



Sarıseki-Dörtyol Bölgesinde yer alan toprakların bazı besin element içeriklerinin yersel dağılımının jeostatistiksel yöntemlerle modellenmesi ve haritalanması

Necat AĞCA*, Yunus KARAKAYA

Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Antakya/HATAY

Öz

Toprak özelliklerinin bilinmesi, hem tarımın sürdürülebilirliği hem de çevre koruma açısından son derece önemlidir. Bu çalışmada, Sarıseki-Dörtyol (Hatay) arasında kalan tarım arazilerdeki toprakların bazı besin elementi içeriklerinin belirlenmesi ve dağılımlarının modellenerek haritalarının oluşturulması amaçlanmıştır. Bu amaçla, araştırma alanındaki toprakları temsil edecek şekilde rastgele örnekleme yöntemine göre 0-30 cm derinlikten toplam 42 adet bozulmuş toprak örneği alınmıştır. Toprak örneklerinin alındığı noktaların coğrafi koordinatları küresel konumlama cihazı (GPS) kullanılarak kayıt edilmiştir. Toprak örneklerinde, ekstrakte edilebilir sodyum (Na), potasyum (K), magnezyum (Mg), kalsiyum (Ca), alınabilir fosfor (P), demir (Fe), bakır (Cu), mangan (Mn) ve çinko (Zn) analizleri yapılmıştır. Toprakların besin element içeriklerinin yersel dağılımının belirlenmesi ve haritalanmasında jeostatistiksel yöntemler kullanılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre çalışma alanındaki toprakların verimlilik ile ilgili özelliklerinin dağılımlarının oldukça farklı sınırlar içinde değiştiği belirlenmiştir. Toprakların en düşük-en yüksek Na, K, Mg, Ca, P, Fe, Cu, Mg ve Zn içerikleri sırasıyla, 12.50 - 145.56, 43.65 - 587.44, 1403.53 - 6578.25, 314.09 - 2514.97, 0.20-170.36, 3.27 - 50.33, 0.56 - 37.62, 9.89 - 93.35 ve 1.53 - 74.16 mg kg⁻¹ arasında değişmiştir. Besin elementleri içerisinde en düşük varyasyon katsayısı (VK) Mg içeriklerinde (%35.7), en yüksek VK değeri ise fosfor değerlerinde (%133.3) belirlenmiştir. En uygun yarıvaryogram modeli; K, Cu ve Zn için küresel; Na, Ca, Mg, P ve Mn için Gaussian, Fe için ise üssel olarak belirlenmiştir. Demir (Fe) dışında diğer tüm mikro besin elementlerinin toprakta yeterli düzeyde olduğu görülmüştür. Yine, makro besin elementlerinden Ca ve Mg içeriklerinin çalışma alanındaki tüm topraklarda yeterli düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sarıseki-Dörtyol bölgesi, toprak, besin elementleri, jeostatistik, haritalama, kriging.

Modelling and mapping of the spatial distribution of some plant nutrient contents of the soils in Sarıseki-Dörtyol Region by geostatistical methods

Abstract

In this study, it was aimed to determine some nutrient content of the soils in the agricultural lands between Sarıseki-Dörtyol (Hatay) and to model their distribution in the study area and to create maps. For this purpose, a total of 42 soil samples were taken from 0-30 cm depth according to the random sampling method to represent the soils in the research area. Geographical coordinate of the points where soil samples were taken were recorded using a global positioning device (GPS). Soil samples were analyzed for extractable sodium (Na), potassium (K), magnesium (Mg), calcium (Ca), available phosphorus (P), iron (Fe), copper (Cu), manganese (Mn) and zinc (Zn). Geostatistical methods were used to determine and map the local distribution of nutrient content of soils. It has been determined that the distribution of the fertility-related properties of the soils in the study area varies within quite different limits. The minimum-maximum Na, K, Mg, Ca, P, Fe, Cu, Mg and Zn contents of the soils are 12.50 - 145.56, 43.65 - 587.44, 1403.53 - 6578.25, 314.09 - 2514.97, 0.20-170.36, 3.27 - 50.33, 0.56 - 37.62, 9.89 - 93.35 ve 1.53 - 74.16 mg kg⁻¹, respectively. Among the nutrients, the lowest coefficient of variation (VK) was determined in Mg contents (35.7%), while the highest VK value was determined in phosphorus values (133.3%). The most suitable semivariogram model is spherical for K, Cu and Zn; Gaussian for Na, Ca, Mg, P and Mn and exponential for Fe. Except for iron (Fe), all of the other micronutrient elements were found to be at sufficient levels in the soil. Finally, it was determined that the Ca and Mg contents, which are macronutrients, were at sufficient levels in all the soils of the study area.

Keywords: Sarıseki-Dörtyol district, soil, nutrients, geostatistics, mapping, kriging.

© 2023 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 533 651 4672

E-posta : necagca@gmail.com

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 27 Şubat 2023

Kabul Tarihi : 24 Mayıs 2023

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.1261146

Giriş

Topraklar tarımsal üretimin temel öğelerinden biridir. Topraklar ayrıca kendini kolayca yenileyemeyen doğal kaynaklardır. Nüfusun sürekli olarak artmasına karşın, bu nüfusu doyurabilecek bitkisel üretimi elde edebilecek hemen hemen tek kaynak olan toprakları artırma olanağı kalmamıştır. Bu nedenle, yapılması gereken tek şey birim alandan üretim miktarını artırmaktır. Topraklardan en yüksek verimi alabilmek için ise toprakların verimlilik ile ilgili özelliklerinin bilinmesi ve sürdürülebilirliğinin korunması gerekmektedir.

Jeoistatistik, ölçülen herhangi bir özelliğin yersel yapısını ve yersel bağımlılığını inceleyerek sayısallaştıran ve buradan elde edilen ilişkiyi kullanarak anılan özelliğin örneklenmemiş noktadaki miktarını tahmin eden uygulamalı istatistiğin bir koludur (Isaaks ve Srivastava, 1989). Geoistatistiksel yöntemler iki aşamada yürütülmektedir. Birinci aşamada, incelenen toprak özelliğinin ölçüm noktaları arasındaki otokorelasyon, yani doğal olarak bulunan uzaysal bağımlılığın derecesi belirlenmektedir. İkinci aşamada ise bir interpolasyon tekniği kullanılarak, incelenen toprak özelliğinin örneklenmeyen nokta ve alanlardaki değerleri tahmin edilerek dağılım deseni belirlenmeye çalışılmaktadır. Yarıvariogramlar uzaysal bağımlılık derecesinin belirlenmesi ve kriging analizi ise interpolasyon aşamasında yaygın olarak kullanılan araçlardır (Öztaş, 1995). Toprakların besin element içeriklerinin yersel dağılımının belirlenmesi ve haritalanması konusunda, gerek yurtiçinde, gerek se yurtdışında fazla miktarda çalışma yapılmıştır. Bunlardan bazıları aşağıda özetlenmiştir.

Ordu ili-Altınordu ilçesi topraklarında yapılan bir çalışmada, DTPA ile ekstrakte edilebilen mikrobesein elementlerinin uzaysal değişkenliği jeoistatistiksel teknikler uygulanarak incelenmiştir. Yaklaşık 40000 ha'lık bir alanda yapılan çalışmada 0-20 cm derinlikten alınan 66 örnek analiz sonuçlarına göre; toprak reaksiyonu (pH) en az değişken özellik iken, elektriksel iletkenlik (EC) en fazla değişken olduğu görülmüştür. Yine bakırın orta derecede, manganın ise en güçlü derecede uzaysal bağımlılığa sahip olduğu ve ayrıca, en büyük etki aralığının (17424 m) Cu ve en düşük etki aralığının (692 m) ise Zn değerlerinde olduğu belirlenmiştir (Aşkın ve ark., 2017).

Sharma ve ark. (2020) tarafından Orta Hindistan'ın kara topraklarında, Geoistatistiksel modelleme kullanılarak toprakların pH, EC, organik madde, alınabilir azot, fosfor, potasyum ve kükürt ile mikro besin elementleri (Fe, Mn, Zn ve Cu) gibi toprak verimlilik parametrelerinin yersel değişimi incelenmiştir. Araştırma bulgularına göre çoğu toprak verimliliği parametreleri için yersel bağımlılık orta düzeydeyken, alınabilir fosfor için yersel bağımlılığın güçlü olduğu belirlenmiştir. Yine EC dışındaki tüm özellikler normal dağılım göstermiştir. Toprak özelliklerinden P, K ve S için en uygun yarıvariogram modelinin Spherical, diğer özellikler için ise Exponential olduğu belirlenmiştir. Range (A0) değerleri ise 608 m ile 2902 m arasında değişmiştir.

Orta Hindistan'ın bazaltik peyzajı üzerindeki toprakların makro besin element (N, P ve K) içeriklerini haritalamak ve jeoistatistiksel tekniklerin doğruluğunu değerlendirmek amacıyla yapılan bir çalışmada; sıradan Kriging enterpolasyon yöntemi kullanılmış ve (Küresel, Dairesel ve Gaussian) ile enterpole edilmiştir. Sonuçlar, dairesel, küresel ve Gaussian modellerinin sırasıyla N, P ve K değerleri için en uygun model olduğunu göstermiştir. Ayrıca araştırmacılar tarafından, Geoistatistik yöntemlerin; zaman ve maliyet gerektiren doğrudan ölçme yöntemleri ile kıyaslandığında, örneklenmemiş konumlarda toprak özelliklerinin doğru bir şekilde tahmin edilmesi için uygun bir alternatif yöntem olduğu belirtilmiştir. Tüm değişkenler güçlü uzaysal bağımlılık göstermiştir. Kriged haritasının çapraz doğrulaması, yarıvariogram parametreleri kullanılarak toprak besinlerinin yersel tahmininin, herhangi bir örneklenmemiş konum için gözlemlenen değerlerin ortalamasını varsaymaktan daha iyi olduğunu göstermiştir (Banwasi ve ark., 2020).

Li ve ark. (2021) tarafından Çin'in Guo nehir havzasında yapılan bir çalışmada; alanda yer alan toprakların organik madde (TOM), toplam karbon (TC), toplam azot (TN), toplam fosfor (TP), toplam potasyum (TK) içeriklerinin yersel dağılımı incelenmiştir. Sonuçlara göre, TK ve pH'nin zayıf; TOM, TC, TN ve TP'nin ise orta düzeyde varyasyon göstermiştir. Toprak pH'sı, TP, TK, TC ve TOM, hem rastgele faktörlerin hem de toprak dokusu, toprak tipi, gübreleme ve yerel ekolojik restorasyon yönetimi gibi yapısal faktörlerin neden olduğu orta düzeyde uzaysal değişkenliğe sahip olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmada, Sarıseki-Dörtyol bölgesinde yer alan tarım arazilerindeki toprakların temel makro ve mikro besin element içeriklerinin belirlenmesi ve bunların çalışma alanındaki dağılımlarının jeoistatistiksel yöntemlerle incelenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Sarıseki-Dörtüol bölgesindeki çalışma alanı $36^{\circ}40'12''$ - $36^{\circ}49'48''$ kuzey enlemleri ile $36^{\circ}09'36''$ - $36^{\circ}15'00''$ doğu boylamları arasında yer almaktadır. Araştırma alanının doğusunda Amanos Dağları, Batısında ise Akdeniz bulunmaktadır. Çalışma alanının büyük bir kısmını tarım alanları, az bir kısmı ise orman ve fundalık alanlar oluşturmaktadır. Çalışma alanında kışları ılık ve yağışlı, yazları ise sıcak ve kurak olan Akdeniz iklimi hâkimdir (Anonim, 2004). Çalışma alanının büyük bir kısmı düzlüklerden oluşmaktadır. Düz alanlarda daha çok Pleyistosen-Holosen yaşlı kuvarterner aluviyal materyaller yer almaktadır (Anonim, 2018).

Bu araştırmada, çalışma alanını temsil edecek şekilde rastgele örnekleme yöntemine göre 0-30 cm derinlikten toplam 42 adet bozulmuş toprak örneği alınmıştır (Şekil 1). Ayrıca her bir örnekleme noktasının UTM sistemine göre coğrafi koordinatları GPS cihazı ile belirlenmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanının coğrafi konumu ve örnekleme noktaları

Alınan toprak örnekleri laboratuvarında kurutulduktan sonra elenerek analize hazır hale getirilmiştir. Analize hazır hale getirilen toprak örneklerinde; ekstrakte edilebilir sodyum (Na), potasyum (K), magnezyum (Mg), kalsiyum (Ca), alınabilir fosfor (P), demir (Fe), bakır (Cu), mangan (Mn) ve çinko (Zn) analizleri yapılmıştır. Örneklerde değişebilir sodyum (Na), potasyum (K), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) analizleri amonyum asetat ekstraksiyon yöntemi ile (Helmke ve Sparks, 1996; Suarez, 1996), yarıyıllı demir (Fe), bakır (Cu), mangan (Mn) ve çinko (Zn) tayinleri DTPA ekstraksiyon yöntemi ile (Lindsay ve Norwell, 1978), alınabilir fosfor içeriği ise Olsen ve ark. (1954)'e göre yapılmıştır.

Toprak özelliklerin tanımlayıcı istatistik analizleri (ortalama, en düşük ve en yüksek değerler, standart sapma, varyasyon katsayısı, çarpıklık (skewness), basıklık (kurtosis) vb.) yapılmıştır. İstatistik analizler için Windows uyumlu SPSS-21 istatistik paket programı kullanılmıştır.

Daha sonra da her bir parametrenin dağılım modellemesi ve iki boyutlu dağılım haritası oluşturulmuştur. Toprak özelliklerinin dağılımlarının modellenmesi ve haritalanmasında Windows uyumlu GS+ (sürüm 10) jeostatistik programı kullanılmıştır.

Toprak özelliklerinin yersel bağımlılıklarının değerlendirilmesinde nugget yarıvaryansın (Co) toplam varyansa (Co + C) olan oransal yüzdesi kıstas olarak kullanılmıştır. Hesaplanan olan bu oran %25 veya daha düşük ise özelliklerdeki yersel bağımlılık kuvvetli, % 25-75 arasında ise orta ve %75'den büyük ise zayıf olarak değerlendirilmiştir (Cambardella ve ark., 1994).

Bulgular ve Tartışma

Araştırma konusu toprakların bazı element içeriklerine ait analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Toprakların Na içerikleri 12.5 mg kg^{-1} (4 nolu örnek) ile 145.6 mg kg^{-1} (12 nolu örnek) arasında değişmiştir. K içerikleri 43.6 mg kg^{-1} (40 nolu örnek) ile 587.4 mg kg^{-1} (42 nolu örnek), değişmiştir. FAO (1990) tarafından belirtilen sınır değerlere göre toprakların % 4.8'inde K içeriği çok az ($< 50 \text{ mg kg}^{-1}$), %28.6'sında az ($50-140 \text{ mg kg}^{-1}$), %57.1'inde yeterli ($140-370 \text{ mg kg}^{-1}$) ve % 9.5'inde ise yüksek ($370-1000 \text{ mg kg}^{-1}$)

bulunmuştur. Özden ve ark. (2022) tarafından Manisa ili tarım topraklarında yapılan bir çalışmada ise, alınabilir K içerikleri toprakların % 0.85'inde orta, %5.08'inde yeterli ve % 94.07'sinde ise yüksek olduğu belirlenmiştir. Tepecik ve ark. (2022) tarafından Menemen ovasındaki entisol topraklarda yapılan bir çalışmada ise toprakların büyük bir bölümünde alınabilir potasyum konsantrasyonlarının yetersiz düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Ca içerikleri 1403.5 (20 nolu örnek) 6578.3 mg kg⁻¹ (16 nolu örnek) arasında olduğu belirlenmiştir. FAO, (1990)'a göre, toprakların % 69'unda Ca içeriği yeterli (1150 – 3500 mg kg⁻¹), % 31.0'ında ise fazla (3500-10000 mg kg⁻¹) düzeydedir.

Toprakların Mg içeriklerinin 314.1 mg kg⁻¹ (4 nolu örnek) ile 2515.0 (31 nolu örnek) arasında olduğu ve FAO (1990) kriterlerine göre % 4.8'inde yeterli (160 – 480 mg kg⁻¹), % 71.4'ünde fazla (480-1500 mg kg⁻¹), %23.8'inde ise çok fazla (>1500 mg kg⁻¹) olduğu görülmüştür.

Topraklardaki P içeriklerinin 0.20 mg kg⁻¹ (21 nolu örnekler) ile 170.36 mg kg⁻¹ (36 nolu örnek) değiştiği görülmüştür. Olsen ve ark.(1954)'ün kriterlerine göre toprakların P içeriklerinin örneklerin % 11.9'unuda çok az (<2.5 mg kg⁻¹), %14.3'ünde az (2.5-8.0 mg kg⁻¹), % 47.6'sında yeterli (8-25 mg kg⁻¹), % 21.4'ünde fazla (25-80 mg kg⁻¹), % 4.8'inde ise çok fazla (>80 mg kg⁻¹) olduğu belirlenmiştir. Özden ve ark. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, fosfor içerikleri; toprakların % 19.61 de çok az, 28.21 de az, 19.32 de orta, 7.47 de yüksek, 25.39 da ise çok yüksek olarak belirlenmiştir.

Topraklardaki Fe içerikleri 3.27 mg kg⁻¹ (17 nolu örnek) ile 50.0 mg kg⁻¹ (31 nolu örnek), arasında (Çizelge 2) değişmiş olup, bunların Lindsay ve Norvell (1978)'in kriterlerine göre % 4.8'inde Fe az (<4.5 mg kg⁻¹), %26.2'sinde orta (4.5-9.0 mg kg⁻¹), % 45.2'sinde yeterli (9-18 mg kg⁻¹), %19'unda yüksek (18-27 mg kg⁻¹) ve %4.8'inde çok yüksek (>27 mg kg⁻¹) bulunmuştur. Batı Hindistan'ın yarı kurak tropik bölgelerinde Dongare ve ark. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, topraklardaki Fe içeriklerini 2.03 ile 8.53 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Topraklardaki Cu içeriklerinin 0.56 mg kg⁻¹ (7 nolu örnek) ile 37.62 (36 nolu örnek) arasında olduğu ve Lindsay ve Norvell (1978)'in kriterlerine göre örneklerin % 2.4'ünde Cu yeterli (0.4-0.8 mg kg⁻¹), %19'unda yüksek (0.8-1.6 mg kg⁻¹), % 78.6'sında ise çok yüksek (>1.6 mg kg⁻¹) olduğu belirlenmiştir. Aynı bölgede Ağca (2015) tarafından yapılan diğer bir çalışmada Cu içerikleri 0.22 ile 8.43 mg kg⁻¹ arasında değişmiştir. İki çalışmanın sonuçları kıyaslandığında, aradan geçen yaklaşık 8 yıllık sürede toprakların Cu içeriklerinde bir miktar artma görülmektedir. Ancak bu artış çok önemli düzeyde değildir.

Topraklardaki Mn içerikleri 9.89 mg kg⁻¹ (8 nolu örnek) ile 93.35 mg kg⁻¹ (34 nolu örnek) arasında değişmiştir. Toprak örneklerinin tamamında Mn içeriklerinin yüksek düzeyde (>7.0 mg kg⁻¹) (Lindsay ve Norvell, 1978) bulunduğu tespit edilmiştir. Tagore ve ark. (2023) tarafından Hindistan'da yapılan bir çalışmada ise topraklardaki alınabilir demir, bakır ve mangan içeriklerinin yeterli düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Toprakların Zn içeriklerinin ise 1.53 mg kg⁻¹ (40 nolu örnek) ile 74.16 mg kg⁻¹ (1 nolu örnek) arasında değiştiği ve Lindsay ve Norvell (1978)'in kriterlerine göre toprak örneklerinin % 4.8'inde Zn içeriklerinin yeterli (1.2-2.4 mg kg⁻¹), % 95.2'sinde ise yüksek (>2.4 mg kg⁻¹) düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Toprakların besin elementleri içerisinde varyasyon katsayısı (VK) en düşük olanı Mg içerikleri (%35.7) iken, en yüksek VK değeri ise fosfor içeriğinde (%133.3) belirlenmiştir. Bu durum besin elementleri içerisinde çalışma alanında en çok homojen olarak dağılan besin elementinin, en az homojen olarak dağılan elementin ise fosfor olduğunu göstermektedir. Bu durumun olası nedeni, çalışma alanındaki tarım topraklarına farklı düzeylerde fosforlu gübre uygulamasından kaynaklanmış olabilir. Sharma ve ark. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada ise besin elementleri arasında en düşük VK değeri N içeriklerinde (%17.3), en yüksek ise Mn içeriklerinde (%106.5) belirlenmiştir. Mn'den sonra en yüksek VK değeri ise P içeriklerinde (%98.6) içeriklerinde saptanmıştır. P içeriklerinin VK değerlerinin yüksek olması, o bölgede çok farklı miktarlarda P gübresi uygulamasından kaynaklanmış olabilir.

Zhou ve ark. (2010)'a göre varyasyon katsayısı %10'dan düşük ise ortalamaya göre değişkenlik düzeyi de düşük, %10-100 arasında ise değişkenlik düzeyi orta ve %100'den büyük ise değişkenlik düzeyi yüksektir. Bu kıstaslara göre, besin elementleri içerisinde; çinko, bakır ve fosfor içeriklerinin çalışma alanındaki değişkenlik düzeyinin yüksek, diğer elementlerin ise orta düzeyde olduğunu görülmektedir.

Çizelge 1. Araştırma konusu toprakların bazı besin elementi içerikleri

Örnek no	Na	K	Ca	Mg	P	Fe	Cu	Mn	Zn
	(mg kg ⁻¹)								
1	44.33	145.66	5657.59	827.95	9.20	31.74	5.19	40.41	74.16
2	23.10	237.35	2686.41	1152.28	28.36	13.76	7.84	78.36	27.33
3	65.86	107.67	5226.85	987.66	5.91	14.29	5.49	23.91	19.71
4	12.50	44.79	2390.38	314.09	0.73	50.33	13.13	38.43	26.98
5	27.10	286.15	5376.11	1086.49	28.86	18.62	2.45	18.99	21.96
6	30.95	183.58	2716.41	1739.35	8.95	15.48	2.23	23.62	4.61
7	20.69	100.16	2758.85	1069.57	0.31	5.96	0.56	18.05	1.87
8	33.27	116.46	5989.35	1425.02	1.79	6.64	1.48	9.89	7.64
9	22.12	359.51	5486.73	1256.64	15.94	8.07	1.40	16.50	23.92
10	109.97	185.44	6167.12	1770.78	9.04	7.14	1.01	16.86	3.92
11	58.72	193.56	1904.09	1104.83	7.86	10.78	1.04	24.99	6.24
12	145.56	274.71	2291.78	2189.34	22.91	12.10	2.69	26.15	9.33
13	60.85	119.57	2186.40	1377.60	10.01	7.27	1.57	24.83	6.36
14	67.69	101.53	6345.85	1558.54	13.76	11.80	1.86	29.55	6.82
15	29.60	138.13	3087.04	1614.12	13.53	6.62	1.60	13.09	7.96
16	49.87	232.36	6578.25	1071.62	1.88	12.07	5.80	19.48	20.11
17	92.48	324.23	2257.64	1475.79	32.25	3.27	3.29	14.85	26.33
18	64.61	223.97	6460.64	1082.80	21.07	8.52	16.95	18.93	13.34
19	101.64	320.07	1699.83	1537.63	15.13	10.90	4.01	44.46	7.22
20	71.71	179.85	1403.53	1411.04	37.79	12.92	8.92	19.54	6.02
21	68.93	66.77	1499.19	1603.02	0.20	8.31	3.30	26.28	4.14
22	19.94	144.81	5078.70	781.95	21.62	19.92	2.67	19.04	4.35
23	23.45	95.92	1806.46	1037.62	14.48	13.28	1.42	33.36	3.44
24	88.41	390.10	2940.66	1459.61	27.10	10.92	2.31	31.07	8.41
25	71.74	244.14	1626.51	1046.79	22.02	9.95	3.11	33.13	4.52
26	79.10	135.44	2099.90	1240.44	4.88	8.98	2.39	27.55	3.24
27	76.28	181.30	1948.93	1086.00	6.34	7.28	8.23	26.43	8.89
28	78.72	430.28	4788.09	1168.99	18.57	3.89	1.42	29.48	4.83
29	99.59	366.30	1686.13	1625.92	33.32	21.28	9.47	22.48	14.63
30	77.10	270.95	1738.08	986.45	17.01	17.48	4.14	14.24	8.44
31	91.15	214.94	5581.81	2514.97	6.27	16.82	23.43	13.30	13.12
32	67.93	50.95	1552.91	786.33	34.58	12.60	12.07	20.73	11.01
33	49.14	51.18	1997.13	475.38	16.78	12.09	5.19	18.71	4.02
34	57.22	224.81	1589.00	779.07	9.66	18.58	18.90	93.35	11.58
35	77.76	236.56	1694.23	1341.36	32.96	26.33	15.29	45.60	5.58
36	98.52	309.46	3146.73	1638.39	170.36	9.05	37.62	14.53	13.75
37	78.41	240.54	2197.73	958.36	37.19	6.18	17.85	14.66	14.16
38	65.03	290.05	1459.54	597.85	22.42	21.86	7.99	47.28	5.23
39	20.69	92.08	1942.06	746.61	5.85	14.47	1.79	48.09	2.74
40	50.92	43.65	5820.00	835.59	11.80	20.88	1.34	28.34	1.53
41	69.25	406.99	1980.61	834.86	12.45	18.89	3.67	75.18	2.57
42	94.61	587.44	2855.06	1457.68	87.31	16.89	3.75	75.42	7.37
EK	12.50	43.65	1403.53	314.09	0.20	3.27	0.56	9.89	1.53
EY	145.56	587.44	6578.25	2514.97	170.36	50.33	37.62	93.35	74.16
Ort.	62.77	213.08	3230.96	1215.62	21.39	13.91	6.56	30.46	11.42
SS	29.67	120.44	1775.67	433.81	28.12	8.38	7.49	19.24	12.28
VK (%)	47.3	56.5	54.9	35.7	131.46	60.2	114.2	63.2	107.5
Çarpıklık	0.25	0.81	0.77	0.59	4.07	2.26	2.32	1.81	3.52
Basıklık	0.024	0.83	-1.11	1.08	19.27	7.87	6.47	2.97	16.35

EK: En küçük değer, EY: En yüksek değer, Ort.: Ortalama değer, SS: standart sapma, VK:varyasyon katsayısı

Besin Element İçeriklerinin Yersel Değişim Modelleri ve Model Parametreleri

Çalışma alanı topraklarının bitki besin element içeriklerinin mesafeye bağlı değişkenliğini gösteren yarıvaryogram modelleri ve bu modellere ait parametreler Çizelge 2'de verilmiştir. Tüm toprak özellikleri için en uygun yarıvaryogram modelini belirlemek amacıyla aktif ayırma mesafesi 6480 m olarak alınmıştır. Ayrıca, bütün özellikler için her iki derinlikte de en uygun yarıvaryogram modelini oluşturmak amacıyla

tüm veriler değerlendirmeye alınmıştır. Yarıvariogram modellerinin tamamı izotropik olarak belirlenmiştir.

Çarpıklık katsayısı veri setlerinin ortalama etrafında dağılım simetrisinin bir göstergesidir. Toprak değişkenliklerine ilişkin çarpıklık katsayısı sıfır ise dağılımın normal, sıfırdan büyük ise sağa çarpık, sıfırdan küçük ise sola çarpık olduğunu göstermektedir (Günel ve ark., 2008). Bu çalışmada normal dağılım gösteren veri setleri doğrudan değerlendirmeye alınmış, normal dağılım göstermeyen (sağa veya sola çarpık) verilere karekök veya logaritmik dönüşümler uygulanmıştır. Aydın ve ark. (2008) tarafından Söke ovası (Aydın)'ında toprakların özelliklerinin araştırıldığı çalışmada da benzer dönüşümler uygulanmıştır.

Çalışma alanındaki toprakların Na içeriklerinin çarpıklık değerlerinin düşük olması (Çizelge 1) nedeniyle, verilere jeostatistiksel modellemelerden önce herhangi bir dönüşüm uygulanmamıştır. Toprakların Na değerlerine ait, en uygun yarıvariogram modelini belirlemek için ayırma mesafeleri ise eşit bir şekilde 439 m olarak alınmıştır.

Çizelge 2. Toprakların besin element içeriklerinin yarıvariogram parametreleri

Element	Model	A ₀ (m)	Nugget (C ₀)	Sill (C ₀ +C)	(Nugget/ Sill) x100	r ²
Na	Gaussian	7520	670	1814	36.90	0.549
K	Küresel	2200	9.13	18.27	49.97	0.375
Ca	Gaussian	430	0.024	0.258	9.30	0.361
Mg	Gaussian	9000	93000	497000	18.71	0.641
P	Gaussian	8320	0.843	3.696	22.80	0.688
Fe	Üssel	1300	0.001	0.329	0.30	0.786
Mn	Gaussian	570	0.0001	0.217	0.05	0.565
Cu	Küresel	16560	0.405	2.40	16.80	0.659
Zn	Küresel	1810	0.001	0.523	0.19	0.552

Na içerikleri için en uygun yarıvariogram modeli Gaussian, A₀ değeri ise 7520 m olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). Nugget/Sill oranlarına göre Na içerikleri orta düzeyde yersel bağımlılık göstermiştir.

Çalışma alanındaki K değerinin, çarpıklık değerlerinin çok yüksek olmamasına rağmen r² değerini yükseltmek için jeostatistiksel modellemelerden önce verilere karekök dönüşüm uygulanmıştır. Toprakların K için, en uygun yarıvariogram modelini belirlemek için ayırma mesafeleri ise eşit bir şekilde 483 m olarak alınmıştır. En uygun yarıvariogram modeli Küresel (Spherical) olarak alınmıştır (Çizelge 2). Sharma ve ark. (2020), K değerleri için en uygun modelin Spherical olduğunu belirlemişlerdir. Bununla beraber Aishah ve ark. (2010) ise K için en uygun varyasyon modelini Üssel (Exponential) olarak belirlemişlerdir. Toprakların K içerikleri için A₀ değeri 2200 m olarak hesaplanmıştır. (Çizelge 2). Toprakların K içerikleri orta düzeyde yersel bağımlılık göstermiştir. Khadka ve ark. (2020) tarafından Rajkot, Jumla (Nepal)'deki Bahçe Bitkileri Araştırma İstasyonu topraklarının verimliliği ile ilgili yaptıkları bir çalışmada ise K için güçlü düzeyde yersel bağımlılık olduğunu görmüşlerdir.

Çalışma alanındaki Ca verilerinin, çarpıklık değerlerinin yüksek olması sebebiyle, veri setine jeostatistiksel modellemelerden önce logaritmik dönüşüm uygulanmıştır. Toprakların Ca için, en uygun yarıvariogram modelini belirlemek için ayırma mesafeleri ise eşit bir şekilde 459 m olarak alınmıştır. En uygun yarıvariogram modeli Gaussian olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). Sharma ve Sood (2020) da bu konuda benzer sonuçlar bulmuşlardır. Toprakların Ca değerleri için A₀ değeri 430 m olarak hesaplanmıştır (Çizelge 2). Toprakların Ca içeriklerinin kuvvetli düzeyde yersel bağımlılık gösterdiği belirlenmiştir. Bu konuda Khadka ve ark. (2020) da benzer sonuçları bulmuştur. Bu durum, büyük olasılıkla iki çalışma alanında da ana materyallerin benzer olmasından kaynaklanmıştır.

Topraklardaki Mg değerinin, çarpıklık değerlerinin düşük olması sebebiyle, veri setine jeostatistiksel modellemelerden önce herhangi bir dönüşüm uygulanmamıştır. Topraklardaki Mg için, en uygun yarıvariogram modelini belirlemek amacıyla, ayırma mesafeleri ise eşit bir şekilde 426 m olarak alınmıştır. En uygun yarıvariogram modeli Gaussian olarak belirlenmiştir. Toprakların Mg veri seti için A₀ değeri 9000 m olarak hesaplanmıştır (Çizelge 2). Toprakların Mg değerleri kuvvetli düzeyde yersel bağımlılık göstermiştir. Buna karşın Khadka ve ark. (2020) Mg için zayıf düzeyde yersel bağımlılık belirlemişlerdir.

Çalışma alanı topraklarının P içeriklerinin, çarpıklık değerlerinin yüksek olması nedeniyle, jeostatistiksel modellemelerden önce veri setine logaritmik dönüşüm uygulanmıştır. Toprakların P için, en uygun yarıvariogram modelini belirlemek için ayırma mesafeleri ise eşit bir şekilde 470 m olarak alınmış ve en

uygun yarıvaryogram modeli Gaussian olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). [Sharma ve ark. \(2020\)](#) tarafından yapılan bir çalışmada P için en uygun varyasyon modeli Spherical, [Laekemariama ve ark. \(2018\)](#) tarafından ise Üssel (Ekspponential) olarak belirlenmiştir. Toprakların P değerleri için A_0 değeri 8320 m olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). Toprakların P içeriklerinin kuvvetli düzeyde yersel bağımlılık gösterdiği belirlenmiştir. [Sharma ve Sood \(2020\)](#) tarafından yapılan çalışmada ise P için yersel bağımlılığın orta düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Toprakların Fe içeriklerine ait çarpıklık değerlerinin yüksek olması sebebiyle, jeostatistiksel modellemelerden önce verilere logaritmik dönüşüm uygulanmıştır. Toprakların Fe için en uygun yarıvaryogram modelini belirlemek için ayırma mesafeleri ise eşit bir şekilde 432 m olarak alınarak en uygun yarıvaryogram modeli Üssel (Exponential) olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). [Sharma ve ark. \(2020\)](#) ve [Laekemariama ve ark. \(2018\)](#) da bu konuda benzer sonuçlar bulmuşlardır. Buna karşın [Tagore ve ark. \(2023\)](#) Fe için en uygun yarıvaryogram modelini Küresel (Spherical) olarak belirlemişlerdir. Toprakların Fe değerleri için A_0 değeri 1300 m olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.15). [Dharumarajan ve ark. \(2022\)](#) tarafından yapılan çalışmada ise Fe için A_0 değeri çok daha yüksek (6709 m) olarak hesaplanmıştır. Bu farklılık çalışma alanlarının genişliğinin farklı olmasından kaynaklanmış olabilir. Toprakların Fe içerikleri kuvvetli düzeyde yersel bağımlılık göstermiştir.

Çalışma alanı topraklarındaki Cu miktarlarının, çarpıklık değerlerinin yüksek olması nedeniyle, jeostatistiksel modellemelerden önce veri setine logaritmik dönüşüm uygulanmıştır. Toprakların Cu için, en uygun yarıvaryogram modelini belirlemek için ayırma mesafeleri ise eşit bir şekilde 435 m olarak alınmıştır. En uygun yarıvaryogram modeli Küresel (Spherical) olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). [Ağca ve Özdel \(2014\)](#) ve tarafından aynı bölgede daha önce yapılan çalışmada da Cu için en uygun model Küresel olarak belirlenmiştir. Toprakların Cu değerleri için A_0 değeri 16560 m olarak hesaplanmıştır (Çizelge 2). Toprakların Cu içerikleri kuvvetli düzeyde yersel bağımlılık göstermiştir. [Laekemariama ve ark. \(2018\)](#) ise Cu yersel bağımlılığın orta düzeyde olduğunu belirlemişleridir.

Çalışma alanındaki Mn değerinin, çarpıklık değerlerinin yüksek olması nedeniyle, veri setine jeostatistiksel modellemelerden önce logaritmik dönüşüm uygulanmıştır. Toprakların Mn için, en uygun yarıvaryogram modelini belirlemek için aktif ayırma mesafesi 6480 m, ayırma mesafeleri ise eşit bir şekilde 426 m olarak alınmıştır. Toprakların Mn değerleri için en uygun yarıvaryogram modeli Gaussian olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). [Aşkın ve ark. \(2017\)](#) tarafından mikro elementler ile yapılan bir çalışmada ise Mn için en uygun model Küresel (Spherical) olarak belirlenmiştir. Toprakların Mn değerleri için A_0 değeri 570 m olarak alınmıştır (Çizelge 2). Toprakların Mn içerikleri kuvvetli düzeyde yersel bağımlılık göstermiştir. [Khadka ve ark. \(2020\)](#) tarafından yapılan çalışmada ise toprakların Mn konsantrasyonları orta düzeyde yersel bağımlılık göstermiştir.

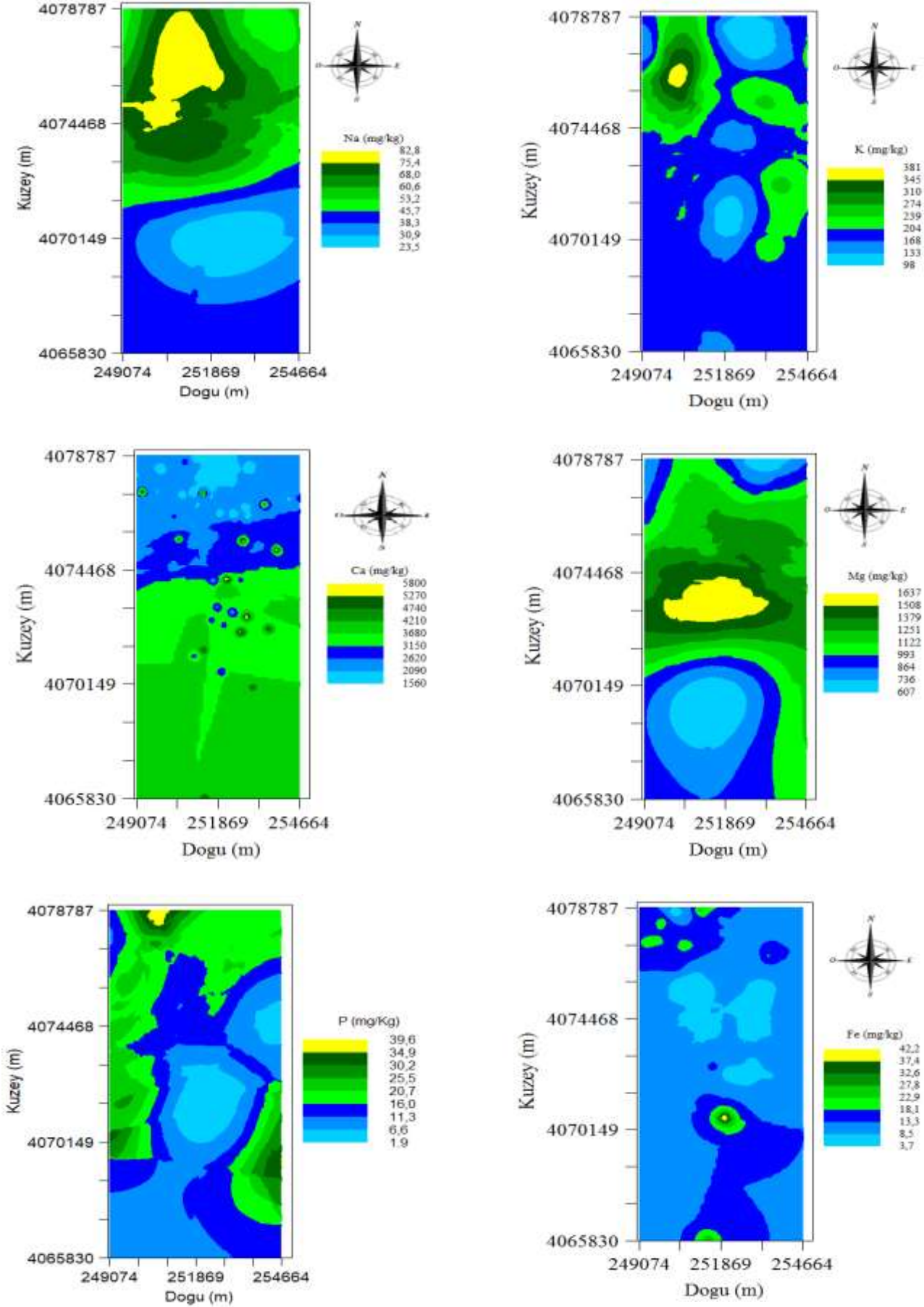
Toprakların Zn içeriklerine ait çarpıklık değerlerinin yüksek olması nedeniyle, jeostatistiksel modellemelerden önce veri setine logaritmik dönüşüm uygulanmıştır. Toprakların Zn için, en uygun yarıvaryogram modelini belirlemek için ayırma mesafeleri ise eşit bir şekilde 422 m olarak alınmıştır. Toprakların Zn içerikleri için en uygun yarıvaryogram modeli Küresel olarak belirlenmiştir. [Ağca ve Özdel \(2014\)](#) tarafından aynı bölgede daha önce yapılan çalışmada da Cu için en uygun modelin Spherical olduğu belirlenmiştir. Toprakların Zn değerleri için A_0 değeri 1810 m olarak alınmıştır (Çizelge 2). [Aşkın ve ark. \(2017\)](#) ise Zn içerikleri için A_0 değerini 692 m olarak hesaplamışlardır. Toprakların Zn içeriklerinin kuvvetli düzeyde yersel bağımlılık gösterdiği belirlenmiştir.

Besin Element İçeriklerinin Yersel Dağılımı

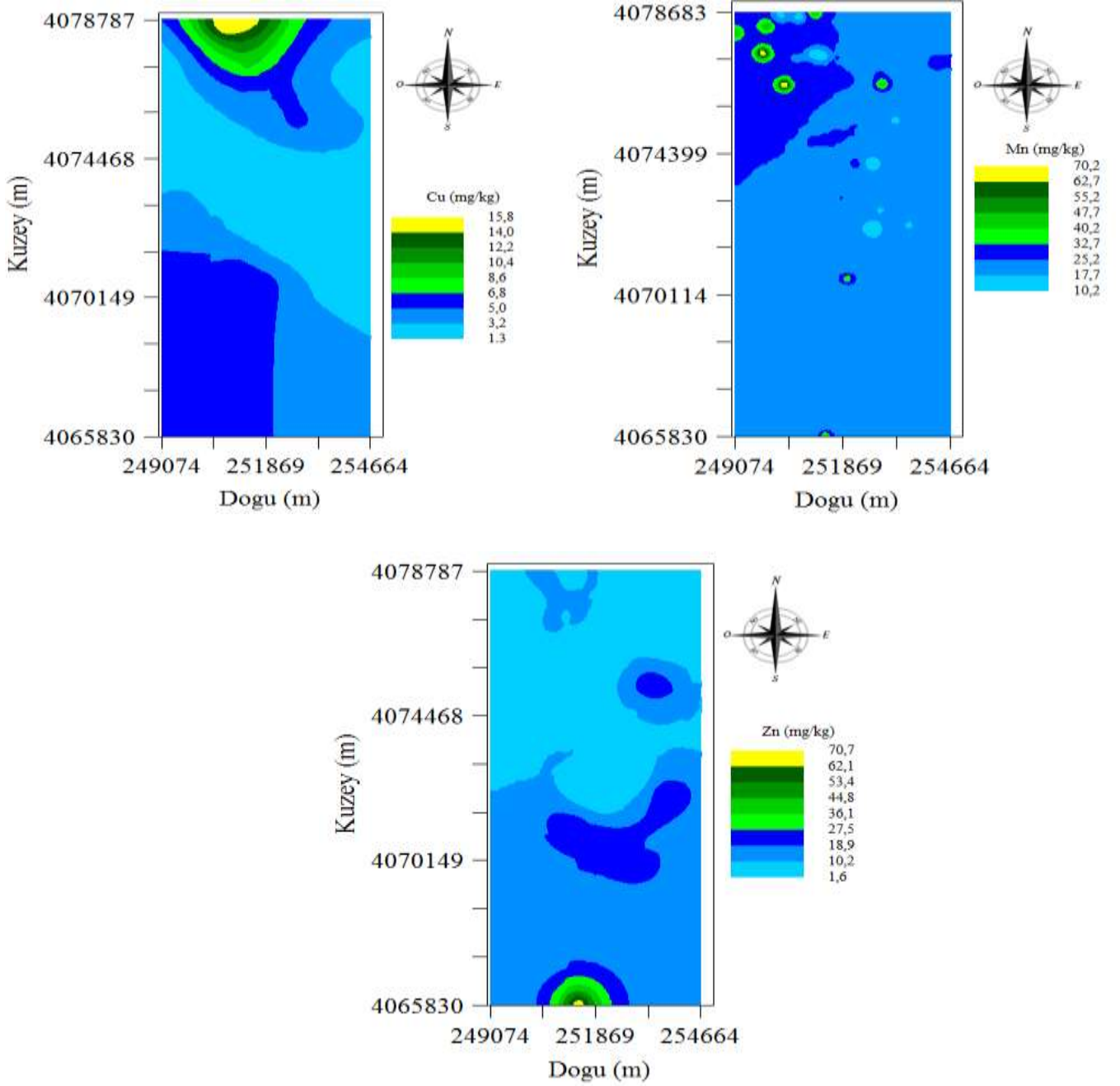
Tüm besin element içeriklerinin yersel değişim haritaları Windows uyumlu GS+ (sürüm 10) jeostatistik programı ile 2x2 blok kriging otokorelasyon yöntemi uygulanarak oluşturulmuştur (Şekil 2).

Çalışma alanındaki toprakların Na içeriklerine ait dağılım haritası incelendiğinde, Na içeriklerinin kuzey kesimlerde oldukça yüksek, güney kesimlerde ise düşük olduğu görülmektedir. Na içerikleri çalışma alanının kuzeyinde 45.7-82.8 mg kg⁻¹, güneyinde ise 23.5-45.7 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir (Şekil 2).

Toprakların K değerlerinin dağılım haritası incelendiğinde, K içeriklerinin kuzey batı kesiminde, diğer kesimlere göre daha yüksek, güney kesiminde ise düşük olduğu görülmektedir. Toprakların K içerikleri ağırlıklı olarak 98-204 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Çalışma alanı topraklarının besin element içeriklerinin yersel dağılım haritaları



Şekil 2. (Devamı) Çalışma alanı topraklarının besin element içeriklerinin yersel dağılım haritaları

Çalışma alanı topraklarının Ca içeriklerinin güney ve orta kesimlerde yüksek, kuzey kesimlerde ise düşük olduğu görülmektedir. Yine, Ca içeriklerinin ağırlıklı olarak 3680 – 3150 mg kg⁻¹ değerleri arasında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 2). Toprakların Mg içeriklerinin dağılım haritasına bakıldığında (Şekil 2), dağılımın orta kesimlerde yüksek, güney ve kuzey kesimlerde ise düşük olduğu görülmektedir. Çalışma alanı topraklarının P içeriğinin güney ve orta kesimlerde düşük, kuzey ve batı kesimlerde ise yüksek olduğu görülmektedir. Çalışma alanında P içeriği ağırlıklı olarak 1.9- 16.0 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir (Şekil 2).

Çalışma alanı topraklarının Fe değerlerinin dağılım haritasına incelendiğinde (Şekil 2), Fe içeriklerinin kesimlerinde, diğer alanlara göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Tüm çalışma alanında Fe içerikleri ağırlıklı olarak 8.5 – 3.7 mg kg⁻¹ arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Çalışma alanı topraklarında Mn değerlerinin dağılımı incelendiğinde, Mn içeriklerinin alanın kuzeydoğusundaki birkaç lokal bölgede, diğer kesimlere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Yine Mn içeriklerinin ağırlıklı olarak 0.2-17.7 mg kg⁻¹ arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 2). Çalışma alanı topraklarının Cu değerlerinin dağılım haritası

incelendiğinde, en yüksek değerlere alanın kuzey kesimlerinde rastlanmıştır. Alandaki Cu içerikleri ağırlıklı olarak 1.3-5.0 mg kg⁻¹ arasında değişmiştir (Şekil 2). Çalışma alanı topraklarında en yüksek Zn değerlerinin alanın güney kesimindeki lokal bir alanda olduğu görülmektedir. Diğer alanlarda ise çok büyük bir değişikliğe rastlanmamıştır. Yine, alandaki Zn içeriğinin ağırlıklı olarak 1.6 - 27.5 mg kg⁻¹ arasında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 2).

Sonuç

Bu çalışmada; bölge topraklarının bazı makro ve mikro besin element içerikleri belirlenmiş ve bunların yersel dağılımı incelenerek, her bir özelliğin alandaki yersel dağılım haritaları oluşturulmuştur.

Çalışma alanındaki toprakların verimlilik ile ilgili özelliklerinin dağılımlarının oldukça farklı sınırlar içinde değiştiği belirlenmiştir. Alanda magnezyum çok homojen olarak dağılırken, fosforun ise çok heterojen dağıldığı belirlenmiştir. Topraklardaki alınabilir makroelement içeriklerinin çoktan aza doğru sıralanışı Ca>Mg>K>Na, mikro besin elementleri içeriklerinin sıralanışı ise Mn>Fe>Zn>Cu şeklinde olduğu belirlenmiştir.

Toprakların önemli bir bölümünde (% 67.7) makrobesin elementlerinden potasyum (K) yeterli düzeyde olup, buralarda K'lı gübrelemeye gerek bulunmamaktadır. Ancak, alanın kuzeybatı ve doğusundaki bazı alanlarda (Şekil 2) K'lı gübre uygulanması önerilir. Yine toprakların önemli bir bölümünde fosfor (P) içeriğinin yeterli düzeyde olduğu belirlenmiştir. Ancak, P içeriği yeterli olmayan, alanın güney, orta ve doğu kesimlerindeki bazı alanlara (Şekil 2) fosforlu gübre verilmesi önerilmektedir. Diğer yandan çalışma alanındaki toprakların tamamında kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) yeterli düzeyde olduğundan, herhangi bir Ca ve Mg'lu gübre uygulanması gerekmemektedir.

Toprakların tamamında mikrobesin elementlerinden bakır, mangan ve çinko içerikleri yeterli düzeydedir. Bu nedenle tüm çalışma alanında bu elementler için gübre uygulamasına gerek yoktur. Ancak, toprak örneklerinin %29'ünde demir içerikleri yeterli düzeydedir. Demir içerikleri yeterli olmayan çalışma alanının orta kısımları dışındaki kesimlerde (Şekil 2) demir içerikli yaprak gübresi önerilmektedir.

Bu çalışmada bahsedilen gübre önerileri genel düzeyde olup, yetiştirilecek bitkiler için ne kadar makro ve mikro besin element gübresinin verilmesi gerektiği daha sonra yapılacak detaylı çalışmalarla ortaya konulmalıdır.

Toprakların besin element içeriklerinin birbirleri ile ilişkili olabileceği maksimum uzaklıklar (A0) 430 m (Ca içeriğinde) ile Cu (16560 m) arasında değişmiştir. Bu durum toprak özelliklerine göre örnekleme aralıklarının çok geniş sınırlar içinde değişebileceğini göstermektedir. Bu da bölgede besin elementleri ile ilgili olarak ileride yapılacak çalışmalarda A0 değerleri dikkate alınarak örnekleme uzaklıklarının belirlenmesi gerektiğini göstermektedir.

Bu çalışma sonuçları, bölgede bundan sonra yapılacak olan daha detaylı çalışmalara ışık tutacak ve bölge toprakları hakkındaki bilgi birikimine önemli katkılar sağlayacaktır.

Teşekkür

Bu makale, Yunus KARAKAYA'nın Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (BAP) tarafından 20.YL.007 nolu proje ile desteklenen Yüksek Lisans tezinin bir bölümünden hazırlanmıştır. Yazarlar, maddi destekleri nedeniyle BAP koordinatörlüğüne teşekkür ederler.

Kaynaklar

- Ağca, N. 2015. Spatial distribution of heavy metal content in soils around an industrial area in Southern Turkey. *Arab J Geosci.* 8:1111–1123.
- Ağca N, Özdel E, 2014. Assessment of spatial distribution and possible sources of heavy metals in the soils of Sariseki-Dörtüol District in Hatay Province (Turkey). *Environmental Earth Sciences*, 71(3): 1033-1047.
- Aishah AW, Zauyah S, Anuar, AR, Fauziahalyasian CI, 2010. Spatial variability of selected chemical characteristics of paddy soils in Sawah Sempadan, Selangor, Malaysia. *Journal of Soil Science.* 14: 27-39.
- Anonim, 2004. Hatay ili Tarım master planı. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Araştırma Planlama ve Koordinasyon Kurulu Başkanlığı Hatay Tarım İl Müdürlüğü. 232 s. Hatay.
- Anonim, 2018. <http://www.mta.gov.tr/v2.0/bolgeler/adana/bolgesel-jeoloji/jeoloji-hatay-2.pdf>

- Aşkın T, Türkmen F, Tarakçıoğlu C, Kulaç S, Aygün S, 2017. DTPA-extractable micronutrients: a geostatistical study from Ordu, Turkey. *Eurasian J Soil Sci.* 6 (2):154 – 160.
- Aydın G, Kurucu Y, Öztürk H.S, Demiral MA, Kızılkaya K, Atanır L, Yorulmaz A, Eylül MAK, 2008. Near – Infrared (NIR) yansıma tekniği kullanılarak söke ovası (aydın) topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenebilirliği üzerine bir araştırma. Tübitak Projesi, Proje No: 1060208 2008. 155 s. Ankara.
- Banwasi R, Singh SK, Kumar N, Sahu KK, 2020. Assessing the accuracy of geostatistical techniques for mapping soil macronutrients on basaltic landscape of central India. *International Journal of Chemical Studies.* 8(1): 1014-101. DOI: <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i1m.8379>.
- Dharumarajan S, Lalith M, Niranjana KV, Hegde R, 2022. Evaluation of digital soil mapping approach for predicting soil fertility parameters—a case study from Karnataka Plateau, India. *Arabian Journal of Geosciences.* 15: 386.
- Dongare, V.T., Reddy, G.P. O., Kharche, V.K., Ramteke, I.K. 2022. Spatial variability of soil nutrients under sugarcane cropping system in semi-arid tropics of western India using geostatistics and GIS .*Journal of Soil and Water Conservation* 21(1): 67-75. DOI: 10.5958/2455-7145.2022.00008.X
- FAO, 1990. Micronutrient, assessment at the country level: an International study. FAO Soil Bulletin by Sillanpaa. Rome.
- Günal HF, Akbaş E, Özgöz A, Ünlükara H, Yıldız A, Kurunç A, Çetin A, Erşahin S, 2008. Kazova'da sürdürülebilir tarımsal üretim için gerekli güncel veri tabanının oluşturulması. TÜBİTAK Projesi Raporu, TOVAG 105.
- Helmke PA, Sparks DL, 1996. Lithium, sodium, potassium, rubidium, and cesium. (D.L. Sparks, editör). *Methods of Soil Analysis, part:3, Chemical methods.* Number 5 in the Soil Science Society of America Book Series. 551-574. Soil Science Society of America, Inc. Madison Wisconsin, USA.
- Isaaks, HE, Srivastava RM, 1989. *Applied geostatistics.* Oxford University press, Inc. 561 p.
- Khadka D, Lamichhane S, Giri RK, Chalise B, Amgain R, Sushila Joshi S, 2020. Geostatistical based soil fertility mapping of Horticultural Research Station, Rajikot, Jumla, Nepal. *Journal of Agriculture and Natural Resources.* 3(2): 257-275.
- Laekemariam F, Kibretb K, Mamoc T, Hailu Shiferaw H, 2018. Accounting spatial variability of soil properties and mapping fertilizer types using geostatistics in Southern Ethiopia. *Communications in Soil Science and Plant Analysis.* 49 (1): 124–137. <https://doi.org/10.1080/00103624.2017.142165>
- Lindsay W, Norwell, W A, 1978. Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society America Journal.* 42:421-428.
- Li C, Wang X, Qin M, 2021. Spatial variability of soil nutrients in seasonal rivers: A case study from the Guo River Basin, China. *Plos One.* 16(3): e0248655.
- Liu W, Su Y, Yang R, Yang Q, Fan G, 2011. Temporal and spatial variability of soil organic matter and total nitrogen in a typical oasis cropland ecosystem in arid region of Northwest China. *Environ Earth Sci.* 64:2247–2257.
- Olsen SR, Cole V, Watanabe FS, Dean LA, 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction sodium bicarbonate, USDA.
- Öztaş T, 1995. Jeostatistiğin toprak bilimindeki önemi ve uygulaması. İ. Akalan Toprak ve Çevre Sempozyumu Bildiriler kitabı. I:271-280, Ankara.
- Özden N, Sökmen Ö, Uslu İ, Aras S, 2022. Manisa ili tarım topraklarının verimlilik durumları ile mikro element kapsamalarının belirlenerek haritalanması. *Anadolu. J. of AARI,* 32 (2): 228-241. DOI: 10.18615/anadolu.1225168
- Sharma RP, Chattaraja S, Vasua D, Karthikeyana K, Tiwarya P, Naitama R K, Dasha B, Tiwaria G, Jangira A, Daripaa A, Singhb S K, Anantwara SG, Nimkar A M, 2020. Spatial variability assessment of soil fertility in black soils of central India using geostatistical modelling. *Archives of Agronomy and Soil Science,* <https://doi.org/10.1080/03650340.2020.176667>.
- Sharmaa R, Sood, K, 2020. Characterization of spatial variability of soil parameters in apple orchards of Himalayan region using geostatistical analysis. *Communications in Soil Science and Plant Analysis.* <https://doi.org/10.1080/00103624.2020.174463>.
- Suarez DL, 1996. Beryllium, magnesium, calcium, strontium, and barium. (D.L. Sparks, editor). *Methods of Soil Analysis, part:3, Chemical methods.* Number 5 in the Soil Science Society of America Book Series. 575-602. Soil Science Society of America, Inc. Madison Wisconsin, USA.

- Tagore G S, Sethya S K, Kulharea P S, Sharma GD, 2023. Characterization of Spatial Variability of Micro Nutrients in Soils: Classical Vs. Geo-Statistical Approach. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 54 (4):472-487. <https://doi.org/10.1080/00103624.2022.2118292>.
- Tepecik M, Özen F, Bolca B, Kayıkçıoğlu HH, İlbi H, Erdoğan Bayram S, 2022. Menemen ovası entisol topraklarının verimlilik durumlarının belirlenmesi ve haritalarının oluşturulması. *Anadolu, J. of AARI*. 32 (2): 143-160. DOI: 10.18615/anadolu.122337
- Zhou HH, Chen YN, Li WH, 2010. Soil properties and their spatial pattern in an oasis on the tarim river, northwest China. *Agricultural Water Management*. 97(11): 1915-1922.