

TÜRKİYE ORMANLARINDA TOPRAK VE ÖLÜ ÖRTÜDE DEPOLANMIŞ ORGANİK KARBON MİKTARLARI

Doğanay TOLUNAY^{1(*)}, Aydın ÇÖMEZ²

¹ İ.Ü. Orman Fakültesi, Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı, 34473 Bahçeköy-İstanbul.

² Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü, 26160 Eskişehir.

ÖZET

Orman ekosistemlerinde hem bitkisel kütlede hem de topraklarda karbon depolanmaktadır. Bitkisel kütlede biriktirilen karbon miktarını belirlemek nispeten kolay olsa da, orman topraklarında yıllık olarak değişen ya da stok haldeki organik karbon miktarını belirlemek güçtür. Toprak organik karbonundaki yıllık değişimler ya stok değişiminden ya da genellikle ölü örtü ayrışmasına dayanan modeller kullanılarak belirlenmektedir. Ülkemizde orman topraklarında stok haldeki karbon miktarı ile veriler yetersizdir. Bu çalışmada ülkemizde ölü örtü ve topraklarda yapılmış çalışmalar derlenerek orman topraklarımızda depolanan karbon miktarı belirlenmeye çalışılmıştır. Sonuç olarak ülkemiz ormanlarında topraklarda 1 hektar alanda 78,0 Mg (ton), ölü örtülerde 5,8 Mg (ton) olmak üzere toplam 83,8 Mg (ton) organik karbon depolandığı hesaplanmıştır.

ANAHTAR SÖZCÜKLER

Karbon, toprak organik maddesi, orman, küresel iklim değişikliği

AMOUNTS OF ORGANIC CARBON STORED IN FOREST FLOOR AND SOIL IN TURKEY

ABSTRACT

Organic carbon is stored both in phytomass and soil in forest ecosystems. Although determination of organic carbon bound in phytomass is not so difficult to determine, carbon stock or its annual change for forest soils is not so easy. Annual changes of carbon in soils are usually determined either from change in stock or by using models based on litter decomposition rates. Sufficient data related to carbon content of forest soil in Turkey were not available. In this research, calculation of carbon amounts of forest soil in Turkey were tried by compiling data obtained from previous studies on forest soils and forest floors. As a result, carbon amounts were calculated as 78,0 Mg ha⁻¹, 5,8 Mg ha⁻¹ and 83,8 Mg ha⁻¹ for mineral soil, forest floor and total carbon density, respectively.

KEYWORDS:

Carbon, soil organic matter, forest, global climate change

GİRİŞ

Atmosferdeki CO₂ konsantrasyonu sanayi devriminden önce 280 ppm civarında bulunurken 2005 yılı itibarıyla 379 ppm'e ulaşmıştır (IPCC, 2007). CO₂ ve diğer sera gazlarının atmosferdeki miktarlarının azaltılması 1) emisyonların sınırlandırılması, 2) fosil yakıtlar

* dtolunay@istanbul.edu.tr

yerine bitkisel kütle kullanımının sağlanması 3) karbon havuzlarında (vejetasyon, toprak, okyanus vb) biriktirilen karbon miktarının artırılması ile mümkün olmaktadır (Janzen, 2004). Orman ekosistemleri atmosferdeki CO₂'in depolandığı en önemli karbon havuzlarından. Ormanlar fotosentez ile atmosferden alınan karbonu bitkisel kütle üretiminde kullanmaktadırlar. Yıllık olarak atmosferden alınarak bitkisel veya hayvansal kütlede biriktirilen karbonun 1990-1999 yılları arasında karalarda 1,4±0,5 milyar Mg (ton), okyanuslar ile denizlerde 1,7±0,7 milyar Mg (ton) kadar olduğu tahmin edilmektedir (IPCC, 2007). Karasal ekosistemlerdeki vejetasyonda depolanmış olan karbon miktarı 500 milyar Mg (ton) dolaylarındadır (Janzen, 2004). Karasal ekosistemlerde karbon sadece vejetasyonda değil, topraklarda da depolanmaktadır. Bu şekilde topraklarda depolanan karbon miktarının yaklaşık olarak 2000 milyar Mg (1 m derinlikteki topraklar için) olduğu hesaplanmaktadır. Yıllık olarak orman topraklarında ortalama 0,4 Mg ha⁻¹ karbon biriktirildiği ifade edilmektedir (Lal, 2005). Ancak orman topraklarında biriktirilen karbon miktarı çok değişken olabilmektedir. Hatta topraklar bazen karbon emisyonuna bile neden olabilmektedir. Değişen iklim koşulları topraklarda depolanmış organik karbonun hızlı bir şekilde ayrışmasına yol açmaktadır. Bu durum özellikle boreal kuşak ormanlarında söz konusudur. Ayrıca çeşitli ormancılık uygulamaları da (aralama, toprak işleme, gübreleme vb) toprakta bağlanan karbon miktarını olumlu ya da olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Tolunay ve Çömez, 2007).

Ormanlarda bitkisel kütlede ve topraklarda bağlanan karbon miktarındaki değişimler atmosferdeki CO₂ miktarının artması veya azalması ile yakından ilgilidir. Orman ekosistemlerinin depoladığı karbon miktarındaki değişimlerin belirlenmesi bu yüzden giderek önem kazanmaktadır. Kyoto Protokolü ile ülkelere karbon emisyon ve bağlama değerlerinin belirlenmesi zorunluluğu getirilmiştir. Buna göre ülkeler yıllık olarak çeşitli sektörlerdeki (Orman, Tarım, Enerji, vb) sera gazı emisyonları ile bağlanan miktarları hakkında ulusal envanterlerini hazırlamaktadırlar. 2006 yılı itibarıyla içlerinde Türkiye'nin de bulunduğu yaklaşık 40 ülke ulusal raporlarını hazırlamıştır (UNFCCC, 2008). Sera gazları ile ilgili olarak envanter düzenleyen ülkeler, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından hazırlanan Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık için Pratik Rehber'i (GPG-LULUCF) temel almaktadır (IPCC 2003). Türkiye tarafından da 1990-2004 yıllarını kapsayan sera gazları envanteri hazırlanmıştır. Bu envantere göre 2004 yılında Türkiye ormanları tarafından 14,5 Tg karbon bağlanmıştır. Bu değer yıllık olarak 53,1 Tg CO₂'ye eşdeğerdir (NIR Turkey, 2006). Türkiye tarafından hazırlanan ulusal sera gazı envanterinde orman ekosistemlerinin bağladıkları yıllık karbon miktarı sadece bitkisel kütle için hesaplanmıştır. Orman topraklarında biriktirilen karbon miktarı ise "0" olarak kabul edilmiştir. Orman topraklarında yıllık olarak biriktirilen karbon miktarının hesabı GPG-LULUCF'e göre 2 şekilde yapılabilmektedir. İlk yöntem'e göre iki envanter dönemi arasında topraklarda depolanan karbon miktarı iki envanter arasındaki süreye oranlanarak hesaplanmaktadır. Diğer hesaplama yöntemi ise daha karmaşık olup, çeşitli modelleme çalışmalarını gerektirmektedir. Bu konuda YASSO, CENTURY, RothC, FullCAM gibi, toprak organik karbon miktarını etkileyen süreçleri inceleyerek yıllık bazda topraklarda depolanan karbonu hesaplayan modeller örnek olarak verilebilir. Bu modellerin çoğu yaprak dökümü ve ince kök ayrışması ile toprağa giren organik karbon miktarını ve ölü örtünün ayrışma hızını belirlemeye yöneliktir. Ancak özellikle ölü örtü ayrışması üzerinde birçok faktör etkili olup, bunların ölçülmesi ve modelleme için veri toplanması büyük sorun yaratmaktadır.

Ülkemizde orman topraklarda biriktirilen karbon miktarının belirlenmesine yönelik bilgi eksikliği bulunmaktadır. Hatta henüz orman topraklarında stok halde bulunan karbon

miktarları da bilinmemektedir. Bu nedenle bu çalışma da orman topraklarında yapılmış çeşitli araştırmalar derlenerek, farklı ağaç türleri ve orman tiplerinde stok halde bulunan karbon miktarları hesaplanmaya çalışılmıştır.

MATERYAL VE METOD

Çalışmada öncelikle detaylı bir literatür araştırması yapılmıştır. Orman toprakları hakkında yapılmış onlarca çalışma olmasına rağmen, bunlar doğrudan karbona odaklanmadığı için birim alanda depolanmış organik karbon miktarının hesaplanması gerekmiştir. Bunun için aşağıdaki formül yardımıyla 1 m derinlik için 1 ha alandaki karbon miktarı hesaplanmıştır.

$$TOK_d = \sum_i^k C_i \times ITM_i \times H_i$$

Burada TOK_d 1 m derinlikteki toprak organik karbon miktarı ($kg\ m^{-3}$), C_i i horizonundaki toprağın organik karbon içeriği (%), ITM_i i horizonundaki fırın kurusu ince toprak miktarı ($\emptyset < 2\ mm$) ($kg\ cm^{-3}$), H Horizon kalınlığı (mm), i ve k ise toprak horizonlarıdır. Bu şekilde $1\ m^3$ için hesaplanan toprak organik karbon miktarı daha sonra 1 hektar alandaki değere dönüştürülmüştür. Bu hesaplamaların yapılabilmesi için toprak organik karbonunun Walkley Black yaş yakma yöntemi ile belirlendiği ve tüm toprak horizonlarının örneklendiği araştırmalardan yararlanılmıştır. Bu şekilde toplam 1234 toprak profili için hesaplama yapılmıştır.

Çalışmada ayrıca topraktaki organik karbonun en büyük kaynağı olan ölü örtü miktarları ile ilgili araştırmalar da derlenmiştir. Ancak ölü örtü araştırmalarının çoğunda sadece ağırlık belirlenmiştir. Bir kısmında ise ateşte kayıp olarak ölü örtülerin organik madde içerikleri de incelenmiştir. Ama tamamında karbon analizi yapılmamıştır. Bitkisel kütle miktarlarını karbon miktarına çevirmek için 0,5 katsayısı kullanılmaktadır. Ancak ölü örtü için bu çevirme katsayısının kullanılması mümkün değildir. Çünkü ölü örtü yaprak, çürüntü ve humus olarak adlandırılan çeşitli tabakalardan oluşmaktadır. Her tabakanın mineralizasyon miktarı farklı olduğu için karbon içerikleri de farklı olmaktadır. Karbon analizi yapılmamış ölü örtü örneklerinde karbon miktarı organik madde miktarının yarısı olarak kabul edilmektedir. Bu şekilde 794 adet ölü örtü örneğinde karbon miktarı organik madde miktarının yarısı olarak hesaplanmıştır. Ancak 209 ölü örtü örneğinde sadece ağırlıklar belirlenmiş olup, organik madde analizleri yapılmamıştır. Bu nedenle ölü örtü ağırlıklarını kullanarak ölü örtü karbon içeriğini belirlemek için yeni bir yaklaşım geliştirilmiştir. Bu zorluğu aşmak için organik madde analizi yapılan ölü örtü örneklerinde organik madde miktarı/ölü örtü ağırlığı oranı kullanılarak bir katsayısı hesaplanmıştır. 0,753 olarak belirlenen bu katsayı yardımıyla önce ölü örtü ağırlıkları organik madde miktarına dönüştürülmüş, daha sonrada bu değer yarısı karbon olarak kabul edilmiştir. Ölü örtü ve topraktaki karbon miktarları ile ilgili veriler derlendikten sonra orman tipine (yapraklı, ibreli, ağaçlandırma) ve ağaç türüne göre sınıflandırılmıştır. İlgili tablolarda ortalama karbon miktarları ağırlıklı ortalamalar şeklinde verilmiştir. Ağırlıklı ortalamalar aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\bar{X}_d = \frac{(TOK_i \times \text{profilsayısı}_i) + \dots + (TOK_n \times \text{profilsayısı}_n)}{\text{toplam} \cdot \text{profilsayısı}}$$

Burada \bar{X}_d ağırlıklı ortalama ($Mg\ ha^{-1}$), TOK_i i türünde yapılmış bir araştırmadaki (örneğin sarıçam türünde Çepel ve ark., 1977) ortalama toprak organik karbon ($Mg\ ha^{-1}$) miktarıdır.

Profil sayısı ise bu çalışmadaki örnekleme sayısıdır. Orman tipine göre ağırlıklı ortalamalar da benzer şekilde hesaplanmıştır.

SONUÇLAR

Orman topraklarındaki organik karbon miktarları ağaç türleri ve orman tiplerine göre Tablo 1-7'de verilmiştir. Bu tablolarda alıntı yapılan kaynaklar son sütunda verilmiştir. Buna göre ibreli ormanlarımızda açılmış 751 adet toprak profiline göre ortalama organik karbon miktarı 77,1 Mg ha⁻¹'dir. Yapraklı ormanlarda 191 profil açılmış olup, yapraklı ormanlardaki ortalama organik karbon miktarı 80,4 Mg ha⁻¹'dir. Birim alanda topraklardaki ortalama organik karbon miktarı ağaçlandırma alanlarında 83,2 Mg ha⁻¹, ibreli karışık ormanlarda 62,2 Mg ha⁻¹, ibreli-yapraklı karışık ormanlarda 70,8 Mg ha⁻¹, yapraklı karışık ormanlarda 161,4 Mg ha⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Değerlendirilen 1234 toprak profili sonucuna göre Türkiye ormanlarında ortalama toprak organik karbon miktarı 78,0 Mg ha⁻¹'dir (Tablo 7).

Türkiye ormanlarında ölü örtü miktarları ve karbon içerikleri Tablo 8-14'de gösterilmiştir. Ölü örtüdeki stok halde bulunan ortalama karbon miktarı ibreli türlerde 7,8 Mg ha⁻¹, yapraklı ormanlarda 3,1 Mg ha⁻¹, ibreli karışık ormanlarda 7,2 Mg ha⁻¹, ibreli yapraklı karışık ormanlarda 7,0 Mg ha⁻¹, yapraklı karışık ormanlarda 6,4 Mg ha⁻¹, ibreli türlerle yapılan ağaçlandırmalarda 7,1 Mg ha⁻¹ olarak hesaplanmıştır. 1003 ölü örtü örneğinin ortalama organik karbon içeriği ise 5,8 Mg ha⁻¹'dir (Tablo 14). Böylece Türkiye ormanlarında bitkisel kütle haricinde ölü örtü ve topraklarda depolanmış halde bulunan organik karbon miktarı yaklaşık olarak 83,8 Mg ha⁻¹ bulunmuştur.

TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Orman ekosistemlerindeki toprak organik karbon miktarları iklim kuşaklarına bağlı olarak farklılık göstermektedir. Örneğin boreal ormanlarda ortalama toprak organik karbon miktarının 343,8 Mg ha⁻¹, ılıman kuşak ormanlarında 96,2 Mg ha⁻¹, tropikal ormanlarda ise 122,7 Mg ha⁻¹ olduğu hesaplanmıştır (Janzen, 2004). Bu durum iklim ile ilgilidir. Özellikle boreal ormanlarda iklimin soğuk ve nemli olması ölü örtünün ve toprak içindeki organik karbonun ayrışmasını engellemektedir. Nitekim küresel ısınma sonucunda boreal ormanlardaki topraklarda biriken organik karbonun ayrışmasının hızlanacağı, dolayısıyla karbon emisyonuna sebep olacağı yorumları yapılmaktadır (Lal, 2004). Ülkemiz ormanlarının da içinde bulunduğu ılıman kuşakta ise iklimin ılıman olması ölü örtü ve toprak organik karbonunun daha hızlı ayrışmasına yol açmaktadır. Nitekim çalışmamızda ölü örtü ve topraklarda depolanmış halde bulunan organik karbon miktarı genel olarak ılıman iklim kuşağındaki ormanlar için verilen ortalama değerden düşük olmakla beraber oldukça yakındır. Ancak gerek topraklarda gerekse ölü örtü de bulunan karbon miktarlarının çok geniş bir aralıkta değiştiği belirlenmiştir. Orman topraklarındaki organik karbon miktarı 0,8-448 Mg ha⁻¹, ölü örtüdeki organik karbon miktarı 0,3-41,8 Mg ha⁻¹ arasında değişmektedir. Bu durum ülkemiz ormanlarının çok farklı ekolojik koşullara sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca ölü örtü ve toprak organik karbon miktarı üzerinde birçok faktör de etkilidir. Bunlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir (Tolunay ve Çömez, 2007).

- Mevki (Enlem derecesi vb)
- İklim özellikleri
- Yeryüzü şekli (yükselti, baki, eğim vb)
- Ölü örtü özellikleri (ölü örtü bileşimi, C/N oranı)

Tablo 1. İbrelili ormanlarda topraktaki organik karbon miktarları (Mg ha⁻¹)

Ağaç Türü	n	Ağırlıklı ort.	Kaynaklar
Sarıçam	288	78,0 (18,3-448,0)	Çepel ve ark., 1977; Tolunay, 1992; Tolunay, 1997; Tolunay, 2004; Çelik, 2006; Güner, 2006
Karaçam	219	71,6 (6,7-296,5)	Kantarıcı, 1979a; Eruz, 1984; Sevgi, 2003; Özkan, 2003; Çelik, 2006
Sedir	70	85,7 (12,6-273,1)	Özkan, 2003; Başaran ve ark., 2008
Ardıç	63	64,4 (0,8-245,9)	Özkan, 2003; Çelik, 2006; Başaran ve ark., 2008
Ladin	58	82,0 (2,0-283,2)	Kalay, 1989; Altun, 1995
Uludağ Göknarı	35	101,8 (65,5-196,2)	Kantarıcı, 1978; Kantarıcı 1979b
Kızılçam	16	77,1 (29,6-160,5)	Duran, 1991; Çelik 2006
Toros Göknarı	2	82,6 (68,4-96,8)	Özkan, 2003
Ağırlıklı ort.	751	77,1 (0,8-448,0)	

n: toprak çukuru sayısı, parantez içindeki değerler minimum ve maksimum değerlerdir.

Tablo 2. Yapraklı ormanlarda topraktaki organik karbon miktarları (Mg ha⁻¹)

Ağaç Türü	n	Ağırlıklı ort.	Kaynaklar
Meşe	97	82,3 (5,1-279,1)	Kantarıcı, 1974; Özhan, 1977; Kantarıcı, 1979a; Eruz, 1980; Kantarıcı, 1983; Karaöz, 1988; Sevgi, 1993; Makineci, 1999; Kara, 2002; Özkan, 2003; Çelik, 2006; Başaran ve ark., 2008
Kayın	42	77,9 (27,8-227,3)	Özhan, 1977; Kantarıcı, 1979a; Eruz, 1980; Karaöz, 1988; Sevgi, 1993; Kara, 2002
Maki-Funda vb	45	79,6 (2,0-424,0)	Özkan, 2003; Başaran ve ark., 2008; Akkaya, 2008
Alıç	3	26,9(22,5-34,4)	Özkan, 2003
Gürgen	1	115,1	Makineci, 1999
Ihlamur	1	113,3	Makineci, 1999
Kestane	1	85,9	Makineci, 1999
Sığıla	1	126,6	Duran, 1991
Ağırlıklı ort.	191	80,4 (2,0-424,0)	

n: toprak çukuru sayısı, parantez içindeki değerler minimum ve maksimum değerlerdir.

Tablo 3. Ağaçlandırma alanlarında topraktaki organik karbon miktarları (Mg ha⁻¹)

Ağaç Türü	n	Ağırlıklı ort.	Kaynaklar
Sarıçam	14	108,4	Karaöz, 1988
Karaçam	44	65,1 (9,3-174,6)	Kantarıcı, 1979a; Karaöz, 1988; Akbin, 1994; Kara, 2002; Karatepe, 2004
Fıstık Çamı	66	75,9 (11,4-261,5)	Karakan, 1996;Kambak, 1996;Akkaya,2008
Kızılçam	14	142,5 (73,8-316,0)	Aydın,1996;Ölçücüoğlu, 1997;Akkaya,2008
Sahil Çamı	7	99,9 (59,5-144,3)	Kantarıcı, 1983; Akkaya, 2008
Sedir	3	74,6 (38,7-92,7)	Akkaya, 2008
Ağırlıklı ort.	148	83,2 (9,3-316,0)	

n: toprak çukuru sayısı, parantez içindeki değerler minimum ve maksimum değerlerdir.

Tablo 4. İbrelili karışık ormanlarda topraktaki organik karbon miktarları (Mg ha⁻¹)

Ağaç Türü	n	Ağırlıklı ort.	Kaynaklar
Sedir-Ardıç	34	71,5 (13,9-119,4)	Özkan, 2003; Başaran ve ark., 2008
Karaçam-Ardıç	20	40,5 (2,5-106,5)	Özkan, 2003; Çelik, 2006
Gökmar-Ardıç	12	92,8 (12,8-180,6)	Özkan, 2003
Sedir-Karaçam	8	50,8 (18,5-82,1)	Özkan, 2003
Gökmar-Karaçam	6	62,9 (28,0-93,2)	Özkan, 2003
Karaçam-Kızılçam	6	64,5 (20,5-147,4)	Çelik, 2006
Kızılçam-Ardıç	5	38,8 (14,9-60,4)	Çelik, 2006
Ladin-Gökmar	4	42,4 (9,0-82,0)	Altun, 1995
Sarıçam-Karaçam	2	73,4 (63,9-82,9)	Çelik 2006
Ağırlıklı ortalama	97	62,2 (2,5-180,6)	

n: toprak çukuru sayısı, parantez içindeki değerler minimum ve maksimum değerlerdir.

Tablo 5. İbrelili-yapraklı karışık ormanlarda topraktaki organik karbon miktarları (Mg ha⁻¹)

Ağaç Türü	n	Ağırlıklı ort.	Kaynaklar
Karaçam-Meşe	17	52,6 (10,3-116,1)	Özkan, 2003; Çelik, 2006
Ladin-Kayın	6	40,0 (7,0-87,0)	Altun, 1995
Meşe-Ardıç	5	44,7 (22,0-48,6)	Özkan, 2003; Çelik, 2006
Kızılçam-Maki	3	100,8 (86,4-110,6)	Duran, 1991
Sığıla-Meşe-Kızılçam	2	338,3 (302,4-374,3)	Duran, 1991
Ağırlıklı ortalama	33	70,8 (7,0-374,3)	

n: toprak çukuru sayısı, parantez içindeki değerler minimum ve maksimum değerlerdir.

Tablo 6. Yapraklı karışık ormanlarda topraktaki organik karbon miktarları (Mg ha⁻¹)

Ağaç Türü	n	Ağırlıklı ort.	Kaynaklar
Meşe-Kayın	13	157,3 (96,1-234,4)	Özhan, 1977; Kantarcı, 1979a
Sığıla-Meşe	1	214,7	Duran, 1991
Ağırlıklı ortalama	14	161,4 (96,1-234,4)	

n: toprak çukuru sayısı, parantez içindeki değerler minimum ve maksimum değerlerdir.

Tablo 7. Türkiye’de orman topraklarındaki organik karbon miktarları (Mg ha⁻¹)

Ağaç Türü	n	Ağırlıklı ort.
İbrelili	751	77,1 (0,8-448,0)
Yapraklı	191	80,4 (2,0-424,0)
İbrelili Ağaçlandırma	148	83,2 (9,3-316,0)
İbrelili Karışık	97	62,2 (2,5-180,6)
İbrelili-Yapraklı Karışık	33	70,8 (7,0-374,3)
Yapraklı Karışık	14	161,4 (96,1-234,4)
Ağırlıklı ortalama	1234	78,0 (0,8-448,0)

n: toprak çukuru sayısı, parantez içindeki değerler minimum ve maksimum değerlerdir.

Tablo 8. İbrelili ormanlarda ölü örtü miktarı ile organik madde ve organik karbon değerleri (Mg ha⁻¹)

Ağaç Türü	n	Ölü Örtü Miktarı	Organik Madde	Organik Karbon	Kaynaklar
Karaçam	113	26,5 (1,6-115,3)	17,2 (1,1-72,0)	8,6 (0,5-36,0)	Sevim, 1951; Kantarcı ve ark., 2000; Sevgi, 2003; Çelik, 2006
Sarıçam	103	15,0 (4,4-111,0)	12,0 (2,4-83,6)	6,0 (1,2-41,8)	Arol, 1959; Dündar, 1988; Tolunay, 1992; Demir, 1992; Tolunay, 1997; Tolunay 2004; Çelik, 2006
Gök nar	42	37,0 (16,1-47,5)	28,5 (38,2-12,1)	14,2 (6,1-19,1)	Kantarcı, 1979; Kantarcı ve ark., 2000
Kızılcıam	36	13,0 (3,8-43,4)	9,5 (2,4-32,7)	4,7 (1,2-16,4)	Çepel ve Tekerek, 1980; Duran, 1991; Çelik, 2006
Servi	9	4,1 (3,1-5,5)	3,3 (2,3-4,6)	1,7 (1,1-2,3)	Tüfeksever, 1991
Ardıç	2	10,3 (4,5-16,2)	7,3 (3,4-11,3)	3,7 (1,7-5,6)	Çelik, 2006
Ağırlıklı ort.	305	21,7 (1,6-115,3)	15,6 (1,1-83,6)	7,8 (0,5-41,8)	

n: toprak çukuru sayısı, parantez içindeki değerler minimum ve maksimum değerlerdir.

Tablo 9. Yapraklı ormanlarda ölü örtü miktarı ile organik madde ve organik karbon değerleri (Mg ha⁻¹)

Ağaç Türü	n	Ölü Örtü Miktarı	Organik Madde	Organik Karbon	Kaynaklar
Meşe	198	8,6 (1,4-27,2)	6,2 (1,0-15,9)	3,1 (0,5-8,0)	Özyuvacı, 1976; Kantarcı, 1983; Makineci, 1993; Sevgi, 1993; Özer, 1993, Öztürk, 1993; Özcan, 2003; Makineci, 1999; Demir ve ark., 2007a; Çelik, 2006
Kayın	87	8,7 (2,6-36,6)	6,4 (2,0-18,8)	3,2 (1,0-9,4)	Arol, 1959; Özhan, 1977; Sevgi, 1993; Kantarcı ve ark., 2000; Yener, 2006; Demir ve ark., 2007b
Çalı, Funda, Maki vb	41	4,5 (1,1-11,1)	3,4 (0,8-10,6)	1,7 (0,4-5,3)	Özyuvacı, 1976; Duran, 1991; Akkaya, 2008
Gürgen	12	10,7 (7,2-12,8)	8,7	4,3	Makineci, 1999
Ihlamur	12	7,8 (6,7-9,1)	6,5 (5,3-8,1)	3,3 (2,6-4,0)	Makineci, 1999
Kestane	12	10,2 (9,0-12,1)	8,3 (7,4-10,5)	4,1 (3,7-5,3)	Makineci, 1999
Sıgla	1	7,8	5,0	2,5	Duran, 1991
Ağırlıklı ort.	363	8,2 (1,1-36,6)	6,1 (0,8-18,8)	3,1 (0,4-9,4)	

n: toprak çukuru sayısı, parantez içindeki değerler minimum ve maksimum değerlerdir.

Tablo 10. Ağaçlandırma alanlarında ölü örtü miktarı ile organik madde ve organik karbon değerleri (Mg ha⁻¹)

Ağaç Türü	n	Ölü Örtü Miktarı	Organik Madde	Organik Karbon	Kaynaklar
Fıstık amı	71	9,9 (1,5-88,8)	7,8 (1,1-60,0)	3,9 (0,6-30,0)	Kambak, 1996; Karakan, 1996; Karaöz ve Sevgi, 1997; Akkaya, 2008
Karaçam	47	27,9 (6,2-82,4)	23,0 (5,7-72,9)	11,5 (2,9-36,5)	Karaöz, 1988; Deniz, 1993; Karaöz, 1993; Özer, 1993; Demir, 1995; Karaöz ve Sevgi, 1997; Karatepe, 2004;
Sahil amı	52	11,0 (0,7-36,2)	9,1 (0,5-27,3)	4,6 (0,3-13,6)	Kantarcı, 1983; Zengin, 1998; Tecimen, 2005; Akkaya, 2008
Sarıçam	19	16,8 (8,4-22,9)	13,4 (6,6-19,6)	6,7 (3,3-9,8)	Karaöz, 1988; Deniz, 1993; Özer, 1993
Sedir	12	26,1 (4,4-73,2)	16,7 (3,3-38,0)	8,3 (1,7-19,0)	Karaöz ve Sevgi, 1997; Akkaya, 2008
Radiata amı	12	19,8 (8,2-37,0)	14,2 (6,2-23,5)	7,1 (3,1-11,7)	Karaöz, 1993; Karaöz ve Sevgi, 1997; Zengin, 1998;
Kızılçam	30	32,2 (4,0-78,3)	24,2 (2,6-56,9)	12,1 (1,3-28,5)	Aydın, 1996; Karaöz ve Sevgi, 1997; Ölçücüoğlu, 1997; Akkaya, 2008
Gök nar	10	10,1 (6,2-14,2)	6,5 (3,8-11,1)	3,2 (1,9-5,5)	Karaöz, 1993; Makineci, 2007
Servi	5	47,5 (17,3-101,0)	28,6 (9,0-66,6)	14,3 (4,5-33,3)	Karaöz ve Sevgi, 1997
<i>Picea abies</i>	1	19,3	12,9	6,5	Karaöz, 1993
<i>Picea orientalis</i>	1	16,2	12,3	6,1	Karaöz, 1993
<i>Pinus jeffreyi</i>	1	44,9	37,1	18,6	Karaöz, 1993
<i>Pinus patula</i>	1	12,1	9,6	4,8	Karaöz, 1993
<i>Pseudotsuga menziessi</i>	1	20,6	14,1	7,0	Karaöz, 1993
<i>Pinus nigra corciana</i>	1	13,8	10,2	5,1	Karaöz, 1993
Ağırlıklı ortalama	264	18,5 (0,7-101,0)	14,2 (0,5-72,9)	7,1 (0,3-36,5)	

n: toprak çukuru sayısı, parantez içindeki değerler minimum ve maksimum değerlerdir.

Tablo 11. İbrelili karışık ormanlarda ölü örtü miktarı ile organik madde ve organik karbon değerleri (Mg ha⁻¹)

Ağaç Türü	n	Ölü Örtü Miktarı	Organik Madde	Organik Karbon	Kaynaklar
Karaçam-Kızılçam	14	14,5 (0,9-26,6)	10,9 (0,7-20,0)	5,5 (0,3-10,0)	Kantarci ve ark., 2000; Çelik, 2006
Gök nar-Çam	4	46,9 (27,5-63,2)	37,1 (22,8-50,9)	18,5 (11,4-25,4)	Arol, 1959
Sarıçam-Karaçam	2	5,9 (5,4-6,4)	4,6 (4,5-4,7)	2,3 (2,2-2,4)	Çelik, 2006
Ardıç-Karaçam	1	4,0	2,6	1,3	Çelik, 2006
Ardıç-Kızılçam	1	12,5	4,2	2,1	Çelik, 2006
Ağırlıklı ortalama	22	19,0 (0,9-63,2)	14,4 (0,7-50,9)	7,2 (0,3-25,4)	

n: toprak çukuru sayısı, parantez içindeki değerler minimum ve maksimum değerlerdir.

Tablo 12. İbrelili-yapraklı karışık ormanlarda ölü örtü miktarı ile organik madde ve organik karbon değerleri (Mg ha⁻¹)

Ağaç Türü	n	Ölü Örtü Miktarı	Organik Madde	Organik Karbon	Kaynaklar
Karaçam-Meşe	10	13,0 (5,52-8,2)	9,0 (3,7-18,3)	4,5 (1,8-9,1)	Özer, 1993; Kantarci ve ark., 2000; Çelik, 2006
Gök nar-Kayın-Meşe	7	33,8 (19,7-66,2)	20,9 (13,9-39,5)	10,4 (7,0-19,8)	Arol, 1959
Gök nar-Kayın	7	42,9 (18,2-73,5)	26,5 (11,4-52,1)	13,3 (5,7-26,1)	Çelik, 2006
Kızılçam-Maki	5	5,0 (3,9-6,1)	4,2 (3,5-4,8)	2,1 (1,7-2,4)	Duran, 1991
Sarıçam-Meşe	4	20,3 (10,8-29,0)	15,6 (9,0-21,1)	7,8 (4,5-10,5)	Özer, 1993
Ardıç-Meşe	2	8,1 (2,2-14,0)	3,4 (1,0-5,8)	1,7 (0,5-2,9)	Çelik, 2006
Günlük-Meşe-Kızılçam	2	8,8 (8,0-9,6)	7,1 (6,5-7,8)	3,6 (3,3-3,9)	Duran, 1991
Kızılçam-Meşe	1	6,1	4,5	2,2	Çelik, 2006
Karaçam-Kayın	1	17,7	13,3	6,7	Sevim, 1951
Ağırlıklı ortalama	39	21,3 (2,2-73,5)	13,9 (1,0-52,1)	7,0 (0,5-26,1)	

n: toprak çukuru sayısı, parantez içindeki değerler minimum ve maksimum değerlerdir.

Tablo 13. Yapraklı karışık ormanlarda ölü örtü miktarı ile organik madde ve organik karbon değerleri (Mg ha⁻¹)

Ağaç Türü	n	Ölü Örtü Miktarı	Organik Madde	Organik Karbon	Kaynaklar
Meşe-Kayın	1	26,9	16,5	8,3	Özhan, 1977
Yapraklı Karışık	9	16,5 (9,4-23,7)	12,4 (16,5-17,8)	6,2 (3,5-8,9)	Zengin, 1998
Ağırlıklı ort.	10	130,9 (9,4-26,9)	12,8 (16,5-17,8)	6,4 (3,5-8,9)	

n: toprak çukuru sayısı, parantez içindeki değerler minimum ve maksimum değerlerdir.

Tablo 14. Türkiye’de ormanlarında ölü örtülerdeki organik karbon miktarları (Mg ha⁻¹)

Ağaç Türü	n	Ölü Örtü Miktarı	Organik Madde	Organik Karbon
İbrelili	305	21,7 (1,6-115,3)	15,6 (1,1-83,6)	7,8 (0,5-41,8)
Yapraklı	363	8,2 (1,1-36,6)	6,1 (0,8-18,8)	3,1 (0,4-9,4)
İbrelili Karışık	22	19,0 (0,9-63,2)	14,4 (0,7-50,9)	7,2 (0,3-25,4)
İbrelili-Yapraklı Karışık	39	21,3 (2,2-73,5)	13,9 (1,0-52,1)	7,0 (0,5-26,1)
Yapraklı Karışık	10	126,0 (9,4-26,9)	12,8 (16,5-17,8)	6,4 (3,5-8,9)
İbrelili Ağaçlandırma	264	18,5 (0,7-101,0)	14,2 (0,5-72,9)	7,1 (0,3-36,5)
Ağırlıklı ortalama	1003	17,0 (0,7-115,3)	11,7 (0,5-83,6)	5,8 (0,3-41,8)

n: toprak çukuru sayısı, parantez içindeki değerler minimum ve maksimum değerlerdir.

- Toprak özellikleri (Toprak türü, derinlik, taşlılık, toprak nemi, pH, baz doygunluğu ve besin maddesi içeriği, geçirgenlik ve havalanma vb)
- Küresel iklim değişimi
- Ağaç türleri
- Meşcere özellikleri (kapalılık, sıklık, yaş, karışım oranı vb)
- Arazi kullanımı (Tarım, orman, mera, yerleşim vb)
- Ağaçlandırma
- Silvikültürel müdahaleler
- Yangınlar
- Arazi işleme
- Gübreleme ve kireçleme
- Erozyon

Bu çalışmada Türkiye orman topraklarında depolanan karbon miktarları belirlenmeye çalışılmıştır. Ancak her biri farklı yıllarda ve yılın değişik zamanlarında yapılan, çoğu karbon odaklı olmayan bu çalışmaların orman topraklarımızdaki karbon miktarını tam olarak yansıttığı söylenemez. Ancak yine de bir fikir verme amacıyla bu derleme yapılmıştır. Topraklarla ilgili araştırmaların sayısı oldukça az olup, topraklarda depolanan karbon miktarı ve diğer önemli toprak özelliklerinin (pH, tekstür, derinlik, taşlılık, besin maddesi miktarları vb) belirlenmesine yönelik araştırmaların sayısının artırılması gerekmektedir. Bu kapsamda tüm ülke toprakları için bir “Türkiye Toprak Bilgi Sistemi (TTBS)” oluşturulmasına gereksinim bulunmaktadır (Tolunay ve Çömez, 2007). Bu bilgi sisteminde günümüze kadar yapılmış topraklarla ilgili araştırma sonuçları yer almalıdır. Ek olarak ülkemiz topraklarının toprak tekstürü, tipi, derinliği, taşlılığı, pH’sı, organik madde ve besin maddesi durumlarını içeren haritaların da üretilmesi gerekmektedir. Bunun için ICP ormanları olarak adlandırılan ve ülke çapında 16x16 km’lik bir ağ üzerinde sistematik örnekleme dayanan program temel olarak alınabilir (Tolunay, 2007). Ülkemiz ormanlarında yaklaşık 800 kadar olan bu örnek alanlardan 10 veya 20 yıllık periyotlarla örnek alınarak, orman topraklarında yıllık ne kadar karbon biriktirildiği, stok değişiminden hesaplanabilecektir. Bu izleme ağı genişletilerek diğer arazi kullanımları (tarım, mera vb) için de benzer bir araştırmalar yapılması mümkündür (Tolunay ve Çömez, 2007). Ayrıca yıllık olarak topraklarda biriken karbonun modellenebilmesi için gerekli olan yaprak dökümü ve ölü örtü ayrışmasına dair araştırmalara da gereksinim bulunmaktadır.

KAYNAKLAR

Akbin (Albayrak), N. İzmit Yöresindeki Bazı Karaçam Ormanlarında Toprakların Kimyasal Özellikleri, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Toprak İlimi ve Ekoloji Programında Hazırlanmış Yüksek Lisans Tezi (X+62 sayfa), 1994.

Akkaya, M. Biga Orman İşletmesinde Fıstık Çamı (*Pinus pinea* L.) Ağaçlandırma Alanlarında Toprak İşlemesinin ve Dikim Aralığının Orman Topraklarına Etkisi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Toprak İlimi ve Ekoloji Programında Hazırlanmış Doktora Tezi (XXII+273 sayfa), 2008.

Altun, L. Maçka (Trabzon) Orman İşletmesi Ormanüstü Serisinde Orman Yetiştirme Ortamı Birimlerinin Ayrılması ve Haritalanması Üzerine Araştırmalar, K.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon, 1995.

Arol, M.N. Bolu ve Civarında Bazı Gökmar, Kayın, Çam Saf ve Karışık Meşcerelerinde Ölü Örtü Miktarı ile Besin Maddesi Muhtevası Üzerine Araştırmalar, T.C. Ziraat Vekâleti Orman Umum Müdürlüğü Yayın Nu. 301, Seri nu. 3, Yenilik Basımevi, 44 s., İstanbul, 1959.

Aydın, V. Elmalı Baraj Havzasında Kızılcım (*Pinus brutia* Ten) ormanının toprak özellikleri, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Toprak İlimi ve Ekoloji Programında Hazırlanmış Yüksek Lisans Tezi (VI+90 sayfa), 1996.

Başaran, M. A., Başaran, S., Kaçar, S., Baş, N., Tolunay, D., Makineci, E., Kavgacı, A. T. Ve Deniz, İ.G. Sedir Araştırma Ormanında Aktüel Durumun Coğrafi Bilgi Sistemi Tabanlı Sayısal Haritalarla Ortaya Konulması, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından desteklenen (ARA 6) 19.6302/2001–2007 no.lu proje, 2008.

Çelik, N. Sündiken Dağları Kütlesinin Yetiştirme Ortamı Özellikleri ve Sınıflandırılması, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Toprak İlimi ve Ekoloji Programında Hazırlanmış Doktora Tezi (XII+310 Sayfa), 2006.

Çepel, N., Dündar, M. ve Günel, A. Türkiye'nin Önemli Yetiştirme Bölgelerinde Saf Sarıçam Ormanlarının Gelişimi ile Bazı Edafik ve Fizyografik Etmenler Arasındaki İlişkiler, TÜBİTAK, Tarım ve Ormancılık Araştırma Grubu, Proje No: TOAG 154, Tübitak Yayınları No: 354, TOAG Seri No: 65, Ankara, 1977.

Çepel, N. ve Tekerek, Ö. Antalya Orman Bölge Başmüdürlüğü Yöresinde Bazı Saf Kızılcım Meşcerelerinin Ölü Örtü Miktarı Üzerine Araştırmalar, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi Seri A, Cilt 30, Sayı 1, Sayfa 111-128, 1980.

Demir, O. Aladağ (Bolu) Başalan ve Alabarda Bölgelerindeki Sık Sarıçam Meşcerelerinin Toprak Özellikleri Üzerine Araştırmalar, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Toprak İlimi ve Ekoloji Programında Hazırlanmış Yüksek Lisans Tezi, 1992.

Demir, C. Elmalı Baraj Havzasında Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Ormanlarının Toprak Özellikleri, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Toprak İlimi ve Ekoloji Programında Hazırlanmış Yüksek Lisans Tezi (VI+55 sayfa), 1995.

Demir, M., Makineci, E. ve Yılmaz, E. Investigation of Timber Harvesting Impacts on Herbaceous Cover, Forest Floor and Surface Soil Properties on Skidroad in an Oak (*Quercus petraea* L.) Stand, *Building and Environment*, 42(3), 1194-1199, 2007a.

Demir, M., Makineci, E. ve Yılmaz, E. Harvesting Impacts on Herbaceous Understory, Forest Floor and Top Soil Properties on Skid Road in a Beech, *Journal of Environmental Biology*, 28(2), 427-432. 2007b.

Deniz, M. Demirköy'de Sarıçam ve Karaçam Ağaçlandırma Alanlarının Toprak Özellikleri Üzerine Araştırmalar, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Toprak İlimi ve Ekoloji Programında Hazırlanmış Yüksek Lisans Tezi (VI+110 Sayfa), 1993.

Duran, A. Reşadiye (Datça) Yarımadası'nda Ofiolit Anakayasından Oluşmuş Toprakların Özelliklerinin Yeryüzü Şekli ve Bitki Örtüsüne Göre Değişimi Üzerine İncelemeler, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Toprak İlimi ve Ekoloji Programında Hazırlanmış Yüksek Lisans Tezi, 1991.

Dündar, M. Aladağ'da (Bolu) Bazı Sarıçam Meşcerelerinde Yıllık Yaprak Dökümü Miktarı ve Bu Yolla Toprağa Verilen Azotun Tespiti Üzerine Araştırmalar, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi Seri A, Cilt 38, Sayı 1, Sayfa 105-113, 1988.

Eruz, E. Belgrad Ormanı'ndaki Meşe Ve Kayın Ekosistemlerinin Bazı Önemli Kimyasal ve Fiziksel Toprak Özelliklerine İlişkin Araştırmalar, İ.Ü. Yay. No: 2641 O.F. Yay. No:2 80 Matbaa Teknisyenleri Basımevi İstanbul, 1980.

Eruz, E. Balıkesir Orman Başmüdürlüğü Bölgesindeki Saf Karaçam Meşcerelerinin Boy Gelişimi İle Bazı Edafik Ve Fizyografik Özellikler Arasındaki İlişkiler, İ.Ü. Yay. No: 3244, O.F. Yay. No: 368 Matbaa Teknisyenleri Basımevi İstanbul, 1984.

Güner, Ş. T. Türkmen Dağı (Eskişehir, Kütahya) Sarıçam (*Pinus sylvestris* ssp. *hamata*) Ormanlarının Yükseltiye Bağlı Büyüme Beslenme İlişkilerinin Belirlenmesi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalında Hazırlanmış Doktora Tezi (XXV+298 sayfa), 2006.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Good Practice Guidance For Land Use, Land-Use Change And Forestry, Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Japan, 2003.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Climate Change 2007: Synthesis Report, 2007.

Janzen, H.H. Carbon cycling in earth systems-a soil science perspective, *Agriculture. Ecosystems and Environment* 104: 399-417, 2004.

Kalay, Z. Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü Mıntıkasında Saf Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link) Büklerinin Gelişimi ile Bazı Toprak Özelliklerinin ve Fizyografik Etmenler Arasındaki İlişkilerin Denel Olarak Araştırılması, K.T.Ü. Orman Fakültesi Doçentlik Tezi (X+151 sayfa), 1989.

Kambak, A. Elmalı Baraj Havzasında Fıstık Çamı (*Pinus pinea* L.) Ormanlarının Toprak Özellikleri, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Toprak İlimi ve Ekoloji Programında Hazırlanmış Yüksek Lisans Tezi (VI+64 sayfa), 1996.

Kantarıcı, M.D., Trakya'da Bir Orman Köyü Çevresinde, Ormanın Mera ve Tarlaya Dönüştürülmesi ile Orman Toprağının Bazı Özelliklerinde Meydana Gelen Değişiklikler, *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi* Seri A, Cilt 14, Sayı 1:191-217, 1974.

Kantarıcı, M.D., 1979a. Ilıman iklim koşullarında silikat anataşından oluşan toprakların yıkanma ve birikme horizonlarının analitik olarak incelenmesi, *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi* Seri A, Cilt 29, Sayı 1:14-53.

Kantarıcı, M.D. Aladağ Kütlesinin (Bolu) Kuzey Aklanındaki Uludağ Göknarı Ormanlarında Yükselti-İklim Kuşaklarına Göre Bazı Ölü Örtü ve Toprak Özelliklerinin Analitik Olarak Araştırılması, İ.Ü. Yay.No.2634, Orman Fakültesi Yay.No.274, İstanbul, 1979b.

Kantarıcı, M.D. Kerpe Tur-71/521 Ağaçlandırma Alanında Uygulanan Arazi Hazırlığı Ve Toprak İşlemesi Yöntemlerinin Toprak Özellikleri ve Sahil Çamı Fidanlarının Gelişimi Üzerine Etkileri, *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi* Seri A, Cilt 33, Sayı 2:104-140, 1983.

Kantarıcı, M.D., Sevgi, O., Kayaöz, B., Tecimen, H. B. ve Tokgöz, N. Çan Çevresindeki Dağlık Arazide Orman Ağaçlarına ve Topraklara Hava Kirliliğinin Etkisinin Mevsimlik Değişimi Üzerine Araştırmalar, İ.Ü. Rektörlüğü Araştırma Fonu tarafından desteklenmiş 1065/03129 numaralı proje (VI+118 sayfa), 2000.

Kara, Ö. Kuzey Trakya Dağlık Yetiştirme Ortamı Bölgesinde Kayın, Meşe, Karaçam Ormanlarındaki Toprak Mikrofunguslarının Mevsimsel Değişimi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Toprak İlimi ve Ekoloji Programında Hazırlanmış Doktora Tezi (XII+140 sayfa), 2002.

Karakan, B. Gelibolu Yarımadası'nda Fıstık Çamı (*Pinus pinea* L.) Ağaçlandırma Alanlarında Toprak Özellikleri ve Boylanmaya Etkisi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Toprak İlimi ve Ekoloji Programında Hazırlanmış Yüksek Lisans Tezi, 1996.

Karaöz, M.Ö. Belgrad Ormanı'nda Bazı İğne Yapraklı ve Geniş Yapraklı Orman Ekosistemlerinin Önemli Edafik Özellikleri ile Bitkisel Kütle Karakteristikleri Bakımından Karşılaştırılması, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Toprak İlimi ve Ekoloji Programında Hazırlanmış Doktora Tezi (VII+203 sayfa), 1988.

Karaöz, M.Ö. Bazı Yerli ve Yabancı İğne Yapraklı Ağaç Türlerine Ait Plantastonlarda Ölü Örtü Miktarı ve Bunlardaki Besin Maddesi Rezervleri Üzerine Araştırmalar, *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi* Seri A, Cilt 43, Sayı 1, Sayfa 93-115, 1993.

Karaöz, M. Ö. ve Sevgi, O. Balıkesir Değirmenboğazı Ağaçlandırmalarında Kullanılan Ağaç Türlerinin Gelişimi ile Yetiştirme Ortamı Faktörleri Arasındaki İlişkiler, İ.Ü. Rektörlüğü Araştırma Fonu tarafından desteklenmiş 882/060896 numaralı proje (IV+172 sayfa), 1997.

Karatepe, Y. Gölcük (Isparta)'te karaçam (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb) Holmboe) meşcerelerinin topraklarındaki toplam azot ve organik karbon ile ölü örtülerindeki toplam azot ve organik madde miktarlarının araştırılması, *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, Seri A, Sayı 2:1-16, 2004.

Lal, R. Forest soils and carbon sequestration, *Forest Ecology and Management* 220:242-258, 2005.

Makineci, E. Demirköy Meşe Ormanlarındaki Gençleştirme Yöntemlerinin Ekolojik Açardan İncelenmesi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Toprak İlimi ve Ekoloji Programı, Yüksek Lisans Tezi, 1993.

Makineci, E. İ.Ü. Orman Fakültesi Araştırma Ormanındaki Baltalıkların Koruya Dönüştürülmesi İşlemlerinin Ölü Örtü v Topraktaki Azot Değişimine Etkileri, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Toprak İlimi ve Ekoloji Programında Hazırlanmış Doktora Tezi (XXIV+213 sayfa), 1999.

Makineci, E., Demir, M. ve Yılmaz, E. Long Term Harvesting Effects on Skid Road in a Fir (*Abies bornmulleriana* Mattf.) Plantation Forest, *Building and Environment*, 42(3), 1538-1543, 2007.

NIR Turkey. National Greenhouse Gas Inventory Report of the Turkey, NIR, (Reported Inventory 2005). <http://www.unfccc.de>, 2006.

Ölçücüoğlu, L. Gelibolu Yarımadası'nda Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Ağaçlandırma Alanlarında Toprak Özellikleri ve Boylanmaya Etkisi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman

Mühendisliği Anabilim Dalı, Toprak İlimi ve Ekoloji Programında Hazırlanmış Yüksek Lisans Tezi (V+58 sayfa), 1997.

Özcan, İ. İstanbul-Bahçeköy Orman İşletmesinde Meşe Gençliklerinin Ormanın Kapalılığına Bağlı Olarak Gelişmelerini Etkileyen Bazı Meşcere İçi Ekolojik Etkenlerin Araştırılması, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Toprak İlimi ve Ekoloji Programında Hazırlanmış Yüksek Lisans Tezi, 2003.

Özer, B. Demirköy'de Ağaçlandırma Alanlarındaki Saf Çam ve Çam+Meşe Karışık Meşcerelerinde Ölü Örtü Özelliklerinin Araştırılması, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Toprak İlimi ve Ekoloji Programında Hazırlanmış Yüksek Lisans Tezi (XI+120 sayfa), 1993.

Özhan S. Belgrad Ormanı Ortadere Yağış Havzasında Ölü Örtünün Hidrolojik Bakımdan Önemli Özelliklerinin Bazı Yöresel Etkenlere Göre Değişimi, İ.Ü. Yayın No. 2330 Orman Fakültesi Yayın No 235 Çelikcilt Matbaası, İstanbul, 1977.

Özkan, K. Beyşehir Gölü Havzasının Yetiştirme Ortamı Özellikleri ve Sınıflandırılması, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak İlimi ve Ekoloji Programında Hazırlanmış Doktora Tezi (XVI+189 sayfa), 2003.

Öztürk, H. Demirköy'de Baltalık Ormanlarındaki Aralamaların Ölü Örtü Özelliklerine Etkileri Üzerine Araştırmalar, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Toprak İlimi ve Ekoloji Programında Hazırlanmış Yüksek Lisans Tezi, 1993.

Özyuvacı, N. Arnavutköy deresi yağış havzasında hidrolojik durumu etkileyen bazı bitki-toprak su ilişkileri, İ.Ü. Yayın Nu. 2082, Orman Fak. Yayın Nu. 221, İstanbul, 1976.

Sevgi, O. Demirköy granit arazisinde orman altında ve ormandan açılmış alanlarda toprak özellikleri, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Toprak İlimi ve Ekoloji Programında Hazırlanmış Yüksek Lisans Tezi (VIII+83 sayfa), 1993.

Sevgi, O. Bayramiç İşletmesinde (Kaz Dağları) Karaçam'ın (*Pinus nigra* Arnold.) yükseltiye göre beslenme büyüme ilişkileri, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Toprak İlimi ve Ekoloji Programında Hazırlanmış Doktora Tezi (XV+221 sayfa), 2003.

Sevim, M. Alaçam (Dursunbey) ormanında ekolojik ve pedolojik araştırmalar, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi Seri A, Cilt 1, Sayı 2, Sayfa 115-142, İstanbul, 1951.

Tecimen H. B. Dikimle Yetiştirilmiş Sahil Çamı (*Pinus pinaster* Aiton.) Ormanında Ayıklama İşlemlerinin Meşceredeki Azot Dolaşımına ve Ağaçların Gelişimine Etkileri. İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Toprak İlimi ve Ekoloji Programında Hazırlanmış Doktora Tezi (XIII+271 sayfa), 2005.

Tolunay, D. Aladağ (Bolu) Kartalkaya Bölgesinde Büyük Saha Siperinde Yetiştirilmiş Sarıçam Meşcerelerinin Toprak Özellikleri Üzerine Araştırmalar, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Toprak İlimi ve Ekoloji Programında Hazırlanmış Yüksek Lisans Tezi (I+142 Sayfa), 1992.

Tolunay, D. Aladağ'da (Bolu) Sıklık Çağındaki Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Meşcerelerinde Bakımların Madde Dolaşımına Etkileri, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Toprak İlimi ve Ekoloji Programında Hazırlanmış Doktora Tezi (IX+213 sayfa), 1997.

Tolunay, D. Aladağ'da (Bolu) Genç Sarıçam Meşcerelerinde Bakım Kesimlerinin Ölü Örtü ve Toprak Özelliklerine Etkisinin Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar (10Yıl Sonuçları), İstanbul Üniversitesi Araştırma Fonu Projesi, No. 1606/30042001, 2004.

Tolunay, D. ve Çömez, A. Orman Topraklarında Karbon Depolanması ve Türkiye'deki Durum, Küresel İklim Değişimi ve Su Sorunlarının Çözümünde Ormanlar Sempozyumu, 13-14 Aralık 2007, İstanbul, 2007.

Tüfeksever, İ. Reşadiye (Datça) Yarımadasındaki Servi (*Cupressus Sempervirens*) Meşcerelerinin Toprak Özellikleri Üzerine İncelemeler, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Toprak İlimi ve Ekoloji Programında Hazırlanmış Yüksek Lisans Tezi, 1991.

UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). National Inventory Submissions 2007, http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/3929.php (erişim tarihi 21.01.2008), 2008.

Yener, İ. Sinop Ayancık Yöresi Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky.) Ormanları Altındaki Ölü Örtü ve Toprakların Bazı Fiziksel Ve Fiziko-Kimyasal Özelliklerinin Araştırılması, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Toprak İlimi ve Ekoloji Programında Hazırlanmış Yüksek Lisans Tezi (XI+87 sayfa), 2006.

Zengin, M., 1998. Farklı Meşcereler Altındaki Ölü Örtü ve Toprakların Bazı Hidro-Fiziksel Özellikleri, Kavak ve Hızlı gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Yayınları, Çeşitli Yayınlar Serisi Nu. 12, Kocaeli.