



Orman Örtüsü Altındaki Toprakların Karbondioksit Emisyonunun Ölçülmesi

Erdal SAKİN^{1*}, E. Didem SAKİN², İlhan KIZILGÖZ¹, Ali SEYREK¹

¹Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Şanlıurfa

²GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Şanlıurfa

*Sorumlu yazar: esakin@harran.edu.tr

Öz

Karasal ekosistemlerde karbonun büyük bir kısmı topraklarda depolanmaktadır. Topraklar atmosferik karbondioksitin (CO₂) bağlama veya depolama yerleri olabilirler. Toprakta çıkan CO₂ atmosfere salınmakta ve global ısınmaya neden olmaktadır. Toprakta CO₂ emisyonu üzerine iklimin etkisi hakkında tam bir anlaşma söz konusu değildir. Bu çalışmanın amacı, orman örtüsü altındaki topraktan CO₂ çıkışının ölçülmesi ve bazı iklimsel faktörlerin etkilerinin incelenmesidir. Bu araştırma, Şanlıurfa'nın kuzeyinde bulunan ve piknik alanı olarak kullanılan bölgede yapılmıştır. Toprakta CO₂ çıkışı Soda-Lime yöntemi ile belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, topraktan CO₂ çıkışı 2.51-6.84 g m⁻² gün⁻¹ olup, ortalama karbon çıkışı 4.05 g m⁻² gün⁻¹ olarak ölçülmüştür. Toprak emisyonu bağıl nem ve PVC kabın iç nemi ile (p<0.05) pozitif, bağıl sıcaklık ve PVC kabın iç sıcaklığı ile (p<0.01) negatif bir ilişki belirlenmiştir. Bağıl nem, bağıl sıcaklık ile PVC kabın iç sıcaklığı ve iç nemi arasında ters ilişki saptanmıştır. Mevcut çalışmada elde edilen sonuçlar dünyada yapılan çalışmaların sonuçları ile karşılaştırıldığında küçük farklılıklar bulunmuştur. Bu da bizlere ilgili değişkenlerin emisyon üzerindeki etkisinin tam anlaşılmadığını göstermiştir. Bu konularda hem fikir olmak için, kalibrasyonu yapılmış, uluslararası bilim çevreleri tarafından kabul edilmiş otomatik ölçüm cihazların kullanılması zorunludur.

Anahtar kelimeler: Karbon emisyonu, PVC kabın iç sıcaklığı ve nemi, iklimsel faktörler

Measurement of The Carbondioxide Emission of Soils Under Forest Cover

Abstract

Main part of carbon is stored in world's soils in terrestrial ecosystems. Soils can be net sources or sinks of atmospheric CO₂. Flux CO₂ of soils is released into the atmosphere and is caused to global warming. Disagreement exists, about the effects of climate on the soil CO₂ emissions. Aim of this study is to measure the CO₂ flux of soils, and is examined climatic factors on CO₂ flux. Soil CO₂ flux was determined by Soda-Lime method. As a result of the study, soil CO₂ flux ranged from 2.51 to 6.84 and mean was 4.05 g m⁻² day⁻¹. Soil emission was determined a positive correlation with relative humidity and the inner humidity of PVC container, and negative correlation with relative temperature and the inner temperature of PVC container. Negative correlations were found between relative humidity and temperature, and the inner humidity and temperature of PVC container. Results was shown that the study were of minor similarities with other researches in the world. This was showed an exact disagreement the climatic factors on the carbon emissions. To agree this topic, it is necessary to use automatic equipment has been accepted in the international arena and calibrated.

Key words: Carbon emission, Temperature and humidity of the inner PVC container, Climatically factor

Giriş

Toprak respirasyonu karasal karbon döngüsünün en önemli bileşeni olup, atmosfere karbon (CO₂) transferinin ana işlemlerinden birisidir (Bond-Lamberty and Thomson, 2010; Fiedler et al., 2015). Toprak respirasyonu üç kaynaktan oluşmaktadır. Bunlar; (i) toprak organik maddesi (SOM), (ii) ölü bitki artıkları ve (iii) toprakta yaşayan organizmalardır. Bu kaynaklar yıl boyunca değişmektedir ve (Atarashi-Andoh et al., 2012) bu değişim genel olarak toprak nemine ve sıcaklığına bağlıdır (Xu and Luo., 2012). Toprak nem ve sıcaklığı mikrobiyal aktiviteyi etkilemektedir (Kim et al., 2012). Ayrıca toprak solunumu vejetasyon tipine, toprak yönetim pratiklerine, çevre koşullarına ve arazi kullanım tiplerine bağlı olarak değişmektedir (Giardina et al., 2014; Angert et al., 2015).

Fransız matematikçi ve fizikçi Baron Jean Baptiste Fourier 1824 yılında, iklim değişikliği çalışmaları ile ilgili ilk bilimsel çalışmayı yapmıştır. Dünyaya gelen güneş ışınlarının yansıma sonucunda kimyasal yapısının değiştiği belirtmiştir. Değişime uğrayan bu ışınların atmosferden uzay boşluğuna geçişinin azaldığı saptamıştır. Dünyadan yansıyan ışınların atmosferden geçişinin azalması dünya sıcaklığının değişmesine ve artmasına neden olabileceği düşüncesini ortaya koymuştur. Atmosferde ısının tutulması fikri ile sera etkisi kavramı ortaya atılmıştır. Bu kavramdan sonra küresel ısınmaya neden olan sera gazlarının iklim üzerine olan etkileri araştırılmaya başlanmıştır. Bu çalışmalar sonucunda CO₂'in küresel ısınmaya etki edebileceği fikri 1863 yılında Tyndall tarafından ortaya atılmıştır (Babuş, 2005; Arıkan ve Özsoy, 2008). Daha sonralarında 1896 yılında Nobel Ödüllü İsveçli Kimyacı S. Arrhenius, atmosferdeki CO₂'e

bağlı olarak iklimin değişebilme olasılığı ile ilgili teoriyi ortaya atmıştır (Türkeş, 2001).

Atmosferik karbondioksit konsantrasyonunun doğrudan ölçümü 1957 yılında Güney Kutbunda ve 1958 yılında Mauna Loa'da (Hawaii) başlamıştır. Söz konusu dönemde atmosferik CO₂ miktarı yaklaşık 315 ppm olup, yıllık artışı yaklaşık 0.6 ppm yıl⁻¹ olarak saptanmıştır. Mauna Loa'da atmosferik karbonun artış oranı 1960'lı yıllarda 0.83 ppm yıl⁻¹, 1970'li yıllarda 1.28 ppm yıl⁻¹, 1980'lerde 1.53 ppm yıl⁻¹ ve 1992'de ise atmosferik artış 355 ppm olup, yıllık artış 0.5 ppm yıl⁻¹ (1991 - 1992) olarak belirlenmiştir (Schimel et al., 1994). Global iklimin değişmesi arazi değişimini, tarımsal üretimi, sağlanan su miktarını, insan sağlığını, karasal ve sulak ekosistemleri doğrudan etkilediği bildirilmektedir (Bridges et al., 2001). Günümüzde atmosferik CO₂ 390 ppm olduğu söylenmektedir (Houghton, 2007).

Atmosfere salınan karbonun büyük bir kısmı tarımsal aktiviteler sonucu meydana geldiği ifade edilmiştir. 2011 yılı verilerine göre global arazi alanlarının %37.8'i tarımsal amaç için kullanılmıştır (FAOSTAT, 2013). Böylece global toprak respirasyonunun geniş bir kısmı tarımsal arazi kullanımı (5.2 Mg C ha⁻¹ yr⁻¹) tarafından gerçekleştirilmektedir (Chen et al., 2010). İşlenmemiş alanlarda 2.23 g CO₂-C m⁻² gün⁻¹ (Sakin, 2016), işlenmiş alanlarda 1.49 g CO₂-C m⁻² gün⁻¹ (Sakin ve Sakin, 2015), orman alanlarında 2.14, terk edilmiş yerleşim yerlerinde 1.77 ve zeytinlik alanlarında 1.16 g CO₂-C m⁻² gün⁻¹ (Almagro et al., 2009), iğne yapraklı ormanlar alanlarında 1.12, karışık ağaçlı orman alanlarında 1.56 ve geniş yapraklı orman alanlarında 1.9 g CO₂-C m⁻² gün⁻¹ olarak belirtmişlerdir (Zhou et al., 2015).

Bu çalışmanın amacı; Şanlıurfa'nın piknik alanı olarak kullanılan orman alanlarında orman örtüsü altındaki topraklarda CO₂

çıkışını belirlemek ve bazı meteorolojik verilerle karşılaştırmaktır.

Materyal ve Metot

Çalışma, Şanlıurfa ilinin kuzeyinde bulunan ve piknik alanı olarak kullanılan orman (kızılçam; *Pinus brutia* Ten) alanında yapılmıştır. Kızılçam orman ekosistemi ülke orman ekosisteminin %27'sini (5 854 673 ha) meydana getirmektedir (OGM, 2014). Çalışma alanı 37°15'09" N enlemleri ve 38°49'17" E boylamları arasında yer alıp, Şanlıurfa merkezden 9.5 km uzakta ve 847 m yüksekliğinde genel olarak kızıl çam ağaçları ile kaplı ve toprak derinliği az olan bir bölgedir (Şekil 1).

İklim verileri deneme alanında kurulan Decagon data logger (5TE, EM50 Data Logger) yardımıyla 30 dakikada bir ölçülmüştür. Elde edilen veriler günlük, haftalık, aylık ve yıllık olmak üzere alınmış ve aynı tarihlerde alınan

karbon çıkış değerleri ile karşılaştırılmıştır. İklim verileri bağıl sıcaklık, bağıl nem, PVC kabın iç sıcaklığı ve iç nemi ölçülmüştür. Alınan bu veriler topraktan çıkan CO₂ değerleri ile ilişkilendirilmiştir.

Bu çalışmada topraktan CO₂ çıkışını belirlemek için günümüz koşullarda ve gelişmiş ülkelerde pek kullanılmayan ancak geçmişte kullanılan yöntemlerden biri olan Soda Lime (Soda Kireci) (Grogan, 1998) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemle CO₂ kimyasal olarak soda-lime bağlanmaktadır (Edwards, 1982). Soda Lime granüller yapıda olup granül büyüklüğü yaklaşık olarak 2-5 mm arasında değişen CaOH + NaOH (kalsiyum ve sodyum hidroksitler) karışımından ibarettir. Alkali (bazik) özelliğine sahip olan soda-lime CO₂'i fikse etme özelliğine sahiptir. Bu özellik aşağıdaki denklemde (Edwards, 1982; Simmons, 2009) olduğu gibi gerçekleşmektedir.



Şekil 1. Çalışma alanının konumu
Figure 1. Location of the study site

$$E_{CO_2} = (A_{s1} - B_{s1}) * SDF / A * Z$$

E_{CO_2} ; CO₂ emisyonu (g gün⁻¹ m⁻²), A_{s1}; soda-lime ile adsorbe edilen CO₂ miktarı, B_{s1}; başlangıçtaki soda-lime miktarı, SDF; su düzeltme faktör (1.69), Z; inkübasyon süresi (zaman; gün)

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Çalışma alanında topraktan CO₂ çıkışı ve bazı iklimsel parametrelerin tanımlayıcı istatistikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Buna göre topraktan CO₂ çıkışı 2.51-6.84 g m⁻² gün⁻¹ olup, ortalama karbon çıkışı 4.05 g m⁻² gün⁻¹ olarak ölçülmüştür. Sakin ve Sakin (2015), çalışmasına göre kurak ve yarı kurak Güneydoğu Bölgesinde Şanlıurfa - Harran Ovası'nın killi topraklarında 0-5 cm'de ortalama toprak nemi (% 12.89±0.56) ve toprak sıcaklığına (18.19±2.07 °C) bağlı olarak topraktan çıkan karbon (C) miktarı ölçmüşlerdir. Bu sıcaklık ve nem miktarına göre ortalama karbon çıkışı 1.49 g C m⁻² gün⁻¹ (±0.075SE) (5.46 g CO₂ m⁻² gün⁻¹) olarak ölçmüşlerdir. Kurak çevre koşulları altında yapılan çalışmalarda yüksek emisyon değerleri saptanmıştır. Yarı kurak iklimlerde ve 640 mm yağış koşulları altında fundalık ve çalılık alanlarında yapılan çalışmada 9.31-11.5 g CO₂ m⁻² gün⁻¹, çim koşulları altında ise 5.48 g CO₂ m⁻² gün⁻¹ (Allaire et al. 2012) belirlemiştir. Yıllık ortalama toprak respirasyonu ormanlık alanlarda 2.44 g C m⁻² gün⁻¹ şeklinde ölçülmüştür (Almagro, 2009). Söz konusu çalışma alanının ortalama yağış miktarı 800 mm ve ortalama sıcaklık 15 °C olması nedeni ile emisyon düşük çıkmıştır.

Çin'in kurak bölgelerinde mera alanlarında yapılan çalışmada gelişim sezonu sırasında haftalık CO₂ emisyonu dalgalanma

göstermekte olup, ortalama 1680 kg ha⁻¹ haftalık⁻¹ (2.4 g CO₂ m⁻² gün⁻¹) saptamıştır. İspanya'nın yarı kurak bölgelerinde 285-1080 kg CO₂ ha⁻¹ haftalık⁻¹ (4.07-15.43 g CO₂ m⁻² gün⁻¹) çıkışı kaydetmiştir. Çalışma sonuçları karşılaştırıldığında mevcut çalışmamızın ortalama yıllık yağış miktarı 300-340 mm arasın değişmektedir. Bu nedenle sonuçlarımız yapılan çalışmaya göre düşük bulunmuştur. Bizim çalışmamızın olduğu iklim bölgesi yazları oldukça kurak geçmekte ve Haziran - Ekim arasında hiç yağış düşmemekte ve sıcaklık ise çok yüksek olmaktadır. Yapılan laboratuvar çalışmasında toprak su içeriğinin, topraktan CO₂ difüzyonunu engellediği belirlenmiştir. Diğer yandan düşük toprak su içeriği, mikrobiyal aktiviteyi ve kök respirasyonunu kısıtlamaktadır (Curiel Yuste et al., 2003).

Akburak (2008), Belgrad Ormanları'nda beş farklı ağaç türü (meşe, göknar, ladin, karaçam ve sarıçam) altında topraktan CO₂ çıkışının mevsimsel değişimini izlemiştir. Buna göre sırasıyla 0.97-5.12, 1.23-4.73, 0.86-5.09, 0.75-8.21 ve 0.75-6.52 g CO₂ m⁻² gün⁻¹ olarak saptamıştır. Yıllık ortalama solunum değeri en yüksek meşe türünde, en düşük solunum değeri ladin türünde ölçülmüştür (Akburak, 2008).

Yapılan çalışma ile aynı iklim ve çevre koşulları altında yapılan pek çok çalışmada (Sakin ve Sakin, 2015; Sakin ve ark., 2015; Sakin, 2016) benzer sonuçlar alınmıştır. Çalışma bölgesi çam ağaçları ile örtülü olduğu için ve rakımın yüksek olması sebebi ile ovaya göre karbon emisyonu biraz daha düşük çıkmıştır. Ova topraklarının sürekli kültivasyon koşulları altında olması nedeni ile CO₂ çıkışının fazla olmasına neden olabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 1. CO₂ emisyonu ve diğer parametrelerin tanımlayıcı istatistikleriTable 1. Descriptive statistics of CO₂ emissions and other parameters

Parametreler Parameters	Haftalar Weeks	Minimum Minimum	Maksimum Maximum	Ortalama Mean	Sts. sapma Std. Deviation
CO ₂ emisyonu (g m ⁻² gün ⁻¹)	25	2.51	6.84	4.05	1.12
Bağıl nem (%)	25	38.46	83.86	59.00	1.55
Bağıl sıcaklık (°C)	25	3.686	40.71	19.00	1.13
Kap içi nem (%)	25	4.456	30.73	12.00	0.76
Kap içi sıcaklık (°C)	25	8.83	40.01	24.00	1.01

Çalışma alanında elde edilen veriler arasındaki korelasyon değerleri Çizelge 2’de verilmiştir. Buna göre topraktan CO₂ çıkışı bağıl nem ve PVC kabın içi nem ile (p<0.05) pozitif yönde anlamlı, bağıl sıcaklık ve PVC kabın iç sıcaklığı ile (p<0.01) çok önemlileri düzeyde anlamlı negatif bir ilişki belirlenmiştir. Bağıl nem, bağıl sıcaklık ile PVC kabın iç sıcaklığı arasında ters orantı bulunmaktadır. Akburak (2008)’de Belgrad ormanında yapmış olduğu çalışmada topraktan CO₂ çıkışı ile toprak nemi arasında zayıf pozitif, sıcaklık ile negatif bir ilişki belirlemiştir. Toprak respirasyonu toprak nem içeriğinin %10’un üzerinde ise toprak sıcaklığı ile pozitif bir ilişki bulunmuştur (p<0.01). diğer yandan tüm arazi kullanımlarında toprak sıcaklığının 16 °C’nin üzerine olduğu durumlarda toprak su içeriği ile respirasyon arasında pozitif korelasyon bulunmuştur (p<0.001). Kurak dönemler ise toprak emisyonu toprak sıcaklığı negatif bir ilişki bulunmuştur (Almagro, 2009).

Toprak respirasyonu, toprak su içeriği %10’un üzerinde olduğu ormanlık ve zeytinlik alanlarda veya %15’in üzerinde olduğu terk edilmiş tarımsal alanlarda toprak sıcaklığı ile

pozitif bir ilişki (p<0.001) ilişki bulunmaktadır. Toprak sıcaklığının 16 C’nin üstüne olduğu zaman tüm arazi kullanım alanlarında toprak su içeriği ile toprak respirasyonu arasında pozitif (p<0.001) bir korelasyon olduğu belirtilmiştir (Almagro, 2009). Toprak respirasyonunu etkileyen diğer önemli parametre ise toprak nemidir. Laboratuarda yapılan çalışmalarda toprağın yüksek su içeriği topraktan CO₂ çıkışını engellemektedir. Diğer yandan düşük toprak su içeriği toprakta mikrobiyal aktiviteyi ve kök respirasyonunu engellemektedir (Curiel Yuste et al., 2007). Toprak respirasyonu, özellikle uzun süren kuraklık dönemlerinde yağışlardan sonra keskin bir pik yapmaktadır (Almagro., 2009).

Vejetasyon toprak yapısını, mikroklimasını, toprağa ilave edilen organik artıklar ve türlerini etkilemekte ve bu nedenle toprak solunumu vejetasyona göre farklılık göstermektedir (Raich and Tufekcioglu, 2000). İnce köklerin yoğun olduğu alanlarda karbon emisyonunun daha fazla olduğu belirlenmiştir (Khomik et al., 2006). İnce köklerin ayrışması ve parçalanması kolay olduğu için emisyonu daha fazla katkı yapmaktadır.

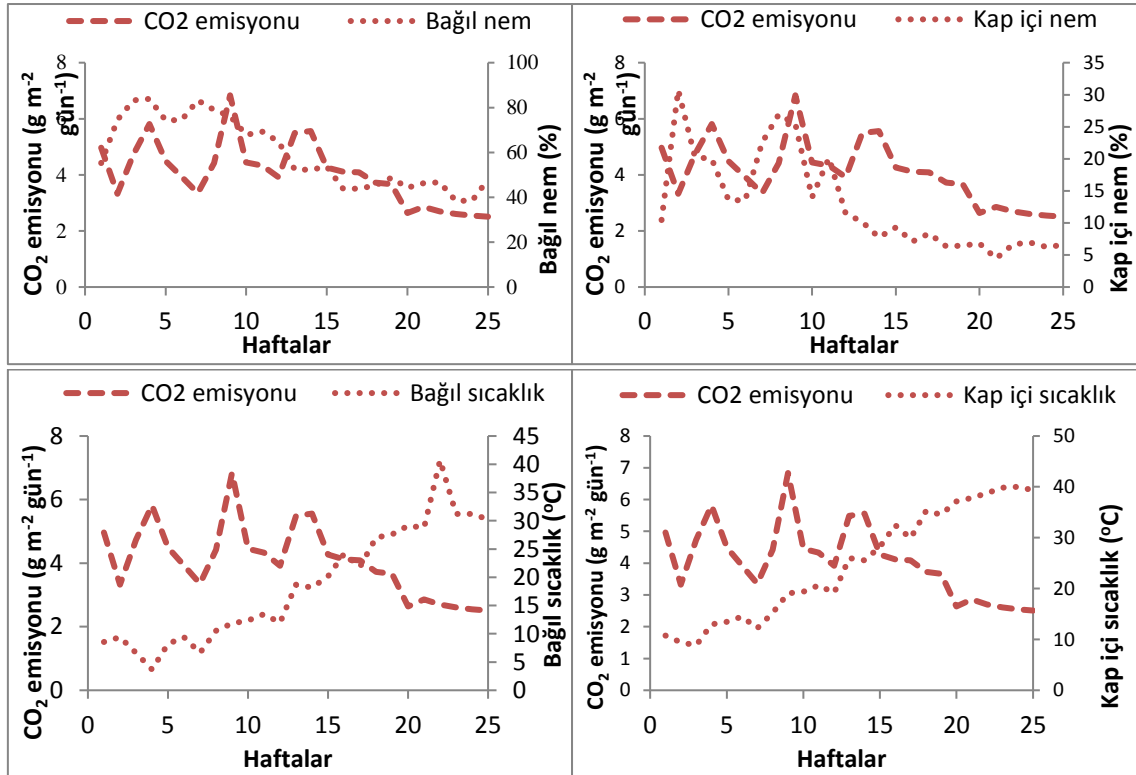
Çizelge 2. CO₂ çıkışı ile bazı iklim faktörleri arasındaki korelasyonTable 2. Correlation coefficients between CO₂ flux with some environmental factor

Parametreler Parameteres	CO ₂ (g m ⁻² gün ⁻¹) CO ₂ (g m ⁻² day ⁻¹)	Bağıl nem Relative humidity	Bağıl sıcaklık Relative temperature	Kap içi nem PVC inner humidity
Bağıl nem	0.502*			
Bağıl sıcaklık	-0.639**	-0.882**		
Kap içi nem	0.416*	0.867**	-0.747**	
Kap içi sıcaklık	-0.579**	-0.897**	0.966**	-0.789**

*p<0.05, **p<0.01

Topraktan karbon çıkışı ile bazı iklim parametreleri arasındaki ilişki şekil 2'de verilmiştir. Buna göre bağıl nemin % 76.24 ve PVC kabın iç neminin % 25.43 olduğu noktalarda topraktan CO₂ çıkışının maksimum olduğu nokta olarak izlenmiştir. Bu değerlerin altında ve üstündeki noktalarda azalmalar meydana gelmektedir. Emisyonun maksimum olduğu bu nokta bağıl sıcaklık 11.8 °C ve PVC

kabın iç sıcaklığı 19.04 °C olarak saptanmıştır. Akburak (2008), Belgrad Ormanında beş farklı ağaç türleri (meşe, göknar, ladin, karaçam ve sarıçam) altında topraktan CO₂ çıkışının mevsimsel değişimini izlemiştir. Çalışmaya göre maksimum emisyon, maksimum nem ve sıcaklıkta ağaç türlerine göre sırasıyla % 8, 14.2 °C; % 7.3, 13.8°C; % 7.11, 13.2 °C; % 6.5, 13.1 °C ve %6.3, 12.9 °C'de izlemiştir.

Şekil 2. 2013-2014 yılları arasında orman ağaçları altında CO₂ emisyonu ile bazı iklim parametreleri arasındaki ilişkiFigure 2. Relationships between CO₂ emissions with some climatic parameters under forest in 2013-2014 years

Sonuçlar

Mevcut çalışmada topraktan CO₂ çıkışı 2.51-6.84 g m⁻² gün⁻¹ olup, ortalama karbon çıkışı 4.05 g m⁻² gün⁻¹ olarak ölçülmüştür. Toprakten karbon çıkışı bağıl nem ve PVC kabın iç nemi ile pozitif, bağıl sıcaklık ve PVC kabın iç sıcaklığı ile negatif bir korelasyon tespit edilmiştir.

Aynı iklim ve benzer çevre koşulları altında yapılan çalışmalarda benzer sonuçlar elde edilmiştir. İşlenmiş ve işlenmemiş alanlarda yapmış olduğumuz çalışma ile mevcut çalışmamızda elde edilen topraktan CO₂ çıkışı verileri arasında fazla bir farkın olmadığı görülmüştür.

Bu durum bize benzer çevre koşulları altında ve benzer alanlarda yapılacak çalışmalarda herhangi bir tarımsal kültivasyon yapılmadığı durumlarda benzer sonuçların elde edileceğini göstermektedir. Çalışma alanında toprağa düşen organik artıkların toprak yüzeyinde biriktiği, koşulların kurak olması nedeni ile ayrışma ve parçalamanın kısmi olduğu için toprağa karbon girişinin az olmasına neden olduğu çıkan emisyon ile ortaya çıkmıştır.

Kaynaklar

- Akburak, S., 2008. Belgrad ormanında farklı ağaç türleri altında toprak solunumunun mevsimsel değişimi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enst. Doktora tezi, 168s.
- Almagro, M., Lo'pez, J., Querejeta, J.I., Marti'Nez-Mena, M., 2009. Temperature dependence of soil CO₂ efflux is strongly modulated by seasonal patterns of moisture availability in a Mediterranean ecosystem. *Soil Biology & Biochemistry* 41: 594–605.
- Allaire, S.E., Lange, S.F., Lafond, J.A., Pelletier, B., 2012. Athyna N. Cambouris d, Pierre Dutilleul Multiscale spatial variability of CO₂ emissions and correlations with physico-chemical soil properties. *Geoderma* 170: 251–260.
- Angert, A., Yakir, D., Rodeghiero, M., Preisler, Y., Davidson, E.A., Weiner, T., 2015. Using O₂ to study the relationships between soil CO₂ efflux and soil respiration. *Biogeosciences*, 12, 2089–2099.
- Arikan, Y., Özsoy, Y., 2008. A'dan Z'ye İklim Değişikliği Başucu Rehberi. Bölgesel Çevre Merkezi – REC Türkiye, Tuna Matbaacılık San. ve Tic. AŞ, Ankara. ISBN: 978 – 975 – 6180 – 31 – 0.
- Atarashi-Andoh, M., Koarashi, J., Ishizuka, S., Hirai, K., 2012. Seasonal patterns and control factors of CO₂ effluxes from surface litter, soil organic carbon, and root-derived carbon estimated using radiocarbon signatures. *Agric. For. Meteorol.*, 152, 149–158.
- Babuş, D., 2005. Küresel ısınma sorununun uluslararası çevre politikası içerisinde irdelenmesi ve Türkiye'nin yeri. Ç.Ü, Fen Bil. Enst., Adana, 212s.
- Bond-Lamberty, B., Thomson, A., 2010. A global database of soil respiration data. *Biogeosciences* 7(6), 1915–2010.
- Bridges, E. M., Hannam, I. D., Oldeman, L. R., Penning De Vries, F.W.T., Scherr, S.J., Sombatpanit, S., 2001. Responses to Land Degradation. Science Publishers, Inc., Enfield, NH, 510p.
- Chen, S.T., Huang, Y., Zou, J.W., Shen, Q.R., Hu, Z.H., Qin, Y.M., Chen, H.S., Pan, G.X., 2010. Modeling interannual variability of global soil respiration from climate and soil properties. *Agric. For. Meteorol.*, 150 (4), 590–605.
- Curiel Yuste, J., Baldocchi, D.D., Gershenson, A., Goldstein, A., Misson, L., Wong, S., 2007. Microbial soil respiration and its dependency on carbon in puts, soil temperature and moisture. *Global Change Biology* 13,2018–2035.
- Edwards, N.T., 1982. The Use of Soda-Lime Measuring Respirasyon Rates in Terrestrial Systems. *Pedobiologia*, 23, 321-330, (1982).
- FAOSTAT, 2013. FAOSTAT database. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available at: <http://faostat.fao.org>.
- Fiedler, S.R., Buczeko, U., Jurasinski, G., Glatzel, S., 2015. Soil respiration after tillage under different fertilizer treatments—implications for modeling and balancing. *Soil and Tillage Research*, 150:30-42.

- Giardina, C.P., Litton, C.M., Crow, S.E., Asner, G.P., 2014. Warming-related increases in soil CO₂ efflux are explained by increased below-ground carbon flux. *Nature Climate Change* 4, 822–827.
- Grogan, P., 1998. CO₂ flux measurement using soda lime: correction for water formed during CO₂ adsorption. *Ecology*, 79: 1467-1468.
- Houghton, R.A., 2007. Balancing the Global Carbon Budget. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 35; 313 – 347.
- Kim, D.G., Vargas, R., Bond-Lamberty, B., Turetsky, M., 2012. Effects of soil rewetting and thawing on soil gas fluxes: a review of current literature and suggestions for future research. *Biogeosciences*, 9 (7), 2459–2483.
- Khomik, M., Arain M.A., McCaughey, J.H., 2006. Temporal and spatial variability of soil respiration in a boreal mixedwood forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 140: 244-256.
- Orman Genel Müd., 2014. Türkiye orman varlığı. Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, yayın No:115, envanter serisi no:17, Ankara.
- Raich, J.W., Tufekcioglu, A., 2000. Vegetation and soil respiration: Correlations and controls. *Biogeochemistry*, 48: 71–90.
- Sakin, E., Sakin, E.D., 2015. Harran Ovasının Killi Topraklarında Karbon Emisyonunun Ölçülmesi. GAP VII. Tarım Kongresi 28 Nisan-01 Mayıs 2015. Sayfa 208-214, Şanlıurfa.
- Sakin, E., 2016. Seasonal Variations of Carbon Emissions In Uncultivated Soils. (in press)
- Schimel, D., Enting, I. G., Heimann, M., Wigley, T.M.L., Raynaud, D., Alves, D., Siegenthaler, U., 1994. CO₂ and the Carbon Cycle. In: Wigley, T. M. L and Schimel, D. S. (ed.). *The Carbon Cycle*. Cambridge University Press, pp 7 - 36, UK.
- Simmons, J.A., 2009. Decomposition and soil CO₂ emissions. *Teaching issues and experiments in ecology*, 6:1-24.
- Türkeş, M., 2001. Küresel iklimin Korunması, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Türkiye. Tesisat Mühendisliği, TBMMO Makine Mühendisleri Odası, Süreli Teknik Yayın 61:14-29.
- Xu, X., Luo, X., 2012. Effect of wetting intensity on soil GHG fluxes and microbial biomass under a temperate forest floor during dry season. *Geoderma* 170: 118–126.
- Zhou, Z., Xu, M., Kang, F., Sun, O.J., 2015. Maximum temperature accounts for annual soil CO₂ efflux in temperate forests of Northern China. *Nature Scientific Reports*: 5:12142, DOI: 10.1038/srep12142.