

İmanverdi EKBERLİ¹
Yıldız SARILAR²

¹ Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 55105
Samsun / Türkiye

² TC Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı,
Çarşamba İlçe Gıda, Tarım ve Hayvancılık
Müdürlüğü, 55500 Samsun / Türkiye
e-posta: iman@omu.edu.tr

Toprak Sıcaklığının Profil Boyunca Sönme Derinliğinin ve Gecikme Zamanının Belirlenmesi

Determination of Damping Depth and Retardation Time of
Soil Temperature Along Soil Profile

Alınış (Received): 01.04.2015

Kabul tarihi (Accepted): 30.04..2015

Anahtar Sözcükler:

Toprak sıcaklığı, ısı taşınımı denklemi,
sönme derinliği, gecikme zamanı

Key Words:

Soil temperature, heat conductivity
equation, damping depth, retardation time

ÖZET

Toprakta sıcaklık dalgalarının sönme derinliği ve gecikme zamanının değerlendirilmesi sıcaklık durumunun belirlenmesinde ve optimum sıcaklığın sağlanması için gerekli arazi yönetimlerinin seçiminde önemlidir. Bu çalışma, topraktaki sıcaklık dalgalarının profil boyunca sönme derinliğini ve gecikme zamanını belirlemek amacıyla, Samsun ili Çarşamba ilçesinde çim örtüsü ile kaplı açık (I. deneme alanı) ve şeftali bahçesinde ağaçların gölgeleme yaptığı (II. deneme alanı) alanlarda yürütülmüştür. Toprakların 0-100 cm katmanının her bir 10 cm'deki sıcaklık dalgalarının sönme derinliğine ait değerler, I. deneme alanında 0.17m ile 2.59 m, II. deneme alanında ise 0.40 m ile 2.70 m aralığında belirlenmiştir. Sönme derinliğine ait I. ve II. deneme alanlarındaki ortalama günlük değerler sırasıyla 1.10 m ve 1.36 m olarak saptanmıştır. Toprak yüzeyindeki maksimum sıcaklığın katmanlardaki gecikme zamanı değerleri, I. ve II. deneme alanı topraklarında sırasıyla 0.54 ile 6.40 saat ve 0.21 ile 7.03 saat aralıklarında tespit edilmiştir. Gecikme zamanı için ortalama günlük değerler ise I. ve II. deneme alanlarında sırasıyla 2.50 saat ve 2.02 saat olarak belirlenmiştir. Toprak sıcaklığı, toprakların ısısal yayılım katsayısı, sıcaklık dalgalarının amplitütü ve frekansı, diğer çevresel faktörlerle beraber, sönme derinliğine ve gecikme zamanına önemli düzeyde etki yapmaktadır.

ABSTRACT

Assessment of damping depth and retardation time of heat waves in soil is important for determining temperature status and selecting necessary land management to provide optimum temperature. This study was carried out to determine the damping depth and retardation time of soil temperature along soil profile at grass covered (I. Field) and shaded areas (II. Field) by peach trees in Çarşamba, Samsun-Turkey. The values for damping depth of heat waves in each 10 cm of 0-100 cm soil layer were determined between 0.17 m and 2.59 m in I. field and between 0.40 m and 2.70 m in II. field. Daily mean values for damping depth in I. and II. fields were determined as 1.10 m and 1.36 m, respectively. The values for retardation time of maximum soil surface temperature at soil layers were determined between 0.54 h and 6.40 h in I. field and between 0.21 h and 7.03 h in II. field. Daily mean values for the retardation time in I. and II. fields were determined as 2.50 h and 2.02 h, respectively. Soil temperature, heat diffusivity coefficient, amplitude and frequency of heat waves together with other environmental factors have significant effects on damping depth and retardation time.

GİRİŞ

Toprakta sıcaklığın zamana ve mesafeye (toprak derinliğine) göre değişimi toprağın sıcaklık durumunu

oluşturmaktadır. Toprak yüzeyinde ve katmanlarında sıcaklığın değişimi genel olarak harmonik (sinüsoidal veya kosinüsoidal) biçimde olmaktadır. Sıcaklık toprak

oluşum süreçlerini, toprağın ısı dengesini, fiziksel, kimyasal, biyolojik özelliklerini ve bitki gelişimini önemli düzeyde etkilemektedir. Toprak sıcaklığının değişimi, toprak özellikleri ile birlikte toprağın termo-fiziksel özellikleri (sıcaklığın gecikme zamanı ve sönme derinliği, ısı kapasitesi, ısısal yayılım, ısı iletkenliği) ile ilişkilidir.

Toprak sıcaklığının sönme derinliği (ilerleme derinliği) yüzey amplitütüne, ısısal yayılım katsayısına ve sıcaklık dalgalarının frekans sayısına (döngüdeki değişimin sıklığı) bağlı olmaktadır. Sıcaklığın sönme sürecinde, herhangi toprak derinliğinde sıcaklık dalgalarının amplitütü eksposiyonel olarak azalmakta, faz yer değişimi (en yüksek sıcaklığın gecikme zamanı) gerçekleşmektedir. Toprağın aşağı katmanlarında sıcaklığın azalması ve faz gecikiminin artması topraktaki sıcaklık dalgalarının yayılmasının özgür özelliği olmaktadır. Toprağa ulaşan sıcaklık dalgalarının artmasına ve azalmasına uygun olarak, belirli bir miktarda ısı miktarının tutulması veya ayrılması sonucunda, toprağın aşağı katmanlarında sıcaklık dalgalarının gecikmesi ve sönmesi süreci gerçekleşmektedir (Hillel, 1982, 1998; Gülser and Ekberli, 2004). Toprak yüzeyindeki aynı amplitüta sahip sıcaklık dalgasının yıllık değişiminin sönme derinliği, günlük değişiminin sönme derinliğinin 19.1 katı olmaktadır. (Tihonov and Samarskiy, 1972; Voronin, 1986; Ekberli, 2006a). Van Wijk and De Vries (1963), ısı iletkenliği tarafından, ısı iletkenliği 0.97 watt m⁻¹ K⁻¹ olan toprakta günlük sıcaklık dalgalarının sönme derinliğini 0.12 m, yıllık sıcaklık dalgalarının sönme derinliğini ise 2.3 m olarak belirlemiştir. Toprakta sıcaklık dalgalarının sönme derinliği toprağın ısısal yayılım katsayısına ve sıcaklık dalgasının frekans sayısına bağlı olmaktadır. Jacobs et al., (2011) yaptıkları çalışmada, ısısal yayılım katsayısının 0.32 x 10⁻⁶ m² san⁻¹, ısı iletkenliğinin 1.10 watt m⁻¹ K⁻¹ değerlerinde ortalama günlük ve yıllık sönme derinliklerini sırasıyla 0.10 m ve 1.80 m olarak belirlemiş ve bu değerlerin killi topraklara ait tipik değerler olduğu vurgulanmıştır (De Vries, 1975; Monteith and Unsworth, 1990). Az rutubet ve tuz içeriği olan çöl ortamlarında sıcaklık frekansının değişimi sönme derinliğine de bağlı olmakta ve kaya ayrışmasına önemli düzeyde etki yapmaktadır (McKay et al., 2009). Sıcaklığın sönme derinliği toprağa uygulanan kimyasal maddelerin taşınımını etkileyen faktörlerden biridir (Veeh et al., 1996; Wu and Nofziger, 1999; Paraiba and Spadotto, 2002). Toprak derinliği boyunca sıcaklığın azalması, faz gecikimi (en yüksek sıcaklığın gecikme zamanı) sönme sürecinin gerçekleşmesine neden olan faktörlerdendir. Herhangi bir toprak derinliğinde amplitüt değeri ekspansiyonel olarak azalmakta olup, sönme derinliğinde sıcaklık

dalgalarının amplitütü toprak yüzeyi amplitütünün 1/e = 1/2.718= 0.37'i kadarı olmaktadır (Campbell, 1985; Jury et al., 1991; Ekberli, 2006a). Isı taşınımı denkleminin farklı başlangıç ve sınır koşullarındaki çözümlerine bağlı olarak toprak sıcaklığının modellenmesinin ve tahmin edilmesinin geçerliliği, başka faktörlerle beraber sönme derinliğinin detaylı olarak belirlenmesini gerektirmektedir (Gülser and Ekberli, 2004; Goldstein et al., 2010; Chow et. al., 2011; Arkhangelskaya, 2014).

Toprak yüzeyinde her hangi bir zaman anındaki sıcaklığın maksimum (minimum) değerinin toprak profili boyunca gecikme zamanı, toprak derinliğinin, ısısal yayılım katsayısının ve sıcaklık dalgalarının frekans sayısının fonksiyonu olmaktadır. Gecikme zamanı toprak derinliğiyle doğru, ısısal yayılım ve frekans sayısı ile ters orantılıdır. Gülser and Ekberli (2004) tarafından yürütülen çalışmada, killi toprağa ait günlük toprak sıcaklık değişimleri belirlenmiş ve sıcaklık dalgalarının gecikme zamanı (retardation time) 10, 20, 30, 40 ve 50 cm toprak derinliği için sırasıyla 4.77; 8.12; 9.99; 11.30; 13.09 saat olarak hesaplanmıştır. Ayrıca daha derin toprak katmanlarına inildikçe gecikme zamanı, ısısal yayılım katsayısı ve sönme derinliği üst toprak katmanları ile karşılaştırıldığında artış göstermiştir. Yapıların pasif ısınma ve soğumalarında, sığ ve derin jeotermal enerjinin sınıflandırılmasında, toprakta ısı taşınımının modellenmesinde sıcaklık dalgalarının gecikme zamanının belirlenmesi önem taşımaktadır (Mihalakakou, 2002; Ekberli, 2006b; Dai and Chen, 2008).

Bu çalışmada, Samsun'un Çarşamba ilçesinde, çim örtüsü ile kaplı (I. deneme alanı) ve şeftali bahçesinde ağaçların gölgeleme yaptığı (II. deneme alanı) farklı iki alanda toprak sıcaklığı değerlerine bağlı olarak toprak profili boyunca sıcaklık dalgalarının sönme derinliğinin ve gecikme zamanının belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Arazi çalışmaları Samsun ilinin Çarşamba ilçesinde 2011 yılının Ağustos-Eylül aylarında iki farklı deneme alanında yürütülmüştür. Birinci deneme alanı (41°13'02.85" K ve 36°43'26.46" D koordinatlarda) çim örtüsü ile kaplı arazide, ikinci deneme alanı (41°13'04.54" K ve 36°43'28.85" D) ise şeftali bahçesinde ağaçların gölgeleme yaptığı alanda seçilmiştir. Deneme arazilerinde toprak sıcaklığı, yüzey ve 100 cm toprak profilinin her bir 10 cm katmanında civalı cam termometre ile her gün 7⁰⁰, 12⁰⁰, 18⁰⁰ saatlerinde üç tekrürlü olarak ölçülmüştür (Sterling and Jackson, 1986). Toprakların nem içeriği 3 günde bir 60 cm

derinliğe kadar her 10 cm' den alınan örneklerde gravimetrik olarak belirlenmiştir. İstatistik hesaplamalar MİNİTAB-32 paket programında yapılmıştır.

Deneme arazisi topraklarında tekstür, Bouyoucos hidrometre yöntemine göre (Black, 1957; Demiralay, 1993); pH, 1:1 toprak-su oranında cam elektrolu pH-metre ile (Bayraklı,1987); elektriksel iletkenlik (EC), 1:1 toprak-su oranında elektriksel kondaktivite aleti ile (Richards,1954); organik madde, Walkley-Black yöntemine göre (Kacar,1994); kireç (CaCO₃), Scheibler kalsimetresiyile (Allison and Moodie, 1965); potasyum, 1N NH₄OAc ekstraksiyonunda flame fotometresinde (Kacar, 1994); fosfor, Olsen and Sommers (1982)'e göre spektrofotometrik olarak belirlenmiştir.

Sıcaklık dalgalarının toprak profili boyunca sönme derinliği, temel ısı taşınımının

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad (0 \leq x < \infty, t > -\infty) \quad \text{denkleminin}$$

$$T(0, t) = A \cos \omega t \quad \text{koşulunu sağlayan}$$

$$T(x, t) = A e^{-\sqrt{\frac{\omega}{2a}} x} \cos \left(\sqrt{\frac{\omega}{2a}} x - \omega t \right) \quad \text{çözümünden elde}$$

edilen, $S_d = \sqrt{2a/\omega}$ (burada, A-amplitüt, °C; $\omega = 2\pi/P$ -

açısız frekans, san⁻¹; a -ısısal yayılım katsayısı, cm²san⁻¹; x-toprak derinliği, cm; t-zaman, san;

P -periyottur); toprak yüzeyinde herhangi bir andaki sıcaklığın maks-imum (minimum) değerinin

toprak profili boyunca gecikme zamanı ise $t_g = x \sqrt{1/2a \omega}$ ifadesi kullanılarak hesaplanmıştır

(Hillel, 1982; Nerpin and Chudnovski,1984; Monteith and Unsworth, 1990; Hillel, 1998; Cichota et.al., 2004; Gülser and Ekberli, 2004; Ekberli, 2006a; Gao et.al., 2007; Evett et.al., 2012; Arkhangelskaya, 2014).

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Toprakların Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Çim örtüsü ile kapalı açık arazide yerleşen I. Deneme alanı toprağının 0-20 cm ve 20-40 cm katmanları siltli tın (SiL), toprak reaksiyonu hafif alkali, organik madde içeriği düşük, tuzsuz, orta kireçli, fosfor kapsamı düşük olup, potasyum kapsamı 0-20 cm katmanında iyi, 20-40 cm katmanında ise düşük olmaktadır. Araştırma toprağının 40-100 cm katmanı tınlı (L),

toprak reaksiyonu orta derecede alkali, organik madde içeriği düşük, tuzsuz, kireçli, potasyum ve fosfor miktarı düşüktür. 0-60 cm katmanında ortalama nem miktarı %13.32 olmaktadır.

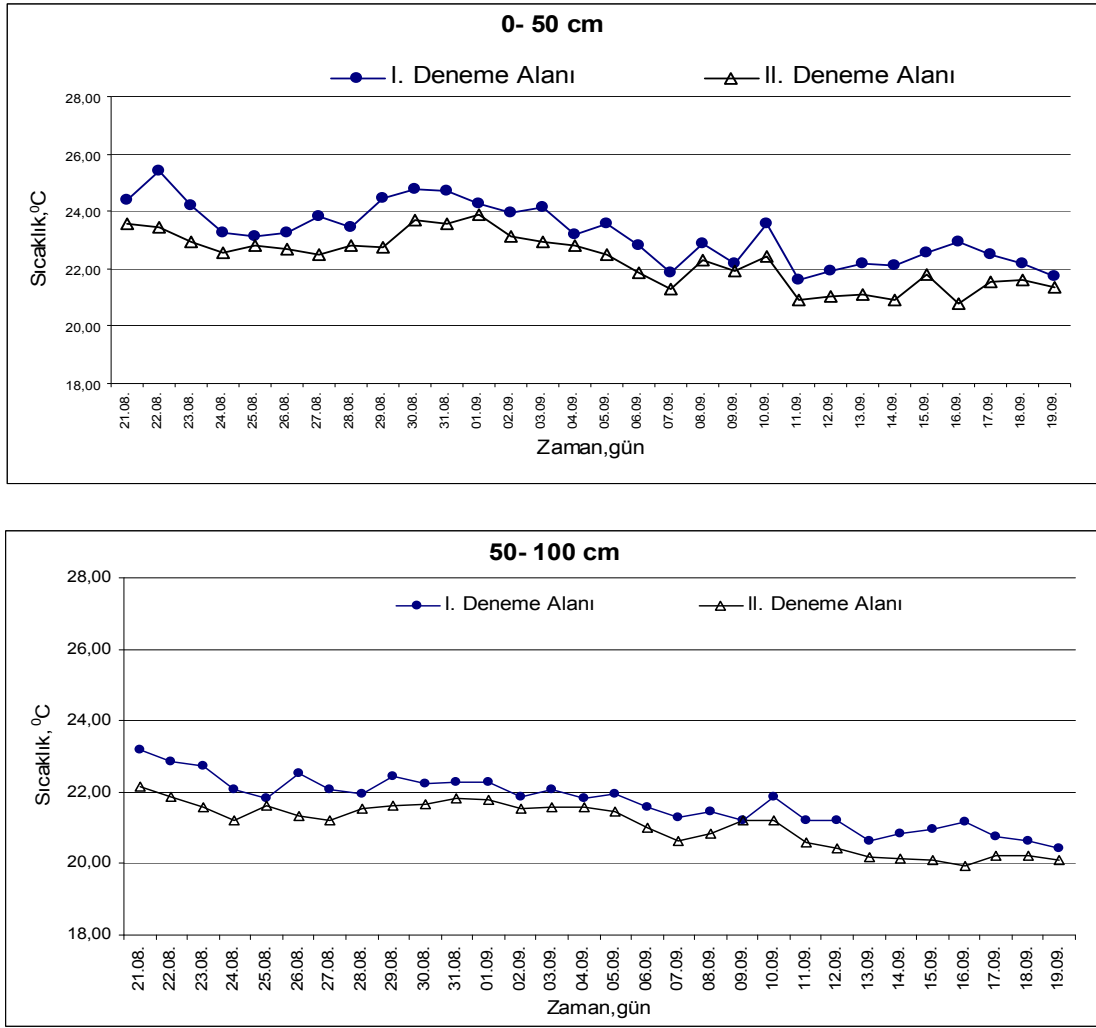
Şeftali bahçesinde ağaçların gölgeleme yaptığı II. deneme arazisinde toprağının 0-20 cm katmanı tınlı (L), hafif alkali, organik maddesi düşük, tuzsuz, orta kireçli, potasyum miktarı yüksek, fosfor kapsamı ise çok yüksek bulunmuştur. Araştırma toprağının 20-40 cm katmanı siltli tınlı (SiL), hafif alkali, organik maddece düşük, tuzsuz, orta kireçli, potasyum miktarı orta, fosfor kapsamı düşük olarak belirlenmiştir. Aynı alandaki toprağın 40-100 cm katmanı kumlu tınlı (SL), orta derecede alkali, organik maddece düşük, tuzsuz, orta kireçli, potasyum miktarı düşük, fosfor kapsamı ise çok düşük ve 0-60 cm katmanındaki ortalama nem miktarı %10.04 olarak belirlenmiştir.

Toprak Katmanlarındaki Sıcaklık Değişimleri

Deneme alanı topraklarının 0-50 ve 50-100 cm katmanlarındaki sıcaklık değerleri Şekil 1' de verilmiştir. I. deneme alanı toprağının 0; 10; 20; 30; 40; 50 cm katmanlarında günlük ortalama sıcaklık değerleri 21.0-26.8°C aralığında, 0-50 cm katmanında ise ortalama olarak 21.6-25.4°C arasında değişmektedir. 60; 70; 80; 90; 100 cm katmanlarındaki günlük ortalama sıcaklık değerleri 20.0-24.2°C arasında, 50-100 cm katmanında ise ortalama olarak 20.4-23.2°C aralığında gerçekleşmektedir.

Günlük ortalama sıcaklık değerleri II deneme alanı toprağının 0; 10; 20; 30; 40; 50 cm katmanlarında 20.0-24.3°C; 0-50 cm katmanında 20.9-23.9°C; 60; 70; 80; 90; 100 cm katmanlarında 19.4-23.5°C; 50-100 cm katmanında ise 20.0-22.2°C aralıklarında değişmektedir.

Her iki deneme alanı topraklarında günlük sıcaklık değişimi harmonik, daha kısa zaman aralıklarında ise yaklaşık doğrusal olmaktadır. Aşağı katmanlara doğru (>50 cm) doğrusallaşma süreci daha çabuk gerçekleşmektedir. Bu ise sıcaklığı etkileyen diğer faktörlerle (topraktaki fiziksel, kimyasal, biyolojik olaylar, iklim koşulu) beraber toprak yüzeyinde zamana bağlı olarak sıcaklık ve amplitüt değerlerinin değişimi ile ilgili olmaktadır (Lei et al., 2011). Genel olarak, iklim değişimi (bulutlu hava, yağış vb.) toprak yüzeyinde, 10-20 cm katmanda sıcaklık dalgalarının günlük harmonik değişiminde önemli sapmalar, aşağı katmanlarda ise düzenleme yapmaktadır. Toprak derinliği boyunca katmanların farklı özelliğe sahip olması da sıcaklık dalgalarının harmonik karakterine etki yapmaktadır (Voronin, 1986).



Şekil 1. Toprakların 0-50 ve 50-100 cm derinliklerindeki ortalama sıcaklık değerleri
Figure 1. Mean soil temperatures in 0-50 cm and 50-100 cm depths

Toprak Profili Boyunca Sıcaklığın Sönme Derinliği ve Gecikme Zamanı

Toprak sıcaklığının sönme derinliğine ısıl yayılım katsayısı önemli düzeyde etki yapmaktadır. Isıl yayılım katsayısı I. deneme alanı topraklarının 0-100 cm katmanında saat 7⁰⁰' da 0.0344-1.4507 cm²san⁻¹; saat 12⁰⁰'da 0.0101- 0.2020 cm²san⁻¹; saat 18⁰⁰ 'da ise 0.0498-2.4401 cm²san⁻¹ aralığında değişmektedir. II. deneme alanı topraklarında ise bu değerler uygun olarak 0.1286-1.0962 cm²san⁻¹; 0.0572-1.0021 cm²san⁻¹; 0.9755-2.6516 cm²san⁻¹ olmaktadır. Zhou et al., (2007) tarafından yapılan bir araştırmada, toprağın 10 ve 20 cm derinliğinde ısıl yayılım katsayısı minimum olarak 0.0013-0.0016 cm²san⁻¹ (1.3x10⁻⁷-1.6x10⁻⁷ m²san⁻¹) ve maksimum olarak 0.013-0.015 cm²san⁻¹ (13x10⁻⁷-15x10⁻⁷m²san⁻¹) aralıklarında belirlenmiştir. Bazı kaynaklarda ise, ısıl yayılım değerleri 3x10⁻⁷-6x10⁻⁷

m²san⁻¹ (0.003-0.006 cm²san⁻¹) aralığında saptanmıştır (De Vries, 1975; Horton et al., 1983; Hinkel, 1997).

Deneme topraklarının farklı derinliklerinde sönme derinliği ve toprak yüzeyindeki maksimum (minimum) sıcaklığın toprak derinliklerindeki gecikme zamanı belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 1 ve 2'de sunulmuştur. Sıcaklık dalgalarının sönme derinliği I. ve II. deneme alanı topraklarında sırasıyla 0.17-2.59 m ve 0.40-2.70 m aralıklarında değişmekte, genellikle aşağı katmanlarda artış göstermektedir. Sönme derinliği, toprak yüzeyi ve farklı derinliklerdeki amplitüt değerlerinin değişimine bağlıdır. Toprağa giren sıcaklığın artması veya azalmasına bağlı olarak belli miktarda ısının absorplanması (emilmesi) veya ayrılması süreçleri, toprak derinliği boyunca sıcaklık dalgalarının sönmesi ve yavaşlaması şeklindeki fiziksel olayları ifade etmektedir.

Çizelge 1. I. Deneme alanında toprak profili boyunca sönme derinliği (S_d , m) ve maksimum sıcaklığın gecikme zamanının (t_g , saat) değerleri (21.08.- 19.09.2011)

Table 1. The values of damping depth (S_d , m) and retardation time (t_g , hour) of maximum temperature along the soil profile in the I. experimental field (21.08 - 19.09.2011)

Derinlik, Cm	Zaman, saat					
	07:00		12:00		18:00	
	S_d	t_g	S_d	t_g	S_d	t_g
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.31	1.24	0.17	2.29	0.37	1.03
20	1.41	0.54	0.32	2.43	0.88	0.87
30	1.37	0.84	0.42	2.72	0.89	1.29
40	1.54	0.99	0.31	4.88	0.77	1.98
50	1.57	1.22	0.42	4.56	2.59	0.74
60	1.94	1.18	0.37	6.25	2.56	0.90
70	2.00	1.34	0.75	3.59	1.40	1.91
80	1.76	1.73	0.48	6.40	1.37	2.24
90	1.15	2.98	0.63	5.47	1.26	2.72
100	1.47	2.59	0.64	6.02	1.82	2.10
Ortalama	1.45	1.47	0.45	4.46	1.39	1.58

Çizelge 2. II. Deneme alanında toprak profili boyunca sönme derinliği (S_d , m) ve maksimum sıcaklığın gecikme zamanının (t_g , saat) değerleri (21.08.-19.09.2011)

Table 2. The values of damping depth (S_d , m) and retardation time (t_g , hour) of maximum temperature along the soil profile in the II. experimental field (21.08 - 19.09.2011)

Derinlik, Cm	Zaman, saat					
	07:00		12:00		18:00	
	S_d	t_g	S_d	t_g	S_d	t_g
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.60	0.64	0.84	0.45	1.84	0.21
20	1.00	0.76	0.51	1.50	2.56	0.30
30	0.87	1.31	0.40	2.89	2.61	0.44
40	1.03	1.48	0.67	2.27	2.51	0.61
50	0.93	2.05	0.82	2.34	2.38	0.80
60	0.80	2.87	1.66	1.38	2.70	0.85
70	0.68	3.96	0.59	4.51	2.28	1.17
80	0.86	3.54	0.82	3.71	2.39	1.28
90	1.64	2.10	0.87	3.93	2.13	1.62
100	1.74	2.20	0.54	7.03	1.64	2.33
Ortalama	1.01	2.09	0.77	3.00	2.30	0.96

Toprak yüzeyinde maksimum sıcaklığın gecikme zamanı genellikle alt katmanlarda derinliğe bağlı olarak artmakta, I. ve II. deneme alanı topraklarında sırasıyla 0.54–6.40 saat ve 0.21-7.03 saat aralıklarında değişmektedir. Toprak yüzeyindeki ısının aşağı katmanlara akması için gereken sıcaklık eğimi oluşumunun gecikmesi sonucunda, derin katmanlarda sıcaklığın maksimuma ulaşması daha uzun bir zamanda gerçekleşmektedir. Sıcaklığın minimum değerleri için de benzer durum söz konusu olmaktadır. Toprak derinliği boyunca sıcaklığın azalması ve sıcaklık dalgala-

rının faz gecikiminin artması sıcaklığın gecikme zamanına önemli düzeyde etki yapmakta ve ısı yayılımı olaylarının tipik özelliği olmaktadır. Deneme alanları topraklarında saat 12⁰⁰'da sıcaklık değerleri yüksek, dolayısıyla ısısal yayılım katsayısı düşük olduğundan; saat 07⁰⁰ ve 18⁰⁰ ile karşılaştırıldığında sönme derinliği düşük, gecikme zamanı ise yüksek olmaktadır.

Gün içerisinde toprak katmanlarının farklı düzeylerde ısınması ve soğuması saate göre gecikme zamanına etki yapan faktörlerden biridir. Toprağın 0–10 cm

katmanında, alt katmanlarla (örneğin, 20, 30, 40 cm) karşılaştırıldığında saat 7⁰⁰'de ısınma süreci daha hızlı gerçekleştiğinden ısısal yayılım katsayısı düşük, gecikme zamanı ise ısısal yayılım katsayısının karekökü ile ters orantılı olduğundan yüksektir (Tablo 1). Sönme derinliği sıcaklık dalgalarının amplitütüne ve derinliğe; gecikme zamanı ise amplitüt ve zamana bağlı olarak deneme topraklarının aşağı katmanlarına doğru genellikle artmaktadır. Toprağın aşağı katmanlarına doğru ısısal yayılım katsayısı artmakta, sıcaklık dalgalarının frekans sayısı azalmakta, ısınma ve soğuma süreçleri çabuk gerçekleşmemekte ve bunlara bağlı olarak da derinlik arttıkça sıcaklığın sönme derinliği artış göstermektedir. Sıcaklık amplitütlerinin aşağı katmanlara doğru azalmasına bağlı olarak maksimum (minimum) sıcaklık değerleri derinliğin artmasıyla geç ortaya çıktığından, gecikme zamanı alt katmanlara doğru geniş olmayan aralıkta artmaktadır. Toprak katmanlardaki sıcaklık dalgalarının sönme derinliği ve gecikme zamanının farklı olmasında, farklı toprak sıcaklığı değerleri, bitki örtüsü, toprak katmanlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri gibi faktörler etkili olmaktadır.

Sönme derinliğinin fazla, gecikme zamanının ise az olması toprak sıcaklığının artmasına neden olmaktadır. Toprakta sürekli optimum sıcaklığın oluşturulması için gerekli yöntemlerin belirlenmesinde, sıcaklık dalgalarının sönme derinliğinin ve gecikme zamanının değerlendirilmesi önemli olmaktadır.

KAYNAKLAR

- Allison, L.E., Moodie, C.D. 1965. Carbonate. In: C. A. Black et al (ed). Methods of Soil Analysis, Part 2. Agronomy. American Society Of Argon., Inc., Madison, Wisconsin, USA, 9:1379-1400.
- Arkhangelskaya, T.A., 2014. Diversity of thermal conditions within the paleocryogenic soil complexes of the East European Plain: The discussion of key factors and mathematical modeling. *Geoderma*, 213: 608-616.
- Bayraklı, F., 1987. Toprak ve Bitki Analizleri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayınları. Yayın No: 17, 199 s.
- Black, C.A., 1957. Soil Plant Relationships. John Wiley and Sons. Inc., New York, p. 332 .
- Campbell, G.S., 1985. Soil Physics with Basic: Transpotr Models for Soil-Plant Systems. Elsevier Science Publishing Company Inc., New York, p. 150.
- Chow, T.T., Long, H., Mok, H.Y., Li, K.W., 2011. Estimation of soil temperature profile in Hong Kong from climatic variables. *Energy and Buildings*, 43: 3568-3575.
- Cichota, R., Elias, E.A., de Jong van Lie, Q., 2004. Testing a finite-difference model for soil heat transfer by comparing numerical and analytical solutions. *Environmental Modelling & Software*, 19: 495-506.

SONUÇ

Toprak profili boyunca sıcaklık değerlerinin değişimine ve toprağın ısı taşınımı denkleminin başlangıç koşulsuz çözümüne dayanarak, yüzey sıcaklığının toprak profili boyunca gecikme zamanını ve sıcaklık dalgalarının sönme derinliğini belirlemek için, Samsun ili Çarşamba ilçesi üretici arazisinde çim örtüsü ile kaplı açık arazide (I. deneme alanı) ve şeftali bahçesinde ağaçların gölgeleme yaptığı arazideki (II. deneme alanı) 100 cm toprak profilinin her bir 10 cm katmanında 21 ağustos 19 eylül 2011 tarihleri arasında 7⁰⁰, 12⁰⁰ ve 18⁰⁰ saatlerinde sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Toprakların 0-100 cm katmanındaki sıcaklık değerlerinin I. deneme alanında 20.43-25.39°C; II deneme alanında ise 19.95-23.89°C aralıklarında olduğu saptanmıştır. Sıcaklık dalgalarının sönme derinliği ısısal yayılım katsayısına ve sıcaklık dalgalarının frekansına bağlı olup, her iki deneme alanında genellikle aşağı katmanlarda artış göstermiştir. Toprak yüzeyindeki maksimum sıcaklığın gecikme zamanı, toprak derinliğine, ısısal yayıma ve sıcaklık dalgalarının frekansına bağlı olup, her iki deneme alanı topraklarının alt katmanlarında genellikle yüksek olduğu belirlenmiştir. Toprak profili boyunca sıcaklığın tahmin edilmesinde ve toprakta optimum sıcaklık koşulunun oluşturulmasında sıcaklık dalgalarının sönme derinliğinin ve gecikme zamanının değerlendirilmesi önemlidir.

- Dai, C., Chen, Y., 2008. Classification of shallow and deep geothermal energy. *GRC Transactions*, 32: 317-320.
- Demiralay, İ., 1993. Toprak Fiziksel Analizleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. 143: 6-51.
- De Vries, D.A., 1975. Heat Transfer in Soils. In: de Vries, D. A. and Afgan, N. H. (eds.), Heat and mass transfer in the biosphere. Scripta Book Co., Washington, DC, pp. 5-28.
- Ekberli, İ., 2006a. Isı iletkenlik denkleminin çözümüne bağlı olarak topraktaki ısı taşınımına etki yapan bazı parametrelerin incelenmesi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2): 179-189.
- Ekberli, I., 2006b. 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.
- Evet, S.R., Agam, N., Kustas, W.P., Colaizzi, P.D., Schwartz, R.C., 2012. Soil profile method for soil thermal diffusivity, conductivity and heat flux: Comparison to soil heat flux plates. *Advances in Water Resources*, 50: 41-54.
- 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.

- Goldstein, R.J., Ibele, W.E., Patankar, S.V., Simon, T. W., Kuehn, T.H., Strykowski, P.J., Tamma, K.K., Heberlein, J.V.R., Davidson, J.H., Bischof, J., Kulacki, F.A., Kortshagen, U., Garrick, S., Srinivasan, V., Ghosh, K., Mittal, R., 2010. Heat transfer—A review of 2004 literature. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 53: 4343-4396.
- Gülser, C., Ekberli, I., 2004. A comparison of estimated and measured diurnal soil temperature through a clay soil depth. *Journal of Applied Sciences*, 4(3): 418-423.
- Hillel, D., 1982. *Introduction to Soil Physics*. Academic Pres, Inc. San Dieoga, California, USA, p. 364.
- Hillel, D., 1998. *Environmental Soil Physics*. Academic Press, New York, 771 pp.
- 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.
- Horton, R., Wierenga, P. J., Nielsen, D. R., 1983. Evaluation of methods for determining the apparent thermal diffusivity of soil near the surface. *Soil Science Society of America Journal*, 47: 25-32.
- Jacobs, A.F.G., Heusinkveld, B.G., Holtslag, A.A.M., 2011. Long-term record and analysis of soil temperatures and soil heat fluxes in a grassland area, The Netherlands. *Agricultural and Forest Meteorology*, 151: 774-780.
- Jury, W.A., Gardner, W.R., Gardner, W.H., 1991. *Soil Physics*. John Wiley & Sons, Inc., New York, p. 328.
- Kacar, B., 1994. Bitki ve toprağın kimyasal analizleri III. Toprak Analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, No:3. s. 89-98.
- Lei, S., Daniels, J. L., Bian, Z., Wainaina, N., 2011. Improved soil temperature modeling. *Environmental Earth Sciences*, 62(6): 1123-1130.
- McKay, C.P., Molaro, J.L., Marinova, M.M., 2009. High-frequency rock temperature data from hyper-arid desert environments in the Atacama and the Antarctic Dry Valleys and implications for rock weathering. *Geomorphology*, 110: 182-187.
- Mihalakakou, G., 2002. On estimating soil surface temperature profiles, *Energy and Buildings*, 34: 251-259.
- Monteith, J.L., Unsworth, M.H., 1990. *Principles of Environmental Physics*. Edward Arnold, London, p. 291.
- Nerpin, S.V., Chudnovskii, A. F., 1984. *Heat and Mass Transfer in the Plant-Soil-Air System*. Translated from Russian. Published for USDA and National Sci. Found., Washington. D.S., by Amerind Publishing Co. Pvt. Ltd., New Delhi, India, p. 355.
- Olsen, S. R., Sommers, E. L. 1982. Phosphorus availability indices. Phosphorus soluble in sodium bicarbonate. *Methods of Soils Analysis. Part II. Chemical and Microbiological Properties*. Editors: A. L. Page, R. H. Miller, D. R. Keeney, pp. 404-430.
- Paraiba, L.C., Spadotto, C.A., 2002. Soil temperature effect in calculating attenuation and retardation factors. *Chemosphere*, 48: 905-912.
- Richards, L.A., 1954. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. United States Department of Agriculture. Handbook, 60: 105-106.
- Sterling, A.T., Jackson, R.D., 1986. Temperature. In: Klute, A. (Ed.), *Methods of Soil Analysis Part 1. Physical and Mineralogical Methods*. Agronomy, No: 9 (Part 1), ASA, SSSA, Publisher Madison, Wisconsin USA, pp. 927-940.
- Tihonov, A.N., Samarskiy, A. A., 1972. *Urvneniya Matematicheskoy Fiziki*. Izdatelstvo Nauka, Moscow, s. 246-250.
- Van Wijk, W.R., De Vries, D.A., 1963. Periodic temperature variations in a homogeneous soil. In Van Wijk, W.R., ed., *Physics of Plant Environment*. Amsterdam: North Holland, pp. 102-143.
- Veeh, R.H., Inskeep, W.P., Camper, A.K., 1996. Soil depth and temperature effects on microbial degradation of 2,4-D. *Journal of Environmental Quality*, 25: 5-12.
- Voronin, A., D., 1986. *Osnovi Fiziki Pochv*. Izdatelstvo Moskovskogo Universiteta, s. 216-233.
- Wu, J., Nofziger, D.L., 1999. Incorporating temperature effects on pesticide degradation into a management model. *Journal of Environmental Quality*, 28: 92-100.
- Zhou, X., Persaud, N., Belesky, D.P., Clark, R.B., 2007. Significance of transients in soil temperature series. *Pedosphere*, 17(6): 766-775.