

## Manisa İli Demirci ve Selendi İlçeleri Tarım Topraklarının Verimlilik Durumlarının Belirlenmesi ve Haritalanması\*


Determining and Mapping the Fertility Levels of Agricultural Soils in Manisa Demirci and Selendi Districts of Manisa Province


Ömer SÖKMEN<sup>1\*</sup>, Nejat ÖZDEN<sup>2</sup>, Selçuk GÖÇMEZ<sup>3</sup>, Nalan DOYURAN<sup>4</sup>


### Öz


Sürdürülebilir tarımda toprağın verimliliği, ürünün verim gücünden daha önemlidir. Esasta ana öge topraktır. Toprağın verimliliği, bitkiler yetiştirmenin en önemli şartıdır. Toprakta bitki besin maddelerinin düşük düzeyde olması, yetersiz ve bilinçsiz kültürel işlemler (sulama, gübreleme, ilaçlama vb.) bitkinin sağlıklı gelişimini olumsuz etkiler. Verimli bir toprağın 0.45'inde mineral madde, 0.25'inde su, 0.25'inde oksijen ve 0.05'inde organik olması istenmektedir. Bu koşulları sağlamadığı durumlarda toprağın verim gücü düşük olmaktadır. İdeal bir tarım toprağında, tekstür, su tutma kapasitesi, toprak derinliği, pH, tuz ve kireç içeriği ile organik madde miktarı başlıca verimlilik göstergesidir. Verimliliğin düşük olduğu durumlarda, ekim nöbeti sistemlerinin uygulanması (bölgeye göre), bitki atıklarının yakılmasının önlenmesi, eğimli arazilerde eğime dik toprak işleme, toprak analizine dayalı gübreleme, organik maddeyi arttırıcı önlemler (yeşil gübreleme, kompost, hayvan gübresi uygulamaları) gibi yöntemlerle verimlilik arttırılabilir. Araştırma, Manisa ili Demirci ve Selendi ilçeleri tarım alanlarında toprakların verimlilik potansiyelini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Çalışma çerçevesinde, ilçelerin tarım alanlarını içine alacak şekilde, 0-20 cm derinlikten, 2500 mx2500 m gridlere bölünerek 83 noktadan örnekleme yapılmıştır. Örnekleme yapılan noktalarda; bünye, pH, EC, kireç, organik madde, makro (fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum) ve mikro element (demir, bakır, çinko, mangan) analizleri yapılmıştır. Sonuçlara göre, bölge üretim alanlarındaki toprakların %26.51'inin kumlu tın (SL), %24.10'unun killi tın (CL) bünyede, %40.96'sının nötr, %38.55'inin hafif alkali, tamamının tuzsuz, %37.35'inin az kireçli, %43.37'sinin organik madde içeriği az, %53.01'inde fosfor, %43.37'sinde magnezyum, %86.75'inde bakır yeter düzeyde, %61.45'inde potasyum, %66.27'sinde kalsiyum fazla seviyede, %65.06'sında demir yüksek, %48.19'unda çinko çok az ve %44.58'inde manganın az olduğu ortaya konulmuştur. Toprak özellikleri belirlendikten sonra, CBS sistemlerinde IDW yöntemi ile dağılım haritaları elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Toprak analizleri, Toprak verimliliği, Besin elementleri, IDW, Demirci, Selendi

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ömer Sökmen, Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü, İzmir/Türkiye. E-mail: [omer.sokmen@tarimorman.gov.tr](mailto:omer.sokmen@tarimorman.gov.tr)  OrcID: 0000-0001-6050-8883

<sup>2</sup> Nejat Özden, Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü, İzmir/Türkiye. E-mail: [nejat.ozden@tarimorman.gov.tr](mailto:nejat.ozden@tarimorman.gov.tr)  OrcID: 0000-0002-5508-8877

<sup>3</sup> Selçuk Göçmez, Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Aydın/Türkiye. E-mail: [selcuk.gocmez@adu.edu.tr](mailto:selcuk.gocmez@adu.edu.tr)  OrcID: 0000-0001-5987-363X

<sup>4</sup> Nalan Doyuran, Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü, İzmir/Türkiye. E-mail: [nalan.doyuran@tarimorman.gov.tr](mailto:nalan.doyuran@tarimorman.gov.tr)  OrcID: 0000-0002-6363-9798

**Atıf:** Sökmen, Ö., Özden, N., Göçmez, S., Doyuran, N. (2024). Manisa İli Demirci ve Selendi İlçeleri tarım topraklarının verimlilik durumlarının belirlenmesi ve haritalanması. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2): 517-532.

**Citation:** Sökmen, Ö., Özden, N., Göçmez, S., Doyuran, N. (2024). Determining and mapping the fertility levels of agricultural soils in Manisa Demirci and Selendi Districts of Manisa Province. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(2): 517-532.

\*Bu çalışma Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü tarafından desteklenen TAGEM/TSKAD/13/A13/P07/01-01 numaralı "İzmir, Manisa ve Aydın İlleri Tarım Topraklarının Bitki Besin Maddesi ve Potansiyel Toksik Element Kapsamlarının Belirlenmesi, Veri Tabanının Oluşturulması ve Haritalanması" isimli projeden özetlenmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2024

## **Abstract**

In sustainable agriculture, the fertility of the soil is more important than the yield strength of the product. In fact, the main element is the soil. The fertility of the soil is the most important condition for growing plants. The low level of plant nutrients in the soil, insufficient and inappropriate cultural applications (irrigation, fertilization, spraying, etc.) adversely affect the healthy crop growth. A fertile soil is required to have 0.45 mineral matter, 0.25 water, 0.25 oxygen and 0.05 organic matter. If these conditions are not met, the productivity of the soil decreases. In an ideal agricultural soil, texture, water holding capacity, soil depth, pH, salinity, lime content and organic matter are the main fertility indicators. If the fertility is low, it can be increased by methods such as crop rotation systems (depending on the region), prevention of burning of plant wastes (stubble), tillage perpendicular to the slope in sloping lands, fertilization based on soil analysis and applications to increase organic matter (green manure, compost, animal manure applications). The research was carried out in order to determine the fertility levels of agricultural soils in Demirci and Selendi districts of Manisa province. Within the scope of the research, 83 soil samples were taken from 0-20 cm soil depth with the grids of 2500 m x 2500 m to cover agricultural lands of the districts. In the soil samples; body, pH, EC, lime, organic matter, macro (phosphorus, potassium, calcium, magnesium) and microelement (iron, copper, zinc, manganese) analyzes were run. According to the results of the research, it has been found that 26.51% of the region's soil is sandy loam (SL), 24.10% is clayey loam (CL), 40.96% is neutral, 38.55% is slightly alkaline, all is salt-free, 37.35% is slightly calcareous, 43.37% has low organic matter, 53.01% has sufficient phosphorus levels, 43.37% has sufficient magnesium levels, 86.75% has sufficient copper levels, 61.45% has high potassium levels, 66.27% has high calcium levels, 65.06% has high iron levels, 48.19% has very low zinc levels and 44.58% has low manganese levels. After the determination of soil parameters, distribution maps were created using the IDW method in GIS systems.

**Keywords:** Soil analyses, Soil fertility, Nutrients, IDW, Demirci, Selendi

## 1. Giriş

Tarımsal üretimin temeli topraktır. Toprak hem kayaların parçalanması hem de organik maddenin çözünmesinden meydana gelen, birçok canlıya ev sahipliği yapan, bitkilere mekan ve besi ortamı sağlayan doğal bir yapıdır. Tarımda sağlıklı ürün elde edilmesinin ilk şartı, toprak verimliliğinin artırılmasıdır. Toprağın üretkenliğini etkileyen etmenlerin başında bitki besin elementleri gelmektedir. Bitkiler, ihtiyacı olan besin maddelerinin büyük bir kısmını topraktan alırlar. Bitki besin maddeleri makro ve mikro olarak ikiye ayrılırlar. Bunlardan karbon, hidrojen, oksijen, azot, fosfor, kükürt, potasyum, kalsiyum, magnezyum, sodyum makro elementler olarak ayrılırken; demir, bakır, çinko, mangan, molibden, bor ve klor ise mikro elementler olarak tanımlanırlar. Sürdürülebilir toprak verimliliği için üretim alanlarının özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Toprağı tanıma çalışmaları yanından toprakta yapılan işlemlere ait geçmişin ve çevresel faktörlerin de bilinmesi iyi bir toprak yönetimi için gerekli şartlardan birisidir. Üretim alanlarının özelliklerinin saptanıp, elde edilecek sonuçların bir veri tabanında toplanması, bölge üretim alanlarının sürdürülebilir yönetimine yönelik gelecekte yapılacak çalışmalar için de yol gösterici olacaktır.

İnsanoğlunun sorumsuzca yaptığı gübreleme, ilaçlama ve sulama gibi uygulamalar neticesinde toprağın sürekliliği ve verimliliği azalmakta, toprak yorgunluğuna sebep olmaktadır. Toprak yorgunluğu da, çevre kirliliği kadar önemsenmese de, toprakların ekonomikliği açısından dikkat edilmesi gereken konulardan biridir (Bellitürk, 2011). Tarım yapılan topraklara uygulanan bitki besin maddeleri (gübreleme), doğru şekilde ve ihtiyacı kadar uygulandıkları şartlarda herhangi bir kirliliği sebep olmazlar. Fakat ihtiyaçtan fazla uygulanan besin maddeleri, diğer besin maddelerinin alınmasını engelledikleri için kirlileticiler olabilirler.

Üretim alanlarındaki toprak özelliklerine ait verilerin güncel olmayışı, toprak verimliliği açısından ülkemizde önemli bir sorun oluşturmaktadır. İhtiyaç duyulan toprak özelliklerine ait verilerin etkinliği, güncellikleri ile doğru orantılıdır. Tarım alanlarımızın özelliklerinin belirlenip, güncel veri tabanı oluşturulması, toprak kaynaklarının doğru kullanımına yönelik yeni çalışmalar için de ön bilgiler sağlayacaktır. Koordinatları belirlenmiş tarım alanlarından alınan topraklarda yapılacak analizler sonucunda, tespit edilen özelliklerin zamansal değişimleri de takip edilerek, üretim alanlarındaki olumlu-olumsuz değişimler izlenebilecektir.

Manisa ili Demirci ve Selendi ilçelerinde, tarım topraklarının verimlilik potansiyelinin bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarıyla değerlendirilmesi, elde edilen verilerin CBS kapsamında ters mesafe ağırlık yöntemi kullanılarak haritalanması bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

#### 2.1.1. Coğrafi konum

Manisa iline bağlı 1230 km<sup>2</sup> 'lik alana sahip Demirci ilçesi Ege Bölgesi'nin İç Batı Anadolu kısmında 39° 2' 45" kuzey enlemleri ile 28° 39' 32" doğu boylamları arasında yer alır. İlçenin ortalama denizden yüksekliği ortalama 900 metre olup, il merkezine 165 km uzaklıktadır. Doğu ve kuzeydoğusunda Kütahya, kuzeyinde Balıkesir ili ile güneyinde Manisa ilçelerinden Selendi, Kula, batısında ise Gördes ile kısmen de Köprübaşı ilçeleri ile komşudur. Selendi ilçesi ise Manisa ilinin doğu kısmında 850 km<sup>2</sup>'lik yüz ölçüme sahip olup 38° 44' 38" kuzey enlemleri ve 28° 52' 2" doğu boylamlarında bulunmaktadır. Kuzeyinde Kütahya ili Simav ilçesi ve Demirci, batısında Kula ve Demirci ilçeleri, doğusunda Uşak, güneyinde yine Uşak ve Kula yer almaktadır (*Şekil 1*).

#### 2.1.2. İklim özellikleri

Çalışma alanı, Karasal iklim ve Akdeniz ikliminin geçiş bölgesinde yer alır. Bölgede aylık ortalama sıcaklık 13.6°C olup, en yüksek sıcaklık 39.0°C ile temmuz, en düşük sıcaklığın ise -12.6°C ile şubat ayında saptanmıştır. Ortalama yağış 624 mm, nispi nem %58.5'dir. Rüzgâr hızı ortalama 2.8 m sn<sup>-1</sup>'dir. Aylık ortalama sisli günler sayısı 7.35 olup, bulutlu günler sayısı 197.5'dir. Aylık ortalama kar yağışlı günler sayısı ise 7.76'dır. En hızlı rüzgâr yönünün NNW ve hızının ise 35.1 m sn<sup>-1</sup> olduğu görülmektedir (Anonim, 2019).



Figure 1. Research area

Şekil 1. Araştırma alanı

## 2.2. Metot

Manisa ili Demirci ve Selendi ilçeleri tarım alanlarında örnekleme yapılarak, verimlilik durumlarının belirlenmesi ile haritalanması amacıyla gerçekleştirilen bu araştırma başlıca 4 aşamada yürütülmüştür.

### 2.2.1. Üretim alanlarında toprak örneklerinin alınması

Çalışmada, alınacak toprak örneği sayısını tespit etmek için üretim alanları, 2500 m x 2500 m'lik gridlere bölünmüş ve 83 örnekleme noktası belirlenmiştir (Şekil 2). Belirlenen örnekleme noktalarına gidilerek 0-20 cm derinlikten toprak örnekleri alınmıştır.

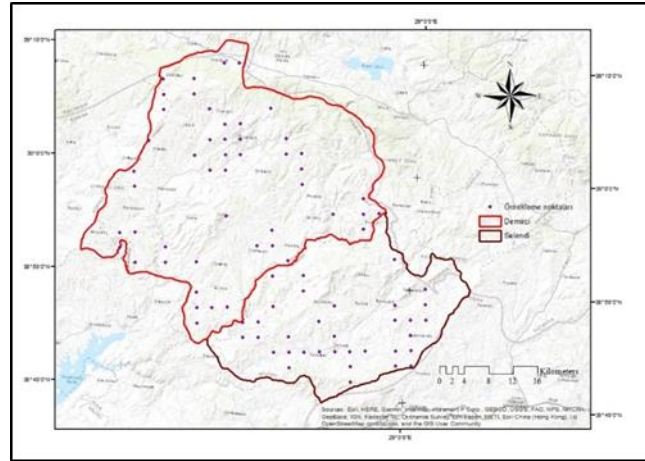


Figure 2. Soil sampling points

Şekil 2. Toprak örnekleme noktaları

### 2.2.2. Toprak örneklerinde laboratuvar analizleri

Laboratuvarda kurutulmuş toprak örnekleri 2 mm'lik elekten elenmiş ve analize tabi tutulmuştur. Örneklerde; kum, kil ve silt yüzdeleri, Bouyoucos hidrometre yöntemiyle (Bouyoucos, 1951); toprak reaksiyonu (pH), saturasyon çamurunda cam elektrotlu pH metre ile tayin edilmiştir (Richards, 1954). Toprakların elektriksel iletkenlik (EC) değerleri, saturasyon çamurunda kondaktivite cihazı ile ölçülmesiyle (Aydemir, 1992); kireç (CaCO<sub>3</sub>) içerikleri, Scheibler kalsimetresi ile volümetrik metotla (Hızalan ve Ünal, 1966); organik madde, modifiye Walkley-Black yöntemiyle saptanmıştır (Jackson, 1962). Alkalın ve nötr karakterli toprakların fosfor içerikleri Olsen (1954) yöntemine göre, asit karakterli toprakların fosfor içerikleri ise Bray ve Kurtz (1945) yöntemine göre, potasyum Pratt (1965), kalsiyum ve magnezyum Jackson (1962)'a göre, alınabilir mikro element

(Zn, Fe, Mn, Cu) miktarları, Lindsay ve Norvell (1978)'e göre, DTPA ile ekstraksiyon yöntemine göre belirlenmiştir.

### 2.2.3. Analiz sonuçlarının değerlendirilmesi

Çalışma alanı topraklarında yapılan fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarına göre saptanan veriler *Tablo 1*'deki sınır değerlere göre incelenmiştir. Verilerin istatistiki analizlerinde SPSS paket programı kullanılmıştır.

**Tablo 1. Toprak analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde kullanılan sınır değerler**

*Table 1. Limit values used in the evaluation of soil analysis results*

Özellik	Yeterlik Sınıfı					
	Kuvvetli asit	Orta asit	Hafif asit	Nötr	Hafif alkali	Kuvvetli alkali
pH	<4.5	4.5-5.5	5.5-6.5	6.5-7.5	7.5-8.5	>8.5
EC (dS m <sup>-1</sup> )	Tuzsuz	Hafif tuzlu	Orta tuzlu	Kuvvetli tuzlu	Çok kuvvetli tuzlu	
	<2	2-4	4-8	8-16	>16	
Kireç (CaCO <sub>3</sub> ) (%)	Az kireçli	Kireçli	Orta kireçli	Fazla kireçli	Çok fazla kireçli	
	0-1	1-5	5-15	15-25	>25	
Organik madde (%)	Çok az	Az	Orta	İyi	Yüksek	
	0-1	1-2	2-3	3-4	>4	
Fosfor (mg kg <sup>-1</sup> )	Çok az	Az	Yeterli	Fazla	Çok fazla	
	<2.5	2.5-8	8-25	25-80	>80	
Potasyum (cmol kg <sup>-1</sup> )	Çok az	Az	Yeterli	Fazla	Çok fazla	
	<0.13	0.13-0.28	0.28-0.74	0.74-2.56	>2.56	
Kalsiyum (cmol kg <sup>-1</sup> )	Çok az	Az	Yeterli	Fazla	Çok fazla	
	<1.19	1.19-5.75	5.75-17.5	17.5-50	>50	
Magnezyum (cmol kg <sup>-1</sup> )	Çok az	Az	Yeterli	Fazla	Çok fazla	
	<0.42	0.42-1.33	1.33-4	4-12.5	>12.5	
Demir (mg kg <sup>-1</sup> )	Az	Orta	Yüksek			
	<2.5	2.5-4.5	>4.5			
Bakır (mg kg <sup>-1</sup> )	Yetersiz	Yeterli				
	<0.2	>0.2				
Çinko (mg kg <sup>-1</sup> )	Çok az	Az	Yeterli	Fazla	Çok fazla	
	<0.2	0.2-0.7	0.7-2.4	2.4-8	>8	
Mangan (mg kg <sup>-1</sup> )	Çok az	Az	Yeterli	Fazla	Çok fazla	
	<4	4-14	14-50	50-170	>170	

### 2.2.4. Veri tabanı oluşturma ve haritalama

Çalışmada; bölgeye ait temel coğrafi veriler ile analiz sonuçlarından elde edilen veriler, ArcGIS ortamında oluşturulan veri tabanına yüklenerek analizleri yapılmış ve haritalar oluşturulmuştur. Arazide belli bir koordinat sisteminde alınan topraklara ait analiz değerleri kullanılarak, deterministik bir yöntem olan "Inverse Distance Weighting (IDW)" enterpolasyon metodu ile haritalar üretilmiştir.

IDW'de formülasyonu (Loyd, 2007);

$$z(X_0) = \frac{\sum_{i=1}^n z(X_i) \cdot d_{i0}^{-r}}{\sum_{i=1}^n d_{i0}^{-r}} \quad (\text{Eş. 1})$$

şeklinde dir.

1 numaralı denklemde; tahminlerin yapıldığı  $X_0$  lokasyonu, komşu ölçümleri  $n$ 'nin bir fonksiyonudur ( $z(X_{0i})$  ve  $i=1,2,\dots,n$ );  $r$  gözlemlerin her birinin atanmış aralığını belirleyen üstür ve  $d$  gözlem lokasyonu  $X_i$  ile tahmin lokasyonu  $X_0$ 'ı ayıran mesafedir.

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Araştırma alanı topraklarına ait analiz sonuçlarına ait istatistiksel değerler *Tablo 2* ve *3*'te, toprak kriterlerine ait değerlendirmeler ise *Tablo 4* ve *5*'te verilmiştir.

Toprak tekstürü, kum, kil ve silt niceliğinin oransal tespiti dir. Tekstür, toprakta değişimi minimum düzeyde olan önemli fiziksel özelliklerinden biridir. Tekstür, toprağın işlenebilirliğini, suyun tutma kapasitesini ve hareketini, agregat oluşumu, erozyona karşı direncini ve bitki besin maddesi muhteviyatını önemli oranda etkilemektedir (Brady ve Weil, 2008). Tablodan da görüldüğü gibi, araştırma alanı topraklarının yarısını kumlu tın (%26.51) ve killi tın (%24.10) bünyeli topraklar oluşturmaktadır ve bunu kumlu killi tın, kil ve tınlı kum bünye sınıfları izlemektedir (*Şekil 3, 4* ve *5*).

**Tablo 2. Araştırma alanı topraklarına ait fiziksel ve kimyasal özellikler yönünden tanımlayıcı istatistikler**

Table 2. Descriptive statistics in terms of physical and chemical properties of the soils of the research area

	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	pH	EC (dS m <sup>-1</sup> )	Kireç (CaCO <sub>3</sub> ) (%)	Org. Madde (%)
En Düşük	23.28	5.28	1.28	5.10	0.05	0.01	0.59
En Yüksek	90.72	36.00	55.44	7.93	2.19	42.65	3.87
Ortalama	54.51	20.57	24.92	7.13	0.55	9.58	1.73
Basıklık	0.34	0.05	0.25	-1.25	1.66	1.41	0.73
Çarpıklık	-0.95	-0.42	-0.81	0.72	6.25	0.83	0.03
Ortanca	53.84	20.72	22.72	7.35	0.54	3.95	1.52
Std. Sapma	16.92	6.44	1.40	0.69	0.34	12.70	0.78
Varyans	286.30	41.51	195.37	0.48	0.11	161.18	0.62
Değ. Kat.	31.04	31.31	5.62	9.68	61.82	132.56	45.09

**Tablo 3. Araştırma alanı topraklarına ait makro ve mikro elementler yönünden tanımlayıcı istatistikler**

Table 3. Descriptive statistics in terms of macro and micro elements belonging to the soils of the research area

	Fosfor (mg kg <sup>-1</sup> )	Potasyum (cmol kg <sup>-1</sup> )	Kalsiyum (cmol kg <sup>-1</sup> )	Magnezyum (cmol kg <sup>-1</sup> )	Demir (mg kg <sup>-1</sup> )	Bakır (mg kg <sup>-1</sup> )	Çinko (mg kg <sup>-1</sup> )	Mangan (mg kg <sup>-1</sup> )
En Düşük	1.22	0.25	1.55	0.48	1.36	0.01	0.01	1.06
En Yüksek	109.62	3.46	57.62	13.55	182.98	14.37	3.94	48.35
Ortalama	14.77	1.06	24.42	4.08	14.66	0.95	0.51	8.33
Basıklık	3.72	1.25	0.24	1.25	4.51	7.66	2.83	2.52
Çarpıklık	19.76	2.10	-0.62	0.84	26.08	65.13	8.59	5.84
Ortanca	10.86	0.96	23.07	2.97	6.21	0.69	0.22	4.40
Std. Sapma	14.92	0.60	13.28	3.17	24.86	1.58	0.76	10.36
Varyans	222.49	0.36	176.29	10.05	618.04	2.50	0.57	107.30
Değ. Kat.	101.02	56.60	54.38	77.70	169.58	166.32	149.01	124.37

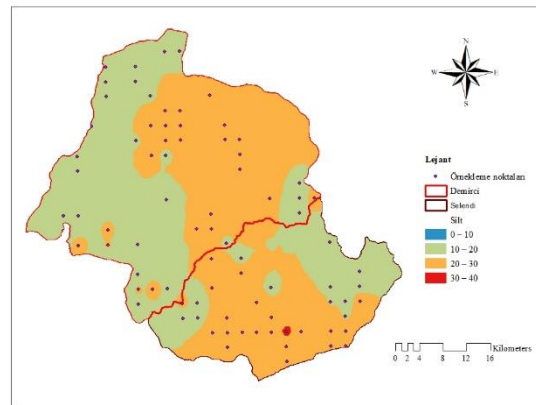


Figure 3. Change in the sand content of the soils of the region

**Şekil 3. Bölge topraklarının kum içeriğine ait değişimi**

**Tablo 4. Araştırma alanı topraklarının fiziksel ve kimyasal özellikler yönünden sınıflandırılması**

Table 4. Classification of the soils of the research area in terms of physical and chemical properties

Toprak Özellikleri	Sınır Değerler	Değerlendirme	Örnek Sayısı		Toplam	%
			Demirci	Selendi		
Bünye	-	Kum		1	1	1.20
	-	Tınlı Kum	9	2	11	13.25
	-	Kumlu Tın	18	4	22	26.51
	-	Tın	3	2	5	6.02
	-	Siltli Tın				
	-	Silt				
	-	Kumlu Killi Tın	4	8	12	14.46
	-	Killi Tın	8	12	20	24.10
	-	Siltli Killi Tın				
	-	Kumlu Kil				
pH	-	Siltli Kil				
	-	Kil	7	5	12	14.46
	<4.5	Kuvvetli asit				
	4.5-5.5	Orta asit	3		3	3.61
	5.5-6.5	Hafif asit	10	4	14	16.87
	6.5-7.5	Nötr	27	7	34	40.96
EC (dS m <sup>-1</sup> )	7.5-8.5	Hafif alkali	9	23	32	38.55
	>8.5	Kuvvetli alkali				
	<2	Tuzsuz	49	34	83	100.00
	2-4	Hafif tuzlu				
Kireç (CaCO <sub>3</sub> ) (%)	4-8	Tuzlu				
	8-16	Çok tuzlu				
	>16	Aşırı tuzlu				
	<1.0	Az kireçli	20	11	31	37.35
	1.0-5.0	Kireçli	9	6	15	18.07
Org. madde (%)	5.0-15.0	Orta kireçli	11	5	16	19.28
	15.0-25.0	Fazla kireçli	6	3	9	10.84
	>25.0	Çok fazla kireçli	3	9	12	14.46
	<1.0	Çok az	17	2	19	22.89
Org. madde (%)	1.0-2.0	Az	17	19	36	43.37
	2.0-3.0	Orta	11	12	23	27.71
	3.0-4.0	İyi	4	1	5	6.02
	>4.0	Yüksek				

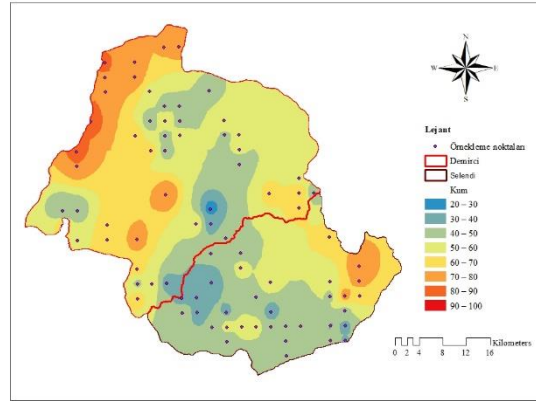


Figure 4. Change in the silt content of the soils of the region

Şekil 4. Bölge topraklarının silt içeriğine ait değişimi

**Tablo 5. Araştırma alanı topraklarının makro ve mikro elementler yönünden sınıflandırılması**

Table 5. Classification of the soils of the research area in terms of macro and micro elements

Toprak Özellikleri	Sınır Değeri	Değerlendirme	Örnek Sayısı		Toplam	%
			Demirci	Selendi		
Fosfor (mg kg <sup>-1</sup> )	<2.5	Çok az		2	2	2.41
	2.5-8	Az	12	14	26	31.33
	8-25	Yeter	31	13	44	53.01
	25-80	Fazla	6	4	10	12.05
	>80	Çok fazla		1	1	1.20
Potasyum (cmol kg <sup>-1</sup> )	<0.13	Çok az		2	2	2.41
	0.13-0.28	Az	2		2	2.41
	0.28-0.74	Yeter	20	9	29	34.94
	0.74-2.56	Fazla	26	25	51	61.45
	>2.56	Çok fazla	1		1	1.20
Kalsiyum (cmol kg <sup>-1</sup> )	<1.19	Çok az				
	1.19-5.75	Az	7	1	8	9.64
	5.75-17.5	Yeter	12	6	18	21.69
	17.5-50	Fazla	29	26	55	66.27
	>50	Çok fazla	1	1	2	2.41
Magnezyum (cmol kg <sup>-1</sup> )	<0.42	Çok az				
	0.42-1.33	Az	10	3	13	15.66
	1.33-4	Yeter	28	8	36	43.37
	4-12.5	Fazla	11	21	32	38.55
	>12.5	Çok fazla		2	2	2.41
Demir (mg kg <sup>-1</sup> )	<2.5	Az	3	7	10	12.05
	2.5-4.5	Orta	11	8	19	22.89
	>4.5	Yüksek	35	19	54	65.06
Bakır (mg kg <sup>-1</sup> )	<0.2	Yetersiz	11		11	13.25
	>0.2	Yeterli	38	34	72	86.75
	<0.2	Çok az	26	14	40	48.19
Çinko (mg kg <sup>-1</sup> )	0.2-0.7	Az	12	13	25	30.12
	0.7-2.4	Yeter	8	6	14	16.87
	2.4-8	Fazla	3	1	4	4.82
	>8	Çok fazla				
	<4	Çok az	21	12	33	39.76
Mangan (mg kg <sup>-1</sup> )	4-14	Az	26	11	37	44.58
	14-50	Yeter	2	11	13	15.66
	50-170	Fazla				
	>170	Çok fazla				

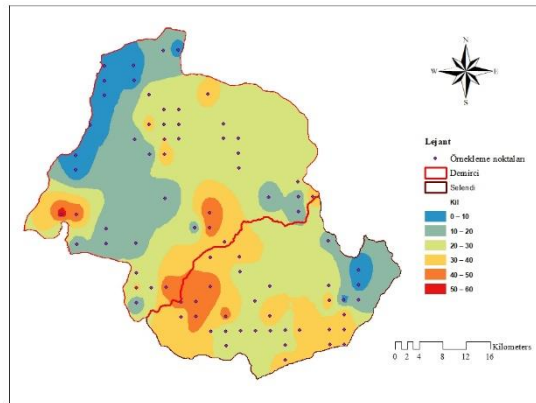


Figure 5. Change in the clay content of the soils of the region

Şekil 5. Bölge topraklarının kil içeriğine ait değişimi



Toprak reaksiyonu (pH), toprağın verim gücünü belirleyen önemli kriterlerden biridir. pH; toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir (Brady ve Weil, 2008; Sağlam, 2008). Araştırma alanı topraklarında pH; 5.10-7.93 arasında değişmekte olup, toprakların %40.96'sının nötr, %38.55'inin hafif alkali karakterde olduğu saptanmıştır. pH'sı 7.5'in üzerinde olan topraklara kükürt ve jips uygulamaları ile pH düşürülebilir (Şekil 6).

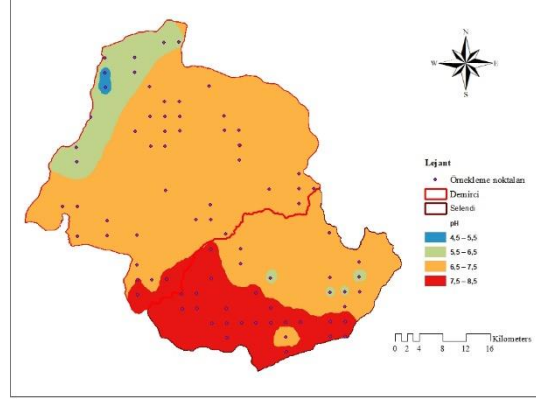


Figure 6. Change in the pH content of the soils of the region

#### Şekil 6. Bölge topraklarının pH içeriğine ait değişimi

Bitki besin maddelerinin topraktaki miktarının eksik veya çokluğu bitkinin düzenli gelişimini etkilemektedir. Örnek olarak, toplam eriyebilir yüksek tuz içeriği gösterilebilir. Bitki gelişimi, tuz ihtivası 0.1 kg olan toprakta, 0.15 kg'ın üzerinde olma durumunda bitki büyümesini olumsuz etkiler (Altınbaş ve ark., 2004). Örnekleme yapılan noktalarda EC; 0.05-2.19 dS m<sup>-1</sup> arasında olup, toprakların tamamının tuzsuz olduğu belirlenmiştir (Şekil 7).

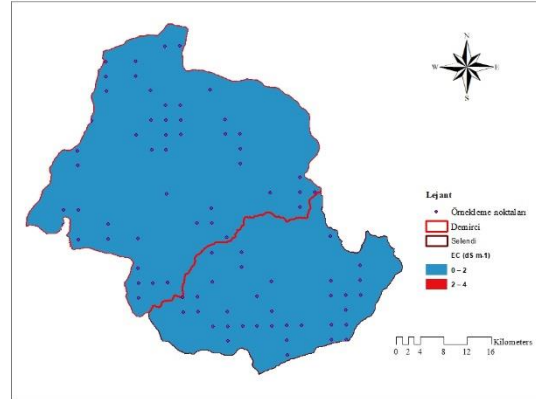


Figure 7. Change in the EC content of the soils of the region

#### Şekil 7. Bölge topraklarının EC içeriğine ait değişimi

Topraklarda kireç çoğunlukla CaCO<sub>3</sub> veya CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> şeklinde bulunur. Kireç, suyun etkisi ile çözünerek iyonlara ayrılır. Bunların ortamda fazla bulunması bitkinin beslenmesi açısından sorun oluşturur. Araştırma alanı topraklarında kireç (CaCO<sub>3</sub>); %0.01-42.65 arasında değişmekte olup, toprakların %37.35'inin az kireçli, %19.28'inin orta kireçli ve %18.07'sinin ise kireçli olduğu tespit edilmiştir (Şekil 8).

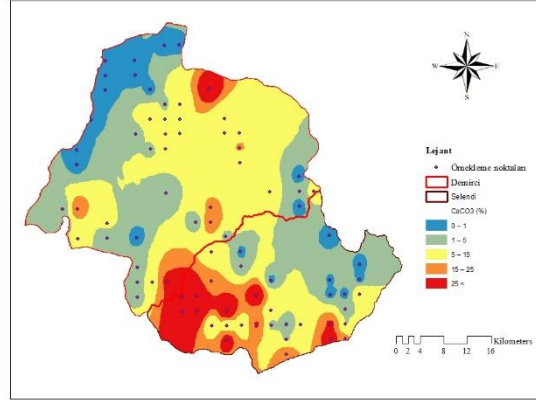


Figure 8. Change in the  $CaCO_3$  content of the soils of the region

**Şekil 8. Bölge topraklarının  $CaCO_3$  içeriğine ait değişimi**

Topraktaki azotunun büyük bir kısmını toprak organik maddesi oluşturur (Altınbaş ve ark., 2004). Bölge topraklarının organik madde miktarı; %0.59-3.87 arasında olup, toprakların %43.37'sinde az düzeyde organik madde kapsadığı bulunmuştur. Organik madde, toprağın verim kabiliyetini etkileyen öncelikli kriterlerden biridir. Minimum toprak işleme, yeterli-zamanında yapılan azotlu gübre uygulamaları, yeşil gübreleme ve olgunlaştırılmış ahır gübresi uygulamaları yapılarak organik madde seviyesi toprakta zenginleştirilebilir (Şekil 9).

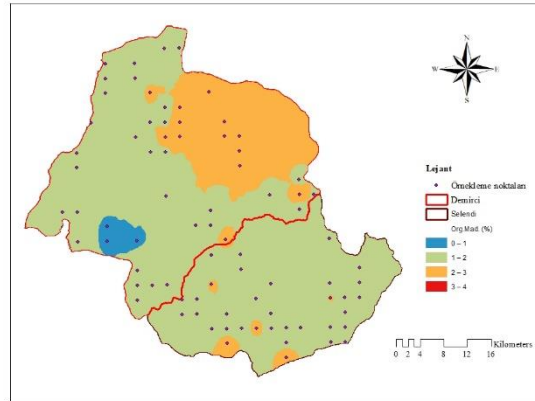


Figure 9. Change in the organic matter content of the soils of the region

**Şekil 9. Bölge topraklarının organik madde içeriğine ait değişimi**

Özdemir (2019), değişik arazi kullanım türlerindeki toprakların özelliklerini açıklamak amacıyla, Manisa-Demirci yöresinde yaptığı çalışmada iki farklı derinlikten (0-30, 30-60 cm) tesadüfi olarak toprak örnekleme yapmıştır. Yapılan analizlere göre, toprakların; bünye sınıfını kumlu balçık özellikte, nötr reaksiyonlu, tuzsuz ve az kireçli olarak saptamıştır. Özkan (2021), Manisa ili, Demirci ilçesinde tütün üretim alanlarının toprak verimlilik haritalarının oluşturulması amacıyla yaptığı çalışma sonucunda, toprakların büyük çoğunluğunun hafif alkali, %55.70'inin orta kireçli, %73.34'ünün tuzsuz ve %60.99'unda ise organik maddenin düşük olduğunu saptamıştır. Özden ve ark. (2022), Manisa'da yaptıkları çalışmada, il topraklarının %33.29'unun kumlu tın, %62.20'sinin hafif alkali, %94.36'sının tuzsuz, %33.57'sinin orta kireçli, %64.88'inin organik madde içeriğini düşük olarak belirlemişlerdir.

Toprakta fosfor; bitkilerin gereksinim duyduğu mutlak elementlerden biridir. Bitki açısından fosfor; kök gelişimi, bitki olgunlaşması, erken tohum teşekkülü, dölllenme ile hastalık ve zararlılara karşı direnci arttırdığından önemli besin elementidir. Fakat fosforun topraktaki fiksasyonu fazla olduğu için bitki açısından da elverişliliği ortam şartlarına göre az olabilmektedir. Toprakta fosfor fiksasyonuna toprakta bulunan kil tipi ve miktarı, toprak pH'sı, organik madde miktarı ve kireç gibi etmenler etki eder (Bilen ve Sezen, 1993). Araştırma alanı topraklarında

fosfor; 1.22-109.62 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmekte olup, toprakların %53.01'inde yeter ve %31.33'ünde fosforun az seviyede olduğu belirlenmiştir (Şekil 10).

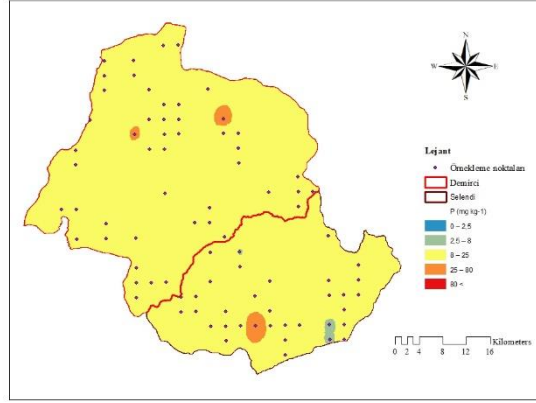


Figure 10. Change in the phosphorus content of the soils of the region

**Şekil 10. Bölge topraklarının fosfor içeriğine ait değişimi**

Potasyum, toprakta en fazla bulunan besin maddelerinden biridir. Toprak çözeltisinde bulunan potasyum, inorganik ve organik toprak kolloidleri tarafından adsorbe edilmiş değişebilir potasyum ve minerallerin yapısında bulunan potasyum olmak üzere üç grup altında tanımlanır. Toprakların kil miktarı ve çeşidi, kireç içeriği, pH değeri gibi diğer bazı toprak özelliklerinin toprakta potasyumun serbest bırakılması veya fikse edilmesi gibi süreçler üzerinde etkili olmasından dolayı potasyumun toprakta dağılımı değişkenlik göstermektedir (Bilen ve Sezen, 1993). Araştırma alanı topraklarında potasyum; 0.25-3.46 cmol kg<sup>-1</sup> arasında ve toprakların %61.45'inde potasyumun fazla düzeyde olduğu belirlenmiştir (Şekil 11).

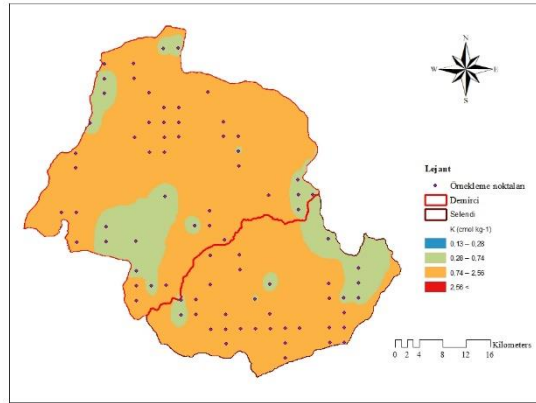


Figure 11. Change in the potassium content of the soils of the region

**Şekil 11. Bölge topraklarının potasyum içeriğine ait değişimi**

Kalsiyum bitkiler için önemli besin maddelerinden biridir. Kalsiyum toprakta; primer mineraller, alüminyum silikatlar (feldispatlar ve amfiboller), kalsiyum fosfatlar ve kireçli topraklarda kalsit veya dolomit şeklinde bulunur. Kalsiyum; bitki hücre çeperinin önemli unsurlarından biridir, bitki köklerinin gelişmesinde ve meyve kalite özellikleri üzerinde önemli etkileri vardır. Araştırma alanı topraklarında kalsiyum 1.55-57.62 cmol kg<sup>-1</sup> arasında değişmekte olup, toprakların %66.27'sinde fazla seviyede olduğu saptanmıştır (Şekil 12).

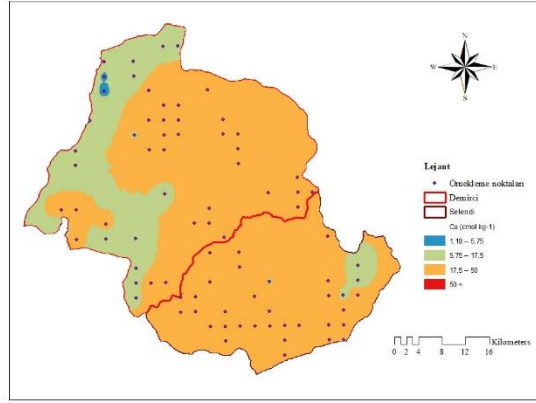


Figure 12. Change in the calcium content of the soils of the region

**Şekil 12. Bölge topraklarının kalsiyum içeriğine ait değişimi**

Magnezyum; bitkilerde yaprağın yeşil rengini veren klorofilin temel yapı taşı olmakla birlikte, protein sentezinde, enzimatik tepkimelerde ve vitaminlerin ortaya çıkmasında etkili olan mikro elementlerden biridir. Araştırma alanı topraklarında magnezyum; 0.48-13.55 cmol kg<sup>-1</sup> arasında değişmekte olup, toprakların %43.37'sinde yeter, %38.55'inde fazla düzeyde belirlenmiştir (Şekil 13).

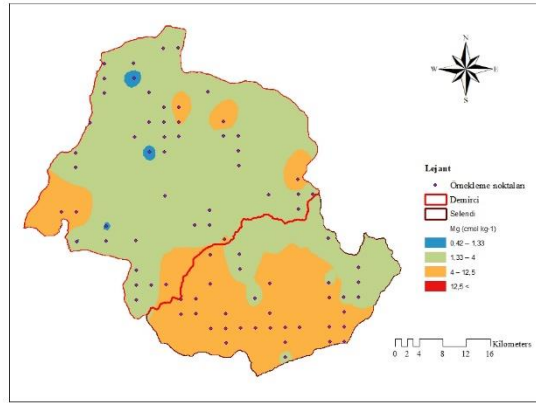


Figure 13. Change in the magnesium content of the soils of the region

**Şekil 13. Bölge topraklarının magnezyum içeriğine ait değişimi**

Özdemir (2019); değişik arazi kullanım türlerindeki toprakların özelliklerini açıklamak amacıyla, Manisa-Demirci yöresinde yaptığı araştırmada, orman topraklarında 21.34 mg kg<sup>-1</sup> fosfor, 206.21 mg kg<sup>-1</sup> potasyum, 46.09 mg kg<sup>-1</sup> magnezyum, tarım topraklarında 16.94 mg kg<sup>-1</sup> fosfor, 203.32 mg kg<sup>-1</sup> potasyum, 49.51 mg kg<sup>-1</sup> magnezyum, mera topraklarında 7.59 mg kg<sup>-1</sup> fosfor, 151.57 mg kg<sup>-1</sup> potasyum ile 72.85 mg kg<sup>-1</sup> magnezyum tespit etmiştir. Özkan (2021), Manisa ilinin Demirci ilçesinde tütün üretim alanlarının toprak verimlilik haritalarının oluşturulması amacıyla yaptığı çalışma sonucunda, toprakların %67.58'inde fosforun düşük, %45.57'sinde potasyumun yeterli, %54.12'sinde kalsiyumun çok fazla, %87.68'inde magnezyumun orta düzeyde olduğunu saptamıştır. Özden ve ark. (2022), Manisa ilinde yaptıkları çalışmada, toprakların %25.39'unda çok yüksek alınabilir fosfor ve %94.07'sinde ise alınabilir potasyumun yüksek olduğunu saptamışlardır

Mikro elementler bitki bünyesinde ve topraklarda makro elementlere göre oransal olarak daha küçük yoğunlukta yer alırlar. Demir, bakır, çinko ve mangan mikro elementlerden bazılarıdır (Koca ve ark., 2019).

Asit tepkimeli topraklarda çözünebilir demirin fazla miktarda olmasına karşılık nötr ve alkali toprak pH'sında demirin çözünürlüğü azalmaktadır. Kurak ve yarı kurak bölgelerde oluşan topraklarda yetiştirilen bitkilerde noksanlığı en çok görülen besin maddesidir. Kurak koşullarda, toprakta fazla miktarda kireç bulunması ve toprak pH'sının yüksek olması durumunda toprakta demir noksanlığı görülmesi olasıdır. Toprak analiz sonuçlarına göre,

demir elementi miktarı; 1.36-182.98 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmekte olup, toprakların %65.06'sında demirin yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir (Şekil 14).

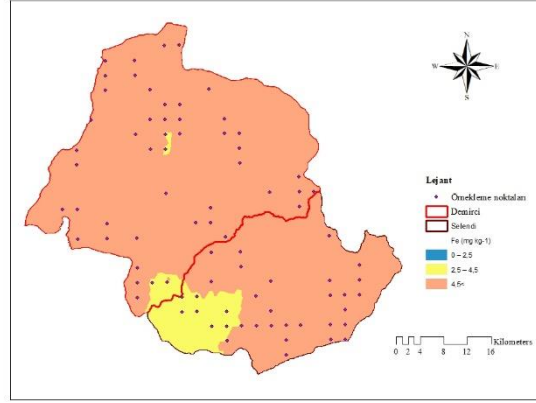


Figure 14. Change in the iron content of the soils of the region

**Şekil 14. Bölge topraklarının demir içeriğine ait değişimi**

Bakır, bitkiler tarafından az miktarda kullanılan besin elementidir. Bitkiler tarafından az kullanılması, bu elementin diğer elementlerden daha önemsiz olduğunu göstermez. Bitki bünyesinde protein tüketimini ayarlayan, klorofil yapıları ve solunumda görev alan bir elementtir (Aktaş ve Ateş, 1998). Toprak analiz sonuçlarına göre bölge topraklarının bakır düzeyi; 0.01-14.37 mg kg<sup>-1</sup> arasında olup %86.75'inde bakırın yeterli düzeyde olduğu belirlenmiştir (Şekil 15).

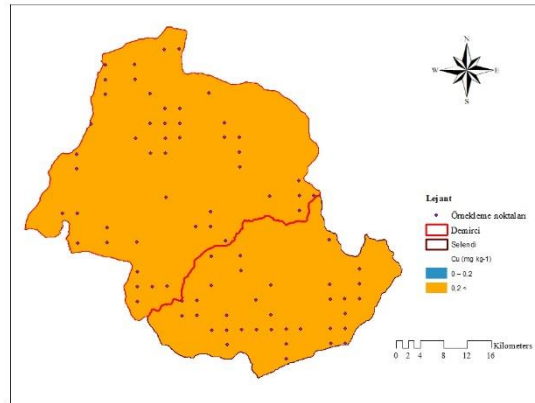


Figure 15. Change in the copper content of the soils of the region

**Şekil 15. Bölge topraklarının bakır içeriğine ait değişimi**

Çinko, çinko sülfat şeklindedir. Fakat silikatlarda Mg<sup>2+</sup> ile yer değiştirdiği bilinir. Havalanma işlemleri sırasında özellikle asit oksitleyici çevrelerde çinko mineralinin çözünmesiyle Zn<sup>2+</sup> oluşur. Fakat çinko mineral ve organik maddelerce kolayca adsorbe olur ve böylece tüm toprak çeşitlerinde yüzeyde çinko birikimi gözlenir (Bakırcıoğlu, 2009). Bölge topraklarının çinko düzeyi; 0.01-3.94 mg kg<sup>-1</sup> değerleri arasında ve %48.19'unda çinkonun az, %30.12'sinde az düzeyde olduğu saptanmıştır (Şekil 16).

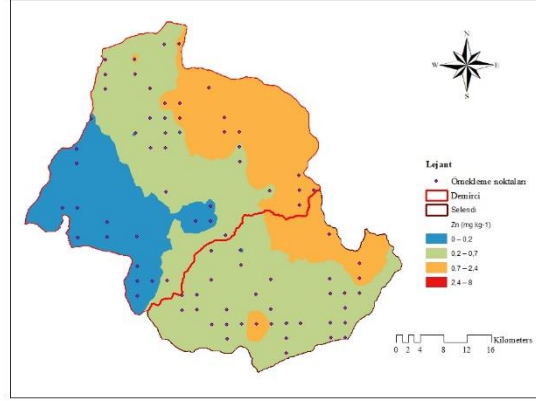


Figure 16. Change in the zinc content of the soils of the region

**Şekil 16. Bölge topraklarının çinko içeriğine ait değişimi**

Mangan elementi, toprak çözeltilerinde basit veya kompleks iyonları şeklinde olabilir. Bütün Mn bileşikleri toprak için önemlidir. Bölge topraklarında mangan miktarı; 1.06-48.35 mg kg<sup>-1</sup> arasında ve %44.58’inde az, %39.76’ında ise manganın çok az düzeyde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 17).

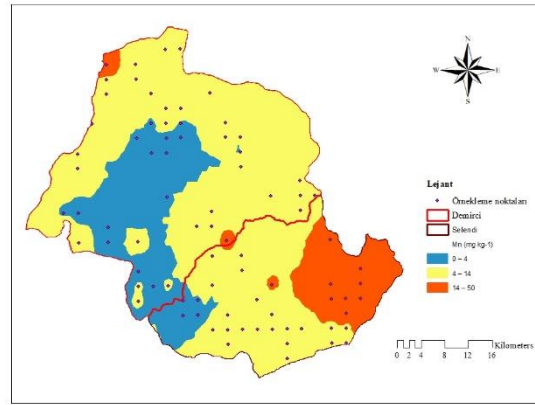


Figure 17. Change in the manganese content of the soils of the region

**Şekil 17. Bölge topraklarının mangan içeriğine ait değişimi**

Eyüpoğlu ve ark. (1996), Türkiye topraklarının mikro element kapsamlarını saptamak amacıyla yaptıkları çalışmada Manisa ili topraklarının %45.25’inde demir element miktarını 4.5-9 mg kg<sup>-1</sup> arasında, %48.48’inde bakır miktarını 1.0-1.6 mg kg<sup>-1</sup>, %57.58’inde çinko miktarını <0.5 mg kg<sup>-1</sup> ve %72.72’inde mangan miktarını 10-20 mg kg<sup>-1</sup> arasında belirlemişlerdir. Özkan (2021), Manisa ili, Demirci ilçesinde tütün üretim alanlarının toprak verimlilik haritalarının oluşturulması amacıyla yaptığı çalışma sonucunda, toprakların %51.31’inde çinko miktarını çok düşük, %80.44’ünde mangan miktarını çok yüksek, %51.78’inde demir ve %56.40’ında bakır miktarını orta seviyede saptamıştır. Özden ve ark. (2022), Manisa ilinde yürüttükleri çalışmada ilin tarım topraklarının %67.84’ünde demir, %95.35’inde bakırın yeterli, %56.84’ünde mangan ve %42.59’unda çinko elementinin az seviyede olduğunu bildirmişlerdir.

**4. Sonuç**

Araştırma sonuçlarına göre; Manisa ili Demirci ve Selendi ilçeleri tarım topraklarının genellikle kumlu tın, killi tın tekstürlü, nötr-hafif alkali düzeyde, tuzsuz, az-orta kireçli, düşük organik maddece az olduğu belirlenmiştir. Topraklar makro elementler açısından değerlendirildiğinde fosfor ve magnezyum bakımından yeterli seviyede, potasyum ve kalsiyum bakımından ise yüksek düzeyde saptanmıştır. Mikro elementler düzeyinde değerlendirildiğinde demir yüksek, bakır yeterli, çinko çok az ve mangan ise çok az-az seviyede saptanmıştır.

Tarımsal üretimin temelini toprak oluşturmaktadır. Verimliliğin artırılmasındaki önemli etken bitki besin elementleridir. Ürünün miktarında ve kalitesinde artış sağlarken, ekonomik ve çevreye dostu programların uygulanması gerekmektedir. Bu amaçlara hizmet edecek bir uygulama ise ancak toprak ve yaprak analizlerine dayalı gübreleme programı oluşturmaktan geçer. Araştırma alanında, toprak analiz sonucuna dayalı fosforlu gübre kullanımının teşvik edilmesi ve fosfor birikimini önlemek amaçlı fazla fosforlu gübre kullanımından kaçınılması gerekmektedir. Bölge topraklarının organik madde düzeylerinin düşük olması nedeniyle toprakta organik gübrelemenin yapılması, bu amaçla özellikle ahır gübresi ve yeşil gübreleme gibi organik kökenli gübrelerin kullanılması gerekmektedir. Özellikle; hafif alkali reaksiyon gösteren alanlarda toprak pH'sını düşürmek ve manganın yararlılığını artırıcı bir özelliğe sahip olan elementel kükürdün gübreleme programında katılması yararlı olacaktır. Topraklarda mikro element noksanlığının görüldüğü kesimlerde temel gübrelemenin yanında mikro element gübrelemesine de önem verilmesi gerekmektedir. Sonuçta bu araştırmanın bölge çiftçisine, yol gösterici olacağı ve ayrıca toprak analizine dayalı gübreleme bilincini aşılacağı düşünülmektedir.

### **Teşekkür**

Bu çalışma Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü tarafından desteklenen TAGEM/TSKAD/13/A13/P07/01-01 Nolu Araştırma Projesi olarak desteklenmiştir.

### **Etik Kurul Onayı**

Bu çalışma için etik kuruldan izin alınmasına gerek yoktur.

### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Makale yazarları olarak aramızda herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederiz.

### **Yazarlık Katkı Beyanı**

Planlama: Ömer SÖKMEN, Nejat ÖZDEN, Selçuk GÖÇMEZ; Materyal ve Metot: Nejat ÖZDEN, Ömer SÖKMEN; Veri toplama ve İşleme: Nejat ÖZDEN, Ömer SÖKMEN, Selçuk GÖÇMEZ, Nalan DOYURAN; İstatistik Analiz: Nejat ÖZDEN; Literatür Tarama: Ömer SÖKMEN; Makale Yazımı, İnceleme ve Düzenleme: Ömer SÖKMEN, Nejat ÖZDEN

### Kaynakça

- Aktaş, M. ve Ateş, M. (1998). Bitkilerde Beslenme Bozuklukları. Engin Yayınevi, Ankara.
- Altınbaş, Ü., Çengel, M., Uysal, H., Okur, B., Kurucu, Y. ve Delibacak, S. (2004). Toprak Bilimi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi YayınNo: 557. Bornova, İzmir.
- Anonim (2019). MGM, Manisa İli Demirci İlçesinin Uzun Yıllar Ortalamasına Ait Bazı İklim Verileri. <https://www.mgm.gov.tr> (Erişim Tarihi: 18.02.2019).
- Aydemir, O. (1992). Bitki Besleme ve Toprak Verimliliği. Atatürk Üniversitesi Yayınları No: 734. Ziraat Fakültesi No: 315. Ders Kitapları serisi No: 67. Erzurum.
- Bakırcıoğlu, D. (2009). *Toprakta makro ve mikro element tayini*. (Doktora Tezi) Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Tekirdağ.
- Bellitürk, K. (2011). Edirne İli Uzunköprü İlçesi tarım topraklarının beslenme durumlarının belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8(3): 8-15.
- Bilen, S. ve Sezen, Y. (1993). Toprak reaksiyonunun bitki besin elementleri elverişliliği üzerine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(2): 156-166.
- Bouyoucos, G. J. (1951). A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal*, 43: 434-438.
- Brady, N. C. and Weil, R. R. (2008). The Nature and Properties of Soils. 14<sup>th</sup> ed., Upper Saddle River, NJ. pp. 9990, ISBN 13-978-0-13-227938-3. Prentice Hall.
- Bray, R. H. and Kurtz, L. T. (1945). Determination of total, organic and available forms phosphorus in soils. *Soil Science*, 59(1): 39-46.
- Eyüpoğlu, F., Kurucu, N. ve Talaz, S. (1996). Türkiye Topraklarının Bitkiye Yararışlı Bazı Mikro Elementler (Fe, Cu, Zn, Mn) Bakımından Genel Durumu. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Ankara.
- Hızalan, E. ve Ünal, H. (1966). Topraklarda Önemli Kimyasal Analizler. A. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, 278.
- Jackson, M. L. (1962). Soil Chemical Analysis. Prentice Hall. Inc. New York.
- Koca, Y. K., Derin, A. ve Adiloğlu, S. (2019). Jeostatistiksel modelleme ile Edirne İli Uzunköprü İlçesi topraklarının bazı mikro element düzeylerinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(3): 328-338.
- Lindsay, W. L. and Norvell, W. A. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, manganese and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42: 421-428.
- Lloyd, C. D. (2007). Local Modelsfor Spatial Analysis. CRC Press.
- Olsen, S. R. (1954). Estimation of Available Phosphorus in Soils By Extraction with Sodium Bicarbonate. No: 939. US Department of Agriculture.
- Özdemir, R. (2019). *Manisa-Demirci yöresinde farklı arazi kullanım şekilleri altındaki toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin araştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi) Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- Özden, N., Sökmen, Ö., Uslu, İ. ve Aras, S. (2022). Manisa İli Tarım topraklarının verimlilik durumları ile mikro element kapsamının belirlenerek haritalanması. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 32(2): 228-241. <https://doi.org/10.18615/anadolu.1225168>
- Özkan, A. (2021). *Tütün üretim alanlarının toprak verimlilik haritalarının oluşturulması: Manisa, Demirci örneği*. (Yüksek Lisans Tezi) Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, İzmir.
- Prat, P. F. (1965). Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Ed. C.A. Black. Amer. Soc. Agr. Inc. Publisher Agro. Series No:9., Madison. USA.
- Richards, L. A. (1954). Diagnosis and Improvement of Saline Alkali Soils, Agriculture, 160, Handbook 60. US Department of Agriculture, Washington DC.
- 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.