

Manisa İli Tarım Topraklarının Verimlilik Durumları ile Mikro Element Kapsamlarının Belirlenerek Haritalanması

Nejat ÖZDEN^{1*}

Ömer SÖKMEN²

İdris USLU³

Sinan ARAS⁴

^{1,2,3,4}Ulusal Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü, Menemen-İzmir/TÜRKİYE

* Sorumlu yazar e-mail: nejat.ozden@tarimorman.gov.tr

¹ <https://orcid.org/0000-0002-5508-8877>

² <https://orcid.org/0000-0001-6050-8883>

³ <https://orcid.org/0000-0003-4505-8348>

⁴ <https://orcid.org/0000-0002-7935-9205>

Received (Geliş tarihi): 14.12.2021

Accepted (Kabul tarihi): 14.10.2022

ÖZ: Araştırma, Manisa ili tarım topraklarının verimlilik ve mikro element kapsamlarını belirlemek, CBS tekniği kullanılarak veri tabanı ve dağılım haritalarını oluşturmak amacıyla 2014-2017 yıllarında yürütülmüştür. Araştırma kapsamında, tarım alanlarını temsil edecek şekilde 2,5 km x 2,5 km aralıklarla 0-20 cm toprak derinliğinden 709 toprak örneği alınmıştır. Alınan toprak örneklerinde; bünye, pH, EC, kireç, organik madde alınabilir fosfor ve potasyum ile mikro element (demir, bakır, çinko ve mangan) analizleri yapılmıştır. Araştırma sonucuna göre, Manisa ili tarım topraklarının %33,29'unun kumlu tın bünyede, %62,20'sinin hafif alkali, %94,36'sinin tuzsuz, %33,57'sinin orta kireçli, %64,88'inin organik madde içeriği az, %28,21'inde az, %25,39'unda çok yüksek alınabilir fosfor ve %94,07'sinde alınabilir potasyumun fazla olduğu saptanmıştır. Mikro elementler bakımından ise %67,84'ünde demir, %95,35'inde bakır yeterli, %56,84'ünde mangan, %42,59'unda çinko az seviyede bulunmuştur. Toprak parametrelerinin sınıflandırılmasından sonra CBS kapsamında veri tabanı oluşturulmuş ve ters mesafe ağırlık yöntemi kullanılarak toprak dağılım haritaları üretilmiştir.

Anahtar kelimeler: Manisa, bitki besin elementi, veri tabanı, IDW.

Determining and Mapping the Fertility and Micro Element Contents of the Agricultural Soils of Manisa Province

ABSTRACT: This research was carried out to determine the fertility and microelement contents of the agricultural soils of Manisa province and to create a database and distribution maps by using geographic information systems technique between 2014-2017. Within the scope of the research, a total of 709 soil samples, representing agricultural areas, were taken from 0-20 cm soil depth with 2.5 km x 2.5 km grid intervals. In soil samples taken, texture, pH, EC, lime, organic matter, available phosphorus, available potassium microelement (iron, copper, zinc and manganese) analyses were performed. According to the results it was found out that, 33.29% agricultural soils of Manisa had sandy loamy texture, 62.20% was slight alkaline, 94.36% was non saline, 33.57% was medium calcareous, 64.88% had low organic matter, 28.21% had low available phosphorus while 25.39% had very high available phosphorus and 94.07% had high levels of available potassium. In terms of microelements, iron with 67.84% and copper with 95.35% were determined at adequate levels, while manganese with 56.84% and zinc with 42.59% were at low levels. After the classification of soil parameters, a database was created within the GIS environment and soil distribution maps were produced via Inverse Distance Weighted method.

Keywords: Manisa, plant nutrient element, database, IDW.

GİRİŞ

Tarımsal üretimin sürdürülebilirliği, uygun tarım yöntemlerinin uygulanmasıyla mümkün olabilecektir. Artan nüfus ve gıda gereksinimleri ve bunun sonucunda oluşan pazarın ekonomik değerinin büyüklüğü, bazı çevresel sorunların oluşmasına neden olmakta ve bu çevresel duyarlılık görmezlikten gelinmektedir. Tarımsal üretimde verim üzerine etki eden en önemli faktörlerin başında toprak verimliliği gelmektedir. Bazı koşullarda besin elementi fazlalığı veya yetersizliği bitkiler tarafından diğer besin elementlerinin alınmasına engel olurken, verim ve kaliteyi de olumsuz etkilemektedir. Öte yandan, toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenerek, bu özellikler ile topraktaki besin elementleri arasındaki ilişkilerin bilinmesi, yapılacak gübrelemeden en yüksek faydanın sağlanması açısından önemlidir (Tümsavaş ve Aksoy, 2008).

Bitkilerin yaşamaları için mutlak gerekli olan bitki besin maddelerini kapsayan elementler, makro ve mikro besin maddeleri olarak ikiye ayrılırlar. Makro besin maddelerinin bitki gelişimi ve verimi üzerine görünür etkilerine bağlı olarak bu maddelerin tarımda kullanımı giderek artmış, bunun sonucunda da özellikle yoğun tarım sistemlerinin uygulandığı alanlarda kirlilik boyutunda birikimler ortaya çıkmıştır. Mikro besin maddeleri ise ülkemiz tarımında yaygın olarak kullanılan ticari gübrelerin yapısında genellikle bulunmadığından, makro besin maddeleri gibi toprağa düzenli bir şekilde verilememektedir (Özyazıcı ve ark., 2016). Ayrıca, verim artışına dayalı tarım sistemlerinin uygulanması, topraktan yıkanma ile oluşan kayıplar, tek yönlü gübre uygulamaları gibi faktörler de toprakta mikro besin maddelerinin yararlı miktarlarının azalmasına neden olmaktadır. Sonuç olarak toprakta makro ve mikro besin maddeleri arasındaki denge giderek bozulmakta, bitkilerin mikro besin elementlerinden yararlanması azalmaktadır. Bu durum yakın gelecekte mikro bitki besin maddesi noksanlıklarının çok daha ciddi boyutlarda karşımıza çıkacağına bir göstergesi olduğundan, tarım topraklarının mikro element kapsamlarının belirlenmesi de ayrı bir önem taşımaktadır. Türkiye topraklarının mikro element

durumu ile ilgili en kapsamlı çalışmaların başında Sungur ve Özüygür (1986) ile Eyüpoğlu ve ark. (1996) tarafından yapılan çalışmalar gelmektedir. Bu araştırmalarda ülke topraklarında en belirgin mikro besin maddesi eksikliğinin çinko elementinin eksikliğinden ileri geldiği, bunu demir ve mangan elementi eksikliğinin takip ettiği, borun genelde normal seviyede olduğu, topraklarda bakır elementi eksikliği veya fazlalığından ileri gelen bir problemin bulunmadığı belirlenmiştir.

Tarım alanlarının verimliliklerinin sürdürülebilmesi için, öncelikle bu alanların özelliklerinin en iyi şekilde tanımlanması, bunun için de toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi gereklidir. Tarım alanlarının özelliklerinin belirlenip güncelleştirilerek bir veri tabanı oluşturulması, toprak kaynaklarının doğru kullanımına yönelik yeni araştırma projeleri için de ön bilgiler sağlayacaktır. Coğrafi koordinatları belli toprak örnekleri üzerinde yapılacak analizler sonucunda, belirlenen özelliklerin zaman içindeki değişimleri de takip edilerek, tarım alanlarındaki değişimler kontrol altına alınabilecektir. Bilişim teknolojisinde hızlı gelişmelere tanıklık eden çağımızda, her türlü bilgiyi toplamak, işlenebilir hale getirmek ve bilgiyi toplum yararına paylaşmak en önemli değerler olmuştur. Bu anlamda, tüm bilgilerin %80' ini oluşturan harita bilgilerinin elektronik ortamda yönetilmesinde etkin bir araç haline gelen Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), bugünün ve geleceğin en önemli bilgi teknolojisi sayılmaktadır. Farklı niteliklere sahip toprakların en üretken şekilde kullanılması amaçlandığında çeşitli kullanım türlerinin gereksinimleri dikkate alınarak bir planlamaya gidilmesi zorunludur. Bu nedenle çok karmaşık bir yapıya sahip olan toprakların da bitkiler, hayvanlar ve diğer objeler gibi sınıflandırılması zorunluluğu vardır (Roberts, 1979).

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM) tarafından yürütülmekte olan ülkesel projenin alt projesi kapsamında sonuçlandırılan bu çalışma ile Manisa ili tarım topraklarının verimlilik ve mikro element durumunun ortaya konması, elde edilen verilerin CBS kapsamında IDW yöntemi

kullanılarak değerlendirilmesi ve haritalanması amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOT

Materyal

Bu çalışma, Manisa ilinde gerçekleştirilmiştir. Manisa ili 27 08' ve 29 05' doğu boylamları ile 38 04' ve 39 58' kuzey enlemleri arasında yer alır. Doğudan Uşak ve Kütahya, Batıdan İzmir, kuzeyden Balıkesir, güneyden Aydın, güneydoğudan Denizli illeri ile çevrilidir (Şekil 1). Yüzölçümü 13.810 km² dir. Yükselti ise 50 metre ile 850 metre arasında değişmektedir. Manisa'da Akdeniz iklimi ile beraber İç Anadolu'nun karasal iklim özellikleri hakimdir. Ovalar ve ovaları çevreleyen vadilerde karasal nitelikli Akdeniz iklimi görülürken, yüksek dağlık bölgeler ve platolar ile kuzey ve kuzeydoğusundaki dağlar ve platolarda İç Anadolu'nun karasal nitelikli ikliminin etkileri görülür (Anonim, 2022). Araştırmanın ana materyalini oluşturan Manisa ili 5056139 da tarım alanına sahiptir. Tarım arazilerinin; %52,85'i tarla,

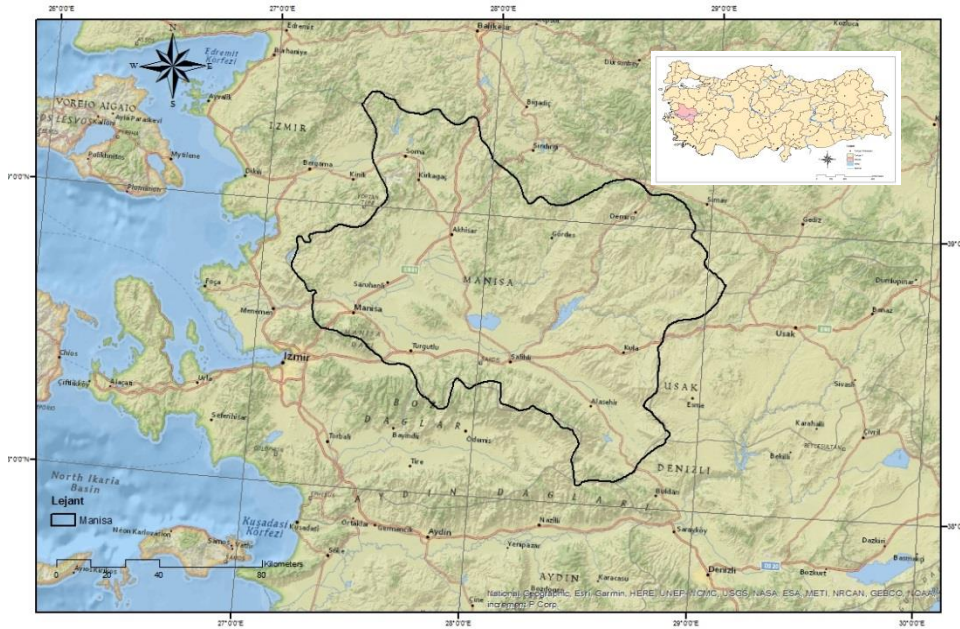
%48,18'i meyve ve %6,56'sı sebze alanıdır (Anonim, 2021).

Metot

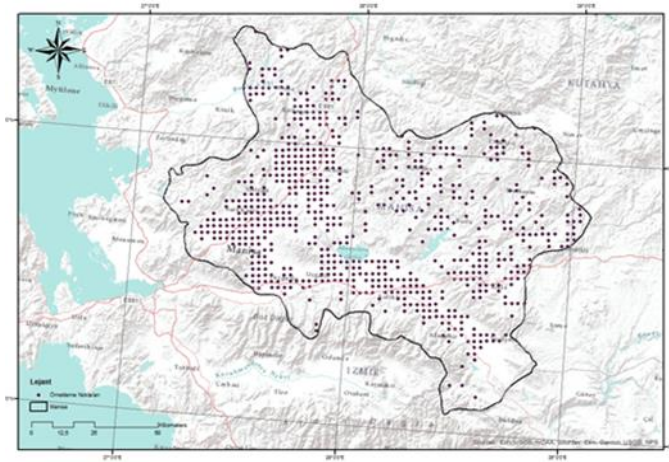
Manisa ili tarım alanlarında toprak örnekleme yapılarak, toprakların verimlilik ve mikro element kapsamını belirlemek ve haritalamak amacıyla gerçekleştirilen bu araştırma başlıca 3 aşamada yürütülmüştür.

Toprak örnekleme alanlarının belirlenerek örneklerin alınması

Araştırmada alınacak toprak örneği sayısını tespit etmek için, Mülga Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından sayısal ortama aktarılan 1/25000 ölçekteki toprak haritalarından; sulu tarım, kuru tarım, bağ, bahçe, zeytin, turunçgiller vb. tarım yapılan alanlar dikkate alınarak çalışma alanı belirlenmiştir. Türkiye haritası üzerinde 2.5 km x 2.5 km'lik gridler oluşturulmuş ve tarım alanlarına düşen noktalar seçilerek, Manisa ili için 709 örnek sayısı tespit edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 1. Araştırma alanı.
Figure 1. Research area.



Şekil 2. 2.5 km x 2.5 km grid sistemine göre toprak örneklerinin alındığı lokasyonlar.
Figure 2. Locations of the soil samples taken according to 2.5 km x 2.5 km grid system.

Koordinatları önceden belirlenmiş olan noktalara GPS ile gidilerek, toprak örnekleri 0-20 cm derinlikten paslanmaz çelik kürek ile alınmış ve polietilen torbalara konularak örnek numarası yazılmak suretiyle etiketlenmiştir. Örnekleme noktalarının yer koordinatları ve deniz seviyesinden yükseklikleri ile diğer arazi bilgileri de oluşturulan arazi bilgi formuna işlenmiştir.

Toprak örneklerinde laboratuvar analizleri

Laboratuvara getirilen toprak örnekleri, temiz ambalaj kâğıtlarına serilerek, taş ve bitki parçacıkları ayıklanmış ve havada kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan topraklar tahta tokmaklarla dövülerek 2 mm'lik çelik elekten geçirilmiş, analizler için gerekli miktarlar polietilen kutulara konularak etiketlenmiş, kalan toprak örnekleri usulüne uygun olarak arşivlenmiştir. Araştırma alanından alınan toprak örneklerinin; kum, kil ve silt yüzdeleri, Bouyoucos hidrometre yöntemiyle (Bouyoucos, 1951); toprak reaksiyonu (pH), saturasyon çamurunda cam elektrotlu pH metre ile tayin edilmiştir (Soil Survey Staff, 1992). Toprakların elektriksel iletkenlik (EC) değerleri, saturasyon çamurunda ekstrakta kondaktivite cihazı ile ölçülmesiyle (Soil Survey Staff, 1992); kireç (CaCO₃) içerikleri, Scheibler kalsimetresi ile volümetrik metotla (Soil Survey Staff, 1992); organik madde, modifiye Walkley-Black yöntemiyle saptanmıştır (Jackson,

1958). Alkalın ve nötr karakterli toprakların fosfor içerikleri Olsen (1954) yöntemine göre, asit karakterli toprakların fosfor içerikleri ise Bray ve Kurtz (1945) yöntemine göre, alınabilir mikro element (Fe, Cu, Zn, Mn) miktarları, Lindsay ve Norvell (1978) tarafından bildirildiği şekilde, DTPA ile ekstrakte edilerek ICP cihazında belirlenmiştir (Kacar, 2016).

Veri tabanı oluşturma ve haritalama

Projenin üçüncü aşamasında; birinci ve ikinci aşama sonuçlarında elde edilen veriler CBS ortamında değerlendirilmiş, analiz edilmiş, veri tabanı oluşturulmuş ve haritalanması işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda değişik toprak özelliklerine ait analiz sonuçları aşağıda belirtilen aşamalardan geçirilerek sonuç haritaları üretilmiştir. Bu amaçla öncelikle; çalışma alanına ait temel coğrafi veriler (sayısal yükseklik modeli, eğim, il sınırları, ilçe sınırları, yollar, yerleşim yerleri, su kaynakları) ile bazı görsel yorumlamalarda kullanılmak üzere ArcGIS ortamında veri tabanı oluşturulmuştur. Toprak analizleri sonucunda elde edilen bilgiler, arazi çalışmaları sırasında elde edilen konumsal bilgilerle ilişkilendirilmek suretiyle her gözlem noktasına ait analiz sonuçlarını içeren dosyalar elde edilmiştir. Öznitelik tablolarında bulunan ve her bir noktaya ait toprak analiz sonuçlarını içeren veriler ayrı ayrı ele alınarak ArcGIS programı kullanılarak değerlendirilmiştir.

Noktasal özellikte olan toprak analiz sonuçları, ölçülmüş değerlerden yola çıkarak ölçülmemiş noktaların tahmin edilmesi için kullanılan “Inverse Distance Weighting (IDW)” doğrusal olmayan enterpolasyon teknikleri kullanılarak haritalandırılmıştır. IDW; bilinen örnek noktalara ait değerlerin yardımıyla örneklenmeyen noktalara ait hücre değerlerinin belirlenmesi için kullanılan bir enterpolasyon tekniğidir. İlgili hücreden uzaklaşan çeşitli noktalar gözetilerek ve mesafedeki artışa bağlı olarak hücre değeri hesap edilir. Tahmin edilen değerler, komşu civardaki noktaların uzaklığı ve büyüklüğünün bir fonksiyonu olup, mesafenin artması ile tahmini yapılacak hücre üzerindeki önem ve etki azalır. Bu yöntemde verilen genel dağılımı, eğilimi, anizotropi ve kümelenmesi gibi özellikler incelenmektedir. Verilerin sadece yerel olarak değerlendirilip, karşılaştırılması yapılmaktadır. IDW, deterministik bir yöntemdir (Korkmaz ve ark., 2008; Doğan ve ark., 2013). Ağırlıklı hareketli ortalama enterpolasyon için yaygın kullanılan bir yaklaşımdır. Farklı ağırlıklı fonksiyonların çeşitleri kullanılmış fakat IDW, CBS sistemlerindeki en ortak form olmuştur. IDW tam bir ara değer

üreticisidir. Öyle ki verilerin değerlerini pekiştirir. IDW tahmincisi aşağıdaki gibidir (Loyd, 2007; Demircan ve ark., 2011);

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

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. Üs büyüdükçe, tahmin lokasyonundan uzak mesafedeki gözlemlerin atanmış ağırlığı küçülür. Üssün artması, tahminlerin en yakınındaki gözlemlere çok benzediğini gösterir (Demircan ve ark., 2011).

BULGULAR ve TARTIŞMA

Manisa ili tarım topraklarından alınan toprak örneklerinin verimlilik ve mikro element analiz sonuçlarına ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 1 ve 3'de, incelenen toprak özelliklerinin sınır değerlerine göre sınıflandırılması ise Çizelge 2 ve 4'te verilmiştir.

Çizelge 1. Manisa ili tarım topraklarının verimlilik yönünden tanımlayıcı istatistikleri.
Table 1. Descriptive statistics of Manisa agricultural lands in terms of fertility.

	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	pH	EC (dS m ⁻¹)	CaCO ₃ (%)	Org. Madde (%)	Alm. Fosfor (kg da ⁻¹)	Alm. Potasyum (kg da ⁻¹)
	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	pH	EC (dS m ⁻¹)	CaCO ₃ (%)	Org. Matter (%)	Available Phosphorus (kg P ₂ O ₅ da ⁻¹)	Available Potassium (kg K ₂ O da ⁻¹)
En Düşük Lowest	10,56	2,00	1,28	4,62	0,01	0,01	0,52	0,30	23,18
En Yüksek Highest	96,36	71,00	57,28	8,38	8,35	45,07	5,01	66,82	550,03
Ortalama Average	52,88	24,19	22,93	7,47	0,84	7,71	1,67	9,76	126,32
Basıklık Kurtosis	0,004	0,900	0,405	1,60	3,81	1,83	1,74	2,79	1,60
Çarpıklık Skewness	-0,630	1,737	-0,455	3,06	21,68	3,38	6,79	9,48	3,33
Ortanca Median	52,40	23,28	22,05	7,61	0,61	5,05	1,60	6,30	105,71
Std. Sapma Std. Deviation	16,21	8,81	11,81	0,57	0,77	9,11	0,63	10,60	84,18
Varyans Variance	262,92	77,54	139,48	0,32	0,59	83,03	0,40	112,42	7087
Değ. Kat. Coefficient of Variation	30,65	36,42	51,50	7,63	91,67	118,16	37,72	108,61	66,64

Çizelge 2. Manisa ili tarım topraklarının temel verimlilik parametreleri yönünden sınıflandırılması.
Table 2. Classification of Manisa agricultural lands in terms of basic fertility parameters.

Toprak özellikleri Soil properties	Sınır değeri Limit value	Değerlendirme Evaluation	Örnek sayısı Sample counts	%
Bünye Texture	-	Kum	7	0,99
	-	Tınlı Kum	37	5,22
	-	Kumlu Tın	236	33,29
	-	Tın	81	11,42
	-	Siltli Tın	9	1,27
	-	Silt	-	-
	-	Kumlu Killi Tın	138	19,46
	-	Killi Tın	138	19,46
	-	Siltli Killi Tın	1	0,14
	-	Kumlu Kil	2	0,28
pH	-	Siltli Kil	1	0,14
	-	Kil	59	8,32
	<4,5	Kuvvetli asit	-	-
	4,5-5,5	Orta asit	8	1,13
	5,5-6,5	Hafif asit	48	6,77
EC (dSm ⁻¹)	6,5-7,5	Nötr	212	29,9
	7,5-8,5	Hafif alkali	441	62,2
	8,5<	Kuvvetli alkali	-	-
	<2	Tuzsuz	669	94,36
	2-4	Hafif tuzlu	31	4,37
CaCO ₃ (%)	4-8	Tuzlu	8	1,13
	8-16	Çok tuzlu	1	0,14
	16<	Aşırı tuzlu	-	-
	<1	Az kireçli	193	27,22
	1-5	Kireçli	161	22,71
Alınabilir fosfor (kg P ₂ O ₅ da ⁻¹) Available Phosphorus (kg P ₂ O ₅ da ⁻¹)	5-15	Orta kireçli	238	33,57
	15-25	Fazla kireçli	73	10,3
	25<	Çok fazla kireçli	44	6,2
	0-3	Çok az	139	19,61
	3-6	Az	200	28,21
Alınabilir potasyum (kg K ₂ O da ⁻¹) Available Potassium (kg K ₂ O da ⁻¹)	6-9	Orta	137	19,32
	9-12	Yüksek	53	7,47
	12<	Çok yüksek	180	25,39
	<20	Az	-	-
Organik madde (%) Organic Matter (%)	20-30	Orta	6	0,85
	30-40	Yeterli	36	5,08
	40<	Yüksek	667	94,07
	<1	Çok az	85	11,99
Organik madde (%) Organic Matter (%)	1-2	Az	460	64,88
	2-3	Orta	144	20,31
	3-4	İyi	15	2,12
	4<	Yüksek	5	0,7

Çizelge 3. Manisa ili tarım topraklarının mikro element yönünden tanımlayıcı istatistikleri.
Table 3. Descriptive statistics of Manisa agricultural lands in terms of microelements.

	Mikro elementler (mg kg ⁻¹) Micro elements (mg kg ⁻¹)			
	Fe	Cu	Zn	Mn
En Düşük Lowest	1,20	0,01	0,01	0,76
En Yüksek Highest	361,80	30,20	21,25	332,61
Ortalama Average	21,14	2,34	0,86	19,41
Basıklık Kurtosis	3,81	3,85	7,70	4,54
Çarpıklık Skewness	17,30	19,80	86,92	25,38
Ortanca Median	7,00	1,31	0,41	9,17
Std. Sapma Std. Deviation	40,41	3,31	1,53	34,44
Varyans Variance	1633,00	10,94	2,34	1186,38
Değ. Kat. Coefficient of Variation	191,15	141,45	177,91	177,43

Çizelge 4. Manisa ili tarım topraklarının mikro elementler yönünden sınıflandırılması.
Table 4. Classification of Manisa agricultural lands in terms of micro elements.

Toprak özellikleri Soil properties	Sınır değer Limit value	Değerlendirme Evaluation	Örnek sayısı Sample counts	%
Fe (DTPA) (mg kg ⁻¹)	<2,5	Noksans	76	10,72
	2,5-4,5	Noksanslık görülebilir	152	21,44
	4,5<	İyi	481	67,84
Cu (DTPA) (mg kg ⁻¹)	<0,2	Yetersiz	33	4,65
	0,2<	Yeterli	676	95,35
Zn (DTPA) (mg kg ⁻¹)	<0,2	Çok Az	169	23,84
	0,2-0,7	Az	302	42,59
	0,7-2,4	Yeter	187	26,38
	2,4-8	Fazla	48	6,77
	8<	Çok Fazla	3	0,42
Mn (DTPA) (mg kg ⁻¹)	<4	Çok Az	92	12,98
	4-14	Az	403	56,84
	14-50	Yeter	155	21,86
	50-170	Fazla	49	6,91
	170<	Çok Fazla	10	1,41

Normal dağılımda simetrikliğin bozulma derecesine çarpıklık (skewness) denir (Yıldız ve ark., 1998). Çizelge 1 ve 3'te verilen çarpıklık katsayıları incelendiğinde; kum, silt ve kil dışındaki özelliklerin normal dağılımdan uzak pozitif dağılımlar gösterdiği saptanmıştır. Pozitif çarpıklık katsayıları, incelenen toprak özelliklerinin sola doğru bir asimetrik yapı ile normal dağılımdan uzaklaştığını göstermektedir. Bu durum, birçok toprak özelliklerine ait değişkenlik

katsayılarının yüksek bulunmasıyla da desteklenmektedir. Wilding (1985) ile Mulla and Mc Bratney (2001) toprak özelliklerindeki değişimlerin açıklanmasında önemli bir gösterge olarak kabul edilen değişkenlik katsayısını, aldığı değerlere göre düşük (<0%15), orta (%15-35) ve yüksek (>0%35) olarak sınıflandırmaktadırlar.

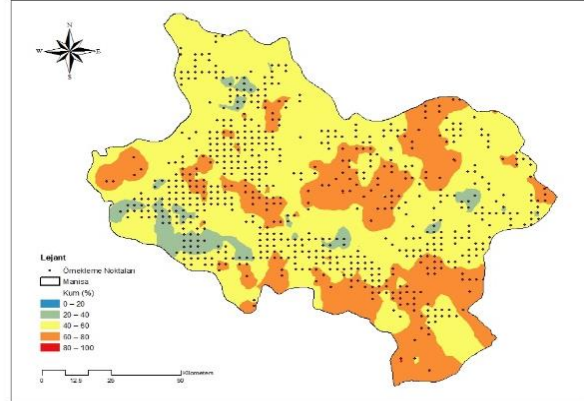
Bu araştırmada, incelenen toprak özelliklerinde pH düşük, kum bünyenin orta, diğer toprak özelliklerle-

rinin ise yüksek değişkenliğe sahip olduğu, en fazla değişkenlik gösteren toprak özelliğinin mikro elementlerden demir (%191,15) olduğu görülmektedir (Çizelge 2). Literatürde birçok araştırmacı toprak özelliklerinin değişkenlik katsayısına göre düşük, orta ve yüksek değişkenlikler gösterdiğini (Erşahin, 1999; Sağlam, 2008; Özyazıcı ve ark., 2011; Sağlam, 2013; Dengiz ve ark., 2015) bildirmektedir.

Toprak tekstürü (bünyesi), birim toprak kütlesi içerisinde kum, silt ve kil miktarlarının oransal durumunu ifade eder. Tekstür, toprağın en az değişikliğe uğrayan ve toprağın genel davranış özellikleri hakkında bilgiler içeren en önemli fiziksel özelliğidir. Bünye birçok toprak özelliği hakkında doğrudan veya dolaylı olarak tahminler yapılmasında katkı sağlar. Toprakta suyun tutulması ve hareketi, havalanma özelliklerini, plastiklik durumunu, kıvam limitlerini, toprakta agregat oluşumu ve stabilitesini, erozyona karşı direncini, toprağın işlenebilirliğini ve besin elementi rezervini önemli derecede etkiler (Brady and Weil, 2008).

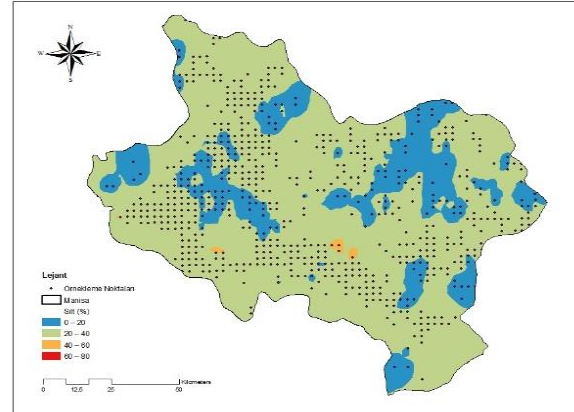
Araştırma alanı topraklarında kum %10,56-96,36, silt %2,00-71,00 ve kil ise %1,28-57,28 arasında değişmekte olup %33,29'unun kumlu tın, %19,46'sının kumlu killi tın ve aynı oranda killi tın bünyede olduğu belirlenmiştir (Şekil 3, 4 ve 5). Kaba bünyeli topraklarda hem azot eksikliği hem de ürün miktarında düşüşler gözlemlenebilir. Araştırma topraklarının yaklaşık üçte birinin kaba bünyeli olduğu göz önüne alındığında, toprakların organik madde miktarının artırılması gereklidir. Erdal ve ark. (2013) Orta Gediz Havzasında tarımsal amaçlı ekolojik zonların belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmada, 0-20 cm derinlikten alınan toprakların saturasyon yüzdesine göre yapılan sınıflandırmasında %68,60'ının tınlı, %31,40'ının killi tınlı bünyeye sahip olduğunu saptamışlardır. Aksu (2008) Manisa Merkez, Saruhanlı, Salihli, Alaşehir ve Çal ilçelerindeki bağ topraklarının beslenme durumuna yönelik yaptığı çalışmada, toprakların kum kapsamının %11,94-79,85 arasında, silt kapsamının %5,56-54,24

arasında, kil kapsamının ise %9,33-56,61 arasında değiştiğini tespit etmiştir.



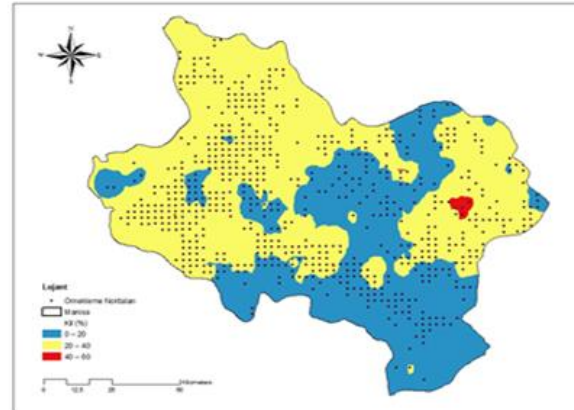
Şekil 3. Manisa ili tarım topraklarının kum değerlerine ait değişim haritası.

Figure 3. Map of the sand levels of Manisa agricultural lands.



Şekil 4. Manisa ili tarım topraklarının silt değerlerine ait değişim haritası.

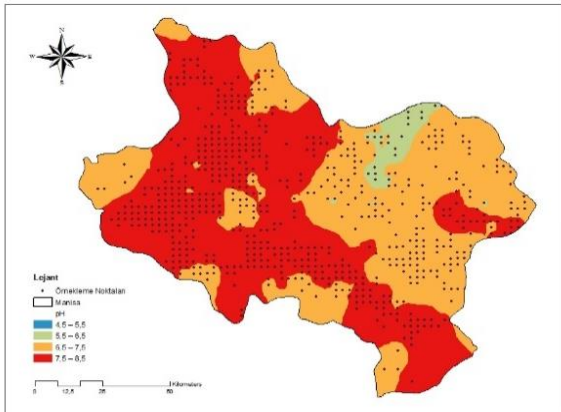
Figure 4. Map of the silt levels of Manisa agricultural lands.



Şekil 5. Manisa ili tarım topraklarının kil değerlerine ait değişim haritası.

Figure 5. Map of the clay levels of Manisa agricultural lands.

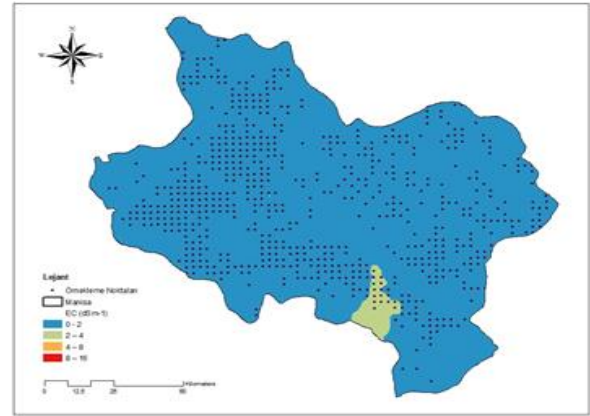
Toprak verimliliğini tayin eden en önemli faktörlerden birisi de toprak reaksiyonu olup, topraktaki tüm kimyasal, biyolojik ve fiziksel süreçler ile toprak özellikleri üzerinde çok sayıda önemli role sahiptir (Brady and Weil, 2008; Sağlam, 2008). Toprak reaksiyonu toprak verimliliği açısından; bitki gelişimi, besin elementlerinin elverişliliği, bitki besin elementlerinin alımı ve gübreleme etkinliği, fiksasyon, toprak mineralleri ve toprak canlıları üzerine doğrudan veya dolaylı olarak etki etmektedir. İncelenen topraklarda pH 4,62-8,38 arasında değişmekte olup, toprakların %62,2'sinin hafif alkali karakterde olduğu saptanmıştır (Şekil 6). pH derecesi hafif alkali olan araştırma alanı topraklarında alkaliliğin nedenlerine göre, drenaj kanalları açma, su ile yıkama, toprağa kükürt ve jips verme gibi yöntemlerle toprak reaksiyonu iyileştirilebilir. Erdal ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada, 0-20 cm derinlikten alınan toprakların pH sınıflandırmasında %53,62'sinin nötr, %37,76'sının hafif alkali karakterde olduğunu belirlemişlerdir. Yağmur ve Okur (2018), Ege Bölgesi Salihli İlçesi bağ plantasyonlarının verimlilik durumları ve ağır metal içeriklerini belirlemek üzere yaptıkları çalışmada toprak pH'sını hafif alkali karakterde arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Turgutlu bağ topraklarının pH değerlerinin hafif alkali reaksiyona sahip olduğu belirtilmiştir (Tepecik ve ark., 2014).



Şekil 6. Manisa ili tarım topraklarının pH değerlerine ait değişim haritası.
Figure 6. Map of the pH levels of Manisa agricultural lands.

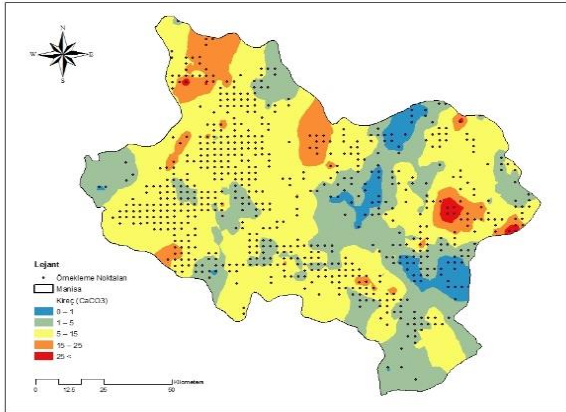
Bitki besin maddelerinin azlığı kadar fazlalığı da bitkilere zararlı olmakta ve belirli bir düzeyden fazla olması halinde bitkiler çimlenememekte,

kurumakta ve ölmektedirler. Bunun en belirgin örneği toprağın toplam eriyebilir tuz miktarının fazla olduğu durumlarda görülür. Toprakta tuz miktarı 100 g toprakta 150 mg'ın üzerine çıktığı zaman bitki gelişimini engeller (Altınbaş ve ark., 2004). Araştırma alanı topraklarında EC 0,01-8,35 dS m⁻¹ arasında değişmekte olup, toprakların %94,36'sının tuzsuz olduğu bulunmuştur (Şekil 7). Ateş ve ark. (2016), Alaşehir İlçesinde sultani çekirdeksiz üzüm yetiştirilen toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek üzere yaptıkları çalışmada topraklarda; tuz değerleri bakımından bağ yetiştiriciliği için sınırlayıcı bir faktör olarak bulunmadığını saptamışlardır.



Şekil 7. Manisa ili tarım topraklarının EC değerlerine ait değişim haritası.
Figure 7. Map of the EC levels of Manisa agricultural lands.

Kireç, kil, kum ve humus toprağın katı kısmını oluşturan dört ana unsurdur. Topraklarda kireç genellikle kalsiyum karbonat veya dolomit kireci halinde bulunur. Topraktaki kireç, yağışlar ve sulama suyunun eritme etkisi ile çözünerek kalsiyum ve karbonat veya bikarbonat şeklinde iyonlara ayrılır. Bu iyonların toprak ortamında veya sulama suyuyla fazla bulunması bitki beslenmesi bakımından (özellikle demir, çinko ve fosfor elverişliliği) büyük problemler meydana getirmektedir. Araştırma alanı topraklarında kireç (CaCO₃) %0,01-45,07 arasında değişmekte olup, toprakların %37,57'sinin orta kireçli, %27,22'sinin az kireçli ve %22,71'inin kireçli olduğu tespit edilmiştir (Şekil 8). Erdal ve ark. (2013), Orta Gediz Havzasında 0-20 cm derinlikten alınan toprakların kireç (CaCO₃) sınıflandırmasında %50,14'ünün orta kireçli, %45,78'inin kireçli olduğunu belirlemişlerdir.



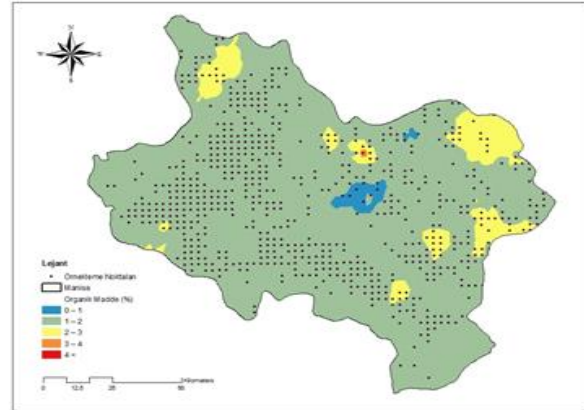
Şekil 8. Manisa ili tarım topraklarının kireç (CaCO_3) değerlerine ait değişim haritası.

Figure 8. Map of the lime levels (CaCO_3) of Manisa agricultural lands.

Organik madde bitkiler için önemli bir besin maddesi kaynağıdır. Topraktaki azotun %90'dan fazlasının toprak organik maddesinde bulunması nedeniyle, organik maddenin besin kaynağı işlevi ile azot açısından ayrı bir önem taşımaktadır (Altınbaş ve ark., 2004). Araştırma alanı topraklarında organik madde %0,52-5,01 arasında değişmekte olup, toprakların %64,88'inde az seviyede organik madde içerdiği saptanmıştır. (Şekil 9). Organik madde toprak verimliliğini, toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkileyen en önemli unsurlardan biridir. Azaltılmış toprak işleme, zamanında ve yeterli azotlu gübreleme, yeşil gübreleme ya da yanmış ahır gübresi uygulamalarıyla toprağın organik madde miktarı artırılabilir. Manisa Salihli ve Alaşehir ilçelerinde Sultani Çekirdeksiz Üzüm yetiştiriciliği yapılan bağ topraklarındaki organik madde düzeyinin % 0,70-2,48 olarak değişim gösterdiği belirtilmiştir (Tepecik ve ark., 2015).

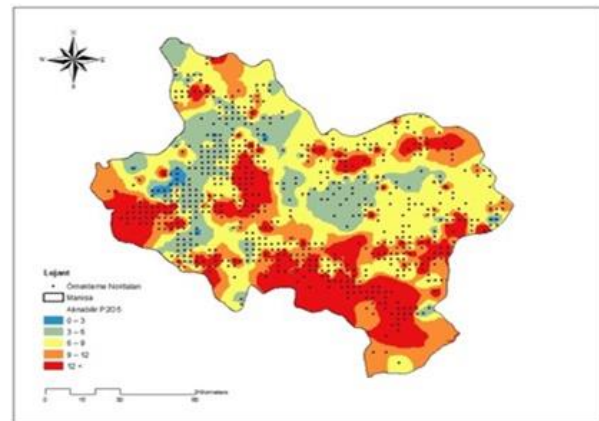
Toprak fosforunun en önemli kaynağı birincil minerallerdir. Birincil minerallerin aşınma ve parçalanması ile serbest hale geçen fosforun bitkiler tarafından alınması ve asimilasyonu ile fosfor organik maddeye bağlanır. Organik materyalin çeşitli dönüşümler sonundan toprağa geçmesi ile toprakta organik fosfor fraksiyonu oluşur. Bu formdaki fosforun bitkiye yararıyla hale geçmesi ancak organik maddenin parçalanması ile olasıdır. Ancak, organik fosfor bileşikler yavaş parçalanmış bileşiklerdir. Sıcaklık ve pH, toprak organik

fosforunun parçalanmasında önemli iki etmendir. Yapılan çalışmalarda toprak pH'sı arttıkça organik fosforun azaldığı belirlenmiştir (Thompson, 1950). Bitki açısından fosfor; kök gelişimi, bitki olgunlaşması, erken tohum teşekkülü, dölleme ile hastalık ve zararlılara karşı direnci arttırdığından büyük önem arz eden bir besin elementidir (Bilen ve Sezen, 1993). İncelenen topraklarda bitkiler tarafından alınabilir fosfor 0,30-66,82 kg da⁻¹ arasında değişmekte olup, toprakların %28,21'inde az, %25,39'unda fosforun çok yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir (Şekil 10). Erdal ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada, 0-20 cm derinlikten alınan topraklardaki alınabilir fosfor miktarını %41,61 düzeyinde yüksek olarak belirlemişlerdir.



Şekil 9. Manisa ili tarım topraklarının organik madde değerlerine ait değişim haritası.

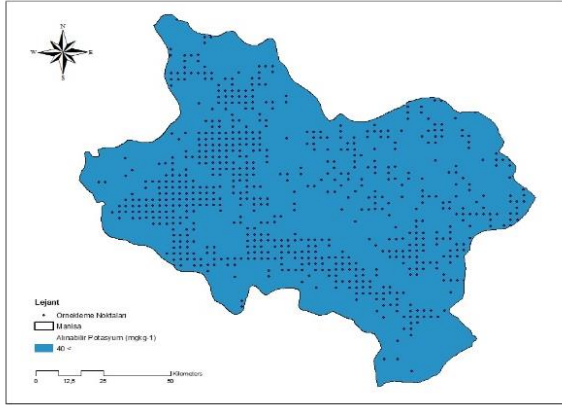
Figure 9. Map of the organic matter levels of Manisa agricultural lands.



Şekil 10. Manisa ili tarım topraklarının alınabilir fosfor değerlerine ait değişim haritası.

Figure 10. Map of the available phosphorus levels of Manisa agricultural lands.

Bitkiler tarafından en çok alınan elementler arasında ikinci sırada yer alan potasyum, toprakta da en fazla bulunan bitki besin elementleri arasında yer alır ve yerkabuğunun yaklaşık %2,5'ini oluşturur. Toprakların potasyum kapsamaları, bünyelerine bağlı olarak geniş sınırlar arasında değişim göstermektedir. Potasyum, bitki büyümesi ve çoğalmasını sürdürmek için ihtiyaç duyulan hemen hemen tüm süreçlerde gereklidir. Ayrıca, büyüyen bitkilerin genel sağlığını iyileştirdiğinden ve hastalıklara karşı savaşmalarına yardımcı olduğundan, "kaliteli" besin maddesi olarak bilinir. Araştırma alanı topraklarında bitkiler tarafından alınabilir potasyum 23,18-550,03 kg da⁻¹ arasında değişmekte olup, toprakların %94,07'sinde potasyumun yeterli düzeyin üstünde olduğu bulunmuştur (Şekil 11). Erdal ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada, 0-20 cm derinlikten alınan topraklardaki alınabilir potasyum miktarını %86,10 düzeyinde fazla olarak saptamışlardır.



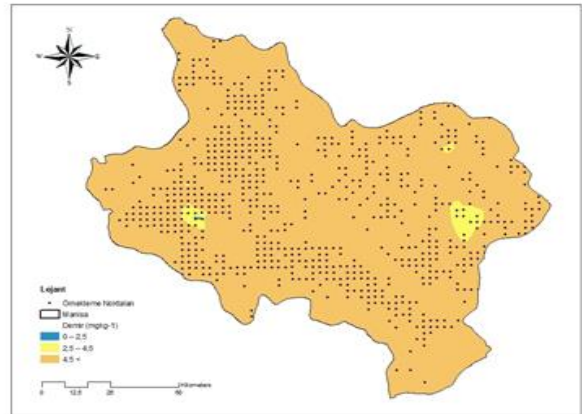
Şekil 11. Manisa ili tarım topraklarının alınabilir potasyum değerlerine ait değişim haritası.

Figure 11. Map of the available potassium levels of Manisa agricultural lands.

Mikro elementler, gerek topraklarda gerekse bitkilerde çok küçük miktarlarda bulunurlar, varlıkları ancak milyonda kısım olarak (ppm) ifade edilebilir. Topraktaki yarıyışlı ve bitkideki miktarları çok düşük olmalarına rağmen eksiklikleri söz konusu ise tarımsal üretimin düşmesine yol açarlar. Bitkisel üretimle, topraktan bir yılda sömürülen mikro element miktarı, topraktaki toplam mikro element miktarının çok küçük bir kısmını oluşturur. Bu oran %1'den daha azdır. Bitkilerde çok yoğun olarak

mikro element eksiklik belirtileri görüldüğü durumlarda bile topraktaki toplam mikro element miktarları oldukça yüksek ve bitki gereksiniminin üzerindedir. Tarım topraklarında, toplam mikro element eksikliğinden kaynaklanan ve temel eksiklik diye tanımlanan eksikliğe pek rastlanmaz, ancak, yıkanmanın çok ciddi boyutlarda görüldüğü kumlu topraklarda ve bazı peat topraklarda bu durum görülebilir (Eyüpoğlu ve ark., 1996).

Topraklarda demir elementi (Fe), genelde yüzeyde oksit ve hidrooksit şeklinde bulunur. Fakat toprağın organik madde bölümünde genelde şelatları şeklinde bulunur. Hem mineral ve hem de demirin organik bileşikleri toprakta kolayca dönüşür ve organik maddenin demir oksitlerin oluşumu üzerine etkileyici rolü vardır. Araştırma alanı topraklarının analiz sonuçlarına göre demir elementi miktarı 1,20-361,80 mg kg⁻¹ arasında değişmekte olup, toprakların %67,84'ünde demirin yeterli düzeyde olduğu belirlenmiştir (Şekil 12). Eyüpoğlu ve ark. (1996), Türkiye topraklarının bitkiye yararlı bazı mikro elementler bakımından genel durumunu belirlemek üzere yaptıkları çalışmada Manisa ili topraklarının %42,42'sinde < 4,5 mg kg⁻¹, %45,25'ini 4,5-9 mg kg⁻¹, %12,12'sini ise >9 mg kg⁻¹ değerlerinde bulmuşlardır.

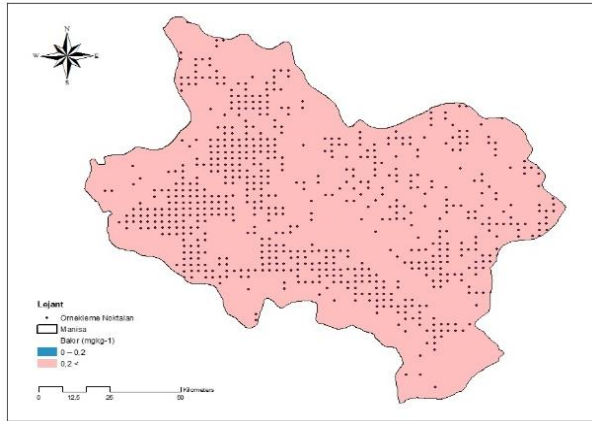


Şekil 12. Manisa ili tarım topraklarının demir değerlerine ait değişim haritası.

Figure 12. Map of the iron levels of Manisa agricultural lands.

Bakır toprakta en az mobil ağır metal olmasına rağmen, bu metal toprağın tüm tip çözeltilerinde, kompleksleşmiş iyonlar şeklinde ve serbest olarak çok bulunan bir metaldir. Araştırma alanı

topraklarının analiz sonuçlarına göre bakır miktarı $0,01-30,20 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değişmekte olup, toprakların %95,35'inde bakırın yeterli düzeyde olduğu belirlenmiştir (Şekil 13). Eyüpoğlu ve ark. (1996), Manisa ili topraklarının %9,09'unda $0,8-1,0 \text{ mg kg}^{-1}$, %48,48'inde $1,0-1,6 \text{ mg kg}^{-1}$, %18,18'inde $1,6-2,2 \text{ mg kg}^{-1}$, %6,06'sında $2,2-3,0 \text{ mg kg}^{-1}$, %12,18'sinde ise $1,0-1,6 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında belirlemiştir.

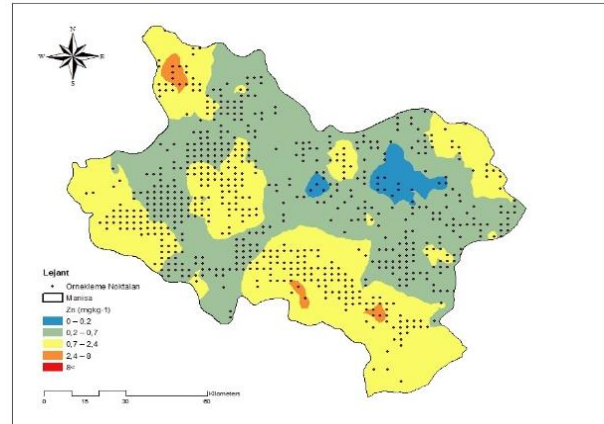


Şekil 13. Manisa ili tarım topraklarının bakır değerlerine ait değişim haritası.
Figure 13. Map of the copper levels of Manisa agricultural lands.

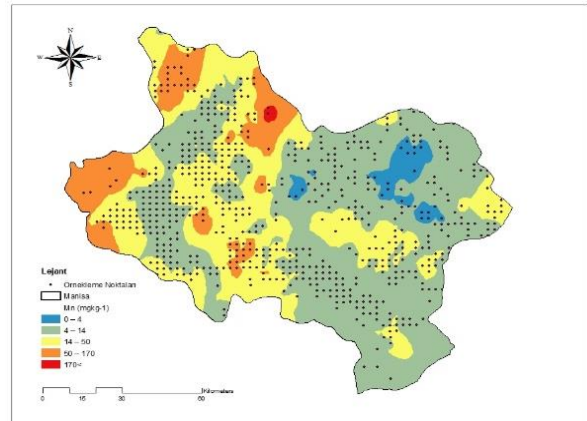
Çinko çinko sülfat şeklindedir. Fakat silikatlarda Mg^{2+} ile yer değiştirdiği bilinir. Havalanma işlemleri sırasında özellikle asit oksitleyici çevrelerde çinko mineralinin çözünmesiyle mobil Zn^{2+} oluşur. Fakat çinko mineral ve organik maddelerce kolayca adsorbe olur ve böylece tüm toprak çeşitlerinde yüzeyde çinko birikimi gözlenir (Bakırcıoğlu 2009). Araştırma alanı topraklarının analiz sonuçlarına göre çinko miktarı $0,01-21,25 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değişmekte olup, toprakların %42,59'unda çinkonun az düzeyde olduğu saptanmıştır (Şekil 14). Eyüpoğlu ve ark. (1996), Manisa ili topraklarının %57,58'inde $<0,5 \text{ mg kg}^{-1}$, %33,33'ünde $0,5-1,0 \text{ mg kg}^{-1}$, %6,06'sında $1,0-1,5 \text{ mg kg}^{-1}$, %3,03'ünde ise $1,5-2,0 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında bulmuşlardır.

Mangan elementi (Mn), toprak çözeltilerinde çok sayıda basit ve kompleks iyonları şeklinde olabilir. Bütün Mn bileşikleri toprak için önemlidir. Araştırma alanı topraklarının analiz sonuçlarına

göre mangan miktarı $0,76-332,61 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değişmekte olup, toprakların %56,84'ünde manganın az düzeyde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 15). Eyüpoğlu ve ark. (1996), Manisa ili topraklarının %9,09'unda $5-10 \text{ mg kg}^{-1}$, %72,72'sinde $10-20 \text{ mg kg}^{-1}$, %18,19'unda ise $>20,0 \text{ mg kg}^{-1}$ değerlerinde saptamışlardır.



Şekil 14. Manisa ili tarım topraklarının çinko değerlerine ait değişim haritası.
Figure 14. Map of the zinc levels of Manisa agricultural lands.



Şekil 15. Manisa ili tarım topraklarının mangan değerlerine ait değişim haritası.
Figure 15. Map of the manganese levels of Manisa agricultural lands.

SONUÇ

Araştırma sonuçlarına göre; Manisa ili tarım topraklarının genellikle kumlu tın bünyeli, hafif alkali karakterde, tuzluluk problemi bulunmayan, az-orta kireçli arasında, düşük organik madde içeriğine sahip, alınabilir fosfor ve potasyum

içeriğinin yüksek olduğu saptanmıştır. Mikro elementler bakımından ise demir ve bakır bakımından yeterli, çinko ve mangan bakımından ise çoğunlukla düşük düzeyde belirlenmiştir.

Toprak, insanoğlunun sahip olduğu en önemli varlıkların başında gelmektedir. Tarımsal üretimin temeli topraktır. Hayvansal ve bitkisel üretimi oluşturan tüm maddeler topraktan sağlanır. Tarımda istenilen miktar ve kalitede ürünün elde edilmesinin birinci şartı, toprak verimliliğinin artırılmasıdır. Toprak verimliliğini arttırmada en önemli faktörlerden biri ise bitki besin elementleridir. Gübreleme amacıyla tarım alanlarına uygulanan bitki besin maddeleri, doğru yöntemlerle ve yeterli miktarlarda uygulandıkları takdirde toprak kirliliğine neden olmazlar. Ancak, bitki ihtiyacının çok üzerinde uygulanan ve topraktan kolayca uzaklaştırılmayan bazı besin maddeleri, diğer besin maddelerinin alınmasını engelledikleri için kirlenici unsur olabilirler. Ülkemiz genelinde, ekonomik anlamda tarımsal üretimin yapıldığı yörelerde aşırı ve bilinçsiz gübreleme uygulaması yanında, azot, fosfor ve potasyum gübrelemesine

dayalı tek yönlü gübreleme, toprakta ve bitkide mikro besin maddesi açlıklarının yaygınlaşmasına neden olmaktadır. Bu nedenle toprakların özelliklerini saptamadan yapılan tarımdan büyük fayda sağlanamaz. Tarımın ve sanayiinin başarılı olması veya geleceğe yönelik planlamaların doğru yapılabilmesi için ilk önce eldeki materyalin çok iyi tanınması gerekmektedir. Sonuçta bu araştırma, Manisa ili tarım topraklarının özelliklerinin iyi tanınması, tarımın ve gerektirdiği girdilerin planlanmasında büyük fayda sağlayacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, T.C. 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 elde edilen verilerle hazırlanmıştır.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Aksu, A. 2008. Ege Bölgesinde yaygın bağıcılık yapılan alanlarda tuzluluk, bor toksitesi problemlerinin ve beslenme durumunun belirlenmesi. Yüksek lisans tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı Ankara.
- Altınbaş, Ü., M. Çengel, H. Uysal, B. Okur, Y. Kurucu ve S. Delibacak. 2004. Toprak Bilimi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 557. Bornova, İzmir.
- Anonim. 2021. Bitkisel Üretim İstatistikleri. Erişim <https://www.tuik.gov.tr>
- Anonim. 2022. Manisa Coğrafyası. Erişim https://www.manisa.bel.tr/s23_manisa-cografyasi.aspx
- Ateş, F., F. Kuştutan, Ö. Merken ve S. Yüksel. 2016. Alaşehir ilçesinde (Manisa) sultani çekirdeksiz üzüm yetiştirilen toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri. ÇOMÜ Zir. Fak. Derg. (COMU J. Agric. Fac.) 4 (1):31-36.
- Bakırcıoğlu, D. 2009. Toprakta makro ve mikro element tayini. Doktora tezi. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı. Tekirdağ.
- Bilen, S. ve Y. Sezen. 1993. Toprak reaksiyonunun bitki besin elementleri elverişliliği üzerine etkisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 24(2): 156166.
- 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 R. R. Weil. 2008. *The Nature and Properties of Soils*. 14.th ed., Upper Saddle River. NJ. ISBN 13-978-0-13-227938-3. Prentice Hall.
- Bray, R. H., and L. T. Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms phosphorus in soils. *Soil Science* 59: 39-45.
- Demircan, M., İ. Alan ve S. Şensoy. 2011. Coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak sıcaklık haritalarının çözünürlüğünün artırılması. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı. 18-22 Nisan 2011. Ankara.
- Dengiz, O., M. A. Özyazıcı ve M. Sağlam. 2015. Multi-criteria assessment and geostatistical approach for determination of rice growing suitability sites in Gokirmak catchment. *Paddy and Water Environment* 13(1): 1-10.
- Doğan, H. M., D. S. Yılmaz ve O. M. Kılıç. 2013. Orta Kelkit Havzası'nın bazı toprak özelliklerinin ters mesafe ağırlık yöntemi (IDW) ile haritalanması ve yorumlanması. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi* (6): 46-54.

- Erdal, Ü., Ö. Sökmen, N. Özden, S. Göçmez, L. Bilir, F. Metinoğlu ve K. Üner. 2013. Orta Gediz havzasında tarımsal amaçlı ekolojik bölgelendirme. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü. Proje Sonuç Raporu. UTAEM 2013-01. Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü. Menemen-İzmir.
- Erşahin, S. 1999. Aluviyal bir tarlada bazı fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin uzaysal (spatial) değişkenliğinin belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 13(19): 34-41.
- Eyüpoğlu, F., N. Kurucu ve S. Talaz. 1996. Türkiye topraklarının bitkiye yararlı bazı mikro elementler (Fe, Cu, Zn, Mn) bakımından genel durumu. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Ankara.
- Jackson, M. L. 1958. Toprak Kimyasal Analizi. Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs. NJ.
- Kacar, B. 2016. Fiziksel ve Kimyasal Toprak Analizleri. Nobel Yayıncılık. Ankara.
- Korkmaz Başel, E. D., K. Çakın ve A. Satman. 2008. Türkiye'nin yeraltı sıcaklık haritası ve tahmini ısı içeriği. VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu. İstanbul.
- Lindsay, W. L., and W. A. Norvell. 1978. Development of a DTPA micronutrient soil test. Soil Science Society of American Proceeding 35: 600-602.
- Loyd, C. D. 2007. Local Models for Spatial Analysis. CRC Press.
- Mulla, D. J., and A. B. McBratney. 2001. Soil spatial variability. pp. 343-374. In: A.W. Warrick (Ed.). Soil Physics Companion. CRC Press. USA.
- Olsen, S. R. 1954. Estimation of Available Phosphorus in Soils By Extraction with Sodium Bicarbonate. No: 939. US Department of Agriculture.
- Özyazıcı, M. A., G. Özyazıcı ve O. Dengiz. 2011. Determination of micronutrients in tea plantations in The Eastern Black Sea Region, Turkey. African Journal of Agricultural Research 6(22): 5174-5180.
- Özyazıcı, M. A., O. Dengiz, M. Aydoğan, B. Bayraklı, E. Kesim, Ö. Urla, H. Yıldız ve E. Ünal. 2016. Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi tarım topraklarının temel verimlilik düzeyleri ve alansal dağılımları. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi 31(1): 136-148.
- Roberts, J. C. 1979. Principles of Land Use Planning. Ame. Soc. Agr. No 21.
- 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. 2013. Çok değişkenli istatistiksel yöntemler ile toprak özelliklerinin gruplandırılması. Toprak Su Dergisi 2(1): 7-14.
- Soil Survey Staff. 1992. Soil Survey Manual. United States Department of Agronomy. Handbook No: 18. Washington, USA.
- Sungur, M. ve M. Özüygür. 1986. Türkiye topraklarının mikro element durumu hakkında bir araştırma. Toprak İlimi Derneği 9. Bilimsel Toplantı Tebliği 4 (29-1).
- Tepecik M., N. T. Barlas, F. Ateş ve B. Ateş. 2015. Sultani çekirdeksiz üzüm çeşidinde bazı kalite özellikleri ve yapraktaki makro besin elementi içeriğinin belirlenmesi. Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi A Cilt 27:436-442.
- Tepecik, M., N. T. Barlas ve Ö. Çobanoğlu. 2014. Turgutlu bağlarının beslenme durumu. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 51 (1): 49-58.
- Thompson, L. M. 1950. The mineralisation of organic phosphorus, nitrogen and carbon in virgin and cultivated soils. Ph.D. Thesis. Iowa State College.
- Tümsavaş, Z. ve E. Aksoy. 2008. Bursa yöresi rendzina büyük toprak grubu topraklarının bazı özellikleri ve besin maddesi içerikleri. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 22(1): 95-106.
- Wilding, L. P. 1985. Spatial variability: its documentation, accommodation and implication to soil surveys. pp. 166-194. In: D.R. Nielsen and J. Bouma (Eds.). Soil Spatial Variability: Pudoc, Wageningen, Netherlands.
- Yağmur, B. ve B. Okur. 2008. Ege Bölgesi Salihli ilçesi bağ plantasyonlarının verimlilik durumları ve ağır metal içerikleri. Tekirdağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 15: (01).
- Yıldız, N., Ö. Akbulut ve H. Bircan. 1998. İstatistiğe Giriş. Şafak Yayınevi. Erzurum.