

Bazı vertisol alt grup topraklarının fizikokimyasal ve ısıl özelliklerinin incelenmesi

Orhan DENGİZ¹, İmanverdi EKBERLİ¹

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Atakum, SAMSUN

Alınış tarihi: 23 Kasım 2016, Kabul tarihi: 7 Haziran 2017

Sorumlu yazar: İmanverdi EKBERLİ, e-posta: iman@omu.edu.tr

Öz

Vertisol (latince “vertere”) “dönen” anlamına gelmekte olup, toprak horizonlarının oluşmasını sınırlandırmaktadır. Bu topraklar yüksek şişme ve büzülme kapasitelerine sahip olup derin çatlaklar içerir. Bu spesifik özelliklerin oluşmasında ana etken, ağır bünyeli ve şişme büzülme aktivitesi yüksek olan killerce zengin olmasıdır. Bu çalışmada, Vertisol toprakların bazı fiziksel, kimyasal, ısıl özellikleri ve değişimi incelenmiştir. Typic Calciustert toprakta ortalama günlük sıcaklık 13.8-21.4 °C, Chromic Haplustert toprakta 14.2-21.8 °C, Typic Haplustert toprakta ise 14.1-24.9 °C arasında saptanmıştır. Sıcaklık değişimine önemli düzeyde bağlı olan amplitüt değerleri aşağı horizonlara doğru azalmakta ve 0.8-8.6 °C, 0.7-8.9 °C ve 0.6-6.2 °C aralıklarında değişmektedir. Toprakların üst horizonlarında amplitüt değişimi fazla, alt horizonlarında ise azalmaktadır. Isıl yayılım katsayısı aşağı katmanlara doğru genellikle artış göstermektedir. Typic Calciustert toprakta ısıl yayılım katsayısı $5.51 \cdot 10^{-6} - 8.96 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{sn}^{-1}$; Chromic Hapluster toprakta $6.59 \cdot 10^{-6} - 9.50 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{sn}^{-1}$; Typic Haplustert toprakta ise $5.38 \cdot 10^{-6} - 8.74 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{sn}^{-1}$ aralıklarında belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Vertisol, toprak sıcaklığı, amplitüt, ısıl yayılım

Investigation of physico-chemical and thermal diffusion properties for some subgroup vertisol

Abstract

The name of Vertisol is derived from Latin “vertere” meaning to invert, thus limiting the development of classical soil horizons. These soils have the capacity to swell and shrink, inducing cracks in the upper parts

of the soil and distinctive soil structure throughout the soil. The formation of these specific features are caused by a heavy texture, a dominance of swelling clay in the fine fraction and marked changes in moisture content. In this study, some physical, chemical and thermal properties of Vertisol and their relationships were investigated. Daily mean temperature values of Typic Calciustert, Chromic Haplustert and Typic Haplustert were determined 13.8-21.4 °C, 14.2-21.8 °C and 14.1-24.9 °C, respectively. Amplitude values depending on daily temperature changing decrease along with increasing soil depth and vary 0.8-8.6 °C, 0.7-8.9 °C ve 0.6-6.2 °C for each soils, respectively. In addition in generally thermal diffusion coefficient value showed increasing with increasing soil depth. Thermal diffusion coefficient values of Typic Calciustert, Chromic Haplustert and Typic Haplustert were determined $5.51 \cdot 10^{-6} - 8.96 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{sec}^{-1}$, $6.59 \cdot 10^{-6} - 9.50 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{sec}^{-1}$, and $5.38 \cdot 10^{-6} - 8.74 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{sec}^{-1}$ respectively.

Key words: Vertisol, soil temperature, amplitude, thermal diffusion

Giriş

Vertisoller koyu renkli, ağır veya çok ağır bünyeli ve düşük organik madde içeren topraklardır. En önemli özellikleri 2:1 tipi şişebilen smektit grubu kil çeşitlerinde zengin olmalarıdır. Bu nedenle kurak dönemlerde geniş çatlakların oluşmasına, yağışlı dönemlerde şişme aktivitelerinin yüksek olmaları nedeniyle de toprak yüzeylerinde mikro topografya olan “gilgai” lerin oluşmasına neden olmaktadır. Vertisol toprak “dönen toprak” anlamında kullanılmakta olup (Ahmad, 1983), toprak horizonlarının oluşmasını sınırlandırmaktadır. Vertisoller aynı zamanda toprak bilimleri sözlüğünde (SSSA, 1997) %30 veya daha fazla kil içeren,

kuruyken geniş çatlaklara sahip veya gilgai mikro topografya özelliği gösteren, profil içerisinde kama şeklinde ve yatayla yaklaşık 45 derecelik açıyla yerleşmiş strüktürel yapıların bulunduğu topraklar olarak tanımlanmıştır.

Vertisol topraklar alüvyal, gösel çökeller üzerinde oluşabilecekleri gibi bazalt, şeyl, kireçtaşı ve volkanik materyaller üzerinde de oluşabilirler (Dinç ve ark., 2001). Sağlam ve ark. (2012), Kızılırmak deltası üzerinde yer alan Bafra Ovasında yayılım gösteren vertisollerin morfolojileri, fiziksel ve kimyasal özellikleri ile sınıflandırılmalarını içeren çalışma yapmışlardır. Ayrıca, Dinç ve ark. (1986) çalışmalarında, Vertisollerin, tersiyer bazaltlarının üzerinde oluşabileceklerini belirtmişlerdir.

Toprak sıcaklığı, toprak oluşum süreçlerine ve özelliklerine, bitki büyümesine ve gelişimine önemli düzeyde etki yapan faktörlerden biridir. Jenny (1980), iklimin bir ögesi olarak sıcaklığı bağımsız bir toprak yapan faktör olarak belirtmiştir. Sıcaklık, toprak oluşumu ile ilgili birçok reaksiyonlara değişik yoğunluk ve hızda etki yapmaktadır. Van't Hoff'un sıcaklık kuralına göre, sıcaklıktaki her 10°C lik bir yükselme, kimyasal reaksiyonun hızını iki üç misli arttırır. Yeryüzünün değişik yerlerindeki sıcaklık farkları, toprakta meydana gelen kimyasal olayların hızını etkileyerek toprak oluşumunu dolaylı biçimde yönlendirir (Tanju, 1996).

Toprak yüzeyinde ve aşağı katmanlardaki sıcaklığın günlük ve yıllık değişimi ise, toprak özellikleri ile birlikte toprakların termal özelliklerine, dolayısıyla ısısal yayınıma önemli düzeyde bağlı olmaktadır (Gao ve ark., 2007; Onder ve ark., 2013; Ekberli ve Sarılar, 2015). Tikhonravova (2007) tarafından, tuz miktarı arttıkça, killi tınlı bünyeye sahip topraklarda ısısal yayınının artış göstermesi; nemin artması (≤% 40) durumunda ise tuzlu ve tuzsuz toprakların ısısal yayınıma değerleri arasındaki farkın azalması ve % 35-40 nem durumunda yaklaşık olarak eşit olması gösterilmiştir. Gri orman topraklarında özgül ağırlık arttıkça, ısısal yayınıma katsayısı da artmaktadır. Tarım makinelerinin etkisiyle pulluk katmanının sıkışması durumunda, %26'ya kadar olan toprak neminde ısısal yayınıma katsayısı azalmakta, %26'dan fazla nem durumunda ise artmaktadır (Arhangel'skaya, 2004). Tikhonravova ve Khitrov (2003), vertisol topraklarda ısısal yayınıma katsayısı ile toprağın tanecik fraksiyonları, organik madde, özgül ağırlık ve gözeneklilik değerleri arasında önemli düzeyde ($R^2=0.81-0.96$ ve $P=0.95$) çoklu regresyon ilişkileri elde etmişlerdir. Isısal yayınıma,

toprak derinliği, nem içeriği, zaman ve sıcaklık değişimine de önemli düzeyde bağlı olmaktadır (Hinkel, 1997). Correia ve ark. (2012), ısısal yayınıma jeolojik oluşum süreçlerinde önemli faktör olduğunu, 26 m toprak derinliğinde ısısal yayınıma $1.1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ sn}^{-1}$ ile $1.6 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ sn}^{-1}$ (veya 0.011-0.016 $\text{ cm}^2 \text{ sn}^{-1}$) arasında değiştiğini göstermişlerdir.

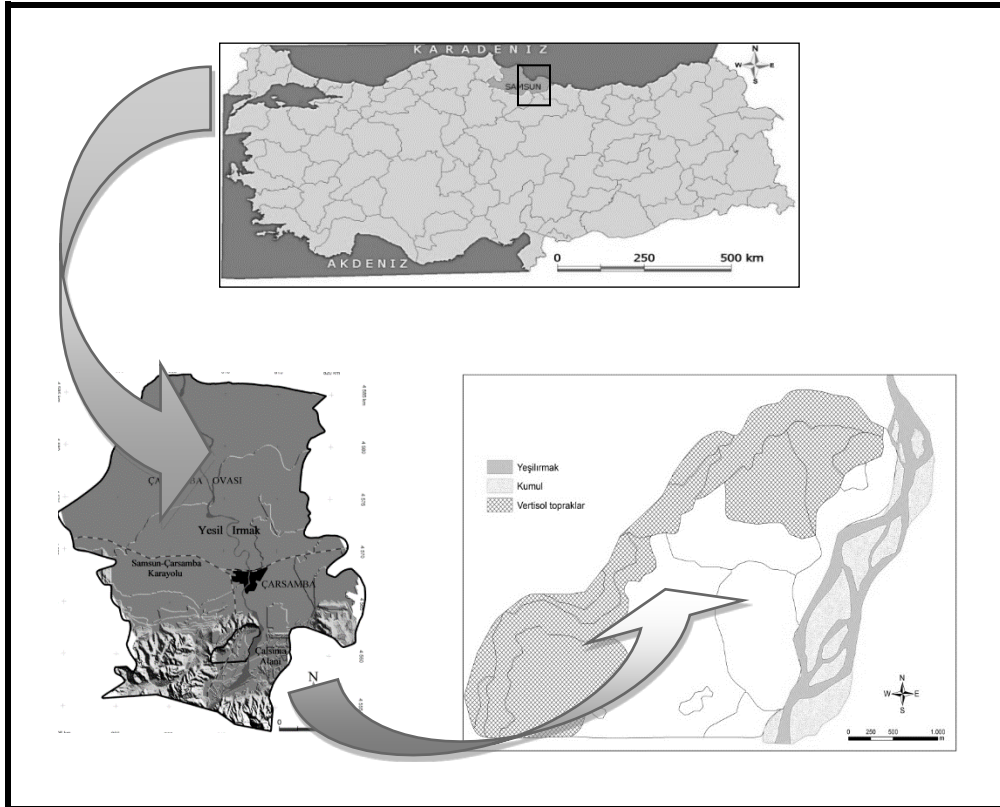
Isı taşınımı denkleminin farklı başlangıç ve sınır koşullarındaki çözümüne bağlı olarak, ısısal yayınıma katsayısının farklı yöntemlerle hesaplanması mümkün olmaktadır (Passerat de Silans ve ark., 1996). Verhoef ve ark. (1996), ısı iletkenliği denkleminin çözümünü göz önüne alarak, ısısal yayınıma katsayısını belirlemek için beş yöntem (amplitüt, faz, arktanjans, logaritmik, harmonik denklemler) kullanmışlar, amplitüt ve harmonik denklemlerin daha güvenilir sonuç verdiğini göstermişlerdir. Toprak yüzeyi ısı akışının tahmin edilmesinde de ısısal yayınıma önemli bir faktördür. Isısal yayınıma toprak yüzeyi ısı akışının, dolayısıyla yüzey enerji dengesinin oluşumuna, hidrolojik, ekolojik ve atmosferik süreçlerle beraber etki yapmaktadır (Wang ve Bou-Zeid, 2012). Usowicz ve ark. (1996) tarafından, 4x430m alanda yapılan araştırmada, toprağın termal özelliklerinin değişimi klasik istatistik ve jeostatistik yöntemlerle analiz edilmiş, hacim ağırlığı ve su içeriğinin ısısal yayınıma belirgin bir etkisi olduğu gösterilmiştir. Toprakların ısısal yayınıma katsayısı ısı iletkenliğiyle doğrusal, hacimsel ısı kapasitesiyle ters orantılıdır. Toprakların ısısal yayınıma katsayısı yüksek olduğunda, günlük ve yıllık sıcaklık dalgaları toprak derinliğine daha fazla etki yapmakta ve aşağı katmanlarda sıcaklığın gecikmesi azalmaktadır. Ekberli ve Sarılar (2015) tarafından yapılan bir araştırmada, Samsunun Çarşamba ilçesinde, çim örtüsü ile kaplı ve seftali bahçesinde ağaçların gölgeleme yaptığı farklı iki alanda sıcaklık değerlerine bağlı olarak ısısal yayınıma katsayısı belirlenmiştir. Toprak sıcaklığı değerlerine göre belirlenmesi mümkün olan ısısal yayınıma, bitki büyüme mikro klimasını da etkilemektedir (Ghuman ve Lal, 1985). Bazı araştırmalarda ölçülen toprak sıcaklığına bağlı olarak ısı özellikleri parametreleri ve toprak profili boyunca sıcaklığın tahmin edilmesi incelenmiştir (Trombotto ve Borzotta, 2009; Gülser ve Ekberli, 2002, 2004; Ekberli ve Gülser, 2014; Ekberli ve ark., 2005, 2015). Toprak sıcaklığı aynı zamanda toprakların ölçülebilen ve gözlenebilen özellikleri esas alınarak yapılan morfometrik sınıflandırılmasında önemli bir faktör olup, özellikle alt ordo, büyük grup ve familya düzeylerindeki.

kategorik ayrımlarda kullanılmasında göz önünde bulundurulmaktadır. Yapılan çalışma ile Samsun'un Çarşamba ilçesine bağlı Sefalı, Bölmepınar ve Yenikışla köylerinin yer aldığı araziler üzerinde oluşmuş bazı Vertisol alt grup topraklarının bazı fiziksel özellik, kimyasal özellik ve ısısal özellikleri incelenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Araştırma alanının genel özellikleri

Çalışma alanı Çarşamba ilçesine yaklaşık 5 km ve Samsun iline ise 44 km mesafede bulunmaktadır. Vertisol toprakların toplam alanı 479.3 ha olup 305500-311000 m D ve 4555500-4558500 K (UTM, m) koordinatları arasında, Yeşilırmak nehrinin ise sol sahilinde yer almaktadır (Şekil 1).

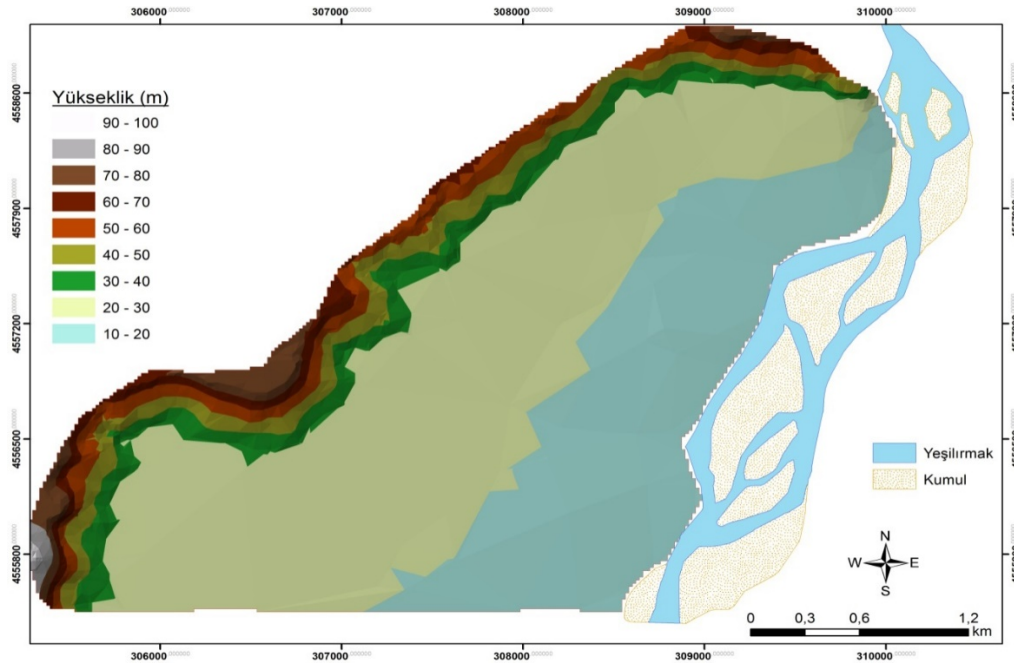


Şekil 1. Çalışma alanına ait lokasyon haritası

Çalışma alanı üç farklı fizyografik üniteye sahip olup yamaç, etek ve taban (genç ve eski teras) arazilerden oluşmakta ve yükselti haritasına göre nispeten taban arazide deniz seviyesinden yükseklik 5-10 m arasında değişim gösterirken, kuzey ve kuzey batı yönlerindeki yükseklik artışı ile 100 m' ye çıkmaktadır (Şekil 2). Çalışma alanının büyük bir kısmını oluşturan taban araziler, %0-2 arasında düz düze yakın eğime sahiptirler. Eğim kuzey batı yönünde artmakta ve kademeli olarak % 2 ile %20 arasında değişim göstermektedir. Yamaç araziler marn ana materyal üzerinde, etek araziler ko-aluviyal ana materyal üzerinde yer alırken teras araziler ise Yeşilırmak'ın zamanla taşıdığı aluviyal depozitler üzerinde bulunmaktadır. Çalışma alanının yıllık ortalama

sıcaklık 14.3 °C ve yağış miktarı ise 1045.2 mm olup yağışların büyük kısmı kış ve ilkbahar aylarında düşmektedir. Toprak taksonomisine göre (Soil Survey Staff, 1999) toprak nem kontrol kesitinde 50 cm derinlikte toprak sıcaklığı 5 °C'in üzerinde olduğu dönemin yarısından daha fazlası kadar süre kuru değildir (aridik nem rejiminden farklı). Ayrıca toprak nem kontrol kesiti kış gün dönümünden sonraki (21 Aralık) 5 ay içerisinde ardışık olarak 45 gün veya daha fazla nemli olması ve yaz gün dönümünden (21 Haziran) sonraki 4 ay içerisinde ardışık 45 gün kadar uzun süre kuru kalmaması (Xerik nem rejiminden farklı) nedeniyle toprak nem rejimi ustik olarak saptanmıştır. Araştırma alanının sıcaklık rejimi; yıllık ortalama toprak sıcaklığı 8 °C'den fazla, 15 °C'den az

ve 50 cm'deki yıllık ortalama kış ayları toprak sıcaklığı ile yıllık ortalama yaz ayları toprak sıcaklığı arasındaki fark 6 °C'den fazla olduğu için mesic sıcaklık rejimi olarak belirlenmiştir.



Şekil 2. Çalışma alanı yükselti haritası

Yöntem

Çalışma alanında yer alan 3 adet vertisol toprak profilinde, genetik horizon esasına göre morfolojik tanımlamalar yapılmıştır ve bozulmuş, bozulmamış toprak örneği alınmıştır. Alınan toprak örnekleri fiziksel ve kimyasal analizler için laboratuara getirilmiştir. Arazide toprakların morfolojik özelliklerinin incelenmesi amacıyla dikkate alınacak kriterler, örneklemeler ve sınıflandırma için Soil Survey Staff (1993 ve 1999) kullanılmıştır. Alınan toprak örneklerinde Bünye: Hidrometre yöntemi kullanılarak (Bouyoucos, 1951), Tarla kapasitesi: Seramik gözenekler üzerine yerleştirilmiş örneklerin suyla doymun toprak örneği üzerine 1/3 atm basınç

uygulamak suretiyle belirlenmiştir (Richards, 1954). Hacim ağırlığı: Alınmış bozulmamış toprak örneklerinde (Blake ve Hartge, 1986), Elektriksel iletkenlik: Saturasyon çamurunda kondaktivi metre aleti kullanılarak belirlenmiştir (Soil Survey Staff, 1992), Organik madde: Walkley-Black yönteminin Jackson tarafından modifiye edilmiş şekli ile yapılmıştır (Jackson, 1958). Vertisol toprakların çalışma alanı içerisinde dağılım alanları Şekil 1' de gösterilmiştir. Arazide her profile ait horizonlarda termometre ile toprak sıcaklık ölçümleri yapılmıştır (Sterling ve Jackson, 1986). Ölçülen sıcaklık değerlerinden kullanılarak, toprağın katmanındaki ısısal yayılım katsayısı

$$a = \frac{\omega (x_i - x_{i+1})^2}{2 \left(\ln(A_i / A_{i+1}) \right)^2} \quad (i = \overline{1, n}) \quad (1)$$

(burada; A_i ve A_{i+1} uygun olarak toprağın x_i ve x_{i+1} derinliklerine ait sıcaklık amplitütü; $\omega = 2\pi/P = \frac{6.28}{86400\text{sn}} \approx 0.0000727\text{sn}^{-1}$

-açısal frekanstır) ifadesine göre hesaplanmıştır (Ekberli, 2006a,b; Trombotto ve Borzotta, 2009; Correia ve ark., 2012; Arias-Penas ve ark., 2015).

Bulgular ve Tartışma

Vertisol toprakların sınıflaması, bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Çalışma alanı toprakları % 0.0–0.2 eğime sahip taban arazilerde yayılım gösteren Yeşilirmak'ın biriktirmiş olduğu ince bünyeli alüvyonlar üzerinde oluşmuşlardır. Arazide yapılan morfolojik çalışmalar ile belirlenen yüzeylerde oluşmuş mikro topografik özellik (gilgayı) oluşumu ve derinlemesine incelemede basınç kutanları diğer bir ifade ile kayma yüzeyleri belirlenmiştir. Ayrıca laboratuvar analiz sonuçları dikkate alınarak açılan üç toprak profili Toprak Taksonomisine (Soil Survey Staff, 1999) göre vertisol ordosunda sınıflandırılmıştır. Vertisol topraklarda şişme büzülme özelliğine sahip kil

miktarının çok fazla olması (> %40), kurak mevsimlerde derin ve geniş çatlakların oluşması, bu toprakların diğer topraklardan ayırıcı önemli özelliklerindedir. Alt kategorilerdeki sınıfları ise toprak nem rejimi ustic olması nedeniyle ustert alt ordosuna 2 ve 3 nolu profiller zayıf gelişim nedeniyle Haplustert, 1 nolu profil ise calcic horizon içermesi nedeniyle Calciustert büyük grubunda sınıflandırılmıştır. 1 ve 6 nolu profiller büyük gruplarını temsil etmeleri nedeniyle Typic Haplustert ve Typic Calciustert alt gruplarına yerleştirilirken 2 nolu profil Chromic Haplustert olarak sınıflandırılmıştır.

Araştırma alanı vertisol topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Vertisol toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Horizon	Derinlik cm	EC dS m ⁻¹	OM %	Bünye			Sınıf	HA gr cm ⁻³	W %
				Kil %	Silt %	Kum %			
Profil 1									
Ap	0-27	0.07	4.87	56.8	22.5	20.6	C	1.28	33.9
Bss	27-65	0.15	4.58	63.9	17.4	18.7	C	1.27	34.8
2C	65-110	0.01	2.30	56.0	15.2	28.8	C	1.33	33.5
2Ck	110+	0.06	1.15	67.3	15.3	17.5	C	1.23	37.7
Profil 2									
A	0-33	0.06	5.35	75.9	13.6	10.5	C	1.22	35.2
Bss1	33-78	0.07	2.89	72.0	17.7	10.2	C	1.21	37.0
Bss2	78-116	0.06	1.99	57.2	28.5	14.3	C	1.25	35.8
2C	116+	0.10	1.05	11.6	31.0	57.3	SL	1.56	11.9
Profil 3									
Ap	0-22	0.07	5.38	61.3	20.9	17.7	C	1.28	34.1
Bss1	22-73	0.08	4.54	68.3	17.6	14.1	C	1.24	35.4
Bss2	73-107	0.02	2.20	66.8	22.3	10.9	C	1.21	37.5
Bss3	107+	0.13	1.38	73.3	17.9	8.8	C	1.19	38.6

EC: Elektriksel iletkenlik OM: Organik madde, HA: Hacim ağırlığı, W: Tarla kapasitesi

Çizelge 1'den görüldüğü gibi, vertisol toprakların EC değerleri düşük olup, 0.02-0.15 dS m⁻¹ aralığında değişmektedir. Araştırma toprakların genetik horizonları ağır killi bünyeye sahip olup, kil miktarı %56.0 ile 75.9 arasında değişmektedir. Kil miktarı en yüksek Chromic Haplustert olarak sınıflandırılan Profil 2' nin yüzey horizonunda belirlenirken, kum miktarı ise en az %8.8 ile Typic Haplustert'in Bss3 horizonunda bulunmaktadır. Toprakların organik maddeleri yüzey topraklarında yüksek seviyelerde yer alırken bu oran derinlik artışı ile azalma göstermektedir. Toprakların hacim ağırlıkları 1.19-1.56 gr cm⁻³ arasında değişmektedir. Typic Calciustert ve Chromic Haplustert topraklarda hacim ağırlığı alt horizonlarda bir miktar artış

göstermektedir. Bu durum bünyesel değişimden kaynaklanmasının yanı sıra bu alanların tarımsal faaliyetlerde de kullanılmasından kaynaklanabilir. Typic Haplustert topraklar ise özellikle mera olarak kullanılmaktadır. Toprakların genetik horizonlarında tarla kapasitesi %33.9 ile 38.6 arasında değişmektedir.

Vertisol topraklarının bazı ısısal özellikleri

Deneme alanlarında toprak horizonlarındaki ölçülen sıcaklık değerlerine bağlı olarak, horizonlardaki amplitüt ve ısısal yayılım katsayıları, sırasıyla (burada, ve uygun olarak horizondaki maksimum ve ortalama sıcaklıktır) ve (1) ifadeleri kullanılarak hesaplanmıştır. Vertisol topraklarının bazı termal özellikleri Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2. Vertisol toprakların sıcaklık (°C), amplitüt (°C) ve ısısal yayılım (m^2sn^{-1}) değerleri

Horizon	Derinlik cm	Sıcaklık (°C)			A_i / A_{i+1}	a
		Minimum	Maksimum	Ortalama		
Typic Calciustert						
	0	16.5	30.0	21.4	8.6	
Ap	0-27	14.3	22.5	18.2	8.6/4.3	$5.51 \cdot 10^{-6}$
Bss	27-65	12.5	18.9	16.9	4.3/2.0	$8.96 \cdot 10^{-6}$
2C	65-110	11.2	15.7	14.9	2.0/0.8	$8.77 \cdot 10^{-6}$
2Ck	110+			13.8		
Chromic Haplustert						
	0	15.6	30.7	21.8	8.9	
A	0-33	13.2	21.1	17.0	8.9/4.1	$6.59 \cdot 10^{-6}$
Bss1	33-78	12.5	17.7	16.0	4.1/1.7	$9.50 \cdot 10^{-6}$
Bss2	78-116	11.3	15.9	15.2	1.7/0.7	$6.67 \cdot 10^{-6}$
2C	116+			14.2		
Typic Haplustert						
	0	20.3	31.1	24.9	6.2	
Ap	0-22	14.6	21.3	17.8	6.2/3.5	$5.38 \cdot 10^{-6}$
Bss1	22-73	12.5	18.0	16.8	3.5/1.2	$8.25 \cdot 10^{-6}$
Bss2	73-107	11.0	15.6	15.0	1.2/0.6	$8.74 \cdot 10^{-6}$
Bss3	107+			14.1		

* A_i ve A_{i+1} sırasıyla toprağın X_i ve X_{i+1} derinliklerine ait sıcaklık amplitütü

Vertisol topraklarda ölçülen en düşük (13.8 °C) ortalama günlük toprak sıcaklığı Typic Calciustert ana materyalde (2Ck), en yüksek (24.9 °C) ortalama günlük sıcaklık ise Typic Haplustert yüzeyinde gerçekleşmiştir. Her üç toprakta, toprak yüzeyinden derinlere doğru inildikçe minimum sıcaklıkta değişim (horizonlar arasındaki sıcaklık farkı) az olmaktadır. Maksimum sıcaklıkta da düşüş eğilimi görülmekte, minimum sıcaklıkla karşılaştırıldığında horizonlar arasındaki sıcaklık değişimi daha fazla olmaktadır. Minimum sıcaklıkta en düşük (11.0 °C) ve en yüksek değer (20.3 °C) Typic Haplustert Bss2 horizonunda ve yüzeyinde gerçekleşmektedir (Çizelge 2). Genel olarak, vertisol toprakların aşağı horizonlarına doğru ortalama günlük sıcaklığın değişimi düşük düzeyde gerçekleşmektedir.

Toprak katmanlarındaki sıcaklık dalgalarının amplitütü, teorik olarak toprak derinliği boyunca eksponiyonal olarak azalmaktadır. Eğer derinlik aritmetik olarak artarsa, amplitüt geometrik olarak azalmaktadır. Toprak özellikleriyle beraber, toprak horizonlarının ortalama ve maksimum sıcaklığı amplitütü önemli düzeyde etkilemektedir. Çizelge 2'den görüldüğü gibi, Typic Calciustert'in amplitüt değerleri 0.8-8.6 °C; Chromic Haplustert'in 0.7-8.9 °C; Typic Haplustert'in ise 0.6-6.2 °C aralıklarında değişmektedir. Typic Haplustert Alt Grubunda amplitüt değerleri daha düşük olmaktadır. Toprakların aşağı horizonlarında ortalama sıcaklığın ve sıcaklık değişiminin (dolayısıyla maksimum sıcaklığın) düşük olması, amplitütün azalmasına neden olan önemli faktörlerdir.

Vertisol toprakların Typic Calciustert'in Ap (0-27 cm) horizonunda ısısal yayılım katsayısı orta ($5.51 \cdot 10^{-6} m^2 sn^{-1}$), Bss (27-65 cm) ve 2C (65-110 cm) horizonlarında ise yüksek (sırasıyla $8.96 \cdot 10^{-6}$ ve $8.77 \cdot 10^{-6} m^2 sn^{-1}$) düzeyde gerçekleşmektedir. Chromic Haplustert'in ısısal yayılım $6.59 \cdot 10^{-6}$ - $9.50 \cdot 10^{-6} m^2 sn^{-1}$ arasında, Typic Haplustert'in ise $5.38 \cdot 10^{-6}$ - $8.74 \cdot 10^{-6} m^2 sn^{-1}$ aralığında değişmektedir. Genel olarak her üç toprakta tarla kapasitesinin aşağı horizonlara doğru artışı, ısısal yayılımında orantılı olmayan artışına neden olmaktadır. Dolayısıyla, ısısal yayılım katsayısı tarla kapasitesiyle beraber, hacim ağırlığı, organik madde miktarı, toprak bünyesi (kil, silt, kum), EC gibi faktörlere de önemli düzeyde bağlı olmaktadır. Her üç toprağın yüzey horizonları olan Ap (0-27 cm), A (0-33), Ap (0-22 cm) horizonlarında organik madde miktarının yüksek olması, aşağı horizonlarla karşılaştırıldığında, ısısal yayılımın az olmasına neden olan faktörlerden biri olarak düşünülmektedir. Chromic Haplustert topraklarda kil miktarı yüksek olan horizonlarda (A ve Bss1) ısısal yayımda yüksek olarak belirlenmiştir. Killi ve killi tınlı bünyeye sahip topraklarda tuz miktarı arttıkça ısısal yayılım artış gösterdiğinden (Tikhonravova, 2007), horizonlarda tuz miktarının düşük düzeyde olmasına rağmen, diğer horizonlarla karşılaştırıldığında tuz miktarı çok ($0.15 dSm^{-1}$) olan Bss horizonunda ısısal yayılım yüksek ($8.96 \cdot 10^{-6} m^2 sn^{-1}$) bulunmuştur.

Hacim ağırlığı arttıkça ısısal yayılım katsayısı da arttığından, horizonlarda hacim ağırlığının düşük düzeyde değişimi ısısal yayıma da düşük düzeyde

etki yapmaktadır. Hacim ağırlığının diğer horizonlarla karşılaştırıldığında en yüksek (1.28 gr cm⁻³) olduğu Ap horizonlarında ısıl yayılım katsayısı düşük olarak belirlenmiştir. Horizonlar arasındaki mesafenin, katmanlara ait sıcaklık ve amplitütlerin farklı olması da, ısıl yayılımın orantısız değişimine neden olmaktadır.

Genel olarak, iklimsel faktörlerle beraber ısıl yayıma önemli düzeyde etki yapan toprak özelliklerindeki düzensiz değişim, toprak özelliklerinin bir birine olan karşılıklı etkisi vb. ısıl yayılımın da farklı değerlere sahip olmasına sebep olmaktadır (Arkhangel'skaya ve ark., 2005; Tikhonravova, 2007; Arkhangel'skaya ve Umarova, 2008). Araştırma topraklarının horizonları killi bünyeye sahiptir. EC değerleri ise 0.02-0.15 dSm-1 arasında değişmektedir. Killi bünyeye sahip topraklardaki ısı yayılımı, toprağın katı fazının içerdiği toprak zerrecikleri ve tuz bileşenlerinin temas aralıklarından geçen ısı iletkenliği, toprak havası ortamında oluşan ısıl ışınım ve konveksiyon süreçlerinin yardımıyla gerçekleşmektedir. Tuz miktarının artışı temas aralıklarının fazla olmasına, dolayısıyla ısı iletkenliğinin artışına neden olmaktadır. Isıl yayılım ise, ısı iletkenliği ile doğrusal, ısı kapasitesiyle ters orantılı olduğundan, fazla tuz miktarında daha fazladır. Araştırma toprakları horizonlarında tuz miktarı az, değişimi ise dar aralıkta gerçekleştiği için, tuz miktarına bağlı olarak ısıl yayımda düzenli artış izlenmemektedir.

Sonuç

Vertisol toprağın yukarı katmanlarında minimum, maksimum ve ortalama günlük sıcaklıklar dar aralıkta, aşağı horizonlara indikçe ise geniş aralıkta değişmektedir. Amplitüt değerleri, sıcaklık değişimine uygun olarak aşağı katmanlara doğru azalmaktadır. Üst horizontlarda ısıl yayılım katsayısı genellikle az olmakta, aşağı horizonlarda ise artış göstermektedir. Sıcaklık gradyeninin aşağı horizonlara doğru hızlı olması, ısıl yayılımın yükselmesine etki yapan faktörlerdendir. Organik maddenin yüksek olması ısı yayılımına negatif, tarla kapasitesi ve kil miktarının yüksek olması ise genellikle pozitif etki yapmaktadır. Isıl yayılımın belirlenmesi, toprağın ısı ortamının düzenlenmesine ait yöntemlerin geliştirilmesinde önemli parametre olmaktadır. Toprakların ısıl yayılımının detayı olarak belirlenmesi için, farklı toprak koşullarında (farklı organik madde, nem içeriği, kil miktarı vb.) araştırmaların yapılması gerekmektedir.

Kaynaklar

- Ahmad, N. 1983. Vertisols. In Wilding, L.P., Smeck, N.E. & Hall, G.F. (Eds), Pedogenesis and Soil Taxonomy, The Soil Orders. Developments in Soil Science. Amsterdam, Oxford, New York, Tokyo, pp. 91-123.
- Arias-Penas, D., Castro-Garcia, M.P., Rey-Ronco, M.A., Alonso-Sanchez, T., 2015. Determining the thermal diffusivity of the ground based on subsoiltemperatures. Preliminary results of an experimental geothermalborehole study Q-THERMIE-UNIOVI. Geothermics, 54: 35-42.
- Arkhangel'skaya, T.A., 2004. Thermal diffusivity of gray forest soils in the Vladimir Opolie region. Pochvovedeniye, 3: 332-342.
- Arkhangel'skaya, T.A., Guber, A.K., Mazirov, M.A., Prokhorov, M.V. 2005. The temperature rejime of soils in Vladimir Opol'e Region. Pochvovedeniye, 7: 832-843.
- Arkhangel'skaya, T.A., Umarova, A.B., 2008. Thermal diffusivity and temperature regime of soils in large lysimeters of the experimental soil station of Moscow State University. Pochvovedeniye, 3: 311-320.
- Blake, G.R., Hartge, K.H., 1986. Bulk Density and Particle Density. In: Methods of Soil Analysis, Part I, Physical and mineralogical Methods. Pp: 363-381. ASA and SSSA Agronomy Monograph no 9(2nd ed), Madison.
- Bouyoucous, G.J., 1951. A Recalibration of Hydrometer for Making Mechanical Analysis of Soils. Agronomy Journal. 43: 9.
- Correia, A., Vieira, G., Ramos, M., 2012. Thermal conductivity and thermal diffusivity of cores from a 26 meter deep borehole drilled in Livingston Island, Maritime Antarctic. Geomorphology, 155(156): 7-11.
- Dinç, U., Şenol, S., Kapur, S., Cangir, C., Atalay, İ., 2001. Türkiye Toprakları. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 51. Ders Kitapları Yayın No: A-12. Adana.
- Dinç, U., Şenol, S., Sarı, M., Yesilsoy, Ş., Kaya, Z., Özbek, H., Sayın, M., Çolak, A.k., Yeğingil, I., 1986. Harran Ovası Toprakları. Güneydoğu Anadolu Projesi, Tarımsal Kalkınma Simpozyumu, Ankara.
- Ekberli, I, 2006a. Determination of initial unconditional solution of heat conductivity equation for evaluation of temperature variance in finite soil layer. Journal of Applied Sciences, 6(7): 1520-1526.
- Ekberli, İ., 2006b. Isı iletkenlik denkleminin çözümüne bağlı olarak topraktaki ısı taşınımına etki yapan bazı parametrelerin incelenmesi. O.M.Ü. Zir. Fak. Dergisi, 21(2): 179-189.

- Ekberli, İ., Gülser, C., 2014. Estimation of soil temperature by heat conductivity equation. *Vestnik Bashkir State Agrarian University*, 2 (30):12-15.
- Ekberli, İ., Gülser, C., Özdemir, N., 2005. Toprakların termofiziksel özellikleri ve ısısal yayılım katsayısının değerlendirilmesi. *O.M.Ü. Zir. Fak. Dergisi*, 20(2): 85-91.
- Ekberli, İ., Gülser, C., Özdemir, N., 2015. Toprakta ısı iletkenliğine etki yapan ısısal parametrelerin teorik incelemesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 30(3): 300-306.
- Ekberli, İ., Sarılar, Y., 2015. Toprak sıcaklığı ve ısısal yayılımının belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 30(1): 74-85.
- Gao, Z., Bian, L., Hu, Y., Wan, L., Fan, J., 2007. Determination of soil temperature in an arid region. *Journal of Arid Environments*, 71: 57-168.
- Ghuman, B.S., Lal, R., 1985. Thermal conductivity, thermal diffusivity and thermal capacity of some Nigerian soils. *Soil Sci.*, 139: 74-80.
- Gülser, C., Ekberli, İ., 2002. Toprak sıcaklığının profil boyunca değişimi. *O.M.Ü. Zir. Fak. Dergisi*, 17(3): 43-47.
- Gülser, C., Ekberli, İ., 2004. A comparison of estimated and measured diurnal soil temperature through a clay soil depth. *Journal of Applied Sciences*, 4(3): 418-423.
- Hinkel, K.M., 1997. Estimating seasonal values of thermal diffusivity in thawed and frozen soils using temperature time series. *Cold Regions Science and Technology*, 26:1-15.
- Jackson, M.L., 1958. *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J.
- Jenny, H., 1980. *Factors of Soil Formation*. McGraw-Hill, Newyork, 281 pp.
- Onder, O., Ozgener, L., Tester, J.W., 2013. A practical approach to predict soil temperature variations for geothermal (ground) heat exchangers applications. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 62: 473-480.
- Passerat de Silans, A.M., Monteny, B.A., Lhomme, J.P., 1996. Apparent soil thermal diffusivity, a case study: HAPEX-Sahel experiment. *Agricultural and Forest Meteorology*, 81: 201-216.
- Richards, L.A., 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils*. U.S. Dept. Agr. Handbook, 60, 109. Riverside.
- Sağlam, M., Dengiz O., F.E. Sarıoğlu, F. Saygin, C. Elgin, Ç. Atasoy. 2012. Distribution of Some Chemical Soil Properties Using Geostatistical Methods in Vertisol. 8th International Soil Science Congress On "Land Degradation and Challenges in Sustainable Soil Management" Okur, N, Bolca, M, Esetli, T. (eds.), pp. 464-471.
- Soil Survey Staff, 1992. *Procedures for collecting soil samples and methods of analysis for soil survey*. Soil Surv. Invest. Rep. I. U.S. Gov. Print. Office, Washington D.C. USA.
- Soil Survey Staff, 1993. *Soil Survey Manual*, USDA. Handbook No: 18 Washington D.C.
- SSSA, 1997. *Glossary of soil science terms*. SSSA, Wisconsin.
- Soil Survey Staff, 1999. *Soil Taxonomy. A Basic of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Survey*. U.S.D.A Handbook No: 436, Washington D.C.
- Sterling, A.T., Jackson, R.D., 1986. Temperature. In: Klute, A. (Ed.), *Methods of Soil Analysis Part 1. Physical and Mineralogical Methods*. Agronomy Monograph No: 9, ASA, SSSA, Madison WI.
- Tanju, Ö. 1996. *Toprak Oluşumu ve Sınıflaması*. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yayın No: 1472, Ders Kitabı: 437, Ankara
- Tikhonravova, P.I., 2007. Effect of the water content on the thermal diffusivity og clay loams with different degrees of salinization ih the Transvolga region. *Pocvovedeniye*, 1: 55-59.
- Tikhonravova, P.I., Khitrov, N.B., 2003. Estimation of thermal conductivity in Vertisols of the Central Ciscaucasus region. *Pocvovedeniye*, 3: 342-351.
- Trombotto, D., Borzotta, E., 2009. Indicators of present global warming through changes in active layer-thickness, estimation of thermal diffusivity and geomorphological observations in the Morenas Coloradas rockglacier, Central Andes of Mendoza, Argentina. *Cold Regions Science and Technology*, 55: 321-330.
- Usowicz, B., Kossowski, J., Baranowski, P., 1996. Spatial variability of soil thermal properties in cultivated fields. *Soil & Tillage Research*, 39: 85-100.
- Verhoef, A., van den Hurk, B.J.J.M., Jacobs, A.F.G., Heusinkveld, B.G., 1996. Thermal soil properties for vineyard (EFEDA-I) and savanna (HAPEXSahel) sites. *Agricultural and Forest Meteorology*, 78: 1-18.
- Wang, Z.H., Bou-Zeid, E., 2012. A novel approach for the estimation of soil ground heat flux. *Agricultural and Forest Meteorology*, 154- 155: 214-221.