



## Bafra Delta Ovası sol sahil alüviyal arazilerde yetiştirilen lahanaya bitkisinin bazı fiziko-kimyasal toprak özellikleri, besin element içerikleri ve konumsal dağılımları

Ayşe ERTAŞ PEKER<sup>1\*</sup> Orhan DENGİZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Samsun

<sup>2</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun

### Öz

Lahana, bölgede ekonomik değere sahip ürünlerin başında gelmektedir. Birim alandan istenilen verimin alınabilmesi için arazinin toprak özellikleri ve besin elementi düzeyi çok iyi bilinmesi gerekir. Bu çalışmanın amacı, Samsun ili Bafra Ovası sol sahilinde lahanaya yetiştirilen alüviyal arazilerde yayılım gösteren toprakların fiziko-kimyasal özellikleri ve besin element kapsamı arasındaki ilişkileri belirlemek ve bu özelliklerin dağılım haritalarını üretmektir. Çalışma alanı içerisindeki yüzey topraklarında pH genellikle 7.49-8.38 değişmekte olup, EC değeri 0.16 dS m<sup>-1</sup>, organik madde %2.31, kireç (CaCO<sub>3</sub>) içeriği %4.99 ortalama değerlere sahiptir. Toprakların kil, silt ve kum içeriklerinin sırasıyla %12.07-58.93, %12.11-50.73 ve %6.93-75.82 arasında değiştiği belirlenmiştir. Toprakların %16.27'sinde yüksek toplam azot, %39.53'ünde çok yüksek yarayışlı fosfor ve %51.16'sında düşük potasyum içerdiği belirlenmiştir. Yüzey altı topraklarında pH 8.03, EC değeri 0.16 dS m<sup>-1</sup>, organik madde %2.31, kireç (CaCO<sub>3</sub>) içeriği %4.99 ortalama değerlere sahiptir. Toprakların kil, silt ve kum içeriklerinin sırasıyla %7.88-75.69, %14.27-52.49 ve %10.04-58.77 arasında değiştiği belirlenmiştir. Toprakların %20.9' unun düşük düzeyde toplam azot, %39.53'ünde çok yüksek düzeyde yarayışlı fosfor ve %51.16'sında düşük potasyum içerikli oldukları tespit edilmiştir. Gerek yüzey gerekse de yüzey altı topraklarda mikro besin element içeriklerinin yeterli düzeyde oldukları belirlenmiştir. Araştırma sonucunda, her bir toprak özelliğinin dağılım haritalarının oluşturulması için Ordinary Kriging üssel, küresel ve Gaussiam semivaryogram modelleri uygulanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Fiziko-kimyasal toprak özellikleri, enterplasyon, lahanaya, Bafra Ovası.

### Some physico-chemical soil properties, nutrient element contents and spatial distribution of cabbage crops grown in left coast alluvial lands of Bafra Delta Plain

#### Abstract

Cabbage is a highly valuable crop in the Bafra region. To achieve optimal yield per unit area, it is crucial to have a thorough understanding of the soil properties and nutrient content of the land. The objective of the present study was to establish the correlation between the physico-chemical properties and nutrient content of soils in the alluvial lands where cabbage is cultivated on the left coast of Bafra Plain in Samsun province. Additionally, spatial distribution maps of these properties were produced. The surface soil pH in the study area ranges from 7.49 to 8.38, and mean values of EC, organic matter, lime (CaCO<sub>3</sub>) are 0.16 dS m<sup>-1</sup>, 2.31%, and 4.99%, respectively. Soil clay, silt, and sand contents vary between 12.07-58.93%, 12.11-50.73%, and 6.93-75.82%, respectively. Total nitrogen content is high in 16.27% of the soil samples, available phosphorus content is very high in 39.53% of soil samples, and potassium content is low in 51.16%. The subsurface soils were analyzed and found to have an average pH value of 8.03, an EC value of 0.16 dS m<sup>-1</sup>, 2.31% organic matter, and 4.99% lime (CaCO<sub>3</sub>) content. The soils had varying clay, silt, and sand contents, ranging from 7.88-75.69%, 14.27-52.49%, and 10.04-58.77%, respectively. Total nitrogen content was low in 20.9% of the soils, while 39.53% had very high levels of available phosphorus and 51.16% had low potassium content. Micro-nutrient element levels in both surface and subsurface soils were found to be adequate. In addition, the research determined that the exponential, spherical and Gaussian Semivariogram models of Ordinary Kriging interpolation technique were performed to create distribution maps of soil properties.

**Keywords:** Physico-chemical soil properties, interplacement, cabbage, Bafra Plain.

© 2024 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 (546) 274 7081

E-posta : [ertasaysee@gmail.com](mailto:ertasaysee@gmail.com)

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 2 Şubat 2024

Kabul Tarihi : 18 Mayıs 2024

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.1457533

## Giriş

Türkiye yaklaşık 30.8 milyon tonluk sebze üretimi ile Dünya'da Çin, Hindistan ve ABD'den sonra 4. sırada yer almaktadır. Ülkemizde sebze tarımı için son 20 yılda; ekim alanlarında %36, üretim miktarında %85 ve verimde ise %38 artış olduğu bildirilmektedir (Anonim, 2024). Lahana grubu sebzeleri içerisinde beyaz baş lahana, gerek ülkemizde ve gerekse Karadeniz Bölgesi'nde yoğun bir şekilde yetiştirilen bir sebze türüdür (Balkaya ve ark., 2005). TÜİK (2022) yılı verilerine göre, beyaz baş lahana üretim değeri, 597.910 ton olarak gerçekleşmiştir. Toplam sebze üretimi içerisinde beyaz baş lahana üretiminin payı yaklaşık %1.9'dur. Samsun ili 143.241 ton üretim miktarı ile ilk sırada yer almaktadır.

Toprak, tarımsal üretimin önemli dinamiklerinin başında gelmektedir. Toprakların gerek fiziko-kimyasal gerek de verimlilik düzeyi istenilen seviyede bulunduğu durumlarda, tarımsal üretim açısından alınacak ürünün verimi, kalitesi ve oranı yüksek düzeyde olacaktır. Toprakların üretkenliklerinin devam edebilmesi için verimlilik bakımından seviyelerinin sürdürülebilir şekilde artırılması oldukça önemlidir. Bu nedenle, toprakların istenilen düzeyde bitki besin elementi barındırmasına ek olarak, toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin de iyi durumda olması elbette bitkisel üretim ve verimlilik açısından oldukça önemlidir (Başar, 2001; Karaman ve ark., 2012; Yalçın ve ark., 2018).

Toprakların verimlilik düzeylerinin ve tarım ürünlerinin besin elementi ihtiyaçlarının belirlenmesi amacıyla ülkemizde değişik bölge ve havzalarında birçok araştırma yapılmıştır. Çimrin ve Boysan (2006), Van ili ve çevresi tarım topraklarının bazı makro ve mikro besin maddesi içeriklerini ve bazı toprak özellikleri ile ilişkilerini saptamak amacı ile yaptıkları çalışmada, Heybeli köyü toprak örnekleri hariç tüm toprak örneklerinin değişebilir potasyum (K) içeriklerinin yüksek düzeyde, toprakların büyük çoğunluğunda fosfor (P) ve alınabilir çinkonun (Zn) yetersiz ancak alınabilir bakır (Cu), demir (Fe) ve mangan (Mn)'nin yeterli düzeyde olduğunu tespit etmişlerdir. Özyazıcı ve ark. (2007), Çarşamba ve Bafra Ovalarında seralarda yetiştirilen hıyar bitkisinin demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn) ve mangan (Mn) beslenme durumunun belirlenmesi amacı ile yapılan çalışmada ise toprakların büyük çoğunluğunun yarayışlı fosfor (P) ve potasyum (K) bakımından zengin, DTPA+TEA ile ekstrakte edilen bitkiye yarayışlı Fe, Cu, Zn ve Mn kapsamları iyi ve yeterli düzeyde olduğu bildirmişlerdir. Turan ve ark. (2010) alüviyal tarım topraklarının verimlilik durumları ve potansiyel beslenme sorunlarının belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmada toprakların orta bünyeli, hafif alkali reaksiyonlu, az ve orta düzeyde kireç içerdiğini, toprakların %43.39'unda organik madde (OM), %46.66'sında azot (N), %10'unda P ve %20'sinde kükürt, %43.34'ünde Zn ve %90'nında Mn bakımından yetersiz olduğunu belirlemişlerdir. Sebze tarımı yapılan Karamenderes Havzası topraklarının verimlilik durumlarının araştırıldığı başka bir çalışmada ise araştırmacılar toprakların yarayışlı Fe ve Mn yönünden yeterli seviyede, yarayışlı Cu yönünden %92'lik kısmının yeterli, %8'lik kısmının ise yetersiz seviyede, yarayışlı Zn bakımından büyük bir kısmında eksiklik olduğunu bildirmişlerdir (Çetinkaya ve Sümer, 2013). Hatay ili Arsuz ilçesi topraklarının verimlilik durumlarının incelendiği başka bir çalışmada ise toprakların alınabilir P, Zn ve Mn noksanlıklarının belirlendiği ve gübreleme ile mutlaka bu besin elementlerince desteklenmesi gerektiği bildirilmiştir (Yalçın ve Çimrin, 2021). Pacci ve ark. (2022) aynı yörede çeltik alanlarında toprak özelliklerini belirledikleri çalışmada toprakların kil, silt ve kum içeriklerinin sırasıyla %6.19-52.40, %5.64-45.80 ve %15.64-88.18 arasında değiştiğini, pH' nın orta alkali-kuvvetli alkali arasında değişkenlik sergilediğini, EC değerleri açısından toprakların tuzlu olduğunu bildirmişlerdir.

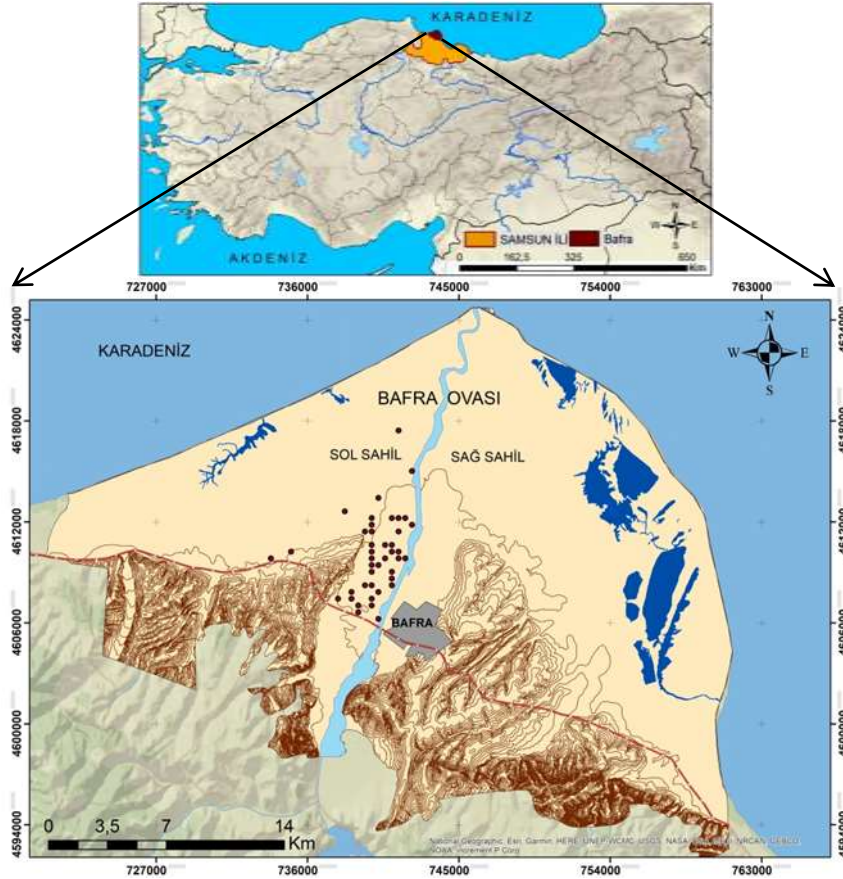
Lahana bitkisi besin elementlerince yeterli verimli toprakları seven, hafif ve kumlu topraklar dışında uygun toprak neminin olduğu tüm toprak bünye çeşitlerinde başarılı bir şekilde yetiştiriciliği yapılabilen bir sebze türüdür. Orta-ağır topraklar, alüvyon topraklar, havalanması iyi, derin topraklar ve su özellikleri ve yeterli besin içeriği, lahana üretimi için en uygun olanıdır (Gvozdenović ve ark., 2011; Červenski ve Medić-Pap, 2018). Lahana bitkisi tuza dayanıklıdır bu nedenle tuzlu topraklarda yetiştirilen lahanaların yaprak kaliteleri bozuk olmaktadır (Kasap, 2010). Paranhos ve ark. (2016) lahana yetiştiriciliğinde eşit nem dağılımına sahip olmayan kaba bünyeli, kum bünyeye sahip topraklarda şiddetli yağışlarda çözünebilir besin elementlerinin toprak derinliğine doğru ilerleyerek kayba uğradığı ve lahanada verim azalmasına neden olabileceğine dikkat çekmişlerdir.

Bu çalışmanın amacı, Samsun ili Bafra Ovası sol sahilinde yayılım gösteren alüviyal araziler üzerinde lahana tarımı yapılan toprakların bazı fiziko-kimyasal özellikleri ile besin element kapsamı arasındaki ilişkileri belirlemek ve belirlenen özelliklerin alan içerisinde dağılım haritalarını üretmektir.

## Materyal ve Yöntem

### Araştırma alanının genel özellikleri

Samsun ili, Bafra ilçesi Türkiye'nin kuzeyinde, Karadeniz bölgesinde  $41^{\circ} 28'$  -  $41^{\circ} 45'$  kuzey enlemleri ve  $35^{\circ} 43'$  -  $35^{\circ} 58'$  doğu boylamları arasında yer almaktadır. Bafra Ovası Samsun ilinin 20 km batısında Çakırlar Altı mevkisinden başlayıp, batıda Yakakent İlçesine kadar devam etmekte ve kuzeyinde Karadeniz, güneyinde ise Canik Dağları yer almaktadır. Ova doğu - batı yönünde 60 km, kuzey-güney yönünde 32 km uzunluğundadır (Şekil 1). Araştırma alanı Kızılırmak Nehrinin farklı zamanlarda getirdiği alüviyal depozitler ile denizel etki sonucu meydana gelen sahil kumulları üzerinde yer alan arazilerden oluşmaktadır. Taban araziler genellikle, Kızılırmak Nehri'nin biriktirmiş olduğu eski ve yeni alüvyonlardan oluşmuş düz alanlar olup, eğimi % 0-2 arasında değişmektedir. Ayrıca Kızılırmak Nehrinin taşkın zamanlarında taşıdıkları materyalleri uzunlamasına sıralamak suretiyle farklı yer şekilleri olan nehir bankları, nehir terasları, yer yer çukur kil depozit alanlarda bulunmaktadır (Dengiz ve Özcan, 2006).



Şekil 1. Çalışma alanı lokasyon haritası

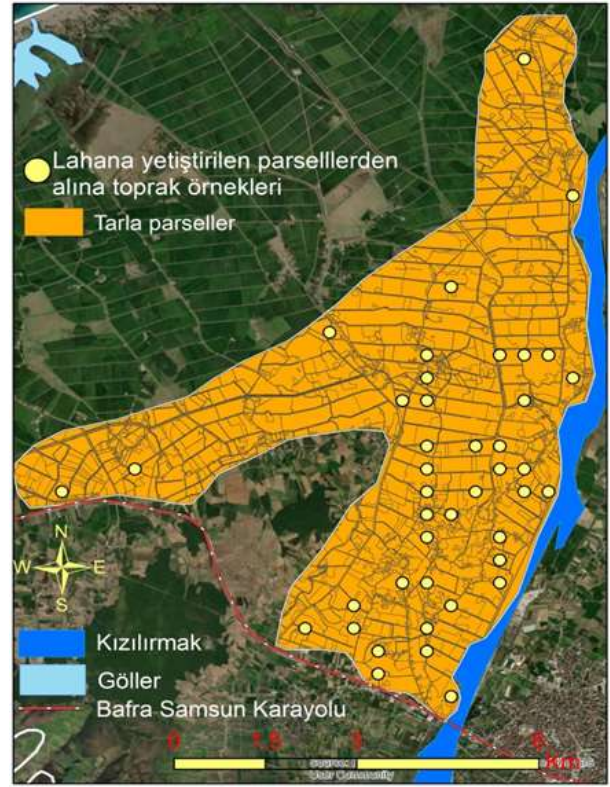
Bölgede Karadeniz iklimi hakim olup, yarı nemli iklim özelliği göstermektedir. Bölgenin uzun yıllar ortalama en yüksek sıcaklık değeri Ağustos ayında  $23^{\circ}\text{C}$  olup, ortalama en düşük sıcaklık değeri  $5.7^{\circ}\text{C}$  ile Şubat ayında gerçekleşmiştir. Yıllık toplam yağış miktarı ise  $794.2\text{ mm}$ 'dir (Taşan, 2018). Toprak sınıflamasına (Soil Survey Staff, 1999)'a göre çalışma alanının toprak sıcaklık rejimi mesic, nem rejimi ise ustic'tir (Saygın ve Dengiz, 2013). Bölgede yoğun olarak çeltik tarımı yapılmakla birlikte çeşitli yazlık (domates, biber, karpuz) ve kışlık (pırasa, kırmızı ve beyaz baş lahanaya) sebze ve buğday tarımı da yapılmaktadır.

## Yöntem ve analizler

Çalışmada toprak örnekleri Bafra Ovası sol sahilinde dağılım gösteren lahanaya tarımı yapılan alanlardan alınmıştır. Çalışma alanından lahanaya tarımı yapılan arazileri temsilen; yüzey ve yüzey altı (0-20 ve 20-40 cm) şeklinde iki derinlikten 43 adet toplamda 86 adet toprak örneği alınmış, daha sonra örnekler laboratuvara getirilmiştir. Toprak örneklerinin alındığı noktaların koordinat bilgileri Çizelge 1'de verilmiştir. Alınan toprak örnekleri hava kuru hale getirildikten sonra, 2 mm'lik elekten geçirilerek analizlere hazır hale getirilmiştir. Toprak örnekleme alanlarına ait desen ve parseller Şekil 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Toprak örneklerinin alındığı noktalar

Örnek no	E (Doğu)	N (Kuzey)	Örnek no	E (Doğu)	N (Kuzey)
1	740220.62	4613432.14	23	740620.62	4609832.14
2	738220.62	4612632.14	24	741020.62	4610632.14
3	740620.62	4610632.14	25	741420.62	4612232.14
4	741420.62	4617432.14	26	738620.62	4607432.14
5	739820.62	4609832.14	27	741820.62	4609832.14
6	740220.62	4609432.14	28	739820.62	4609432.14
7	739820.62	4612232.14	29	741420.62	4609832.14
8	739820.62	4607432.14	30	739820.62	4607032.14
9	740220.62	4606232.14	31	739820.62	4610632.14
10	741020.62	4612232.14	32	739020.62	4606632.14
11	735020.62	4610232.14	33	738620.62	4607832.14
12	739820.62	4611432.14	34	742220.62	4615032.14
13	739420.62	4611432.14	35	741420.62	4610232.14
14	742220.62	4611832.14	36	739820.62	4609032.14
15	733820.62	4609832.14	37	741020.62	4608232.14
16	741820.62	4612232.14	38	737820.62	4607432.14
17	741020.62	4608632.14	39	741020.62	4609032.14
18	741020.62	4610232.14	40	739820.62	4611832.14
19	739020.62	4607032.14	41	739420.62	4608232.14
20	739820.62	4608232.14	42	741420.62	4611432.14
21	740220.62	4607832.14	43	739820.62	4610232.14
22	741020.62	4608232.14			



Şekil 2. Bafra Ovası sol sahili toprak örnekleme lokasyonu ve parseller

Alınan toprak örneklerinde, bünye Bouyoucos hidrometre yöntemi ile (Bouyoucos, 1951), toprak reaksiyonu (pH) ve elektriksel iletkenlik (EC 1:2.5'lik toprak-su karışımında (Anonymous, 1982), organik madde (OM), değiştirilmiş Walkey-Black metodu (Nelson ve Sommers, 1983), kireç (CaCO<sub>3</sub>) içeriği ise Scheibler kalsimetresi yöntemine göre (Soil Survey Staff, 1993), toplam (N) Kjeldhal yaş yakma yöntemine göre (Kacar, 1994), değişebilir kasyonlar 1N amonyum asetat (CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub>) ile ekstrakte edilip elde edilen süzükte sodyum (Na) ve potasyum (K) atomik absorpsiyon spektrofotometresi ile kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) 0.01M EDTA ile titre edilerek, yarayışlı P mavi renk metoduna göre (Olsen ve ark., 1954), yarayışlı Fe, Mn, Zn ve Cu ise Lindsay ve Norvell (1978)'e göre, yarayışlı bor (B) sıcak su ekstraksiyonunda Azometin-H yöntemine göre spektrofotometrede belirlenmiştir (John ve ark., 1975).

### Toprak özelliklerinin entropolasyon yöntemi ile haritalandırılması

Araştırma alanında toplam 43 farklı noktadan alınan yüzey ve yüzey altı olmak üzere toplam 86 toprak örneklerinin fiziksel, kimyasal ve verimlilik analiz sonuçlarının coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ortamında analiz edilmesi ve entropolasyon yöntemi ile haritalandırılmasından önce EC, pH, kireç, OM, kum, silt, kil, N, P, K, B, Fe, Zn, Mn ve Cu içerikleri ArcGIS 10.7v. yazılımında öznitelik verisi olarak eklenmiştir.

Tarımsal alanlarda toprak özelliklerinin mekansal ve zamansal değişkenliğini anlamak, doğal kaynakları sürdürülebilir bir şekilde kullanmanın anahtarıdır. Ayrıca, tek bir alanda yoğun toprak örnekleme uygun veya ekonomik bir yaklaşım değildir. Bu bağlamda, son araştırmalar toprakların mekansal değişkenliğini belirlemek için jeostatistiksel yöntemleri yaygın olarak kullanmaktadır. Jeostatistiksel teknikler, örneklememiş konumlar için özellikleri tahmin ederek, tahmin hatalarını ve maliyetleri azaltarak mekansal dağılımı belirlemek için çok yararlıdır (Nielsen ve Wendroth, 2003; Saito ve ark., 2005). Parametrelerin mekansal dağılımlarını tahmin etmek için birçok entropolasyon yöntemi vardır. En yaygın kullanılan yöntemlerden biri Ordinary Kriging'dir (OK). Diğer Kriging varyantları arasında OK, tahmin hatalarının varyansını en aza indirmeye çalıştığı için en iyi örneğin en küçük kareler ile tanımlandığı örneklememiş konumlarda bölgeselleştirilmiş bir değişkenin en iyi doğrusal ve yansız tahminini sağlar (Delbari ve ark., 2019). Yine de OK, yüksek oranda çarpık veri dağılımı durumunda optimum sonucu sağlamayabilir. Bu gibi durumlarda, önceden uygun bir dönüşüm fonksiyonu kullanmamız gerekir. Bazı araştırmacılar bu yaklaşımı kullanarak farklı mekansal ölçeklerde toprak parametrelerinin mekansal değişkenliğini incelemiştir (Tunçay ve ark., 2018; Delbari ve ark., 2019; Behera ve ark., 2020; Shukla ve ark., 2020; Wang ve ark., 2021). Jeostatistiksel analizdeki ana araç, komşu gözlemler veya örnekler arasındaki mekansal bağımlılık derecesini ifade eden ve bir 'h' gecikme vektörü ile ayrılan komşu gözlemleri tanımlayan yarı-variogramdır. Yarı-variogram modelindeki parametreler, bölgeselleştirilmiş değişken teorisinde yer alan tahmini optimize etmeye yönelik bir yöntem olan Kriging için gerekli bilgileri sağlar. Değişkenlerin mekansal yapısı aşağıdaki yarı-variogram fonksiyonu ile tanımlanmaktadır (Eşitlik 1).

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

Burada,  $\gamma(h)$  yarı varyans,  $(x_i)$  ve  $z(x_i + h)$  sırasıyla  $x_i$  ve  $x_i + h$  konumlarındaki ilgilenilen değişkenler ve  $N(h)$  'h' mesafesiyle ayrılan konumlardaki deney çiftlerinin sayısıdır (Isaaks ve Srivastava, 1989).

Bu çalışmada yarı-variogramlar için üstel, Gauss ve küresel modeller kullanılmıştır. Değişkenlerin mekansal değişkenliğini belirlemek için izotropik yarı-variogram modeli olarak üstel model kullanılmıştır. İzotropik üstel model aşağıdaki formülle hesaplanır (Eşitlik 2).

$$\gamma(h) = C_0 + C \left[ 1 - \exp\left(-\frac{h}{a}\right) \right] \quad (2)$$

Burada,  $C_0$  nugget varyansı  $\geq 0$ ,  $C$  yapısal varyans  $\geq C_0$ ,  $(C_0 + C)$  eşik varyansı,  $h$  lag mesafesi ve  $a$  mekansal korelasyon aralığıdır (Eşitlik 3).

$$Z^* \text{OK} (X_0) = \sum_{i=1}^n W_i \cdot Z(X_i) \quad (3)$$

Burada,  $Z^* \text{OK} (X_0)$   $X_0$ 'daki örneklememiş konumdaki tahmini değeri,  $n$  arama alanındaki örnek sayısını,  $X_i$  noktalarındaki gözlemlenen değerleri ve  $W_i$  tahmin hatası varyansını en aza indirmek için seçilen Kriging ağırlıklarını göstermektedir.

Yaygın bir şekilde dağılım haritalarının üretilmesinde kullanılan Ordinary Kriging'e ait olan semivariogram (Üssel, Küresel ve Gaussian) modeller kullanılarak ele alınan yüzey ve yüzey altı toprakların fiziko-kimyasal

ve verimlilik parametrelerinin dağılım haritasını oluştururken, en uygun modeli belirlemek için aşağıdaki formülle hesaplanan Ortalama Hatanın Karekökü (RMSE) yöntemini kullanılmıştır (Eşitlik 4).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (Z_i - Z)^2}{n}} \quad (4)$$

Burada,  $Z_i$ : tahmini değer,  $Z$ : gerçek değer,  $n$ : gözlem sayısı

Toprakların bazı fiziko-kimyasal özellikleri ve yararılı besin element kapsamına ait verimlilik ilişkilerinin ortaya konulmasında yararlanılan bazı tanımsal istatistik ve korelasyon analizlerinde SPSS 20.0v kullanılmıştır.

## Bulgular ve Tartışma

### Toprakların fiziko-kimyasal ve verimlilik parametrelerinin temel bazı istatistik değerleri

Çalışma alanından 0-20 ve 20-40 cm derinliklerden alınan toprak örneklerine ait en küçük, en büyük, standart sapma, varyasyon katsayısı, ortalama, çarpıklık-basıklık gibi tanımlayıcı istatistiklerine ait analiz sonuçları Çizelge 2' de verilmiştir.

Çizelge 2. Yüzey ve yüz altı topraklarının fiziko-kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik verileri (n=86)

Parametreler	Derinlik	EDD	EYD	Ort	SS	VK*	Varyans	Çarpıklık	Basıklık
Kum, %	0-20	6.93	75.82	22.36	15.47	69.16	239.29	1.70	2.78
	20-40	7.88	75.69	22.78	15.38	67.51	236.51	1.66	2.55
Kil, %	0-20	12.07	58.93	40.32	11.81	29.29	139.55	-0.46	-0.44
	20-40	10.04	58.77	39.37	12.61	32.02	158.90	-0.39	-0.74
Silt, %	0-20	12.11	50.73	37.30	7.79	20.89	60.74	-1.20	2.69
	20-40	14.27	52.49	37.85	7.31	19.30	53.36	-0.67	1.52
pH (1:2.5)	0-20	7.49	8.38	8.08	0.20	2.44	0.04	-0.98	0.87
	20-40	7.32	8.41	8.03	0.22	2.73	0.05	-1.01	1.90
EC, dS m <sup>-1</sup>	0-20	0.16	0.87	0.38	0.15	38.55	0.02	1.27	1.57
	20-40	0.16	4.69	0.58	0.67	115.56	0.45	5.80	36.11
CaCO <sub>3</sub> , %	0-20	0.87	10.78	4.99	2.38	47.60	5.64	0.13	-0.63
	20-40	0.87	9.03	5.09	2.04	40.10	4.17	-0.18	-0.86
OM,%	0-20	0.84	4.81	2.31	0.94	40.63	0.88	1.01	1.16
	20-40	0.57	4.64	2.16	0.87	40.07	0.75	0.65	0.91
Toplan N, %	0-20	0.08	0.41	0.20	0.06	30.55	0.00	0.99	2.15
	20-40	0.08	0.36	0.19	0.05	29.38	0.00	0.80	1.86
P, mg kg <sup>-1</sup>	0-20	2.45	132.91	31.37	32.92	104.94	1083.79	1.96	3.04
	20-40	2.59	129.74	26.75	27.26	100.90	742.87	2.35	6.04
Ca, meq 100 g <sup>-1</sup>	0-20	27.60	82.30	64.14	11.32	17.65	128.12	-1.03	1.56
	20-40	35.00	81.40	63.82	10.57	16.56	111.67	-0.77	0.42
Mg, meq 100 g <sup>-1</sup>	0-20	3.50	31.60	13.18	6.65	50.41	44.16	0.94	0.76
	20-40	2.30	31.20	13.07	6.38	48.82	40.68	0.68	0.49
Na, meq 100 g <sup>-1</sup>	0-20	0.33	3.99	1.39	0.71	51.23	0.51	1.12	2.79
	20-40	0.33	4.53	1.49	0.88	59.07	0.78	1.39	3.06
K, meq 100 g <sup>-1</sup>	0-20	0.15	4.14	0.95	0.80	83.56	0.63	2.48	6.59
	20-40	0.17	3.16	0.89	0.68	76.68	0.46	2.17	4.58
Fe, mg kg <sup>-1</sup>	0-20	8.05	56.56	23.06	12.96	56.18	167.93	1.18	0.37
	20-40	7.46	62.41	24.15	15.36	63.59	235.79	1.32	0.70
Cu, mg kg <sup>-1</sup>	0-20	1.80	9.82	4.70	1.71	36.37	2.93	0.86	0.62
	20-40	2.28	10.20	4.73	1.78	37.59	3.16	0.98	0.72
Zn, mg kg <sup>-1</sup>	0-20	0.36	5.87	1.68	1.27	75.33	1.61	1.86	3.64
	20-40	0.41	5.67	1.44	1.02	71.00	1.04	2.39	6.91
Mn, mg kg <sup>-1</sup>	0-20	9.46	26.67	18.57	3.96	21.33	15.69	-0.12	0.06
	20-40	9.74	42.67	19.24	5.54	28.79	30.69	1.73	6.57
B, mg kg <sup>-1</sup>	0-20	1.50	10.72	3.53	1.58	44.86	2.51	2.25	9.13
	20-40	1.33	5.12	2.92	0.98	33.54	0.96	0.35	-0.50

\*Varyasyon Katsayısı: < 15=Düşük Değişkenlik, 15-35= Orta Değişkenlik, >35 = Yüksek Değişkenlik, Ort.: Ortalama, SS: Standart sapma, VK: Varyasyon katsayısı, EDD: En Düşük Değer, EYD: En Yüksek Değer,OM: Organik madde

Toprak özelliklerindeki değişimin değerlendirilmesinde kullanılan varyasyon katsayısı düşük ( $\% < 15$ ), orta ( $\% 15-35$ ) ve yüksek ( $\% > 35$ ) olarak sınıflandırılmaktadır (Wilding, 1985). Bu sınıflandırmaya göre her iki derinlik için toprak verimlilik parametreleri içerisinde ortalamaya göre düşük seviyede değişkenlik gösteren özellikler pH iken, kil ve silt içeriği orta seviyede değişkenlik göstermiş ve diğer özellikler ise yüksek değişkenlik sergilemiştir. Ayrıca toprakların tekstürel fraksiyonlar içerisinde en yüksek değişkenlik sergileyen özellik kum içeriği olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). Bunun sebebi, özellikle alüviyal alanlar üzerinde oluşmuş toprakların, akarsuların farklı taşkın zamanlarında getirmiş oldukları sedimentler üzerinde oluşmaları ve kısa mesafelerde göstermiş oldukları değişkenliklerdir (Dengiz, 2010; Pacci ve ark. 2022). Bunun yanı sıra, Moasheri ve Foroughifar (2013), pH için düşük değişkenlik katsayısının topraktaki ana madde bileşimi ile ilgili olabileceğini, yüksek değişkenlik katsayısının ise gübreleme ve arazi kullanım gibi yönetim faktörlerinden kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir. Taşan ve Demir (2019) Bafra Ovası'nda toprakların tuzluluk ve alkaliliğinin alansal ve zamansal değişiminin jeostatistiksel yöntemlerle değerlendirilmesi amacıyla yaptıkları çalışmada, EC ve  $\text{CaCO}_3$  özelliklerinin yüksek derecede değişkenlik gösterdiğini, pH'nın az değişkenlik göstermiş olduğunu belirtmişlerdir. Yine, pH'nın az değişkenlik gösterdiği aynı yörede yapılan benzer çalışmalarda belirtilmiştir (Sağlam ve Dengiz, 2013; Abakay ve Günal, 2023). Alınan yüzey altı toprak örneklerden ise özellikle bir noktadan alınan toprak örneğinin yüksek EC değeri ( $4.692 \text{ dS m}^{-1}$ ) olarak tespit edildiğinden, EC yüksek değişkenlik sergilemiştir. Çalışma alanı toprakları çoğunlukla ana materyalden (çoğunlukla kireçli sedimenter ana materyal) kaynaklanan kireç içeriği bakımından oldukça yüksek düzeyde bir varyasyona sahiptir. Ovada Günal ve ark. (2020) tarafından yapılan başka bir çalışmada,  $\text{CaCO}_3$ 'ün çalışılan toprak özellikleri içerisinde değişkenliği en yüksek (106.9) olan toprak özelliği olarak öne çıktığını bildirmişlerdir. Ayrıca, çalışma topraklarının besin elementleri içerisinde yarıyıllık P içeriği yönünden yüksek değişkenliğe (104.9) sahip olduğu dikkat çekmektedir. Tarım yapılan arazilerde hayvan atıkları, gübre, sulama suyu ilavesi ve toprak işleme nedeniyle ilave değişkenlik kaynaklarına sahip olmaktadır (Sağlam, 2008). Toprakların incelenen mikro besin elementlerinden yarıyıllık Mn orta değişkenlik gösterirken incelenen diğer mikro besin elementleri yüksek değişkenlik göstermiştir (Çizelge 2). Özden ve ark. (2022) Manisa ili tarım topraklarının verimliliklerini araştırdıkları çalışmada, yarıyıllık P için değişkenlik katsayısı 108.6 olarak belirlenirken, en fazla değişkenlik gösteren toprak özelliğinin mikro besin elementlerden Fe (191.15) olduğunu bildirmişlerdir.

Normal dağılımı test etmek için kullanılan çarpıklık ve basıklık katsayıları incelendiğinde; her iki katsayının da normal dağılımdan anlamlı düzeyde farklılık göstermemesi ve -1 ile +1 aralığında olması beklenmektedir (Pearson, 1900). Çarpıklık katsayısının negatif olması sola, pozitif olması sağa çarpıklığı gösterirken; basıklık katsayısında ise negatif, eğrinin normale göre daha basık, pozitiflik daha dik olduğunun göstergesidir (Alaboz ve ark., 2020; 2021). Toprak verimlilik parametrelerinde kum içeriği, EC, P sağa çarpık diğer toprak özellikleri normal dağılıma yakın dağılım sergilemiştir. Toprakların kum içeriği, silt içeriği, toplam N ve yarıyıllık P dağılımlarında, eğri normale göre daha dik olarak belirlenmiştir. Toprak mikro besin elementlerinde ise Zn ve B'nin dağılımlarında eğri normale göre daha dik bir dağılım sergilemiştir (Çizelge 2).

### **Toprakların bazı fiziko-kimyasal özelliklerinin sınıflandırılması ve dağılımları**

Çalışma alanından 0-20 ve 20-40 cm derinliklerden alınan toprakların bazı fiziko-kimyasal özelliklerinin sınıflandırılması ve dağılımları Çizelge 3'te verilmiştir. Toprak bünyesi, birim toprak kütlesi içerisinde kum, silt ve kil miktarlarının oransal durumunu ifade eden bir toprak özelliğidir. Çizelge 2'den görüldüğü gibi, yüzey topraklarının kil, silt ve kum içeriklerinin sırasıyla  $\% 12.07-58.93$ ,  $\% 12.11-50.73$  ve  $\% 6.93-75.82$  arasında değiştiği belirlenmiştir. Ayrıca, bünye sınıflarına göre toprakların  $\% 34.88$ 'inin killi,  $\% 18.60$ 'ının killi tınlı,  $\% 23.26$ 'sının ise siltli kil bünyede oldukları tespit edilmiştir. Topraktaki tüm kimyasal, biyolojik ve fiziksel süreçler ile toprak özellikleri üzerinde çok sayıda önemli role sahip olan (Brady ve Weil, 2008; Sağlam, 2008) pH 7.49 ile 8.38 arasında değişmekte olup, yüzeyde ortalama pH değeri 8.08'dir. Richards (1954)'e göre yüzey topraklarının  $\% 9.30$ 'unun hafif alkaline ve alkali (7.4-7.9),  $\% 81.40$ 'ünün ise orta derecede alkaline (7.9-8.4) reaksiyonlu oldukları tespit edilmiştir. Ayrıca, topraklar çoğunlukla tuzsuz olup, ortalama EC miktarı  $0.16 \text{ dS m}^{-1}$ 'dir. Richards (1954)'e göre toprakların  $\% 97.67$ 'inin az tuzlu,  $\% 2.32$ 'sinin çok hafif tuzlu sınıfına girdikleri tespit edilmiştir. Şendemirci ve ark. (2016) fasulye bitkisinin demirli gübrelemeye responsu ile toprakların kloroz indis değerleri ve bazı özellikleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesini amaçladıkları çalışma kapsamında, Bafra, Çarşamba ve Suluova'dan aldıkları topraklardan Bafra'dan alınan toprakların  $\% 33$ 'ünü kil bünyeli olarak,  $\% 5$  ile  $\% 15$  aralığında kireç içeren toprakların ise  $\% 44$ 'ünü, toprakların  $\% 77.8$ 'inin pH değerlerinin 7 ile 8 aralığında olduğu ve orta düzeyde organik madde içerdiğini ve alınan toprakların  $\% 55.6$ 'sını teşkil ettiğini bildirmişlerdir. Paranhos ve ark. (2016) lahanaya

yetiştiriciliğinde yeteri düzeylerde nem içeriğine sahip olmayan kumlu toprakların özellikle şiddetli yağışlarda veya aşırı sulamalarda çözünebilen besin elementlerinin toprak derinliğine doğru yıkanarak kaybına neden olduğunu, bu durumda lahanaya veriminin azaltılabileceğine dikkat çekmişlerdir. Červenski ve Takač'ta (2012) yaptıkları çalışmada ise, lahananın orta-ağır, alüvyonlu organik maddece zengin, kumlu kile kadar pH: 5.5-6.5 ile 6.5-7.5 olan derin topraklar ve orta-ağır, alüvyonlu organik maddece zengin kumlu kile kadar çeşitli toprak türlerinde yetiştirilebileceğini belirtmişlerdir. Asitli topraklarda (pH: 5.5'ten az) karşılaşılan gelişim problemlerinden dolayı yetiştiriciliği istenmemektedir. Eğer pH değeri daha düşük olan topraklarda yetiştiricilik yapılacaksa önce kireç uygulaması yapılması gerekmektedir (Matotan, 2006).

Çizelge 3. Toprakların bazı fiziko-kimyasal özelliklerinin dağılımı ve sınıflandırılması

Toprak özellikleri	Sınır Değeri	Değerlendirme	Yüzey (0-20 cm) Ör. sayısı	%	Yüzey altı (20-40 cm) Ör. sayısı	%
Bünye (Bouyoucos, 1951)	-	Killi (C)	15	34.88	14	32.56
	-	Killi tın (CL)	8	18.60	7	16.28
	-	Siltli kil (SiC)	10	6.98	9	20.93
	-	Tınlı (L)	3	4.65	6	13.95
	-	Siltli killi tın (SiCL)	4	23.26	5	11.63
	-		2	9.30	1	2.33
	-	Kumlu killi tın (SCL)	1	2.33	1	2.33
pH (Richards, 1954)	<4.5	Fevkalade asit	-	-	-	-
	4.5-5.0	Çok kuvvetli asit	-	-	-	-
	5.1-5.5	Kuvvetli asit	-	-	-	-
	5.6-6.0	Orta derecede asit	-	-	-	-
	6.1-6.5	Hafif asit	-	-	-	-
	6.6-7.3	Nötr	-	-	1	2.32
	7.4-7.8	Hafif alkalın	4	9.30	6	14.80
	7.9-8.4	Orta derecede alkalın	39	81.40	34	79.80
8.5-9.0	Kuvvetli alkalın	-	-	2	4.7	
>9,1	Çok kuvvetli alkalın	-	-	-	-	
EC (dS m <sup>-1</sup> ) (Richards, 1954)	<0.75	Tuzsuz	42	97.67	37	86.00
	0.75-2	Çok hafif tuzlu	1	2.32	5	11.60
	2-4	Hafif tuzlu	-	-	1	2.32
	4-8	Orta kuvvetli tuzlu	-	-	-	-
	8-16	Kuvvetli tuzlu	-	-	-	-
	>16	Aşırı tuzlu	-	-	-	-
Kireç (%) (Ülgen ve Yurtsever, 1988))	0-1	Az kireçli	1	2.32	1	2.32
	1-5	Kireçli	22	51.16	18	41.90
	5-15	Orta kireçli	20	46.51	24	55.80
	15-25	Fazla kireçli	-	-	-	-
	> 25	Çok fazla kireçli	-	-	-	-
Organik madde (Horuz, 2002)	<1.39	Çok Az	7	16.27	7	16.27
	1.39-2.91	Az	29	67.44	30	69.80
	2.92-3.61	Orta	3	6.97	3	6.97
	3.62-4.22	Yüksek	1	2.32	2	4.70
	>4.22	Çok yüksek	2	4.65	1	2.32

Toprak organik maddesi en çok kullanılan toprak biyo-kimyasal göstergelerinden bir tanesidir (Veum ve ark., 2014). Toprakların organik madde kapsamı çoğunlukla orta seviyede olup, yüzeyde ortalama miktarı %2.31 olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). Çalışmaya konu olan toprakların alındığı Bafra Ovası sol sahil topraklarının organik madde içeriği, önceki yapılan çalışmalarda büyük değişkenlik göstermekle beraber ortalama değer olarak düşük seviyede sınıflandırılmaktadır (Pacci ve ark., 2022; Özdemir ve Durmuş, 2023).



Horuz (2002)'ye göre toprakların organik madde içerikleri %16.27'si çok az, %67.44'ü az, %6.97'si orta, %2.32'si yüksek ve %4.65'i çok yüksek sınıfta yer almıştır. Yine, Horuz ve ark. (2018) Terme ovası alüvyal arazilerinin verimlilik durumlarını değerlendirdikleri çalışmada, organik madde bakımından toprakların orta sınıfta yer aldığını bildirmişlerdir. Yüzey toprakları, kireç içeriği bakımından kireçsiz ile kireçli düzey arasında değişmekte olup, ortalama kireç miktarı %4.99 olarak bulunmuştur. Ülgen ve Yurtsever (1988)'e göre toprakların %2.30'u az kireçli ve %52.16'sı kireçli, %46.51'i orta kireçli sınıfta yer almıştır (Çizelge 3). Kireç içeriğinin düşük olması, yüksek yağış nedeniyle profilden karbonatların yıkanmasının yanı sıra toprakların kireçsiz ana materyale sahip olması şeklinde açıklanabilir. Araştırma alanının kil bünyeye sahip olması ve kireç içeriğinin düşük olması aynı yörede farklı araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir (Dengiz ve ark. 2017; Tunçay ve Dengiz, 2017; Pacci ve ark. 2022; Özdemir ve Durmuş, 2023).

Yüzey altı topraklarının kil, silt ve kum içeriklerinin sırasıyla %7.88-75.69, %14.27-52.49 ve %10.04-58.77 arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 2) Ayrıca, bünye sınıflarına göre toprakların %32.56'sının killi, %16.28'inin killi tınlı, %20.93'ünün ise siltli kil bünyede oldukları tespit edilmiştir (Çizelge 3). Killi topraklar, verimlilik açısından büyük bir potansiyele sahip olmalarına rağmen bazı fiziksel özellikleri bakımından yetersizlik gösterebilmektedir (Troeh ve Thompson, 2005; Batey, 2009). pH; hem topraktaki besin maddelerinin yararıslılığını hem de mikrobiyal aktiviteyi doğrudan etkileyen bir değişkendir (Çelik, 2019). pH, çalışma topraklarında Richards (1954)'e göre genellikle nötr ile hafif alkalın reaksiyona sahip olup, yüzey altı topraklarda ortalama pH değeri 8.03' dir (Çizelge 2). Richards (1954)'e göre yüzey altı topraklarının %14.80'inin hafif alkalın ve alkalı (7.4-7.9), %79.80'inin orta derecede alkalın (7.9-8.4) reaksiyonlu oldukları tespit edilmiştir (Çizelge 3). Topraklar bir nokta dışında tuzsuz olup, ortalama EC miktarı 0.58 dS m<sup>-1</sup>'dir. Richards (1954)'e göre toprakların %86.0'sının az tuzlu, %11.60'ının çok hafif tuzlu sınıfına girdikleri tespit edilmiştir (Çizelge 3). Bu değerler, lahana yetiştiriciliği yapılan arazilerde tuzluluk ile ilgili bir sorunun olmadığını göstermektedir. Toprakların organik madde kapsamı çoğunlukla orta seviyede olup, yüzey altı toprağında ortalama %2.16 olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). Horuz (2002)'ye göre yüzey altı topraklarının %69.80'i organik madde yönünden az sınıfına girmektedir. Kireç içeriği bakımından yüzey altı topraklar kireçsiz ile kireçli düzey arasında değişmekte olup, ortalama kireç miktarı %5.09 olarak bulunmuştur. Ülgen ve Yurtsever (1988)'e göre toprakların %2.30'unun az kireçli ve %41.90'ının kireçli, %55.80'ünün ise orta kireçli oldukları tespit edilmiştir (Çizelge 3).

### Toprakların besin element kapsamı

Çalışma alanından 0-20 ve 20-40 cm derinliklerden alınan toprakların bazı makro ve mikro besin elementlerinin sınır değerlerine göre sınıflandırılması ve dağılımları Çizelge 4'te verilmiştir. Azot, bitki gelişimi için mutlak gerekli olan ve bitkiler tarafından çok yüksek miktarda tüketilen besin elementlerindedir. Yüzey topraklarının toplam N içerikleri %0.08-0.41 arasında değişmekte olup, ortalama %0.20' dir (Çizelge 2). Günel ve ark. (2020) aynı yörede tütün yetiştirilen arazilerde yaptığı çalışmada toprakların toplam N konsantrasyonunun %0.1 ile %1.46 arasında değiştiğini, ortalama toplam N konsantrasyonunun %0.16 olduğunu belirlemişlerdir. Bruce ve Rayment (1982)'in sınır değerlerine göre, toplam N değerlerinin %18.60'ı düşük, %65.11'i orta, %16.27'si yüksek sınıfa girmektedir (Çizelge 4). Toprakların yararıslı P kapsamı 2.45 ile 132.91 ppm arasında değişmektedir. Ortalama 31.37 ppm olan yararıslı P, alan içerisinde ise oldukça yüksek değişkenlik göstermektedir. pH değeri 7'den fazla olan topraklar Yurtsever ve Alkan (1975)'in bildirdiği sınır değerlere göre toprakların %39.53'ü çok yüksek sınıfta yer almıştır (Çizelge 4). Toprak örnekleme yapılan arazilerin nerede ise tamamında P konsantrasyonu lahana yetiştiriciliği için noksanlık oluşturacak boyutlarda değildir. Yüksek seviyede yararıslı P içeriğinin olması, ana materyal kaynaklı ya da yetiştiricilikte gübre uygulamaları sonucu elde edildiği olarak değerlendirilebilir. Bitkileri için gerekli önemli elementlerden biriside potasyumdur. Toprakların değişebilir K kapsamı 0.15-4.14 meq 100 g<sup>-1</sup> arasında değişmekte ve ortalama 0.95 meq 100 g<sup>-1</sup> K kapsamaktadır (Çizelge 2). Metson (1961)' e göre toprakların değişebilir K kapsamı bakımından %46.51'i orta, %51.16'sı düşük sınıfta yer almıştır (Çizelge 4). Potasyum içeriklerindeki düşük olan örneklerin alındığı yerlerde ana materyal kaynaklı olabilmekte ise de yetiştiricilikte önemli seviyede potasyumlu gübrelemenin yapılmadığını göstermektedir.

Yüzey topraklarının yararıslı Fe kapsamı 8.05 ile 56.56 ppm arasında değişmekte ve ortalama 23.06 ppm Fe kapsamaktadır (Çizelge 2). Lindsay ve Norvell (1978)'in sınır değerlerine göre değerlendirildiğinde toprakların %11.62' sinde Fe noksanlık riski yüksek, %60.46' sında noksanlık riskinin orta olduğu bulunmuştur (Çizelge 4).

Çizelge 4. Toprakların besin element kapsamı dağılımı ve sınıflandırılması

Toprak Özellikleri	Sınır Değeri	Değerlendirme	Yüzey (0-20 cm)		Yüzeyaltı (0-20 cm)	
			Örnek sayısı	%	Örnek sayısı	%
Toplam N, % Bruce ve Rayment (1982)	<0.05	Çok düşük	-	-	-	-
	0.051-0.150	Düşük	8	18.60	9	20.9
	0.151-0.250	Orta	28	65.11	31	72.1
	0.251-0.500	Yüksek	7	16.27	3	7.0
	>0.501	Çok yüksek	-	-	-	-
pH ≥ 7 Topraklarda (Yurtsever ve Alkan, 1975) P, ppm	<4	Az	1	2.32	1	2.3
	4-8	Orta	4	9.30	3	6.9
	8-16	İyi	16	37.20	17	39.5
	16-24	Yüksek	5	11.62	6	13.9
	>24	Çok yüksek	17	39.53	16	37.2
Na, meq 100 g <sup>-1</sup> Metson (1961)	<0.10	Çok düşük	-	-	-	-
	0.11-0.30	Düşük	-	-	-	-
	0.31-0.70	Orta	10	23.26	10	23.3
	0.71-2.0	Yüksek	28	65.12	24	55.8
	>20.1	Çok yüksek	5	11.63	9	20.9
K, meq 100 g <sup>-1</sup> Metson (1961)	<0.20	Çok düşük	2	2.32	1	2.3
	0.20-0.30	Düşük	1	51.16	2	4.7
	0.31-0.70	Orta	19	46.51	20	46.5
	0.71-2.0	Yüksek	17	-	16	37.2
	> 2.1	Çok yüksek	4	-	4	9.3
Ca, meq 100 g <sup>-1</sup> Metson (1961)	<2.0	Çok düşük	-	-	-	-
	2.1-5.0	Düşük	-	-	-	-
	5.1-10.0	Orta	-	-	-	-
	10.1-20.0	Yüksek	-	-	-	-
	>20.1	Çok yüksek	43	100.00	43	100.00
Mg, meq 100 g <sup>-1</sup> Metson (1961)	<0.30	Çok düşük	-	-	-	-
	0.31-1.0	Düşük	-	-	-	-
	1.1-3.0	Orta	-	-	1	2.32
	3.1-8.0	Yüksek	11	25.58	8	18.60
	>8.1	Çok yüksek	32	74.41	34	79.10
Fe, ppm (Lindsay ve Norvel (1978))	<3.0	Çok düşük	-	-	-	-
	3.1-12.0	Düşük	5	11.62	7	16.3
	12.1-25.0	Orta	26	60.46	26	60.5
	25.1-50.0	Yüksek	10	22.25	6	14.0
	>50	Çok yüksek	2	4.65	4	9.3
Cu, ppm (Lindsay ve Norvel (1978))	<0.30	Çok düşük	-	-	-	-
	0.31-0.80	Düşük	-	-	-	-
	0.81-1.50	Orta	-	-	-	-
	1.51-3.0	Yüksek	5	12.63	5	11.6
	>3.1	Çok yüksek	38	88.37	38	88.4
Zn, ppm (Lindsay ve Norvel (1978))	<2.0	Çok düşük	15	34.88	16	37.2
	2.1-5.0	Düşük	20	46.51	23	53.5
	5.1-10.0	Orta	6	13.95	4	9.3
	10.1-20.0	Yüksek	-	-	-	-
	>20.1	Çok yüksek	-	-	-	-
Mn, ppm (Lindsay ve Norvel (1978))	<1.0	Çok düşük	-	-	-	-
	1.1-2.9	Düşük	-	-	9	20.9
	3.0-5.0	Orta	-	-	32	74.4
	5.1-8.0	Yüksek	7	16.28	2	4.7
	>8.1	Çok yüksek	36	83.72	-	-
B, ppm (Lindsay ve Norvel (1978))	<0.4	Çok düşük	-	-	-	-
	0.5-0.9	Düşük	-	-	-	-
	1.0-2.4	Orta	8	18.60	13	30.2
	2.5-4.9	Yüksek	28	65.12	28	65.12
	>5.0	Çok yüksek	7	16.28	1	2.3

Sağlam ve Dengiz (2013) Bafra Ovası'nda yaptıkları çalışmada toprakların yarayışlı Fe ve Cu içerikleri açısından da yeterli düzeyde bulunmasına karşın yarayışlı Zn, Mn ve B içeriklerinin çok az, az ve yeterli sınıfları arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir. Toprakların yarayışlı Mn kapsamı 9.46-26.67 ppm arasında değişmekte ve ortalama 18.57 ppm Mn kapsamaktadır (Çizelge 2). Lindsay ve Norvell (1978)'e göre toprakların Mn kapsamı bakımından %83.72'si çok yüksek sınıfta yer almıştır (Çizelge 4). Yarayışlı Mn bakımından fazla olan topraklarda pH düzenlemesi, kireç veya Mn ile antagonistik ilişkili olan gübreleme programlarıyla bu sorun giderilebilir. Birçok araştırmacı da topraklarda Mn fazlalığının giderilmesinde

belirtilen uygulamaları tavsiye ettikleri görülmektedir (Horuz ve ark., 2000; Kacar ve Katkat, 2009). Toprakların yarayışlı Zn kapsamı ise 0.36-5.87 ppm arasında değişmekte ve ortalama 1.68 ppm Zn kapsamaktadır (Çizelge 2). Yarayışlı Zn kapsamı Lindsay ve Norvell (1978)'in bildirdiği sınır değerlere göre toprakların yarayışlı Zn kapsamının %46.51'i düşük, %34.88'i çok düşük ve %13.95'i orta bulunmuştur (Çizelge 4). Bu sonuçlara göre çalışma alanı topraklarının büyük bir çoğunluğunun yarayışlı Zn bakımından yoksun oldukları ve çinkonun gübreleme programlarına alınması gerektiği tespit edilmiştir. Aynı şekilde farklı bölgelerde yapılan çalışmalarda da toprakların Zn bakımından noksan olduğu bildirilmiştir (Karaçal ve Çimrin, 1997; Eyüpoğlu ve ark., 1996). Toprakların yarayışlı Cu kapsamı yönünden incelendiğinde, 1.80-9.82 ppm arasında değişmekte ve ortalama 4.70 ppm Cu kapsamaktadır (Çizelge 2). Toprakların yarayışlı Cu kapsamı Lindsay ve Norvell (1978)'in bildirdikleri sınır değerlerine göre %88.37'si Cu bakımından çok yüksek bulunmuştur (Çizelge 4). Toprakların yarayışlı B kapsamı 1.50-10.72 ppm arasında değişmekte ve ortalama 0.31 ppm B kapsamaktadır (Çizelge 2). Bitkiler için optimum B miktarı ile zararlı olacak toksik konsantrasyon arasındaki fark oldukça dardır (Rashid ve Ryan, 2004; Yau ve Ryan, 2008). Ancak lahana bitkilerinde B gereksinimi çok yüksektir (Tisdale ve ark., 1995). Toprakların yarayışlı B kapsamı Lindsay ve Norvell (1978)'e göre değerlendirildiğinde toprakların %65.12' sinin yüksek düzeyde B içerdiği bulunmuştur (Çizelge 4).

Makro besin elementlerinden N' un tarımda en fazla gübreleme ihtiyacı duyulan besin elementi olduğu çok iyi bilinmektedir. Bu nedenle bitki kök bölgesinde bitkinin gelişim dönemi içerisinde yeterli azotun bulunması gerekmektedir. Çalışma alanında yüzey altı topraklarının toplam N içerikleri incelendiğinde, %0.08-0.36 arasında değişmekte olup, ortalama %0.19' dur (Çizelge 2). Bruce ve Rayment (1982)'in sınır değerlerine göre, toprakların %20.9'u düşük, %72.1'i orta, %7.0'si yüksek sınıfa girmektedir (Çizelge 4). Toprakların yarayışlı P kapsamı 2.59 ile 129.74 ppm arasında değişmekte, ortalama 26.75 ppm yarayışlı P kapsamaktadır ve yüksek değişkenlik göstermektedir. pH değeri 7' den fazla olan topraklar Yurtsever ve Alkan (1975)'in bildirdiği sınır değerlere göre %37.2' si çok yüksek sınıfta yer almıştır (Çizelge 4). Potasyum bitkilerin kalitesi üzerine etkili olan bir makro besin maddesidir. Toprakların değişebilir K kapsamı 0.17-3.16 meq 100 g<sup>-1</sup> arasında değişmekte ve ortalama 0.89 meq 100 g<sup>-1</sup> K kapsamaktadır (Çizelge 2). Metson (1961)' e göre topraklar değişebilir K kapsamı bakımından %46.51' i orta, %51.16' sı düşük sınıfta yer almıştır (Çizelge 4). Potasyumlu gübreleme yapılmasının bitkilerin gelişmesi ve kalitesi için önemli etkisi olacaktır.

Yüzey altı topraklarının yarayışlı Fe kapsamı 7.46 ile 62.41 ppm arasında değişmekte ve ortalama 24.15 ppm Fe kapsamaktadır (Çizelge 2). Lindsay ve Norvell (1978)'in sınır değerlerine göre değerlendirildiğinde toprakların %16.3'ünde Fe noksanlık riski yüksek, %60.5'inde noksanlık riskinin orta olduğu bulunmuştur (Çizelge 4). Toprakların yarayışlı Mn kapsamı 9.74-42.67 ppm arasında değişmekte ve ortalama 19.24 ppm Mn kapsamaktadır (Çizelge 2). Lindsay ve Norvell (1978)'e göre toprakların Mn kapsamı bakımından %74.4' ü çok yüksek sınıfta yer almıştır (Çizelge 4). Toprakların yarayışlı Zn kapsamı 0.41-5.67 ppm arasında değişmekte ve ortalama 1.44 meq 100 g<sup>-1</sup> Zn kapsamaktadır (Çizelge 2). Yarayışlı Zn kapsamı Lindsay ve Norvell (1978)'in bildirdiği sınır değerlere göre toprakların yarayışlı Zn kapsamının %53.5' i düşük, %37.2' si çok düşük ve %9.3' ü orta sınıfa girmektedir (Çizelge 4). Toprakların yarayışlı Cu kapsamı 2.28-10.20 ppm arasında değişmekte ve ortalama 4.73 ppm Cu kapsamaktadır (Çizelge 2). Toprakların yarayışlı Cu kapsamı Lindsay ve Norvell (1978)'in bildirdikleri sınır değerlerine göre %88.4'ü Cu bakımından çok yüksek bulunmuştur (Çizelge 4). Toprakların yarayışlı B kapsamı 1.33-5.12 ppm arasında değişmekte ve ortalama 2.92 ppm B kapsamaktadır (Çizelge 2). Toprakların yarayışlı B kapsamı Lindsay ve Norvell (1978)'e göre değerlendirildiğinde toprakların %65.12' sinin yüksek düzeyde B içerdiği bulunmuştur (Çizelge 4).

### **Fiziko-kimyasal ve verimlilik parametrelerinin konumsal dağılımları**

Yüzey ve yüzey altı toprakların fiziko-kimyasal ve verimlilik parametrelerin konumsal dağılımlarına ait Ordinary Kriging'in uygun semivariogram modellerinin RMSE değerleri Çizelge 5' de verilmiştir. Yüzey topraklarının kum, kil, silt, P, K ve Cu için küresel semivariogram model uygun olduğu belirlenirken, pH, EC, TN ve Zn için üssel semivariogram model en düşük RMSE değerleri olduğu belirlenmiştir. Ayrıca kireç, OM, Ca, Mg, Fe, ve Mn için ise Gaussian model dağılım haritalarının oluşturulmasında uygun model olarak belirlenmiştir. Ayrıca, yüzey topraklarına ait fiziko-kimyasal ve verimlilik parametrelerinin alansal dağılımları Şekil 3' de verilmiştir. Kızılırmak kıyasına yakın olan yerlerde genellikle kum oranları yüksek olurken iç kesimlere doğru kil oranları artmaktadır. OM içerikleri alanın güney ve kuzey batı kesimlerinde artış gösterirken kum içeriğinde olduğu gibi Kızılırmak kıyasına yakın olan yerlerde genellikle azalmaktadır.

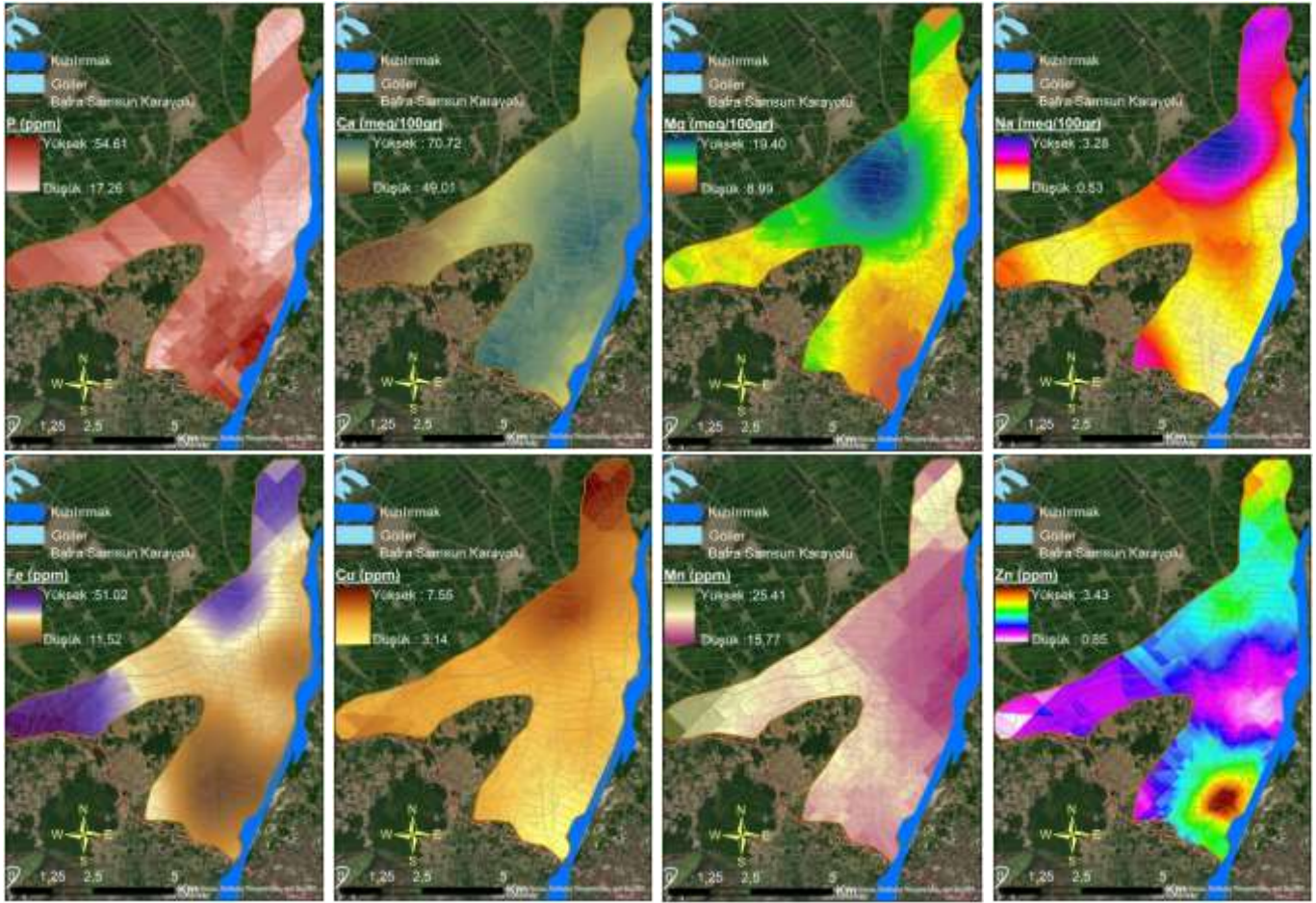
Çizelge 5. Parametrelere ait RMSE değerleri

Parametreler	Derinlik (cm)	RMSE Değerleri		
		Küresel	Üssel	Gaussian
Kum, %	0-20	<b>13.3039</b>	13.4262	13.3390
	20-40	<b>13.7367</b>	13.7846	13.7780
Kil, %	0-20	<b>10.1328</b>	10.3728	10.3369
	20-40	11.4634	<b>11.3790</b>	11.4456
Silt, %	0-20	<b>8.0403</b>	8.0632	8.0508
	20-40	7.2293	<b>7.2095</b>	7.2106
pH (1:2.5)	0-20	0.1830	<b>0.1823</b>	0.1834
	20-40	0.2117	<b>0.2108</b>	0.2130
EC, dS m <sup>-1</sup>	0-20	0.1549	<b>0.1533</b>	0.1552
	20-40	0.7123	<b>0.7119</b>	0.7189
CaCO <sub>3</sub> , %	0-20	2.2929	2.3337	<b>2.2874</b>
	20-40	1.9258	1.9779	<b>1.9252</b>
OM,%	0-20	1.0047	1.0047	<b>1.0046</b>
	20-40	0.9218	0.9218	<b>0.9214</b>
TN, %	0-20	0.0661	<b>0.0650</b>	0.0687
	20-40	0.0578	<b>0.0544</b>	0.0576
P, ppm	0-20	<b>34.5546</b>	34.9018	34.9901
	20-40	<b>29.6545</b>	29.6564	29.6564
Ca, meq 100 g <sup>-1</sup>	0-20	11.9756	12.0151	<b>11.8327</b>
	20-40	11.4812	<b>11.4563</b>	11.6384
Mg, meq 100 g <sup>-1</sup>	0-20	6.7540	6.7327	<b>6.7120</b>
	20-40	6.4045	<b>6.3230</b>	6.4375
Na, meq 100 g <sup>-1</sup>	0-20	0.6748	0.6755	<b>0.6570</b>
	20-40	<b>0.8370</b>	0.8552	0.8402
K, meq 100 g <sup>-1</sup>	0-20	<b>0.8358</b>	0.8361	0.8361
	20-40	0.7140	0.7140	<b>0.7137</b>
Fe, ppm	0-20	11.3572	11.3451	<b>11.2524</b>
	20-40	13.0312	13.0146	<b>12.9788</b>
Cu, ppm	0-20	<b>1.6751</b>	1.6874	1.6681
	20-40	1.7110	1.7357	<b>1.6963</b>
Zn, ppm	0-20	1.2449	<b>1.2354</b>	1.2416
	20-40	<b>0.9941</b>	1.0025	0.9975
Mn, ppm	0-20	4.0379	4.1444	<b>4.0107</b>
	20-40	5.5874	<b>5.5088</b>	5.5652
B, ppm	0-20	1.6470	1.6258	<b>1.6456</b>
	20-40	0.9923	0.9923	<b>0.9921</b>

Yüzey toprakları reaksiyonu hafif ve orta alkalın arasında değişmekte ve alanın güney ve batı kesimlerinde 7.8 dolaylarında iken, bu değer ırnak kuzey doğu kesimlerde 8.2' ye kadar çıkabilmektedir. Benzer dağılım desenini toprakların kireç içerikleri içinde söylemek mümkündür. Toprakların N içerikleri özellikle güney batı kesimlerde düşük düzeylerde dağılım sergilerken, P içerikleri kuzey ve kuzey doğu kesimlerde düşük dağılım göstermektedir.

Yüzey altı topraklarının kum, P, Na, ve Zn için küresel semivariogram model uygun olduğu belirlenirken, kil, pH, EC, T, Ca, Mg, Mn ve silt için üssel semivariogram model en düşük RMSE değerleri olduğu belirlenmiştir. Ayrıca kireç, OM, K ve Cu, için ise Gaussian model dağılım haritalarının oluşturulmasında uygun model olarak belirlenmiştir. Ayrıca, yüzey topraklarına ait fiziko-kimyasal ve verimlilik parametrelerinin alansal dağılımları Şekil 4'te verilmiştir. Toprakların kil içerikleri alan içerisinde genellikle orta ve kuzey bölgelerde yoğun iken bu oran güney kesimlerde özellikle Kızılırmak nehrine yakın alanlarda azalmaktadır. Bu durumun tersini ise alan içerisinde kum dağılımında görmek mümkündür. Yüzey altı toprakların OM dağılımı yüzey toprağına benzer bir desen sergilemekte olup batı kesimlerde artış gösterirken, özellikle orta ve doğu kesimlerde azalma eğilimi sergilemektedir. Toprakların pH dağılımları alanın orta kesimlerinde bir miktar artış göstermesine karşın Kızılırmak nehri kenarlarında genellikle 7.7 civarlarında olmaktadır. Kireç içeriklerinde ise alanın kuzey ve batı kesimlerinde azalma buna karşın doğu kesimlerinde artış sergilemektedir. Toprakların N içerikleri ise genellikle güney kesimlerinde bir artış gösterirken batı ve kuzey

batı kesimlerinde azalma eğilimi göstermektedir. Toprakların K içeriklerine yönelik dağılım deseni N içeriği gibi çalışma alanının genellikle güney kısımlarında artış buna karşın güney batı kısımlarında ise azalış göstermekte olduğu belirlenmiştir.

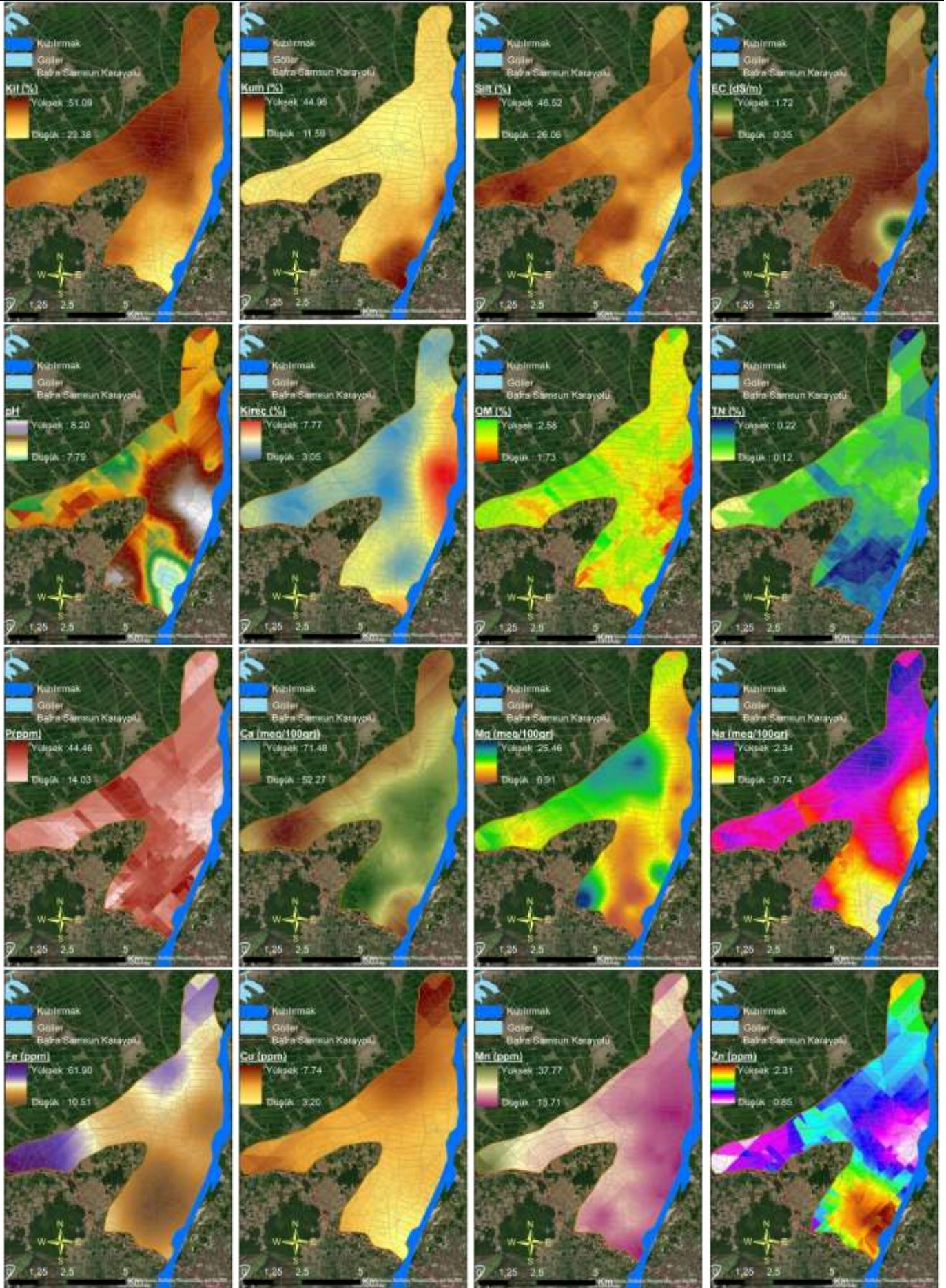


Şekil 3. Yüzeı topraklarına ait fiziko-kimyasal ve verimlilik parametrelerinin alansal dağılımları

### Toprak fiziko-kimyasal ve verimlilik parametreleri arasındaki korelasyon ilişkileri

Yüzeı topraklarının fiziko-kimyasal ve verimlilik parametreleri arasındaki korelasyon ilişkileri Çizelge 6' da verilmiştir. Çizelge 6' da verilen korelasyon katsayıları incelendiğinde ise fiziko-kimyasal toprak özellikleri arasında  $p < 0.05$  ve  $p < 0.01$  düzeyinde önemli korelasyonların elde edildiği görülmektedir.

Yüzeı toprak örneklerinde kireç içerikleriyle Mn arasında ( $r:0.378^*$ ) negatif yönlü ilişkiler bulunmuştur. Benzer bir çalışmada [Alaboz ve ark. \(2021\)](#) kireç içeriği ile mikro elementler arasında negatif ilişkiler belirlemiştir. Çalışmada pH ile OM arasında negatif, EC ile OM arasında pozitif ilişki tespit edilmiştir. [Gözükara \(2021\)](#) yaptığı çalışmada benzer şekilde pH ile OM arasında negatif, EC ile OM arasında pozitif ilişki belirlemiştir. Makro besin elementlerinde toplam N içeriği ile diğer toprak özellikleri arasındaki ilişkiler incelendiğinde OM ( $r:0.590^{**}$ ) ile önemli pozitif, diğer toprak özellikleriyle önemli olmayan ilişkiler tespit edilmiştir. [Çimrin ve Boysan \(2006\)](#) farklı yöre topraklarında yaptığı çalışmada toplam N ve OM içeriği arasında pozitif ilişkiler belirlemiştir. Yarayışlı P içeriği ile diğer toprak özellikleri arasındaki ilişkiler incelendiğinde; yarayışlı P kapsamı ile pH ( $r:0.458^{**}$ ) ve OM ( $r:0.328^*$ ) ile önemli negatif, EC kapsamı ( $r:1.000^*$ ) arasında çok önemli pozitif ilişkiler belirlemişlerdir. Değişebilir K kapsamı ile diğer toprak özellikleri arasında ilişkiler incelendiğinde; değişebilir K kapsamı ile kil içeriği ( $r:0.495^{**}$ ), EC ( $r:0.418^{**}$ ), yarayışlı P kapsamı ( $r:0.418^{**}$ ) ile önemli pozitif, kum içeriği ( $r:0.420^{**}$ ) ve pH ( $r:0.328^*$ ) arasında çok önemli negatif ilişkiler belirlenmiştir. Mikro besin elementlerin diğer toprak özellikleri arasındaki korelasyon ilişkileri incelendiğinde, toprakların yarayışlı Fe kapsamı ile kum içeriği ( $r:0.411^{**}$ ) arasında ise önemli negatif, kil içeriği ( $0.486^{**}$ ) ve değişebilir Na ( $0.460^{**}$ ) kapsamı arasında da önemli pozitif ilişkiler bulunmuştur. Yarayışlı Mn kapsamı ile pH ( $r:0.433^{**}$ ) ile kireç içeriği ( $r:0.376^{**}$ ) arasında önemli negatif; OM ( $r:0.374^*$ ) ve Zn ( $r:0.313^*$ ) arasında önemli pozitif ilişkiler tespit edilmiştir. Yarayışlı Zn kapsamı ile P ( $r:0.500^{**}$ ) ve K ( $r:0.407^{**}$ ) kapsamı arasında çok önemli pozitif ilişkiler pH ( $r:0.457^{**}$ ) ile önemli negatif ilişkiler bulunmuştur.



Şekil 4. Yüzey altı topraklarına ait fiziko-kimyasal ve verimlilik parametrelerinin alansal dağılımı

Çizelge 6. Yüzey topraklarının fiziko- kimyasal özellikleri ve besin element kapsamı arasındaki ilişkilere ait korelasyon katsayıları (r)

	Kil	Silt	Kum	OM	EC	pH	Kireç	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Kil	1,000	-.062	-.908**	.573**	.030	.092	-.233	.084	.030	.495**	.329*	.604**	.606**	.486**	.725**	-.103	-.163	.423**
Silt		1,000	-.254	-.169	-.206	.070	.079	-.091	-.206	-.084	.475**	.018	-.067	-.118	-.036	-.232	.160	-.191
Kum			1,000	-.485**	0,000	-.118	.231	-.073	0,000	-.420**	-.487**	-.597**	-.503**	-.411**	-.617**	.157	.084	-.312*
OM				1,000	.328*	-.345*	-.220	.590**	.328*	.824**	.063	.447**	.299	.251	.670**	.306*	.184	.638**
EC					1,000	-.458**	-.201	.228	1,000**	.418**	-.396**	.093	.020	.143	.289	.500**	.281	.211
pH						1,000	.250	-.106	-.458**	-.328*	.426**	.196	.223	-.039	-.118	-.457**	-.433**	.150
Kireç							1,000	-.067	-.201	-.128	.213	-.065	-.289	-.153	-.126	-.128	-.378*	.030
N								1,000	.228	.458**	.091	.206	.099	-.122	.328*	.339*	.213	.434**
P									1,000	.418**	-.396**	.093	.020	.143	.289	.500**	.281	.211
K										1,000	.153	.279	.107	.089	.556**	.407**	.090	.618**
Ca											1,000	.137	-.006	-.100	.056	-.303*	-.253	.008
Mg												1,000	.470**	.343*	.592**	.025	-.016	.375*
Na													1,000	.460**	.513**	-.040	.058	.316*
Fe														1,000	.677**	-.190	.065	.165
Cu															1,000	.096	.115	.525**
Zn																1,000	.313*	.318*
Mn																	1,000	-.101
B																		1,000

\*\*p<0,01 düzeyinde, \*p<0,05 seviyesinde anlamlıdır

Yarayışlı Cu kapsamı ile kil içeriği (r:0.725\*\*), Fe (r:0.513\*\*), Na (r:0.592\*\*), ve OM (r:0.670\*\*) kapsamı arasında çok önemli pozitif ilişkiler, kum içeriği (r:0.617\*\*) önemli negatif ilişkiler bulunmuştur (Çizelge 5). Yarayışlı B kapsamı ile kil içeriği (r:0.423\*\*),OM (r:0.638\*\*), K (r:0.618\*\*) kapsamı arasında pozitif ilişkiler bulunmuştur (Çizelge 5). Yarayışlı B ile OM arasında pozitif ilişkiler benzer çalışmalarda tespit edilmiştir (Yalçın, 2023; Kalkancı ve ark., 2021).

Yüzey altı topraklarının fiziko-kimyasal ve verimlilik parametreleri arasındaki korelasyon ilişkileri Çizelge 7’ de verilmiştir. Çizelge 7’ de verilen korelasyon katsayıları incelendiğinde ise fiziko-kimyasal toprak özellikleri arasında p<0.05 ve p<0.01 düzeyinde önemli korelasyonların elde edildiği görülmektedir.

Çizelge 7. Yüzey altı topraklarının fiziko-kimyasal özellikleri ve besin element kapsamı arasındaki ilişkilere ait korelasyon katsayıları (r)

	Kil	Silt	Kum	OM	EC	pH	Kireç	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Kil	1,000	-.090	-.923**	.568**	.229	.231	-.263	.190	.071	.553**	.454**	.664**	.618**	.480**	.762**	-.060	-.004	.391**
Silt		1,000	-.162	-.016	-.095	-.083	.203	.077	-.228	-.011	.201	-.006	-.097	-.065	.038	-.092	.143	-.167
Kum			1,000	-.539**	-.175	-.185	.224	-.173	.008	-.446**	-.476**	-.651**	-.525**	-.474**	-.714**	.133	-.043	-.282
OM				1,000	.517**	-.330*	-.424**	.674**	.427**	.825**	.171	.197	.324*	.235	.635**	.389**	.374*	.512**
EC					1,000	-.450**	-.381*	.286	.225	.316*	-.080	.186	.442**	.183	.348*	.266	.295	-.006
pH						1,000	.271	-.106	-.285	-.170	.385*	.334*	.270	.056	-.046	-.485**	-.534**	.215
Kireç							1,000	-.182	-.370*	-.355*	.134	-.112	-.310*	-.138	-.224	-.426**	-.567**	-.257
N								1,000	.341*	.569**	.348*	.047	.090	-.115	.240	.376*	.233	.431**
P									1,000	.414**	-.342*	.068	.106	.133	.262	.564**	.256	.341*
K										1,000	.240	.126	.252	.070	.536**	.421**	.199	.561**
Ca											1,000	.235	.078	-.048	.127	-.250	-.176	.033
Mg												1,000	.543**	.271	.436**	-.100	-.134	.192
Na													1,000	.421**	.553**	-.033	.110	.302*
Fe														1,000	.670**	-.235	.115	.060
Cu															1,000	.082	.226	.397**
Zn																1,000	.381*	.228
Mn																	1,000	.053
B																		1,000

\*\*p<0,01 düzeyinde, \*p<0,05 seviyesinde anlamlıdır

Yüzey altı topraklarında kil içeriği ile kum içeriği arasında (r:0.923\*\*) önemli negatif, OM içeriği ile ise (r:0.588\*\*) pozitif ilişkiler belirlenmiştir. Horuz ve Dengiz (2018) yaptıkları çalışmada kil içeriği ve kum içeriği arasında benzer şekilde önemli negatif ilişkiler tespit etmişlerdir. Çalışmada pH ile EC arasında önemli negatif ilişkiler belirlenmiştir. Budak ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada aynı parametrelerde benzer korelasyonlar bildirmişlerdir. Toplam N içeriği ile diğer toprak özellikleri arasındaki ilişkiler incelendiğinde OM (0.574\*\*) ile önemli pozitif, diğer toprak özellikleriyle önemli olmayan ilişkiler tespit edilmiştir. Yarayışlı P içeriği ile diğer toprak özellikleri arasındaki ilişkiler incelendiğinde; yarayışlı P kapsamı ile OM (r:0.427\*) ile önemli pozitif, kireç içeriği (r:0.370\*) arasında çok önemli negatif ilişkiler belirlenmiştir. Değişebilir K kapsamı ile diğer toprak özellikleri arasında ilişkiler incelendiğinde; değişebilir K kapsamı ile kil içeriği (r:0.553\*\*), EC (r:0.316\*) , yarayışlı P kapsamı (r:0.414\*\*) ile önemli pozitif, kum içeriği (r:0.446\*\*) arasında çok önemli negatif ilişkiler belirlenmiştir. Yarayışlı Fe kapsamı ile kum içeriği (r:0.474\*\*) arasında önemli

negatif, kil içeriği ( $r:0.480^{**}$ ) ve değişebilir Na ( $r:0.421^{**}$ ) kapsamı arasında önemli pozitif ilişkiler bulunmuştur. Yarayışlı Mn kapsamı ile pH ( $0.534^{**}$ ) ile kireç içeriği ( $r:0.567^{**}$ ) arasında önemli negatif; OM ( $r:0.374^*$ ) ve Zn ( $r:0.381^*$ ) arasında önemli pozitif ilişkiler tespit edilmiştir. Yarayışlı Zn kapsamı ile P ( $r:0.564^{**}$ ) ve K ( $r:0.421^{**}$ ) kapsamı arasında çok önemli pozitif ilişkiler pH ( $r:0.485^{**}$ ) ile önemli negatif ilişkiler bulunmuştur. Yarayışlı Cu kapsamı ile kil içeriği ( $r:0.762^{**}$ ), Fe ( $r:0.670^{**}$ ), Na ( $r:0.553^{**}$ ) ve OM ( $r:0.635^{**}$ ) kapsamı arasında çok önemli pozitif ilişkiler, kum içeriği ( $r:0.714^{**}$ ) önemli negatif ilişkiler bulunmuştur. Yarayışlı B kapsamı ile kil içeriği ( $r:0.391^{**}$ ) ve OM ( $r:0.512^{**}$ ) kapsamı arasında pozitif ilişkiler bulunmuştur.

## Sonuç

Samsun Bafra Delta Ovası sol sahilinde dağılım gosteren alüviyal ana materyal üzerinde ağırlıklı olarak sebze üretimi yapılan araziler içerisinde lahana üretimi yapılan toprakların özellikleri; genellikle hafif alkalın pH, tuzluluk riski oluşturmayacak seviyelerde tuzsuz, OM içerikleri orta, kireç ( $CaCO_3$ ) içeriği seviyesi orta, bünye olarak da tın tekstürlü oldukları tespit edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, pH seviyelerinin araştırma alanındaki bazı bölümlerinde 8.2' nin üzerinde olduğu buna karşılık bu bölgelerde fizyolojik asit karakterli gübrelerin kullanılması pH kaynaklı riskleri azaltacaktır. Yer yer düşük olan organik madde içerikli alanlarda toprak verimliliği ve kalitesinin artırılması için yeşil gübreleme, ahır gübresi, tavuk gübresi veya hayvansal kökenli organik maddenin araştırma alanına ilave edilmelidir. Alan içerisinde kireç içeriğinin belirli bölümlerde yüksek olması, mikro elementlerin etkinliğinin azalacağını dikkate alarak yeterli düzeyde olsa da ilave mikro element içerikli gübrelemeler verilmesi olası noksanlıkların önüne geçilmelidir. Araştırma alanı içerisindeki arazi kullanımı planlaması, tür-çeşit seçimi ve gübreleme aşamalarında toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri mutlaka dikkate alınmalıdır. Böylelikle bitkisel üretimde verimli ve kaliteli ürünlerin yetiştirilmesi katkı sağlanacaktır. Ayrıca, her bir toprak özelliğinin dağılım haritalarının oluşturulması için Ordinary Kriging enterpolasyon enterpolasyon tekniği içerisinde yer alan üssel, küresel ve Gaussian semivaryogram modeller her bir parametre için ayrı ayrı uygunlukta olduğu belirlenmiştir.

## Kaynaklar

- Abakay O, Günel H, 2023. Ergani Ovasında Bazı Toprak Özelliklerinin Mekânsal Dağılımlarının Belirlenmesinde Lokal Polinomal interpolasyon ve Deneysel Bayesyen Kriging Yöntemlerinin Karşılaştırılması. MAS Journal of Applied Sciences, 8(4), 654-668.
- Alaboz P, Demir S, Dengiz O, 2020. Farklı enterpolasyon yöntemleri kullanılarak toprakların nem sabitelerine ait konumsal dağılımların belirlenmesi, Isparta Atabey Ovası örneği. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 17(3): 432-444.
- Alaboz P, Demir S, Dengiz O, 2021. Assessment of various pedotransfer functions for the prediction of the dry bulk density of cultivated soils in a semiarid environment. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 52(7): 724-742.
- Anonim, 2024. <https://oka.ka.gov.tr/assets/upload/dosyalar/bafra-ilcesi-tarim-sektoru-raporu.pdf>.
- Anonymous, 1982. Methods of Soil Analysis (Ed. A.L. Page). Number 9, Part 2, Madison, Wisconsin, USA, 1159 pp.
- Bouyoucos GJ, 1951. "A recalibration of hydrometer for making mechanical analysis of soils", Agronomy Journal, 43, 9.
- Balkaya A, Yanmaz R, Apaydin A, Kar H, 2005. Morphological characterisation of white head cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* subvar. *alba*) genotypes in Turkey. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 33(4), 333-341..
- Başar H, 2001. Bursa İli Topraklarının Verimlilik Durumlarının Toprak Analizleri ile İncelenmesi. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fak. Dergisi. 15: 69-83.
- Batey T, 2009). Soil compaction and soil management—a review. Soil use and management, 25(4): 335-345.
- Behera SK, Shukla AK, Prakash C, Tripathi A, Kumar A, Trivedi V, 2020. Establishing management zones of soil sulphur and micronutrients for sustainable crop production. Land Degradation & Development.
- Brady NC, Weil RR, 2008. The Nature and Properties of Soils. 14.th ed., Upper Saddle River. NJ. ISBN 13- 978-0-13-227938-3. Prentice Hall.
- Bruce RC, Rayment GE, 1982. Analytical methods and interpretations used by the Agricultural Chemistry Branch for soil and land use surveys. Queensland Department of Primary Industries.



- Budak M, Gnal H, elik İ, Acir N, Sirri M, 2018. Dicle havzası toprak özelliklerinin yersel değişimlerinin jeostatistik ve coğrafi bilgi sistemleri ile belirlenmesi ve haritalanması. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 5(2), 103-115.
- ervenski J, Taka A, 2012. Growing cabbage as a double crop. *Ratarstvo i povrtarstvo*, 49(1), 75-79. <http://dx.doi.org/10.5937/ratpov49-1228>.
- ervenski J, Medi-Pap S, 2018. Proizvodnja kupusa [Cabbage Production]. Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad.
- elik A, 2019. Comparing the Microbial Biomass Carbon and Nitrogen Contents of Tobacco Growing Soils with Scanning Electron Microscopy and Some Soil Parameters. *Journal of Environmental Protection and Ecology* 20, 589-598.
- imrin KM, Boysan S, 2006. Van yöresi tarım topraklarının besin elementi durumları ve bunların bazı toprak özellikleri ile ilişkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi. Ziraat Fakültesi. Tarım Bilimleri Dergisi*. 16(2):105-111.
- Çetinkaya O, Sümer A, 2013. Karamenderes havzası topraklarının yarıyışlı mikro besin elementlerinin (Fe, Cu, Zn ve Mn) durumu. *OM Ziraat Fakültesi Dergisi*. 1(1). 57-65.
- Delbari M, Afrasiab P, Gharabaghi B, Amiri M, Salehian A, 2019. Spatial variability analysis and mapping of soil physical and chemical attributes in a salt-affected soil. *Arabian Journal of Geosciences*.12: 68.
- Dengiz O, zcan H, 2006. Determination of productivity index (PI) of soils of Samsun-Bafra Plain using GIS technique. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 20(38), 136-142.
- Dengiz O, 2010. Morphology, physico-chemical properties and classification of soils on terraces of the Tigris River in the south-east Anatolia region of Turkey. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 16(3), 205-212.
- Dengiz O, Gürsoy FE, Sağlam M, 2017. Aluviyal araziler üzerinde oluşmuş farklı toprakların uygun toprak işleme durumlarının belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 32(1), 96-104.
- Durmuş TK, zdemir N, 2023. Organik polimer ve bazı tarımsal artık uygulamalarının bazı toprak özellikleri ve buğday bitkisinde verime etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 11(2), 122-131.
- Eyüpoğlu F, Kurucu N, Talaz S, 1996. Türkiye topraklarının bitkiye yarıyışlı bazı mikro elementler (Fe, Cu, Zn, Mn) bakımından genel durumu. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 72 s., Ankara.
- Gvozdenovi Đ, ervenski J, Gvozdanovic-Varga J, Vasic M, Jovievi D, Bugarski D, Taka A, 2011. *Semenarstvo [Seed Science]*, vol. III. Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad.
- Günal E, Acir N, Günal H, 2020. Orta Karadeniz Bölgesinde Tütün Ekim Alanlarının Karbon Depolama Potansiyeli Ve Bitki Beslenme Durumlarının Mesafeye Bağlı Değişkenliği. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 6(2), 68-81.
- Gözükara G, 2021. Tahıl yetiştirilen toprakların bazı özelliklerinin farklı enterpolasyon yöntemleri ile dağılım durumlarının değerlendirilmesi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 9(2), 69-78.
- Horuz A, 2002. Bafra ve arşamba Ovalarında toprakların azot durumlarını belirlemede kullanılan bazı kimyasal yöntemlerin mısır bitkisi yetiştirerek tarla denemeleriyle kalibrasyonları. ilişkileri. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, 121 s., Samsun.
- Horuz A, Dengiz O, 2018. Terme yöresi aluviyal arazilerde yetiştirilen çeltiğin bazı fiziko-kimyasal toprak özellikleriyle besin element kapsamı arasındaki ilişkiler. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 33(1), 58-67.
- Isaaks EH, Srivastava RM, 1989. An introduction to applied geostatistics. New York (NY): Oxford University Press.
- John MK, Chuah HH, Neufeld JH, 1975. Application of improved azomethine-H method to the determination of boron in soils and plants. *Analytical letters*, 8: 559-568.
- Kacar B, 1994. "Bitki ve toprağın kimyasal analizleri: III. Toprak analizleri". (Vol. 3). Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları.
- Kalkancı N, Őimřek T, Aslan N, Büyük G, 2021. Tarım topraklarının verimlilik durumlarının tematik düzeyde haritalanarak sürdürülebilir yönetiminin sağlanması: Osmaniye rneği. *KS Tarım ve Doğa Dergisi*, 24 (4): 859-870.
- Karaçal İ, imrin KM, 1997. Yüzüncü Yıl niversitesi kampüs alanı toprak profillerinin Zn durumu ve bu elementin bazı toprak özellikleri ile ilişkileri. I. Ulusal inko Kongresi, 12-16 Mayıs, Eskişehir, s.123-130.
- Karaman MR, Brohi AR, Müftüoğlu NM, ztaş T, Zengin M, 2012. Sürdürülebilir toprak verimliliği kitabı. Güncellenmiş, 3, 42-43.
- Kasap H, 2010. Sebzeçilik. T.C Samsun Valiliği İl Tarım Müdürlüğü. <https://samsun.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Yayinlar/Kitaplarimiz/sebzeçilik.pdf>
- Lindsay WL, Norvell W, 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil science society of America journal*, 42(3), 421-428.

- Matotan Z, 2006. Tehnologija proizvodnje i sortiment kupusnjača. Glasnik Zaštite Bilja, 29 (4), 4-34.
- Moasheri SA, Foroughifar H, 2013. Estimation of the values of soil absorption ratio using integrated geostatistical and artificial neural network methods. International Journal of Agriculture and Crop Sciences (IJACS), 5(20): 2423-2433.
- Metson, G. H, 1961. The conductivity of oxide cathodes. Part 10: Spontaneous generation of negative ions. Proceedings of the IEE-Part C: Monographs, 108(14), 438-449.
- Nelson DA, Sommers L, 1983. Total carbon, organic carbon, and organic matter. Methods of soil analysis: Part 2 chemical and microbiological properties, 9, 539-579.
- Nielsen DR, Wendroth O, 2003. Spatial and Temporal Statistics: Sampling Field Soils and Their Vegetation. Catena Verlag, Reiskirchen, Germany.
- Olsen SR, 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate (No. 939). US Department of Agriculture.
- Özden N, Sökmen Ö, Uslu İ, Aras S, 2022. Manisa ili tarım topraklarının verimlilik durumları ile mikro element kapsamlarının belirlenerek haritalanması. Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi, 32(2), 228-241.
- Özyazıcı M, Özdemir O, Özyazıcı G, Alpay S, 2007. Çarşamba ve Bafra ovalarında seralarda yetiştirilen hıyar bitkisinin demir, bakır, çinko ve mangan beslenme durumunun belirlenmesi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi. 22(2). 162-170.
- Pacci S, Dengiz O, Saygın F, Alaboz P, 2022. SMAF Modeline Göre Çeltik Tarımı Yapılan Bafra Ovası Arazilerinin Toprak Kalite Özelliklerinin Değerlendirilmesi. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 9(2), 164-174.
- Paranhos LG, Barrett CE, Zotarelli L, Darnell R, Migliaccio K, Borisova T, 2016: Planting date and in-row plant spacing effects on growth and yield of cabbage under plastic mulch. Scientia Horticulturae, 202, 49-56.
- Pearson K, 1900. X. On the criterion that a given system of deviations from the probable in the case of a correlated system of variables is such that it can be reasonably supposed to have arisen from random sampling. The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, 50(302): 157-175.
- Rashid A, Ryan J, 2004. Micronutrient constraints to crop production in soils with Mediterranean-type characteristics: A review. Journal of Plant Nutrition 27: 959-975.
- Richards LA, 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils, USDA Handbook No: 60.
- Saito H, McKenna A, Zimmerman DA, Coburn TC, 2005. Geostatistical interpolation of object counts collected from multiple strip transects: ordinary kriging versus finite domain kriging. Stoch. Env. Res. Risk Asst. 19, 71-85.
- Sağlam M, 2008. Gökhöyük tarım işletmesinde yaygın toprak serilerinde bazı kalite göstergelerinin uzaysal değişkenliğinin jeostatistiksel yöntemlerle incelenmesi. Doktora tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Sağlam M, Dengiz O, 2013. Multivariate Statistical Analysis of Pedological Similarities in Different Soil Formations. Journal of the Institute of Science and Technology, 3(3), 79-90.
- Saygın F, Dengiz O, 2013. Bafra Ovası sol sahilinde yer alan fener köyü ve yakın çevresinde dağılım gösteren farklı toprakların sınıflandırılması ve dağılım alanlarının belirlenmesi. Topraksu Dergisi, 2(2), 63-72.
- Shukla AK, Behera SK, 2019. All India Coordinated Research Project on micro- and secondary nutrients and pollutant elements in soils and plants: research achievements and future thrusts. Indian Journal of Fertilisers 15(5), 522-543.
- Soil Survey Staff, 1993. Soil survey manual. united states department of agriculture, handbook no.18.
- Şendemirci H, Korkmaz A, Akınoğlu G, 2016. Fasulye Bitkisinin (Phaseolus vulgaris L. var. nanus) Demirli Gübrelemeye Responsu ile Toprakların Kloroz İndis Değerleri ve Bazı Özellikleri Arasındaki İlişkiler. Toprak Su Dergisi, 5(1), 37-46.
- Taşan S, 2018. Bafra ovası sağ sahil topraklarının sulama açısından bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki değişimin modeller ile tahmini. Doktora Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 346s, Samsun.
- Taşan S, Demir Y, 2019. Toprakların tuzluluk ve sodikliliğinin alansal ve zamansal değişiminin jeostatistiksel yöntemlerle değerlendirilmesi: Bafra ovası örneği. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 34(3), 336-350.
- Tisdale SL, WL, Nelson JD, Beaton JD, Havlin L, 1995. Soil Fertility and Fertilizers (5th Ed.). Printice Hall of India Pr. Ltd. PP. 301-342.
- Troeh FR, Thompson LM, 2005. Soils and soil fertility (Vol. 489). Oxford: Blackwell.

- Tunay, T, Dengiz, O, 2017. Yarı nemli ılıman iklim koşullarında farklı eğim ve farklı arazi örtüsü altında toprak gelişimi ve agregat stabilitesi değişimi. *Toprak Su Dergisi*, 6(1), 36-43.
- Tunay T, Başkan O, Bayramin İ, Dengiz O, Kılıç Ş, 2018. Geostatistical approach as a tool for estimation of field capacity and permanent wilting point in semiarid terrestrial ecosystem. *Arch Agron Soil Sci* 64(9):1240-1253.
- Turan MA, Katkat AV, Özsoy G, Taban S, 2010. Bursa ili alüviyal tarım topraklarının verimlilik durumları ve potansiyel beslenme sorunlarının belirlenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 24(1). 115-13.
- TUİK, 2022. Türkiye İstatistik Kurumu Tarımsal Üretim İstatistikleri <http://tuikapp.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul>. 2022.(Erişim tarihi:17.03.2024)
- Ülgen, N, Yurtsever N, 1988. Türkiye gübre ve gübreleme rehberi (3. Baskı). T.C. Tarım Orman Köyşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 151, 182 s., Ankara.
- Wang R, Zou R, Liu J, Liu L, Hu Y, 2021. Spatial distribution of soil nutrients in farmland in a hilly region of the pearl river delta in China based on geostatistics and the inverse distance weighting method. *Agriculture* 11, 50.
- Wilding LG, 1985. Soil spatial variability: its documentation, accomodation and implication to soil surveys. In: D.R. Nielsen and J. Bouma (Eds.), *Soil Spatial Variability Proceedings of a Workshop of the ISSS and the SSA, Las Vegas PUDOC, Wageningen, 30 November-1 December 1984*, pp. 166-187.
- Veum KS, Goyne KW, Kremer RJ, Miles RJ, Sudduth KA, 2014. Biological indicators of soil quality and soil organic matter characteristics in an agricultural management continuum. *Biogeochemistry* 117, 81-99.
- Yalçın M, Cimrin KM, Tutuş Y, 2018. Hatay ili Kırıkhan-Reyhanlı bölgesi çayır-mera topraklarının besin elementi durumları ve bazı toprak özellikleri ile ilişkileri.
- Yalçın M, Cimrin KM, 2021. Hatay ili Arsuz ilçesi topraklarının besin elementi durumları ve bunların bazı toprak özellikleri ile ilişkileri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*. 26(3). 586-599.
- Yalçın M, 2023. Hatay İli Kırıkhan-Reyhanlı Bölgesi Tarımsal Toprakların Bor Durumunun Belirlenmesi. *MAS Journal of Applied Sciences*, 8(2), 202-212.
- Yau SK, Ryan J, 2008. Boron toxicity tolerance in crops: A viable alternative to soil amelioration. *Crop Science* 48: 854- 865.
- Yurtsever N, Alkan B, 1975. Karadeniz Bölgesi topraklarının fosfor ihtiyaçlarının tayininde kullanılan bazı toprak analiz metodlarının tarla denemeleriyle kalibrasyonu üzerinde bir araştırma. *TÜBİTAK Yayınları No: 220, Toag Serino: 36*, Ankara.