003. Comparing ordinary kriging and cokriging to estimate infiltration rate. *Soil Science Society of America Journal*, 67: 1848-1855.

Gee GW, Bauder JW, 1986. Particle-size analysis. *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. Second Edition. Agronomy No: 9*, p: 383-441.

Gotway CA, Bullock DG, Pierce FJ, Stroup WW, Hergert GW, Eskridge KM, 1997. Experimental Design Issues and Statistical Evaluation Techniques for Site specific Management. p 301-337. In F.J. Pierce and E.J. Sadler (eds) *The State of Site-Specific Management for Agriculture*. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI.

Green TR, Ahuja LR, Benjamin JG, 2003. Advances and challenges in predicting agricultural management effects on soil hydraulic properties. *Geoderma*, 116(1-2): 3-27.

- Grossman RB, Reinsch TG, 2002. Bulk Density and Linear Extensibility, in: Dane, J.H., Topp, G.C. (Eds.), *Methods of Soil Analysis. Part 4, Physical Methods. SSSA Book Series 5.* Madison, WI: pp. 201-228.
- Håkansson I, Medvedev VW, 1995. Protection of soils from mechanical overloading by establishing limits for stresses caused by heavy vehicles. *Soil and Tillage Research*, 35(1-2): 85-97.
- Hassink J, Bouwman LA, Zwart KB, Bloem J, Brussaard L, 1993. Relationships between soil texture, physical protection of organic matter, soil biota, and C and N mineralization in grassland soils. *International Workshop on Methods of Research on Soil Structure/Soil Biota Interrelationships, Held at the International Agricultural Centre, Wageningen, The Netherlands*, 105-128.
- Hassink J, 1997. The capacity of soils to preserve organic C and N by their association with clay and silt particles. *Plant and Soil*, 191: 77-87.
- Haynes RJ, Ludecke TE, 1981. Effect of lime and phosphorus applications on concentrations of available nutrients and on P, Al and Mn uptake by two pasture legumes in an acid soil. *Plant and Soil*, 62: 117-128.
- Hohn ME, 1988. *Geostatistics and Petroleum Geology*, Van Nostrans Reinhold, 264 p, New York
- IBM, 2011. *IBM Statistics for Windows, version 20.0.* IBM Corporation. Armonk, New York.
- Imhoff S, da Silva AP, Tormena CA, 2000. Spatial heterogeneity of soil properties in areas under elephant-grass short-duration grazing system. *Plant and Soil*, 219: 161-168.
- Isaaks EH, Srivastava RM, 1989. *An Introduction to Applied Geostatistics.* Oxford University Press, New York.
- Journel AG, Huijbregts Ch J, 1978. *Mining Geostatistics*, Academic Press, p: 600.
- Júnior VV, Carvalho MP, Dafonte J, Freddi OS, Vazquez, EV, Ingaramo OE, 2006. Spatial variability of soil water content and mechanical resistance of Brazilian ferralsol. *Soil and Tillage Research*, 85: 166-177.
- Kribaa M, Hallaire V, Curmi P, Lahmar R, 2001. Effect of various cultivation methods on the structure and hydraulic properties of a soil in a semi-arid climate. *Soil and Tillage Research*, 60: 43-53
- Mubarak I, Angulo-Jaramillo R, Mailhol JC, Ruelle P, Khaledian M, Vauclin M, 2010. Spatial analysis of soil surface hydraulic properties: Is infiltration method dependent? *Agricultural Water Management*, 97(10): 1517-1526.
- Nelson DW, Sommers LE, 1982. *Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Matter. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2nd Edition.* Agronomy No: 9. 539-579, 1159 p, Madison, Wisconsin USA.
- Nelson RE, 1982. *Carbonate and Gypsum. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2nd Edition.* Agronomy No: 9. 181-197, 1159 p, Madison, Wisconsin USA.
- Olsen SR, Sommers LE, 1982. *Phosphorus. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2nd Edition.* Agronomy No: 9, 403-427, 1159 p, Madison, Wisconsin USA.
- Öztaş T, 1995. *Jeostatistiğin Toprak Bilimindeki Önemi ve Uygulanışı. İ. Akalın Toprak ve Çevre Semp. I:271-280*, Ankara.
- Petersen LW, Moldrup P, Jacobsen OH, Rolston DE, 1996. Relations between specific surface area and soil physical and chemical properties. *Soil Science*, 161(1): 9-21.
- Reynolds WD, Elrick DE, 2002. Saturated and field-saturated water flow parameters. Constant head soil core (tank) method. In *Methods of soil analysis, Part 4, Physical methods*, Dane JH, Topp GC (eds). SSSA Inc.: Madison, WI; 804–808.
- Rhoades JD, 1982a. *Cation Exchange Capacity. Methods of Soil Analysis Part 2. chemical and microbiological properties second edition.* Agronomy. No: 9 Part 2. Edition P: 149-157.
- Rhoades JD, 1982b. *Exchangeable Cations. Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and microbiological properties second edition.* Agronomy. No: 9 Part 2. Edition P: 159-164.

- Rietz DN, Haynes RJ, 2003. Effects of irrigation-induced salinity and sodicity on soil microbial activity. *Soil Biology and Biochemistry*, 35(6): 845-854.
- Rochette P, Desjardins RL, Pattey E, 1991. Spatial and temporal variability of soil respiration in agricultural fields. *Canadian Journal of Soil Science*, 71(2): 189-196.
- Ryel RJ, Caldwell MM, Manwaring JH, 1996. Temporal dynamics of soil spatial heterogeneity in sagebrush-wheatgrass steppe during a growing season. *Plant and Soil*, 184: 299-309.
- Sauer TJ, Meek DW, 2003. Spatial variation of plantavailable phosphorus in pastures with contrasting management. *Soil Science Society of America Journal*, 67: 826-836.
- Sezen Y, 1995. Toprak Kimyası. Atatürk Üni. Yayınları No: 790. Ziraat Fakültesi Yayın No: 322. Ders Kitapları Serisi No: 71. Erzurum.
- Some'e BS, Hassanpour F, Ezani A, Miremadi SR, Tabari H, 2011. Investigation of spatial variability and pattern analysis of soil properties in the northwest of Iran. *Environmental Earth Science*, 64(7): 1849-1864.
- Strudley MW, Timothy RG, Ascough II JC, 2008. Tillage effects on soil hydraulic properties in space and time: State of the science. *Soil and Tillage Research*, 99(1): 4-48.
- Suarez DL, Rhoades JD, Lavado R, Grieve CM, 1984. Effect of pH on saturated hydraulic conductivity and soil dispersion. *Soil Science Society of America Journal*, 48(1): 50-55.
- Thomas GW, 1996. Soil pH and soil acidity, in: Sparks, D.L. (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 3, Chemical Methods*. SSSA Book Series 5. Madison, WI: pp. 475-490.
- Webster R, 2000. Is soil variation random? *Geoderma*, 97(3-4): 149-163.
- Westermann DT, 1992. Lime effects on phosphorus availability in a calcareous soil. *Soil Science Society of America Journal*, 56(2): 489-494.
- White PJ, 2012. Ion uptake mechanisms of individual cells and roots: short-distance transport. In *Marschner's mineral nutrition of higher plants*, 7-47. Academic Press.
- Wilding LP, 1985. Spatial variability: Its documentation, accommodation, and implication to soil surveys. In *Soil Spatial Variability*. D.R.Nielsen and J. Bouma (eds.). Pudoc, Wageningen, The Netherlands, pp. 166-194.
- Yates SR, Warrick AW, 1987. Estimating soil water content using cokriging. *Soil Science Society of America Journal*, 51: 23-30.
- Yost RS, Uehara G, Fox RL, 1982. Geostatistical analysis of soil chemical properties of large land areas: I. Semi-variograms. *Soil Science Society of America Journal*, 46: 1028-1032.