



## Çukurova Üniversitesi Kampüsünde Yetişen *Pinus brutia* Ten. ve *Quercus coccifera* L. Türleri Altındaki Toprak Solunumunun Mevsimsel Değişimi

Şahin CENKSEVEN<sup>1</sup> Burak KOÇAK<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 01330, Sarıçam, Adana, Türkiye

<sup>2</sup> Çukurova Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, 01330, Sarıçam, Adana, Türkiye

Geliş/Received: 01.06.2021

Kabul/Accepted: 08.10.2021

Yayın/Published: 31.12.2021

Atıf yapmak için: Cenkseven, Ş. & Koçak, B. (2021). Çukurova Üniversitesi Kampüsünde Yetişen *Pinus brutia* Ten. ve *Quercus coccifera* L. Türleri Altındaki Toprak Solunumunun Mevsimsel Değişimi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(4), 548-554.

How to cite: Cenkseven, Ş. & Koçak, B. (2021). Seasonal Variation of Soil Respiration under *Pinus brutia* Ten. and *Quercus coccifera* L. Species Growing in Cukurova University Campus. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 548-554.

\*ID: <https://orcid.org/0000-0003-2330-8668>  
ID: <https://orcid.org/0000-0003-4144-6079>

\*Sorumlu yazarın:

Burak KOÇAK  
Çukurova Üniversitesi Fen-Edebiyat  
Fakültesi Biyoloji Bölümü, Sarıçam, Adana,  
Türkiye  
✉: [bkocak@cu.edu.tr](mailto:bkocak@cu.edu.tr)

**Öz:** Bu çalışmada Akdeniz iklimi etkisi altında bulunan ve en az 30 yaşında olan *Pinus brutia* Ten. (Kızılcık, Pinaceae) ve *Quercus coccifera* L. (Kermes meşesi, Fagaceae) türleri altında topraktan atmosfere salınan CO<sub>2</sub>'in mevsimsel değişimi izlenmiştir. Eylül 2016 ve Ağustos 2017 tarihleri arasında aylık toprak ve hava sıcaklıkları ile soda-lime yöntemiyle toprak solunumları belirlenmiştir. Ortalama günlük toprak solunumları (g CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/gün) kızılcıkta 1,33 (Ocak) ile 12,33 (Ağustos) iken kermes meşesinde 1,29 (Ocak) ile 13,82 (Ağustos) arasında olup ortalama solunumları sırasıyla 7,03 ve 7,26 olarak belirlenmiştir. Mevsimsel olarak, her iki bitki türünün kış mevsimindeki toprak solunumları diğer mevsimlerden önemli bir biçimde düşük olup tüm aylarda bitkilerin toprak solunumları arasında önemli bir fark saptanmamıştır. Her iki bitki türünün toprak solunumları, toprak ve hava sıcaklıkları arasında önemli ve pozitif bir korelasyon bulunmuştur. Sonuç olarak, araştırma alanında, artan toprak ve hava sıcaklığı ile topraktan CO<sub>2</sub> salımının artış gösterdiği ve genel olarak bir yıllık süreçte kızılcık ve kermes meşesi türlerinin CO<sub>2</sub> salımları arasında önemli düzeyde farklılık olmadığı belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Kermes meşesi, kızılcık, mineralizasyon, toprak karbonu, toprak solunumu.

## Seasonal Variation of Soil Respiration under *Pinus brutia* Ten. and *Quercus coccifera* L. Species Growing in Cukurova University Campus

**Abstract:** In this study, seasonal variations of CO<sub>2</sub> released from soil to the atmosphere were monitored under at least 30 years old *Pinus brutia* Ten. (Calabrian pine, Pinaceae) and *Quercus coccifera* L. (Kermes oak, Fagaceae) species that grow under the effects of Mediterranean climate. Soil respirations with soda-lime method, soil and air temperatures were measured monthly between September 2016 and August 2017. Mean daily soil respirations (g CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/day) ranged from 1.33 (January 2017) to 12.33 (August 2017) for calabrian pine and from 1.29 (January 2017) to 13.82 (August 2017) while mean respirations were found 7.03 and 7.26, respectively. Seasonally, soil respirations of both plant species in winter were significantly lower than other seasons while there were found no significant differences between all months in soil respirations. There was a significant and positive correlation between soil respirations, soil and air temperatures in both plant species. In conclusion, it was found that increasing soil and air temperatures increased with soil CO<sub>2</sub> release and there was generally no difference in CO<sub>2</sub> release between calabrian pine and kermes oaks in the study area for one year period.

\*Corresponding author's:

Burak KOÇAK  
Cukurova University, Faculty of Arts and  
Sciences, Department of Biology, Sarıçam,  
Adana, Turkey  
✉: [bkocak@cu.edu.tr](mailto:bkocak@cu.edu.tr)

**Keywords:** Calabrian pine, kermes oak, mineralization, soil carbon, soil respiration.

## GİRİŞ

Bitki köklerinin ve onlarla ilişkili olan mikorizaların solunumlarını (ototrofik solunum) ve ölü örtü ve toprak organik maddesinin (TOM) ayrışmasını kapsayan toprak solunumu ormanlardaki karbon dengesinin önemli bir bileşeni olup özellikle Akdeniz iklimi altındaki orman ekosistemlerinde ekosistem solunumunun %60 ile %80'ine tekabül etmektedir (Karadere vd., 2019; Law vd., 2001; Matteucci vd., 2000). Bundan dolayı, iklim değişimine karşı orman ekosistemlerinin verdikleri cevabın tahmin edilmesinde ve küresel modelleme çalışmalarında orman-atmosfer etkileşimlerini ortaya koymak için toprak solunumlarının güvenilir ölçümlerine ihtiyaç duyulmaktadır (Jenkinson vd., 1991).

Sıcaklık ve nem gibi farklı çevresel faktörlere karşı toprak solunumunun yüksek hassasiyet gösterdiği bilinmektedir (Matías vd., 2012). Bu yüzden topraktan atmosfere CO<sub>2</sub> salımını etkileyen temel faktörlerin toprak nemi ve sıcaklığı olduğu kabul edilmektedir (Curiel Yuste vd. 2004; Matías vd., 2012; Xu vd., 2004). Orman ekosistemlerinde organik maddenin ayrışmasını ve kök solunumunu önemli bir biçimde etkileyen faktörlerden birisi de nem ve sıcaklık arasındaki etkileşimdir (Curiel Yuste vd. 2004; Olajuyigbe vd. 2012).

Topraktan salınan CO<sub>2</sub>'nin fosil yakıtların yakılmasıyla üretilenden 10 kat fazla olduğu tahmin edilmekte olup bu da yıllık 98±12 Pg C olduğu belirtilmiştir (Oertel vd., 2016). Bu katkıya rağmen, ekosistemler ve kontrol mekanizmaları arasındaki değişkenlik konusunda sınırlı bir bilgi olduğu bildirilmiştir (Bond-Lamberty & Thomson, 2010). Sabit tek bir alanda sabit değişkenlerle (vejetasyon, toprak tipi, iklim tarihçesi gibi) deneysel olarak ilişkiler belirlenmiş iken bu çalışmalarda genelde diğer alanlarla kıyaslanmadığı (Trumbore, 2006) ve modellemelerin mevsimsel değişimlerle geliştirildiği ancak bunun yıllık veya daha uzun süreçler için her zaman uygun olmadığı ifade edilmiştir (Scott-Denton vd., 2004). Bunun özellikle Akdeniz bölgesi gibi kuru alanlarda önemli olduğu (Scholes vd., 2009), bu bölgenin yaklaşık 2,75 milyon km<sup>2</sup>'lik bir alana sahip olduğu ve burada toprak karbonunun kaybolmasında en önemli süreçlerden birisinin toprak solunumu olduğu bildirilmiştir (Conant vd., 2000; Gonzalez-Ubierna & Lai, 2019).

*Pinus* cinsinin Türkiye'deki en önemli türlerinden olan kızılçam (*Pinus brutia* Ten., Pinaceae) Doğu Akdeniz bölgesinin bir türü olup dünya üzerinde en geniş yayılışını Türkiye'de Akdeniz sahillerini baştan başa kapsayarak yapmaktadır (Sarıbaş & Ekici, 2004). Kızılçam, yayılış alanı, artım ve büyüme özellikleri, oluşturduğu ekonomik değer nedeniyle ülkemizin önemli asli orman ağacı türlerindedir. Genelde Doğu Akdeniz ülkelerinde yayılış

yapan kızılçam ana yayılışını Türkiye'de yaptığından, Türk kızılçamı (Turkish red pine) olarak da adlandırılmaktadır (Boydak vd., 2006). Ülkemizde kızılçam 3.207.914 ha'ı normal, 2.646.759 ha'ı bozuk olmak üzere toplamda 5.854.673 ha'lık bir alanı kaplamaktadır (Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2012).

Makilik alanlar 4,23 milyon hektar ile Türkiye'deki Akdeniz orman alanlarının önemli bir bölümünü meydana getirmektedir (Evrendilek & Doygun, 2000). Ülkemizde Akdeniz Bölgesi'nde maki bitki örtüsüne ait birçok meşe türü görülmesine karşın en fazla bulunan tür kermes meşesi (*Quercus coccifera* L., Fagaceae)'dir. Kermes meşesinin yayılış alanı kızılçamın yayılış alanlarıyla uyumludur. Hatta kızılçamın yayılış alanının da yer yer dışına çıkmaktadır. Bu durumun kermes meşesinin adaptasyonunun kızılçama göre daha yüksek olduğunu gösterdiği bildirilmiştir (Baştürk & Aladağ, 2009).

Bu çalışmada Akdeniz İklimi etkisi altındaki Çukurova Üniversitesi Kampüsü'nde (Adana, Türkiye) doğal olarak yetişen *Pinus brutia* Ten. (Kızılçam) ve *Quercus coccifera* L. (Kermes meşesi) türleri altında topraktan atmosfere salınan CO<sub>2</sub>'in mevsimsel değişimi izlenmiştir. *Pinus brutia* Ten. türü altındaki toprak solunumunun *Quercus coccifera* L. türüne göre daha düşük olacağı ve toprak ve hava sıcaklıklarının bu türlerin toprak solunumlarına önemli bir etkisi olacağı hipotezleri kurulmuştur.

## MATERYAL VE METOT

**Materyal:** Araştırma alanı, Doğu Akdeniz Bölgesi'nde Adana ili sınırları içerisinde 37° 3' 26" kuzey enlemleri ile 35° 21' 19" doğu boylamında yer alan Çukurova Üniversitesi kampüsüdür. Örneklik alan (yaklaşık 0.40 hektar) olarak Kampusun Çamlitepe Lojmanlarının Güneyinde doğal olarak yetişen en az 30 yaşlı *Pinus brutia* Ten. (Kızılçam, Pinaceae) ve *Quercus coccifera* L. (Kermes meşesi, Fagaceae) toplulukları seçilmiştir. Örnek alanların seçiminde araştırılan ağaç topluluklarını en iyi şekilde temsil edebilecek bir bölge olmasına, ayrıca tamamen doğal ve insan tahribinden olabildiğince uzakta olmasına dikkat edilmiştir. Alanın hâkim ve karakteristik bitki türleri *Pinus brutia* ve *Quercus coccifera* olup yer yer *Olea europaea* var. *slyvestris*, *Calycotome villosa*, *Myrtus communis* subsp. *communis*, *Paliurus spina-christi* ve *Cistus creticus* türleri görülmektedir (Türkmen, 1987). Araştırma alanlarındaki kızılçamda ortalama çap 38,6 cm, ortalama boy 19,2 m iken meşede ortalama çap 16,1 cm, ortalama boy 6,2 m dir.

Bu ormanların sahip olduğu toprak grubu ise kahverengi orman toprağı olup bu gruba sahip alanın

büyüklüğü 250 hektar kadardır (Şensoy, 2008). Bu bölge Akdeniz iklimi etkisi altında olup 1927 ile 2017 yılları arasında yıllık ortalama sıcaklık ve yağış sırasıyla 19,2°C ve 645 mm'dir (Çetin vd., 2018).

**Metot:** Bu çalışmada kermes meşesi ve kızılçam türleri altından alınan toprağın yüzeyi iyice temizlendikten sonra 0-10 cm derinlikten örneklenmiş olup laboratuvar ortamında kurutulmuş ve 2 mm'lik eleklerle elenmiştir. Toprakların bünye tipi hidrometre yöntemi ile, toprak pH'sı 1:2'lik toprak-su karışımında InoLab pH metresi ile (Jackson, 1958), tarla kapasitesi (TK, %) 1/3 atmosferik basınçlı vakum pompası ile belirlenmiştir (Demiralay, 1993). Toprakların organik karbon içeriği (% C) Anne metodu ile ve toplam azot içeriği (% N) Kjeldahl metodu ile belirlenmiştir (Duchaufour, 1970).

*Pinus brutia* Ten. ve *Quercus coccifera* L. türlerinin toprak solunumları aylık olarak Eylül 2016 ve Ağustos 2017 ayları arasında soda-lime yöntemiyle belirlenmiştir (Edwards, 1982; Raich & Tufekcioglu, 2000). Toprak solunumları aynı ağaç türünün 3 farklı bireyi altından, 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Ölçüm için 13,8 cm yüksekliğe ve 11 cm çapa sahip silindirik kovalar kullanılmıştır (Barba vd., 2013; Farhate vd., 2018). Ölçüm kapları toprağın 1 cm derinliğine kadar dikkatli bir şekilde yerleştirilmiştir ve üzerine taş koyarak sabitlenmiştir. Kabın içinde kalan tüm canlı bitkiler yer üstü bitki solunumunu önlemek amacıyla kesilmiş ve ortamdaki uzaklaştırılmıştır. Nem fazlalığını engellemek amacıyla tartılan soda-lime ölçümünden önce 24 saat boyunca fırında 105°C'de kurutulmuştur. Kurutulan soda-lime beherleri ağzı sıkıca kapatılarak arazide ölçüm kabının içerisine yerleştirilmiştir. Toprak sıcaklığı ölçüm gününün sabahında (09:00-11:00 saatleri arasında) ölçüm kabının yakınında 5 cm toprak derinliğinden ve hava sıcaklığı ağaçların taç altındaki sıcaklığı olarak ölçülmüştür. Kabın içerisinde solunum sonucu açığa çıkan CO<sub>2</sub> 6 cm yüksekliğinde ve 4,2 cm çapındaki beherlerde bulunan 10 g soda lime tarafından tutulmuştur. Araziden 24 saat sonra alınan soda-lime tekrar 24 saat boyunca 105°C'de fırında kurutulmuş ve tartılmış, sonra aşağıdaki formül vasıtasıyla solunum değerleri belirlenmiştir:

$$S = (SL \times 1,69) / (A \times Z)$$

S; Toprak solunumu (g/m<sup>2</sup>/gün), SL: Soda lime ağırlık artışı, 1,69: su düzeltme faktörü A: Yüzey alanı, Z: inkübasyon süresi (zaman; gün) (Edwards, 1982; Grogan, 1998).

**İstatistiksel Analiz:** Elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SPSS paket istatistik programı kullanılmıştır. Mevcut çalışmada elde edilen verilerin Kurtosis ve Skewness değerleri -1.5 ile +1.5 olduğu ve normal dağılım gösterdiği belirlenmiştir (Tabachnick ve Fidell, 2013). Türlerin aylık toprak solunumları arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesi için Student's T-Testi ve

toprak solunumlarının mevsimler arasındaki ilişkilerinin değerlendirilmesi için Tukey HSD (ANOVA) analiz yöntemi kullanılmıştır. Ağaçların toprak solunumları, toprak sıcaklıkları ve hava sıcaklıklarının aralarındaki ilişkilerin değerlendirilmesinde Pearson korelasyon analizi uygulanmıştır. Ölçümler üç tekrarlı yapılmıştır. Elde edilen üç tekrarlı veriler şekillerde ortalama±standart hata şeklinde ifade edilmiştir. Karşılaştırmalarda önem düzeyi P < 0,05 olarak alınmıştır.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 1'de gösterilmiştir. Topraklar kumlu tınlı bünyeli olup hafif baziktir. Toprakların tarla kapasiteleri, organik karbon ve toplam azot içerikleri *Pinus brutia* için %20,6, %2,23 ve %0,15 iken *Quercus coccifera* için %24,8, %2,28 ve %0,17 olarak belirlenmiştir. Aladağ (Adana-Türkiye) ilçesinde bulunan iğne yapraklı bir ormanda kızılçam toprağının kum, silt ve kil oranlarını sırasıyla %16, %21 ve %63 olarak, tarla kapasitesini %38,4, organik karbon içeriğini %3,76, toplam azot içeriğini %0,14 ve C/N oranını 27 olduğunu bulmuşlardır (Evrendilek vd., 2006). Çukurova Üniversitesi Kampüsü'nde yetişen kermes meşe toprağının kum, silt ve kil oranlarını %67,7, %23,9 ve %8,31 olarak, tarla kapasitesini %46,3, pH'sını 7,92, organik karbon içeriğini %4,41, toplam azot içeriğini %0,39 ve C/N oranını 11,2 olduğunu belirlemişlerdir (Aka ve Darıcı, 2006). Çalışmalardaki farklılıklar toprak örnekleme alanlarını farklı olmasından veya buna bağlı olarak toprağın ana kayasının farklı olmasından kaynaklanabilir.

Ortalama aylık toprak solunumları (g CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/gün) kızılçamda 1,33 (Ocak 2017) ile 12,33 (Ağustos 2017) iken kermes meşesinde 1,29 (Ocak 2017) ile 13,82 (Ağustos 2017) arasında olduğu bulunmuştur (Şekil 1). Ortalama yıllık toprak solunumları (g CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/gün) ise kızılçamda 7,03 ve kermes meşesinde 7,26 olarak belirlenmiştir. Berberoğlu vd. (2015), Yukarı Seyhan Havzası'nda (Adana-Türkiye) saf kızılçam ormanındaki toprak solunumunu 998±225 g C/m<sup>2</sup>/yıl olduğunu bulmuş olup mevcut çalışmadan düşüktür. Sakin vd. (2016), Şanlıurfa ilinin kuzeyinde bulunan ve piknik alanı olarak kullanılan bir kızılçam ormanında soda-lime yöntemiyle ölçtükleri toprak CO<sub>2</sub> çıkışını 2,51 ile 6,84 g/m<sup>2</sup>/gün olduğunu bulmuşlardır. Bunun sebebi ölçüm alanlarının farklı olmasından kaynaklanabilir. Her iki bitkide kış aylarındaki toprak solunumlarının diğer mevsim aylarından daha düşük olduğu bulunmuştur. Türlerin toprak solunumları arasındaki fark sadece Ağustos 2017'de önemlidir (P<0,05, Şekil 1). Son ve Kim, (1996), 40 yaşındaki *Pinus rigida* ağaçlarının toprak solunumlarının *Larix leptolepis* 'den önemli bir biçimde

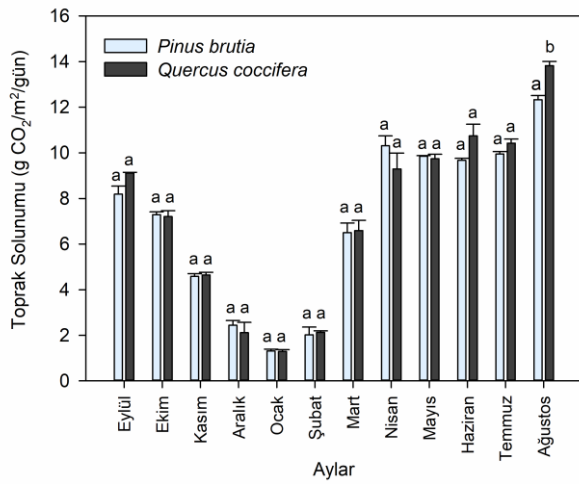
daha yüksek olduğunu ( $P<0,01$ ) ifade etmişlerdir. İstanbul İlinde Belgrad Ormanlar'ında farklı ağaç türlerinde (meşe, göknar, ladin, karaçam ve sarıçam) altında topraktan  $CO_2$  çıkışının mevsimsel değişimini belirlenmiş olup sırasıyla 0,97-5,12, 1,23-4,73, 0,86-5,09, 0,75-8,21 ve 0,75-6,52 g

$CO_2$  m<sup>2</sup>/gün olduğu saptamıştır (Akburak, 2008). En düşük ve en yüksek yıllık ortalama solunum değerinin sırasıyla meşe ve ladin türünde olduğu belirlenmiştir (Akburak, 2008).

**Tablo 1.** Çalışma alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri (Parantez içinde gösterilen rakamlar standart hata değerleridir, n = 3, TK: Tarla kapasitesi)

**Table 1.** Some physical and chemical properties of the soils of study area (Numbers that shown in parentheses are the values of standard error, n=3, TK: field capacity)

	Kum	Silt	Kil	Tekstür tipi	pH	TK	C	N	C:N
	(%)					(%)	(%)	(%)	(%)
<i>Pinus brutia</i>	50,37 (0,38)	38,6 (0,69)	11,03 (0,32)	Kumlu tın (SL)	7,91 (0,02)	20,6 (0,24)	2,23 (0,03)	0,15 (0,002)	14,8 (0,29)
<i>Quercus coccifera</i>	55,41 (0,60)	29,66 (0,75)	14,93 (0,17)		7,73 (0,05)	24,8 (0,35)	2,28 (0,02)	0,17 (0,006)	13,4 (0,52)



**Şekil 1.** *Pinus brutia* ve *Quercus coccifera* ağaçlarının aylık toprak solunumları (n=3, a ve b harfleri bitkilerin toprak solunumları arasındaki farkın önemli olduğunu göstermektedir).

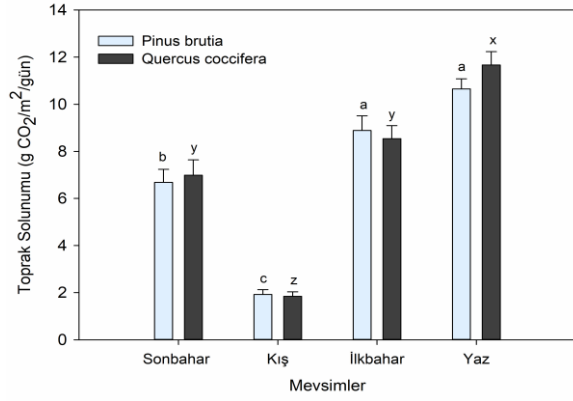
**Figure 1.** Monthly soil respirations of *Pinus brutia* and *Quercus coccifera* trees (n=3, a and b indicate the significant difference between soil respirations of plants).

Bu çalışmada her iki bitkinin kış mevsimindeki toprak solunumları diğer mevsimlerden önemli bir biçimde düşüktür ( $P<0,05$ , Şekil 2). Kızılcıdamın toprak solunumlarında ilkbahar ve yaz mevsimleri sonbahar mevsiminden yüksek olup aralarındaki fark ayrı ayrı olarak anlamlıdır ( $P<0,05$ , Şekil 2). Kermes meşesinde sonbahar ve ilkbahar mevsimindeki toprak solunumları yaz mevsiminden düşük olup aralarındaki fark ayrı ayrı olarak anlamlıdır ( $P<0,05$ , Şekil 2). Toprakta  $CO_2$  salımındaki mevsimsel değişimler neredeyse tüm ekosistemlerde gözlenmiştir (Luo & Zhou, 2006). Toprak solunumları genellikle en yüksek yazın ve en düşük kış mevsiminde olduğu bildirilmiştir. (Luo & Zhou, 2006). Mevsimsel değişimler genelde sıcaklık, nem, fotosentez aktivitesi ve/veya bunların kombinasyonları tarafından etkilenmektedir. Toprak solunumunu kontrol eden ana faktörler ekosistem ve iklim tipine bağlı olabilmektedirler (Luo & Zhou, 2006).

İlman ve ekvatora yakın bölgelerde bitki büyümesinin en aktif olduğu dönem yaz mevsimi olup bu mevsimde toprak  $CO_2$  akışının maksimuma ulaştığı bildirilmiştir (Raich & Potter, 1995; Raich vd., 2002). Genelde bitki büyümesini arttıran faktörlerin toprak mikrobiyal aktivitesini de arttırdığı bilinmektedir ve buna ek olarak bitkiler aktif büyüme mevsimlerinde önemli miktarda substratı köklere ve mikroorganizmalara yollamakta olup toprak solunumunu teşvik etmektedirler (Luo & Zhou, 2006). Mevcut çalışmada her iki bitkide en yüksek toprak solunumları yaz aylarında görülmektedir.

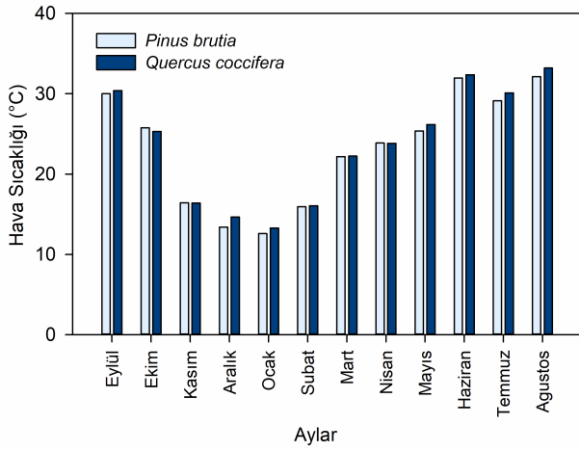
Toprak solunumunun mevsimsel farklılıkları ayrıca vejetasyon tipi tarafından düzenlenmektedir (Grogan & Chapin, 1999). Her dem yeşil ve yapraklarını döken bitki türleri üretim bakımından farklı mevsimsel yollar izlemekte ve bu da yaprak ömrünün farklılıklarından kaynaklandığı bildirilmiştir (Schulze, 1982). Sonuç olarak, farklı zamanlardaki kök büyümesi, dönüşümü ve ölü örtü birikimi ve ayrışması yoluyla bitki fenolojisinin de toprak solunumunda önemli bir etkisinin olduğu ifade edilmiştir (Curiel vd., 2004). Toprak solunumundaki mevsimsel farklılıkların büyüklüğünün yaprak alan indeksindeki mevsimsel değişimlerle pozitif korelasyon gösterdiği ve  $CO_2$  salımındaki mevsimsel artışların kök üretimi ve biyokütlesindeki artışla yakından bir ilişki içerisinde olduğu belirtilmiştir (Thomas vd., 2000). Ancak bu çalışmada seçilen bitki türlerinin toprak solunumları arasında bir yıllık süreç içerisinde önemli düzeye farklılık saptanmamıştır.

Çalışma alanındaki aylık ortalama hava sıcaklıkları *Pinus brutia* için 12,6°C (Ocak 2017) ile 32,1°C (Ağustos 2017) ve *Quercus coccifera* için 13,3°C (Ocak 2017) ile 33,2°C (Ağustos 2017) arasındadır (Şekil 3). Aylık ortalama toprak sıcaklıkları ise *Pinus brutia* için 10,5°C (Ocak 2017) ile 29,4°C (Ağustos 2017) ve *Quercus coccifera* için 11,2°C (Ocak 2017) ve 30,8°C (Ağustos 2017) arasındadır (Şekil 3).



**Şekil 2.** *Pinus brutia* ve *Quercus coccifera* bitkilerinin mevsimsel toprak solunumları (ortalama± standart hata, n=3, a, b ve c harfleri ve x, y ve z harfleri sırasıyla toprak solunumları arasındaki farkın *Pinus brutia* için ve *Quercus coccifera* için önemli olduğunu göstermektedir).

**Figure 2.** Seasonal soil respirations of *Pinus brutia* and *Quercus coccifera* (mean±standard error, n=3, a, b and c and x, y and z indicate significant differences between soil respirations for *Pinus brutia* and for *Quercus coccifera*).

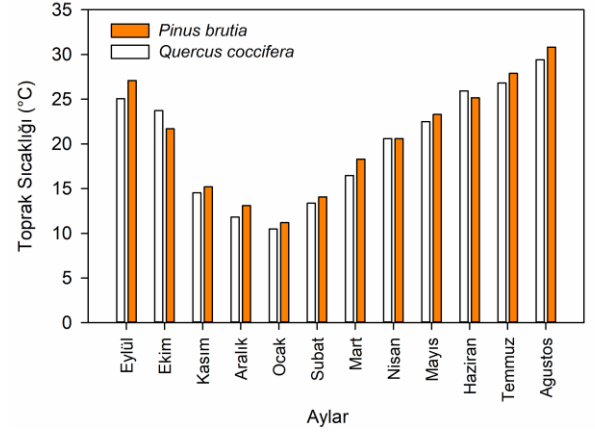


**Şekil 3.** *Pinus brutia* ve *Quercus coccifera* ağaçlarının hava sıcaklıkları (°C, n=3).

**Figure 3.** Air temperatures of *Pinus brutia* and *Quercus coccifera* trees (°C, n=3).

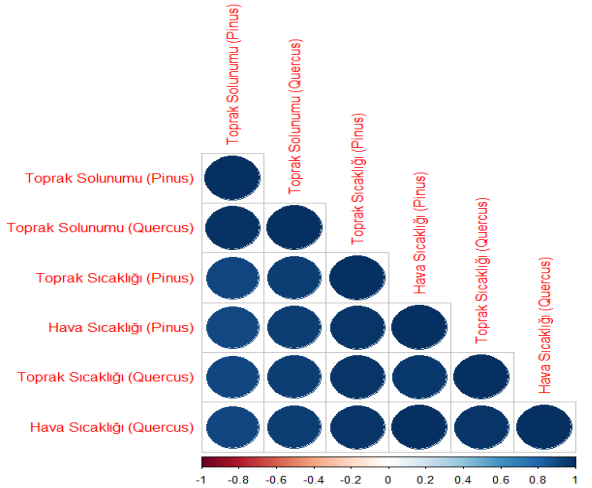
Bu çalışmada her iki bitkinin toprak solunumları, toprak ve hava sıcaklıkları arasında önemli ve pozitif bir korelasyon bulunmuştur ( $P<0,05$ , Şekil 5). Son ve Kim, (1996) *Pinus rigida* ve *Larix leptolepis* türlerinin toprak solunumlarının hava ve toprak sıcaklıklarının toprak önemli bir korelasyon gösterdiğini bulmuşlardır ( $P<0,01$ ). *Quercus acutissima* ormanında sıcaklık arttıkça toprak solunumunun olarak arttığı belirtilmiştir (Lee & Mun, 2001). Buna ek olarak, Akdeniz iklimi etkisi altındaki topraklarda CO<sub>2</sub> salımını kontrol eden ana faktörün toprak sıcaklığı olduğu bildirilmiştir (Gonzalez-Ubierna & Lai, 2019). Başka bir çalışmada, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama çiftliğinde 3 farklı toprak nemi altında (%27,5, %22 ve %19,7) toprak karbondioksit çıkışında uygulamalar arasındaki farkın önemli olmadığını buna karşın toprak sıcaklığı ile toprak karbondioksit emisyonları negatif bir

korelasyon olduğunu bulmuşlardır (Akbolat ve Coşkan, 2020).



**Şekil 4.** *Pinus brutia* ve *Quercus coccifera* ağaçlarının toprak sıcaklıkları (°C, n=3).

**Figure 4.** Soil temperatures of *Pinus brutia* and *Quercus coccifera* trees (°C, n=3).



**Şekil 5.** *Pinus brutia* ve *Quercus coccifera* ağaçlarının toprak solunumları, toprak ve hava sıcaklıklarının korelasyon analizi (n=36).

**Figure 5.** Correlation analysis of soil respirations, soil and air temperatures in *Pinus brutia* and *Quercus coccifera* trees (n=36).

## SONUÇ

Sonuç olarak, ülkemizde Akdeniz iklimi etkisi altında ve Adana'da Çukurova Üniversitesi Kampüsü'nde doğal olarak yetişen ve yayılış gösteren kızılçam ve kermes meşesinin toprak solunumları arasında genel olarak önemli bir fark bulunmamıştır. Kızılçam ve kermes meşesinde toprakların ortalama solunumları sırasıyla 7,03 ve 7,26 CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/gün olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte, toprak sıcaklıklarının bu iki bitki türünün toprak solunumu ile önemli ve pozitif bir korelasyon gösterdiği tespit edilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen verilerin özellikle Akdeniz iklimi etkisindeki bölgelerde küresel iklim değişiminin CO<sub>2</sub> salımına etkisinin belirlenmesinde kullanılan modelleme çalışmalarına destek olacağı tahmin edilmektedir.

## KAYNAKLAR

- Aka, H., & Darıcı, C. (2005).** Carbon and nitrogen mineralization in carob soils with Kermes oak and Aleppo pine leaf litter. *European Journal of Soil Biology*, **41**(1-2), 31-38. DOI: [10.1016/j.ejsobi.2005.05.001](https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2005.05.001)
- Akbolat, D., & Coşkan, A. (2020).** Toprak neminin toprak karbondioksit emisyonu üzerine etkisi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, **15**(2), 161-165.
- Akburak, S. (2008).** Belgrad ormanında farklı ağaç türleri altında toprak solunumunun mevsimsel değişimi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 168s.
- Barba, J., Yuste, J. C., Martínez-Vilalta, J., & Lloret, F. (2013).** Drought-induced tree species replacement is reflected in the spatial variability of soil respiration in a mixed Mediterranean forest. *Forest Ecology and Management*, **306**, 79-87. DOI: [10.1016/j.foreco.2013.06.025](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.06.025)
- Baştürk, K. & Aladağ, C. (2009).** Maki ve garig topluluklarının Türkiye'deki yayılış alanları ve ekolojik özelliklerinin incelenmesi. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, **22**, 67-80.
- Berberoglu, S., Donmez, C., & Evrendilek, F. (2015).** Coupling of remote sensing, field campaign, and mechanistic and empirical modeling to monitor spatiotemporal carbon dynamics of a Mediterranean watershed in a changing regional climate. *Environmental Monitoring and Assessment*, **187**(4), 1-16. DOI: [10.1007/s10661-015-4413-x](https://doi.org/10.1007/s10661-015-4413-x)
- Bond-Lamberty, B. & Thomson, A. (2010).** Temperature-associated increases in the global soil respiration record. *Nature*, **464**, 579-582. DOI: [10.1038/nature08930](https://doi.org/10.1038/nature08930)
- Boydak, M., Dirik, H. & Çalıköğlü, M. (2006).** *Kızılcamin (pinus brutia Ten.) biyolojisi ve silvikültürü*: Ogem-Vak Yayınları, Ankara, Türkiye, 364 s.
- Conant, R. T., Klopatek, J.M. & Klopatek, C. C. (2000).** Environmental factors controlling soil respiration in three semiarid ecosystems. *Soil Science Society of America Journal*, **64**(1), 383-390. DOI: [10.2136/sssaj2000.641383x](https://doi.org/10.2136/sssaj2000.641383x)
- Curiel Yuste, J., Janssens, I. A., Carrara, A., Meiresonne, L. & Ceulemans, R. (2003).** Interactive effects of temperature and precipitation on soil respiration in a temperate maritime pine forest. *Tree Physiology*, **23**(18), 1263-1270. DOI: [10.1093/treephys/23.18.1263](https://doi.org/10.1093/treephys/23.18.1263)
- Curiel, Y.J., Janssens, I. A., Carrara, A. & Ceulemans, R. (2004).** Annual Q10 of soil respiration reflects plant phenological patterns as well as temperature sensitivity. *Global Change Biology*, **10**(2), 161-169. DOI: [10.1111/j.1529-8817.2003.00727.x](https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2003.00727.x)
- Çetin, M., Aksoy, H., Önöz, B., Eriş, E., Yüce, M.İ., Selek, B., Aksu, H., Burgan, H.İ., Eşit, M., Çavuş, Y. & Orta, S. (2018).** Deriving accumulated precipitation deficits from drought severity-duration-frequency curves: A case study in Adana province, Turkey. 1st International Congress on Agricultural Structures and Irrigation, Antalya, Türkiye, 39-48.
- Demiralay, İ. (1993).** *Toprak fiziksel analizleri*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 143, Erzurum, 128s.
- Duchaufour, P. (1970).** *Precis de Pedologie*. Masson et C1<sup>e</sup>, Editeurs, Paris.
- Edwards, N.T. (1982).** The use of soda-lime for measuring respiration rates in terrestrial systems. *Pedobiologia*, **23**(5), 321-330.
- Evrendilek, F. & Doygun, H. (2000).** Assessing major ecosystem types and the challenge of sustainability in Turkey. *Environmental Management*, **26**(5), 479-489. DOI: [10.1007/s002670010106](https://doi.org/10.1007/s002670010106)
- Evrendilek, F., Berberoglu, S., Taskinsu-Meydan, S., & Yilmaz, E. (2006).** Quantifying carbon budgets of conifer Mediterranean forest ecosystems, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, **119**(1), 527-543. DOI: [10.1007/s10661-005-9041-4](https://doi.org/10.1007/s10661-005-9041-4)
- Farhate, C. V. V., Souza, Z. M. D., Oliveira, S. R. D. M., Carvalho, J. L. N., Scala, N. L., & Santos, A. P. G. (2018).** Classification of soil respiration in areas of sugarcane renewal using decision tree. *Scientia Agricola*, **75**, 216-224. DOI: [10.1590/1678-992X-2016-0473](https://doi.org/10.1590/1678-992X-2016-0473)
- Gonzalez-Ubierna, S. & Lai, R. (2019).** Modelling the effects of climate factors on soil respiration across Mediterranean ecosystems. *Journal of Arid Environments*, **165**, 46-54. DOI: [10.1016/j.jaridenv.2019.02.008](https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2019.02.008)
- Grogan, P. (1998).** CO<sub>2</sub> flux measurement using soda lime: Correction for water formed during CO<sub>2</sub> adsorption. *Ecology*, **79**(4), 1467-1468.
- Grogan, P., & Chapin, F.S. (1999).** Arctic soil respiration: effects of climate and vegetation depend on season. *Ecosystems*, **2**(5), 451-459. DOI: [10.1007/s100219900093](https://doi.org/10.1007/s100219900093)
- Jackson, M. L. (1958).** *Soil chemical analysis*. Pretice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, U.S.A., 498s.
- Jenkinson, D.S., Adams, D.E. & Wild, A. (1991).** Model estimates of CO<sub>2</sub> emissions from soil in response to global warming. *Nature*, **351**(6324), 304-306. DOI: [10.1038/351304a0](https://doi.org/10.1038/351304a0)
- Karadere, Ş., Işık, M., Akşahin, V., Öztürk, F., & Ortaş, İ. (2019).** Effect of different biochar doses and mycorrhiza application on soil CO<sub>2</sub> flux, under field condition. *International Soil Congress*, 17-19 Haziran 2019, Ankara, Turkey, 387-390.
- Law, B.E., Thornton, P.E., Irvine, J., Anthoni, P.M. & Van Tuyl, S. (2001).** Carbon storage and fluxes in ponderosa pine forests at different developmental stages. *Global Change Biology*, **7**(7), 755-777. DOI: [10.1046/j.1354-1013.2001.00439.x](https://doi.org/10.1046/j.1354-1013.2001.00439.x)

- Lee, Y.Y. & Mun, H.T. (2001).** A study on the soil respiration in a *Quercus acutissima* forest. *The Korean Journal of Ecology*, **24**(3), 141-147.
- Luo, Y. & Zhou, X. (2006).** Chapter 6 - temporal and spatial variations in soil respiration. In Y. Luo & X. Zhou (Ed), *Soil respiration and the environment*, 107-131p, Burlington: Academic Press.
- Matias, L., Castro, J. & Zamora, R. (2012).** Effect of simulated climate change on soil respiration in a mediterranean-type ecosystem: rainfall and habitat type are more important than temperature or the soil carbon pool. *Ecosystems*, **15**(2), 299-310. DOI: [10.1007/s10021-011-9509-8](https://doi.org/10.1007/s10021-011-9509-8)
- Matteucci, G., Dore, S., Stivanello, S., Rebmann, C. & Buchmann, N. (2000).** Soil respiration in beech and spruce forests in Europe: trends, controlling factors, annual budgets and implications for the ecosystem carbon balance. In Schulze, E. D. (Ed.), *Carbon and nitrogen cycling in european forest ecosystems*, 217-236p, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Oertel, C., Matschullat, J., Zurba, K., Zimmermann, F. & Erasmı, S. (2016).** Greenhouse gas emissions from soils A review. *Chemie Der Erde-Geochemistry*, **76**(3), 327-352. DOI: [10.1016/j.chemer.2016.04.002](https://doi.org/10.1016/j.chemer.2016.04.002)
- Olajuyigbe, S., Tobin, B., Saunders, M. & Nieuwenhuis, M. (2012).** Forest thinning and soil respiration in a Sitka spruce forest in Ireland. *Agricultural and Forest Meteorology*, **157**, 86-95. DOI: [10.1016/j.agrformet.2012.01.016](https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2012.01.016)
- Orman ve Su İşleri Bakanlığı, (2012).** *Türkiye Orman Varlığı-2012*. Ankara: Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, 27s.
- Raich, J.W., Bowden, R.D. & Steudler, P.A. (1990).** Comparison of two static chamber techniques for determining carbon dioxide efflux from forest soils. *Soil Science Society of America Journal*, **54**(6), 1754-1757. DOI: [10.2136/sssaj1990.03615995005400060041x](https://doi.org/10.2136/sssaj1990.03615995005400060041x)
- Raich, J.W. & Potter, C.S. (1995).** Global patterns of carbon-dioxide emissions from soils. *Global Biogeochemical Cycles*, **9**(1), 23-36. DOI: [10.1029/94GB02723](https://doi.org/10.1029/94GB02723)
- Raich, J.W., Potter, C.S. & Bhagawati, D. (2002).** Interannual variability in global soil respiration, 1980-94. *Global Change Biology*, **8**(8), 800-812. DOI: [10.1046/j.1365-2486.2002.00511.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2002.00511.x)
- Raich, J. W. & Tufekcioglu, A. (2000).** Vegetation and soil respiration: correlations and controls. *Biogeochemistry*, **48**(1), 71-90. DOI: [10.1023/A:1006112000616](https://doi.org/10.1023/A:1006112000616)
- Sakin, E., Sakin, E. D., Kızılgöz, İ., & Seyrek, A. (2016).** Orman örtüsü altındaki toprakların karbondioksit emisyonunun ölçülmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, **20**(2), 127-134. DOI: [10.29050/harranziraat.259103](https://doi.org/10.29050/harranziraat.259103)
- Sarıbaş, M. & Ekici, B. (2004).** Kızılcımanın (*Pinus brutia* Ten.) Batı Karadeniz Bölgesi'ndeki doğal yayılışına katkı. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, **6**(6), 127-135.
- Scholes, R.J., Monteiro, P.M.S., Sabine, C.L. & Canadell, J.G. (2009).** Systematic long-term observations of the global carbon cycle. *Trends in Ecology & Evolution*, **24**(8), 427-430. DOI: [10.1016/j.tree.2009.03.006](https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.03.006)
- Schulze, E.D. (1982).** Plant life forms and their carbon, water and nutrient relations. In Lange, O. L., Nobel, P. S. Osmond, C. B. & Ziegler, H. (Ed), *Encyclopedia of plant physiology, physiological plant ecology, Vol. 12B: Water relations and photosynthetic productivity*, 615-676p, Springer, Germany.
- Scott-Denton, L.E., Rosenstiel, T.N. & Monson, R.K. (2006).** Differential controls by climate and substrate over the heterotrophic and rhizospheric components of soil respiration. *Global Change Biology*, **12**(2), 205-216. DOI: [10.1111/j.1365-2486.2005.01064.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.01064.x)
- Son, Y. & Kim, H.W. (1996).** Soil respiration in *Pinus rigida* and *Larix leptolepis* plantations. *Journal of Korean Society of Forest Science*, **85**(3), 496-505.
- Şensoy, U. (2008).** *Çukurova üniversitesi ve çevresi çevre düzeni planı*. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana, Türkiye, 125s.
- Tabachnick, B. G. & Fidell, L. S. (2013).** *Using multivariate statistics*. Boston, Pearson, 1072s.
- Thomas, S.M., Cook, F.J., Whitehead, D. & Adams, J.A. (2000).** Seasonal soil-surface carbon fluxes from the root systems of young *Pinus radiata* trees growing at ambient and elevated CO<sub>2</sub> concentration. *Global Change Biology*, **6**(4), 393-406. DOI: [10.1046/j.1365-2486.2000.00321.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2000.00321.x)
- Trumbore, S. (2006).** Carbon respired by terrestrial ecosystems – recent progress and challenges. *Global Change Biology*, **12**(2), 141-153. DOI: [10.1111/j.1365-2486.2006.01067.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01067.x)
- Türkmen, N. (1987).** *Çukurova üniversitesi kampus alanının doğal bitkileri, hayat formları ve habitatları*. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana, Türkiye.
- Verburg, P.S.J., Arnone, J.A., Obrist, D., Schorran, D.E., Evans, R.D., Leroux-Swarthout, D., Johnson, D.W., Luo, Y. & Coleman, J.S. (2004).** Net ecosystem carbon exchange in two experimental grassland ecosystems. *Global Change Biology*, **10**(4), 498-508. DOI: [10.1111/j.1529-8817.2003.00744.x](https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2003.00744.x)
- Xu, L., Baldocchi, D. D. & Tang, J. (2004).** How soil moisture, rain pulses, and growth alter the response of ecosystem respiration to temperature. *Global Biogeochemical Cycles*, **18**(4): GB4002. DOI: [10.1029/2004GB002281](https://doi.org/10.1029/2004GB002281)