



Bursa-Karacabey subasar ormanlarının kavak ve fıstıkçami plantasyonlarına dönüştürülmesinin toprak karbon ve azot stoklarına etkisinin araştırılması

Investigation the conversion of Bursa Karacabey floodplain forests to poplar and stone pine plantations on soil organic carbon and nitrogen stocks

Temel SARIYILDIZ*, Salih PARLAK, Mert TANI

¹Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı, Bursa /Türkiye

Sorumlu yazar:
Temel SARIYILDIZ

E-mail:
temel.sariyildiz@btu.edu.tr

Gönderim Tarihi:
01/07/2020

Kabul Tarihi:
17/07/2020

Bu makaleye atıf vermek için:
Sarıyıldız, T., Parlak, S., Tani, M. 2020. Bursa-Karacabey subasar ormanlarının kavak ve fıstıkçami plantasyonlarına dönüştürülmesinin toprak karbon ve azot stoklarına etkisinin araştırılması. Ağaç ve Orman, 1(1), 28-35.

Özet

Çalışmada Bursa Karacabey Subasar ormanlarına komşu kavak ve fıstıkçami ağaçlandırmalarının toprak organik karbon (TOK) ve toplam azot (TA) miktar ve stokları üzerine olan etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, birbirine komşu olan ve ortalama 10 yaşındaki kavak ve 25 yaşındaki fıstıkçamlarında her bir tür için 2'şer adet olmak üzere toplamda 4 adet örnek alanda çalışılmıştır. Toprak örnekleri 3 farklı derinlik kademesinden (0-10 cm, 10-20 cm ve 20-30 cm) alınmıştır. Toprak özelliklerinin pH, organik madde, elektriksel iletkenlik, hacim ağırlığı, tekstür, karbon ve azot miktarları belirlenmiştir. TOK ve TA stokları hacim ağırlığı, toprak kütlesi, karbon ve azot miktarı değerleri kullanılarak hesaplanmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, kavak ve fıstıkçami sahalarının kumlu killi balçık tekstüründe, hafif bazik karakterli, organik madde bakımından yüksek değerler içeren, kavak ve fıstıkçami için önerilen toprak özelliklerini taşıdığı tespit edilmiştir. TOK ve TA miktar ve stokları bakımından ise, kavak alanları fıstıkçami alanlarından daha yüksek değerlere sahip olmuştur. Tüm toprak derinlik kademesi (0-30 cm) dikkate alındığında, kavak alanlarının TOK ve TA stoku 109 Mg ha⁻¹ ve 8.97 Mg ha⁻¹ iken fıstıkçami alanlarından 68.1 Mg ha⁻¹ ve 7.38 Mg ha⁻¹ olarak bulunmuştur. Bu değerler, Türkiye için bildirilen yapraklı ve iğne yapraklı türlerin stokladığı ortalama ortalama değerlere yakın ve biraz üzerinde iken, komşu subasar ormanlarının organik karbon ve azot stoklarının ise sadece beşte biridir. Çalışma sonuçları, Türkiye karbon ve azot depolama alanları bakımından değerlendirildiğinde, geçmişte muhtemelen subasar ormanlardan dönüştürülerek oluşturulan bu alanların tekrar subasar orman özelliğinde devam ettirilmesi için gerekli planlamaların yapılması veya en azından subasar ormanlardan yeni alanların dönüşümüne izin verilmemesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Subasar ormanlar, kavak, fıstıkçami, organik karbon, azot

Abstract

This study was aimed to investigate the effect of poplar (PL) and stone pine (SP) plantations adjacent to Bursa Karacabey floodplain forests on soil organic carbon (TOC) and total nitrogen (TN) amount and stocks. For this purpose, two sample plots for each tree species (a total of 4 sample plots) were taken from 10-year-old PL and 25-year-old SP plantations. Soil samples were taken from 3 different depths. The results showed that PL and SP had soil properties with a slightly basic character, high in organic matter and the recommended soil texture type for PL and SP as sandy clay loam texture. As for SOC and TN and stocks, PL had higher values than SP. Considering the all soil depth (0-30 cm), the TOC and TN stocks of the PL were 109 Mg C ha⁻¹ and 8.97 Mg N ha⁻¹ respectively, while 68.1 Mg C ha⁻¹ and 7.38 Mg N ha⁻¹ for the SP. The values were close to or even higher than the average value of the stock of deciduous and coniferous species reported for Turkey, but those values were only one fifth compared to the neighboring flooded forests's SOC and TN stocks. When the results of the study were evaluated in terms of C and N storage capacity of Turkey, the PL and SP sites should be planned to carry on the characteristic of flooded forest or at least the conversion of new flooded forest areas into the plantation sites should not allowed in the future.

Keywords: Floodplain forests, poplar, stone pine, organic carbon, nitrogen

1. Giriş

Fotosentez ile üretilen organik karbonun ara dönem rezervuarını temsil eden topraklar küresel karbon döngüsünde önemli rol oynarlar. Lal (2004), topraküstü biyokütlede tutulan karbon miktarı ile karşılaştırıldığında (500-700Gt C), küresel toprak organik karbon rezervuarının 1500-2000 Gt C olduğunu bildirmiştir. Yani toprak altı kısım, toprak üstünden 3 katı kadar daha fazla organik karbon stokuna sahiptir. Bu bilgilerden yola çıkıldığında, Baldock (2007), küresel toprak organik karbon stoklarında %5'lik bir değişikliğin olması durumunda, bu değişikliğin atmosferde CO₂ olarak var olan 760 Gt C miktarını %16'ya kadar değiştirebileceğini ifade etmiştir. Küresel ölçekte, karasal biyosferin yıllık net üretimi için aldığı yıllık karbon miktarının 120 Gt C olduğu tahmin edilmektedir. CO₂ olarak asmile edilen bu miktarın çoğu bitki solunumu, ayrışma ve doğal etkenlerle atmosfere dönmekte, sadece yaklaşık 1 Gt C yıllık olarak toprakta stoklanmaktadır (IPCC, 2000). Bu sayısal değerler, toprakta organik karbon birikiminin çok yavaş bir süreç olduğunu ve yüzyıllar sürdüğünü, bununla beraber topraktan organik karbon kaybının oldukça hızlı olabildiğini göstermektedir (Schmidt vd., 2011).

Arazi kullanımı ve arazi kullanımında meydana gelen değişimlerin topraktaki organik karbon stoğu üzerinde önemli bir etkisinin olduğu bilinmektedir. Bu değişikliklerin, doğal karasal ekosistemlerde birikmiş toprak organik karbon miktarının azalmasında önemli rol oynadığı birçok çalışmada ortaya konulmuştur (John vd., 2005; Houghton vd., 2012). Konu üzerine hem uluslararası hem de ulusal çalışmalar incelendiğinde genel olarak doğal orman ekosistemlerinin artan insan ihtiyaçlarının karşılanması nedeniyle tarım ve mera alanlarına dönüştürülmesinin organik karbon stoklarına etkisi üzerine yoğunlaşıldığı görülmektedir. Çoğunlukla da, doğal bir ekosistemin tarım arazisine dönüştürülmesi ile organik karbonunun yaklaşık %50-60 oranında azaldığı rapor edilmiştir (Mann, 1986, Paul vd., 1997; Tolunay ve Çömez, 2007).

Bilindiği üzere, orman ekosistemleri diğer karasal ekosistemlere oranla daha fazla karbon biriktirmektedir (IPCC, 2007; Wei vd., 2014). Orman ekosistemlerinin biriktirdiği karbon ve azot stokları üzerinde birçok faktör rol oynamaktadır. Orman ekosisteminin ağaç türü, karışım oranı, yaşı, kapalılığı, sıklığı, bulunduğu mevkii, anakaya ve toprak özellikleri toprakta depolanan karbon ve azot miktarı üzerinde etkili olmaktadır. Son yıllarda hem dünyada hem de Türkiye'de insanların ve odun sanayinin odun hammaddesine olan ihtiyacını karşılamak amacıyla devlet ve özel kuruluşlar tarafından endüstriyel ağaçlandırma çalışmalarına hız verildiği ve hızlı gelişen ağaç türleriyle verimli alanlarda tür değişimine gidilerek ağaçlandırma faaliyetlerinin yapıldığı görülmektedir. Endüstriyel orman ağaçlandırması; "endüstrinin odun hammaddesi gereksinimini karşılamak amacıyla, hızlı gelişen türlerle kurulan, kısa idare süreli ağaçlandırmalardır" (Boydak ve Çalışkan 2014). Ülkemizde endüstriyel orman ağaçlandırması çalışmaları açısından uygun türler olarak; iğne yapraklı türlerden başta kızılçam olmak üzere sahilçamı, geniş yapraklı türlerden ise kavak ve okaliptüs ön plana çıkmaktadır. 2013 yılında Orman Genel

Müdürlüğüne "Endüstriyel Ağaçlandırma Çalışmaları Eylem Planı" hazırlanarak endüstriyel ağaçlandırma çalışmalarına hız verilmesi amaçlanmıştır (OGM, 2013). Bunun yanında, Türkiye'de orman köylüsüne gelir amaçlı fıstıkçamı ağaçlandırma faaliyetlerinin yaygın olarak uygulandığı bilinmektedir. Elbette üzerinde hiçbir ağaç türünün olmadığı verimli alanlarda yapılacak ağaçlandırma faaliyetleri karbon tutulmasına katkı sağlayacaktır. Fakat, bazı uygulamalarda, doğal orman ekosisteminin ağaç türüne müdahale edilerek yerine hızlı gelişen ağaç türleri ile ağaçlandırma faaliyetlerinin yapıldığı durumlarda söz konusudur. Dünyada sonuçlandırılan araştırmaların bazılarında; endüstriyel ağaçlandırmalarda saha hazırlığı esnasında organik madde kaynaklarından olan kök, dal ve ölü örtünün sahadan uzaklaştırılmasının karbon ve besin maddesi stoklarının azalmasına yol açtığı bildirilmiştir (Chen vd., 2005; Li vd., 2015), Türkiye'de ise bu konuda yapılan çalışmaların sayısı oldukça sınırlıdır.

Burada sunulan çalışmanın temel amacı, Bursa Karacabey Subasar ormanları bitişiğinde yer alan arazilerde yapılan kavak ve fıstıkçamı ağaçlandırmalarının bazı toprak özellikleri yanında toprak organik karbon (TOK) ve toplam azot (TA) miktarı ve stoklarına etkisinin, toprak derinlik kademesini (0-10 cm, 10-20 cm ve 20-30 cm) dikkate alınarak belirlenmesi ve literatürde sunulan karasal alanda ve subasar alanlarda yetişen ağaç türleri ile karşılaştırılmasıdır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Çalışma Alanının Tanıtımı:

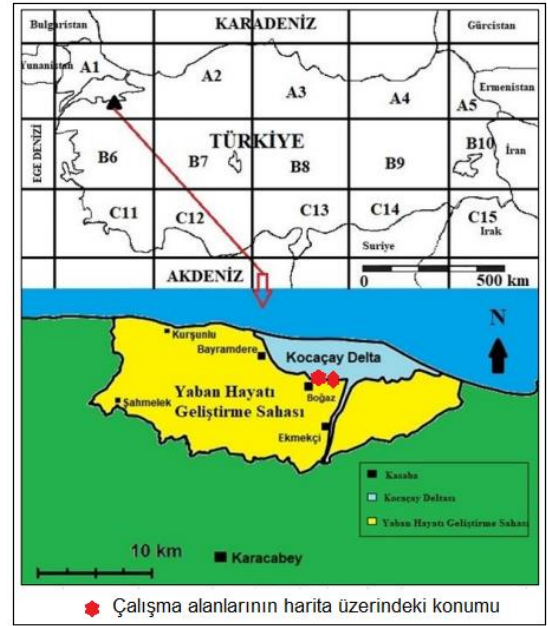
Bu çalışma, Bursa İli Karacabey İlçesi sınırları içerisinde yer alan (40°23'38"-40°21'43" K, 28°23'02"-28°34'01" D) kavak (10-15 yıllık) ile fıstık çamı (25 ve 30 yıllık) ağaçlandırma sahası deneme alanlarında (20 m x 20 m) gerçekleştirilmiştir. Yöre halkı ve bölge müdürlüğü çalışanlarından alınan bilgiler dahilinde, kavak ve fıstıkçamı ağaçlandırma sahalarının öncesinde subasar ormanlarının bir parçası olduğu, sonrasında yöre halkı tarafından tarım alanlarına ve son aşamada Orman Bölge Müdürlüğü tarafından endüstriyel ağaçlandırma ve yöre halkına gelir getirici fıstıkçamı ağaçlandırma sahalarına dönüştürüldüğü anlaşılmaktadır.

Çalışma alanlarının ortalama yükseltisi 15 m, konum olarak Karacabey subasar ormanları ile karasal ormanlar arasında kalmaktadır (Şekil 1). Çalışılan her iki türün toprak yüzeyi yaygın olarak otsu türlerle kaplı bulunmaktadır. Karacabey Subasar Ormanları Susurluk Irmağının oluşturduğu Kocaçay deltasında meydana gelmiştir. Bölge içerisinde göl, bataklık, delta, kumul ve subasar orman ekosistemleri görülmektedir.

Çalışma alanına en yakın, Mustafakemalpaşa Meteoroloji İstasyonunun (60 m yükseklikte) 2007-2017 yılına ait verilerine göre (Tablo 1) çalışma alanı yıllık ortalama yağışı 719 mm, yağışın en yüksek olduğu ay Aralık (111.3 mm), en düşük olduğu ay ise Temmuz ayıdır (9.3 mm). Yıllık ortalama sıcaklık 15.5°C, potansiyel evapotranspirasyon 835.3.7 mm, gerçek evapotranspirasyon 455.1 mm, su noksanı 380.2 mm ve su fazlası ise 263.9 mm dir.

Karacabey Ovası IV. Jeolojik zamanda (Kuaterner) meydana gelmiştir (URL-1). Kuaterner dönemde Anadolu'da toptan

yükselme devam etmiş, yüksek düzlükler oluşmuş ve yer yer de derin çöküntüler meydana gelmiştir. Bu çöküntülerin derin olan kısımlarına göller yerleşmiştir. Bu göllerden doğuda olan Uluabat, batıda olan ise Manyas (Kuş gölü)'tür. Arazi yapısı marn ve grenlerden oluşmaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanının Türkiye haritasındaki konumu

Tablo 1. Thornthwaite yöntemine göre çalışma alanının su bilançosu

Bilanço elemanları	Aylar												Yıllık
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Sıcaklık (°C)	5.7	7.6	10.0	13.7	18.8	23.1	25.2	25.1	21.4	15.9	11.7	7.3	15.5
Sıcaklık indisi	1.2	1.9	2.9	4.6	7.4	10.1	11.6	11.5	9.0	58	3.6	1.8	71.4
DPE (mm)	11.1	17.7	27.7	46,1	77.2	107.8	124.2	123.4	95.2	58.8	35.7	16.6	
Düzeltilmiş PE	9.3	14.8	28.5	51.2	95.7	135.1	156.6	146.0	98.7	56.4	29.6	13.4	835.3
Yağış (mm)	90.4	80.5	76.9	56.6	39.7	44.2	6.7	9.3	52.2	89.6	62.0	111.3	719.1
DD (mm)	-	-	-	-	-56	-44	-	-	-	33	32	35	
Depolama (mm)	100	100	100	100	44	-	-	-	-	33.2	65.5	100	100
GEP (mm)	9.3	14.8	28.5	51.2	95.7	88.2	6.7	9.3	52.2	56.4	29.6	13.4	455.1
SN (mm)	-	-	-	-	-	47.0	149.9	136.8	46.5	-	-	-	380.2
SF (mm)	81.0	65.7	48.4	5.4	-	-	-	-	-	-	-	63.4	263.9
Nemlilik Oranı	8.7	4.4	1.7	0.1	-0.6	-0.7	-1.0	-0.9	-0.5	0.6	1.1	7.3	
İklim Tipi C2 B'2 s2 b'3: Yarı Nemli, Orta sıcaklıkta (Mezotermal), Su noksanı yaz mevsiminde ve çok kuvvetli olan, Okyanus iklimine yakın iklim													

DPE: Düzeltilmemiş Potansiyel Evapotranspirasyon (mm), DD: Depo Değişikliği GEP: Gerçek Evapotranspirasyon, SN: Su Noksanı, SF: Su Fazlası

2.2. Meşcere özelliklerinin belirlenmesi

Çalışmada değerlendirilecek meşcere özellikleri ağaç yaşı, ağaç çapı, ağaç boyu ve ortalama meşcere kapalılığıdır. Subasar ve karasal ormanlarda alınan deneme alanlarındaki ağaçların ortalama yaşı seçilen 3 farklı ağaçta artım burgusu kullanılarak tespit edilmiştir. Artım burgusuyla ağacın yaşını belirlerken; ekzantrik büyüme ile yıllık halka ölçümünde meydana gelebilecek hatayı önlemek için artım kalemleri birbirine dik iki yönde alınmıştır. Bununla birlikte artım kaleminin, gövde eksenine dik olarak alınmasına ve özden geçen bir doğrusal hatta olmasına dikkat edilmiştir. Dikili ağaçların göğüs yüksekliğindeki (130 cm) çapları kumpas yardımıyla ölçülmüştür. Deneme alanlarındaki ağaçların toplam boyları dijital boy ölçer yardımıyla belirlenmiştir. Ağaç boyuna ek olarak, tepe çatısının yerden yüksekliği de ölçülmüştür. Tepe çatısı yüksekliği yer ile ilk dallanmanın başladığı nokta arasındaki yüksekliktir.

Meşcere kapalılığını yorumlamada, "Orman Amenajman Planlarının Düzenlenmesine, Uygulanmasına ve Yenilenmesine Dair Yönetmelik"teki kapalılık sınıflaması kullanılmıştır. İlgili yönetmeliğe göre kapalılık derece üzerinden yüzde ile ifade edilmiş ve sıra ile 0,1,2,3,4,5 rakamları ile gösterilmiştir.

2.3. Toprak Örneklerinin Alınması

Kavak ve fıstıkçamu ağaçlandırma alanlarını temsilen her bir tür için 20 m x 20 m (400 m²) genişliğinde iki deneme alınmıştır. Her bir deneme alanında açılan toprak profiline üç (3) farklı derinlik kademesinden (0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm) çelik silindir yardımı ile doğal yapısı bozulmamış toprak örnekleme yapılmıştır (Şekil 2). Silindirler her bir derinlik kademesinde yeterli derinliğe çakıldıktan sonra keskin bir bıçak yardımıyla kenarları ve tabanı fazlalıklardan temizlenmiş sonrasında polietilen torbalara yerleştirilmiştir. Bununla birlikte bazı toprak özelliklerinin belirlenmesinde

kullanılan kimyasal analizler için toprak çukurunun açıldığı alandaki doğal yapısı bozulmaya uğramış topraklardan da örnek alınmıştır. Alınan örnekler isimlendirilmesi yapılarak laboratuvara getirilmiş ve bazı toprak özellikleri bakımından

(pH, organik madde, elektriksel iletkenlik (EC), hacim ağırlığı, tekstür, boşluk yüzeyi, toprak organik karbon ve toplam azot miktarı) analiz edilmiştir.



Şekil 2. Toprak profillerinin alındığı kavak ve fıstıkçami ağaçlandırma alanları

2.4. Toprak örneklerinin analizi

Doğal yapısı bozulmuş toprak örnekleri hava kuru hale gelene kadar kurutma kâğıtları üzerinde bekletilmiştir. Hava kuru haline gelen toprak örnekleri porselen havanlarda ezilmiş ve 2 mm 'lik elekten geçirilerek kimyasal analize hazır hale getirilmiştir.

Toprak örneklerinin pH'sı 1/2.5 oranındaki toprak- saf su karışımında dijital pH metre ile ölçülmüştür (Gülçur, 1974). Elektriksel iletkenlik (EC) iletkenlik ölçer ile tayin edilmiştir. Organik madde (OM) değiştirilmiş Walkley-Black metoduna (Nelson and Sommers, 1982), toprak tekstürü Bouyoucos'un hidrometre yöntemine göre belirlenmiştir (Bouyoucos, 1962).

Hacim ağırlığı (ha) ve toplam boşluk alanı (%) doğal yapısı bozulmamış toprak örneklerinde silindir yöntemine göre belirlenmiştir (Blake and Hartge, 1986). Doğal yapısı bozulmamış toprak örneklerinin ilk olarak laboratuvarında yaş ağırlıkları belirlenmiş, ardından 105 °C sıcaklıktaki etüvde 24 saat kurutularak fırın kuru ağırlıkları tespit edilmiştir. Fırın kuru ağırlık silindirin hacmine bölünerek, toprak örneklerinin hacim ağırlığı ($BD = G_s / V_t$) hesaplanmıştır (Blake and Hartge, 1986). Formülde BD: hacim ağırlığı (g / cm^3), G_s : Toprak örneklerinin kuru ağırlığını (g) temsil ederken, V_t ise örnek alınan silindirin hacmini (cm^3) temsil etmektedir.

Toplam boşluk alanı (%) = Bu değer aşağıdaki formülle belirlenmiştir. Bu formülde verilen BD hacim ağırlığını, PD özgül ağırlığı ifade etmektedir.

$$\text{Toplam boşluk alanı (\%)} = (1 - BD/PD) \times 100$$

Toprak organik karbonu ve toplam azotu BTÜ Merkez Laboratuvarında kuru yakma yöntemine göre (Eurovector

EA3000-Single CNH-S elementer analiz cihazında) tayin edilmiştir.

Toprakta depolanan organik karbon (TOK-stoku $Mg C ha^{-1}$) ve toplam azot (TA-stoku $Mg N ha^{-1}$) ise aşağıda verilen formüle göre yapılmıştır (Lee vd., 2009; Sariyildiz vd., 2016).

$$\text{TOK-stoku (Mg C ha}^{-1}\text{): \%TOK} \times M_i \text{ (Mg ha}^{-1}\text{), TA-stoku Mg N ha}^{-1}\text{): \%TA} \times M_i \text{ (Mg ha}^{-1}\text{),}$$

Bu formülde verilen M_i , i sırasındaki toprak derinliğinde kuru toprağın kütlesini ifade etmekte olup, miktarı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$M_i: BDi \times T_i \times 10^4$$

Bu formülde BDi , i sırasındaki toprak derinliğindeki toprağın hacim ağırlığını ($Mg m^{-3}$), T_i ise i sırasındaki toprak derinliğindeki toprak kalınlığını (m), 10^4 birim değişim faktörünü ($m^2 ha^{-1}$) ifade etmektedir.

2.5. İstatiksel Analiz

Çalışmada, elde edilen sonuçlara göre, istatistiksel analizler yapılarak, çalışılan ağaç türleri ve toprak derinlik kademeleri arasında toprak organik karbon ve toplam azot miktarı ve stokları üzerindeki etkileri iki yönlü varyans analizi (Two Way Anova) ile test edilmiştir. Ortalamaların karşılaştırılması Duncan testi ile yapılmıştır. İstatistik işlemler en güncel SPSS istatistik paket programı (IBM SPSS 20.0) kullanılarak bilgisayar ortamında yapılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Meşçere ve toprak özellikleri

Kavak ve fıstıkçami alanlarında alınan deneme alanlarının meşcere özellikleri Tablo 2’de verilmiştir. Kavak ve fıstıkçami alanlarında alınan deneme alanlarının topraklarına ait ortalama organik maddesi, pH, elektriksel iletkenlik, hacim ağırlığı, boşluk yüzeyi ve tekstürü (kum, toz, kil miktarı) Tablo 3’te verilmiştir.

Kavak yetiştirilmesi açısından en uygun topraklar, içerisinde kil miktarının %35’in altında olan kumlu balçık, balçık veya kumlu killi balçık türündeki topraklar olduğu rapor edilmiştir (Ayık, 1989). Türkiye şartlarında melez kavaklar ve karakavaklar için en uygun toprak reaksiyonunun (pH) 6.5-8.0 arası olduğu ifade edilmektedir. Balzam kavakları ile titrek kavaklar ise daha asit reaksiyonlu topraklarda (pH=4.5-5.6) yetişebilmektedir. Kavaklar tuza dayanıklı olmayan bitkiler sınıfından sayılırlar. Bu nedenle, üst horizonlarında 1 gramdan, alt horizonlarında ise litrede 2 gramdan fazla çözünebilir tuz ihtiva eden topraklar kavak yetiştirmeye uygun değildir. Daha güvenilir bir değer olarak toprağın elektriksel kondaktivitesi 4 milimhos / cm den pek fazla olmamalıdır. Bu bakımdan değerlendirildiğinde, çalışma alanı kavaklık sahalarının toprakları kavak gelişimi için ideal tekstüre, elektriksel iletkenliğe ve pH’a sahiptir. Organik madde bakımından da oldukça yüksektir.

Fıstıkçami genel olarak Akdeniz ikliminin etkisinde bulunan bölgelerde doğal yayılış göstermekle birlikte, bu yerlerin lokal olarak daha fazla yağış aldığı, yıllık ortalama sıcaklıkların 11.4-18.7 °C değerleri arasında bulunduğu; yıllık ortalama yağışın da 635.7 mm (Çanakkale)-1288.1 mm (Manavgat) arasında ve bağıl nemin %58 (Katrancı, Helvacı) ile %80.8 (Bartın) arasında bulunduğu bildirilmektedir (Kılıcı vd., 2006).

Güneydoğu Anadolu’da yapılan bir araştırmanın yedi yıllık sonuçlarına göre, halepçami (*Pinus halepensis* Mill.) ve elderika çami (*Pinus elderica* Medwed.) türleri ile fıstıkçamının uygun orijinlerinin sıcak yörelerde yaşama yüzdeleri bakımından kullanım olanağı bulunduğu bildirilmektedir. Ancak bu türler arasında fıstıkçamının yıllık yağışı 400 mm’den az olan yarıkurak yerler için önerilmektedir (Gezer ve Aslan, 1980; Aslan, 1991). Akgül ve Yılmaz (1989), bu türün kullanılacağı ağaçlandırma sahalarında ağaçların normal şekilde gelişebilmesi için en az 700 mm’lik yıllık ortalama yağışın olması gerektiğini, ayrıca türün derin topraklarda iyi gelişme gösterdiğini, buna karşın sıkı ve sığ topraklar da iyi gelişmediğini belirtmektedir. Kılıcı vd. (2000), doğal fıstıkçami sahalarında yetişme ortamı koşullarının özel olduğunu, büyüme ve gelişme dönemi boyunca toprakta etkili kök derinliğinde nem açığının bulunmadığını vurgulamaktadır.

Toprak şartları açısından ise fıstıkçamının, gevşek, serin kumlu toprakları sevdiğini, fazla killi, alt tabakası ıslak veya zaman zaman su altında kalan topraklardan sakındığı belirtilmektedir (Fırat, 1943). Doğal fıstıkçami meşcereleri granit, gnays, mikaşist, volkan tüfü, kuvarsit gibi değişik anakayalar ile fliş, allüvyal anamateryal ve kum üzerinde yayılış göstermektedir. Bu ana materyallerinin hepsinin ortak özelliği orta-kaba bünyeli topraklara dönüşmesidir (Kılıcı vd., 2000). Aynı yazarlara göre türün doğal yayılış alanlarında iyi gelişme yaptığı yerlerde toprakların taneliği açısından, kum

oranı %60-96, kil oranı %3-20 ve toz oranı %1-28 arasında değiştiğini, strüktür açısından köklerin yayılışını engelleyen hava-su-besin dengesini bozan tane dizilişi ve/veya geçirimsiz bir katman bulunmadığı toprakların tepkimeleri (pH) genel olarak hafif asit-nötr arasında değiştiğini ve toprakların tamamının tuzsuz olduğu belirtilmektedir.

Çalışma alanı fıstıkçami alanlarının toprak özellikleri fıstıkçamının genel toprak ve iklim istekleri bakımından değerlendirildiğinde, fıstıkçami alanı topraklarının fıstıkçami gelişimi için ideal tekstüre, elektriksel iletkenliğe ve pH’ya sahip olduğu tespit edilmiştir. Toprak organik maddesi bakımından da yüksektir.

Tablo 2. Kavak ve fıstık çami alanlarının bazı meşcere özellikleri

Türler	Yaş (yıl)	Çap (cm)	Boy (m)	Kapalılık	Humus tipi
Kavak	10-15	Direklik çağında (14-19.9 cm)	8-10	Boşluklu kapalı Tepe kapalılığı %1-10	Mull
Fıstıkçami	20-25	Orta ağaçlık çağında (36-51.9 cm)	10-15	Boşluklu kapalı Tepe kapalılığı %1-10	Mull

Tablo 3. Kavak ve fıstık çami alanlarının bazı toprak özelliklerindeki değişimler

Türler	pH	OM (%)	EC (dSm ⁻¹)	HA (g cm ⁻³)	Boşluk (%)	Kil (%)	Toz (%)	Kum (%)	Toprak türü
Kavak	7.84	8.91	0.09	1.52	44	21	20	59	Kumlu killi balçık
Fıstıkçami	7.32	8.46	0.05	1.49	44	18	17	65	Kumlu killi balçık

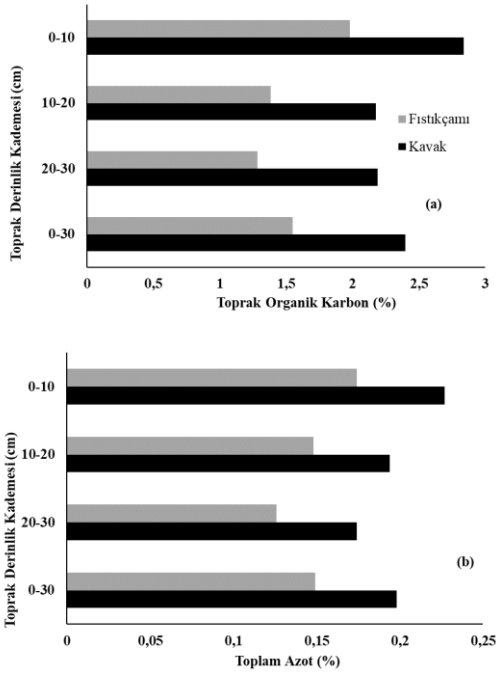
3.2. Toprak organik C ve toplam N miktarı ve stoku

Kavak ve fıstıkçami ağaçlandırma alanlarının toprak derinlik kademelerine göre toprak organik karbon (TOK) ve toplam azot (TA) miktarı Şekil 3’te gösterilmiştir. Çalışılan 0-30 cm toprak derinlik kademesi dikkate alındığında, kavak alanlarının TOK ve TA miktarı (%2.40 ve %0.20), fıstıkçami alanlarından (%1.55 ve %0.15) daha yüksek bulunmuştur. Karbon: azot oranı (C / N) bakımından da kavak alanları (12:1) fıstıkçami alanlarından (10:1) daha yüksek değere sahip olmuştur.

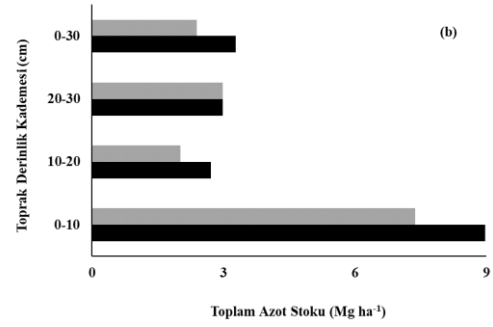
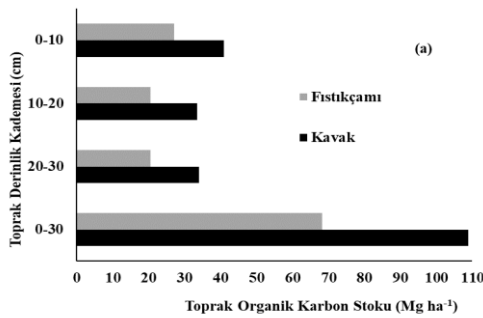
Her iki ağaç türünün TOK miktarı toprak derinliğine bağlı olarak azalma göstermiştir (Şekil 3). Kavak alanı her bir derinlik kademesinde fıstıkçami alanından daha yüksek TOK ve TA miktarına sahip olmuştur (Şekil 3a, b). Kavak alanlarının TOK miktarı 0-10 cm’de %2.84, 10-20 cm’de %2.17, 20-30 cm’de %2.19 olarak belirlenirken, bu değerler fıstıkçami için 0-10 cm’de %1.98, 10-20 cm’de %1.39, 20-30 cm’de %1.55 olarak belirlenmiştir (Şekil 3a). Kavak alanlarının TA miktarı ise 0-10 cm’de %0.23, 10-20 cm’de %0.19, 20-30 cm’de %0.17 olarak belirlenirken, bu değerler fıstıkçami için 0-10 cm’de %0.17, 10-20 cm’de %0.15, 20-30 cm’de %0.13 olarak belirlenmiştir (Şekil 3b).

Kavak ve fıstıkçami ağaçlandırma alanlarının toprak derinlik kademelerine göre toprak organik karbon ve toplam azot stoku Şekil 4'te verilmiştir. Çalışılan 0-30 cm toprak derinlik kademesi dikkate alındığında, kavak alanlarının TOK ve TA stoku (aynı sıralamada 109 Mg C ha⁻¹ ve 8.97 Mg N ha⁻¹), fıstıkçami alanlarından (aynı sıralamada 68.1 Mg C ha⁻¹ ve 7.38 Mg N ha⁻¹) daha yüksek bulunmuştur.

Toprak organik karbon ve azot miktarında olduğu gibi, kavak alanı her bir derinlik kademesinde fıstıkçami alanından daha yüksek TOK ve TA stokuna sahip olmuştur (Şekil 4a, b). Kavak alanlarının TOK miktarı 0-10 cm'de 41 Mg C ha⁻¹, 10-20 cm'de 33.5 Mg C ha⁻¹, 20-30 cm'de 34 Mg C ha⁻¹ olarak belirlenirken, bu değerler fıstıkçami için 0-10 cm'de 27.1 Mg C ha⁻¹, 10-20 cm'de 20.6 Mg C ha⁻¹, 20-30 cm'de 20.5 Mg C ha⁻¹ olarak belirlenmiştir (Şekil 4a). Kavak alanlarının TA miktarı ise 0-10 cm'de 3.28 Mg N ha⁻¹, 10-20 cm'de 2.98 Mg N ha⁻¹, 20-30 cm'de 2.71 Mg N ha⁻¹ olarak belirlenirken, bu değerler fıstıkçami için 0-10 cm'de 2.39 Mg N ha⁻¹, 10-20 cm'de 2.98 Mg N ha⁻¹, 20-30 cm'de 2.01 Mg N ha⁻¹ olarak belirlenmiştir (Şekil 4b).



Şekil 3. Kavak ve fıstıkçami alanlarının toprak derinlik kademelerine göre TOK (a) ve TA (b) miktarındaki değişim.



Şekil 4. Kavak ve fıstıkçami alanlarının toprak derinlik kademelerine göre TOK (a) ve TA (b) stoku değişimi.

Tolunay ve Çömez (2007) tarafından yapılan derleme bir çalışmada, Türkiye ormanlarının stokladığı toprak organik karbon miktarının ağırlıklı ortalaması yapraklı ağaçlar için 80.4 Mg C ha⁻¹, ibreli türler için ise 77.1 Mg C ha⁻¹ olarak bildirilmiştir. Aynı çalışmada, fıstıkçami ağaçlandırma alanları için belirlenen TOK stoku ortalama 75,9 Mg C ha⁻¹ (11,4-261,5)'dir. Arora vd. (2014) *Populus deltoides*'in 0-30 cm toprak derinliği için stokladığı organik karbon değerini 83.9 Mg C ha⁻¹ olarak Türkiye yapraklı türleri için verilen değere yakın bildirmiştir. Heyn vd. (2019) Almanya'da kavak plantasyonları için toprak organik karbon stoklarının 30 ile 229 Mg C ha⁻¹, toplam azot stokunun ise 3.2 ile 14.8 Mg N ha⁻¹ arasında değiştiğini, bu değişimde ise arazinin kavak amaçlı kullanım rotasyonunda önemli olduğunu ifade etmişlerdir.

Sunulan çalışmada ise, kavak ağaçlandırma alanlarının ortalama TOK stoku değeri yapraklı türler için bildirilen ortalama değerden daha yüksek bulunurken (109 Mg C ha⁻¹), fıstıkçami ağaçlandırma alanlarının ise Türkiye iğne yapraklı türler için bildirilen ortalama değerden daha az (68.1 Mg C ha⁻¹) olduğu görülmüştür. Bununla beraber, Durusu sahil kumulları üzerinde yetişen fıstıkçami meşcerelerinin stokladığı miktarlarla (6.26 ve 30.85 Mg C ha⁻¹ arasında) karşılaştırıldığında ise yüksek bulunmuştur. Kavak ağaçlandırma alanlarının TOK stokunun daha yüksek bulunmasındaki ana etken, kavak yapraklarının hızlı ayrışması sonucu organik karbonun toprağa kazandırılması yanında kavak altı toprak yüzeyi yeşil örtünün fıstıkçami alanlarından daha yoğun olmasıdır. Bunların yanında, kavak ağaçlandırma alanlarının, altındaki yeşil örtü sebebiyle yöre halkı tarafından yoğun bir şekilde otlak alan olarak kullanılmasında toprak organik karbon stokunda pozitif bir etkisinin olduğu düşünülmektedir.

Fıstıkçami ağaçlandırma alanlarında TOK stokunun daha düşük bulunmasında, fıstıkçami alanlarında kar birikmesinin engellenmesi amaçlı dal budama işlemleri ile karbon kaynaklarının azaltılması yanında toprak üstüne düşen ölü örtünün (ibre, dal, kozalak) çevrede yaşayan insanlar tarafından yakma amaçlı toplanmasından kaynaklandığı değerlendirilmektedir. Yapılan bazı araştırmalarda da organik madde kaynağı olan ağaç ve diri örtünün uzaklaştırılmasının ölü örtü miktarını azalttığı ve bu durumun da ölü örtü ile topraktaki organik karbon ve besin maddesi stoklarını azalttığı rapor edilmiştir (Jandl vd., 2007; Clarke vd., 2015).

Yukarıda yapılan açıklamalar ve karşılaştırmalardan anlaşılacağı üzere karasal ekosistemlerde aynı ağaç türü ile çalışılıyor olsa bile çalışılan türün yetiştiği ortam şartları, meşcere özellikleri, toprak özellikleri, işletilme durumu, çalışmada uygulanan yöntem ve insan etkisi belirlenen TOK stok sonuçlarının farklı olmasına neden olmaktadır. Küresel iklim değişikliği üzerinde oynadığı rolden dolayı çalışmaların çoğunlukla stoklanan organik karbon miktarı üzerine yoğunlaştığı, stoklanan toplam azot miktarı üzerine ise değerlerin daha az vurgulanmasıdır. Oysa yapılan çalışmalarda, toprakta stoklanan organik karbon miktarı ile toplam azot miktarı arasında, özellikle C/N oranı bakımından önemli bir ilişkinin olduğu bildirilmiştir (Dikici vd., 2017). Organik materyalin C/N oranı mikroorganizmalar tarafından açığa çıkarılan CO₂ gazına oranla ne kadar azotun mineralize olacağını gösterir. Topraklarda C/N oranı 8 ile 17 arasında değişkenlik göstermektedir (Alistair, 1979) ve bu oran toprak kalitesi için oldukça önemli bir indekstir (Zhang vd., 2011). Bu oran ayrıca organik topraklarda degradasyonun bir ölçüsü olarak da kullanılabilir. Bu orandaki azalmalar degradasyonun artmasının bir göstergesi olabilir.

Çalışmanın gerçekleştirildiği kavak ve fıstıkçımı ağaçlandırma alanları, geçmişi itibarıyla bölgede var olan Karacabey Subasar orman ekosistemlerin bir parçası ve bitişiğinde bulunması nedeniyle, ortalama TOK ve TN stok değerleri Karacabey subasar ormanlarının asli ağaç türlerinin stokladığı ortalama TOK ve TN değerleri ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmada, hem kavak ve hem de fıstıkçımı ağaçlandırma alanlarının stokladığı organik karbon ve azot miktarının subasar ormanlardan daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Tarafımızdan Karacabey subasar ormanlarında gerçekleştirilen TÜBİTAK 1002 hızlı destek projesi sonuçlarına göre (yayınlanmamış data Sarıyıldız vd., 2020), Karacabey subasar ağaç türlerinin sadece 0-30 cm toprak derinliği için TOK stok değerleri kızılğaçta 237.6 Mg C ha⁻¹, dişbudakta 167.1 Mg C ha⁻¹ ve meşede 141.7 Mg C ha⁻¹ olarak belirlenmiştir.

Toplam azot için bu değerleri kızılğaçta 18.98 Mg N ha⁻¹, dişbudakta 9.61 Mg N ha⁻¹ ve meşede 12.68 Mg N ha⁻¹ olarak belirlemişlerdir. Subasar ormanları, kavak ve fıstıkçımı ağaçlandırma alanlarına dönüştürülen alanlardan daha fazla organik karbonu bünyesinde stoklamaktadır. Benzer şekilde, Ferré vd. (2014), subasar ormanların kavaklık alanlarına dönüştürülmesiyle, toprak yüzeyindeki ölü örtü tabakasının kaybolduğunu, kum miktarının %56'dan daha yüksek olduğu topraklarda 0-30 cm toprak derinliği için toprak organik karbon kaybının %57 olduğunu bildirmiştir. Sulak alanların ya da subasar ormanların neden daha fazla TOK stokladığına dair iki ana sebep bulunmaktadır: (1) doğal ortamlar karbon tutulumu için uygundur çünkü fotosentetik asimilasyon ürünleri yoluyla C girişleri az çok optimaldir (Baldock ve Skjemstad, 2000) ve TOK mineralizasyonu sıklıkla suyla doymuş ortamlar tarafından sınırlandırılmıştır, (2) subasar alanları bulunduğu havzanın tüm bölgelerinden gelecek subasar alanda depolanan sedimentlerden önemli miktarda toprak organik karbon birikimi sağlamaktadır (Robertson vd., 1999).

Sonuç olarak kavak ve fıstıkçımı ağaçlandırma alanı olarak değerlendirilen sahalar hem organik karbon ve toplam azot

stoku hem de endüstriyel olarak yapacak odun üretimine ve yöre halkına gelir getirme amacına katkı sağlaması bakımından uygun görülmektedir. Fakat, özellikle organik karbon ve azot stoklama açısından subasar ormanlıkların kesinlikle kavaklık veya fıstıkçımı alanına dönüştürülmesine engel olunmalıdır. Çünkü, sulak alanlarda önemli düzeylerde organik karbon bulunmaktadır ve organik topraklar drene edildiğinde, temel fonksiyonları olan su ve karbon rezervleri olma görevleri yerine birer sera gazı kaynağı haline gelebilmektedirler (Okruszko, 1993).

Teşekkürler

Bu çalışma BTÜ Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü öğrencileri Emine GÜZELOĞLU ve Ruveyda EZİM'in Bitirme Tezi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Kendilerine çalışmaya sağladıkları katkılardan dolayı teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Akgül, M.E., Yılmaz, A., 1989. Türkiye'de Fıstıkçımının (*Pinus pinea* L.) Ekolojik Özellikleri. Ormanlık Araştırma Enstitüsü Yayınları, 215, Pp: 37.
- Alistair, F., 1979. Pitty Geography and Soil Properties, Taylor and Francis.
- Arora, G., Chaturvedi, S., Kaushal, R., Nain, A., Tewari, S., Alam, N. M., Chaturvedi, O.P., 2014. Growth, biomass, carbon stocks, and sequestration in an age series of *Populus deltoides* plantations in Tarai region of central Himalaya. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 38: 550–560.
- Asan, A. (2011). Checklist of Fusarium species reported from Turkey. *Mycotaxon*, 116 (1), 479.
- Aslan, Ü., 1991. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde İyi Gelişim Gösteren Bazı İğne Yapraklı Ağaç Türlerinin Seçimi (1988 Yılı Sonuçları). Ormanlık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten Serisi No: 216, Ankara.
- Ayık, C., 1989. Kavak yetiştirilmesinde toprağın önemi ve kavakların yetişme ortamı istekleri. *Kavak ve hızlı gelişen yabancı tür orman ağaçları araştırma enstitüsü dergisi*, 2. 1-19.
- Baldock, J.A., 2007. Composition and Cycling of Organic Carbon in Soil, in: Nutrient Cycling in Terrestrial Ecosystems, edited by: Marschner, P. and Rengel, Z., Springer-Verlag, Heidelberg, Germany, 1–35.
- Baldock, J.A., Skjemstad, J.O., 2000. Role of the Soil Matrix and Minerals in Protecting Natural Organic Materials against Biological Attack. *Organic Geochemistry*, 31, 697-710.
- Blake, G. R., Hartge, K. H., 1986. Bulk Density. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.H. (Eds.) Methods of Soil Analysis. Part I. Physical and mineralogical methods, second ed. Am. Soc. Agron., Madison. Agronomy, 363-375.
- Bouyoucus, G.J., 1962. Hydrometer method for making particle size analysis of soil. *Agronomy Journal*, 54. 464-465.
- Boydak, M., Çalışkan, S., 2014. Ağaçlandırma. 1st ed. Ankara, Turkey: OGEM-VAK Press (in Turkish).
- Chen, G.S., Yang, Y.S., Xie, J.S., Guo J.F., Gao, R., Qian, W., 2005. Conversion of a natural broad-leaved evergreen forest into pure plantation forests in a subtropical area: Effects on carbon storage. *Annals of Forest Science*, 62 (7). 659-668.

- Clarke, N., Gundersen, P., Jönsson-Belyazid, U., Kjønaas, O.J., Persson, T., Sigurdsson, B.D., Stupak, I., Vesterdal, L., 2015. Influence of different tree-harvesting intensities on forest soil carbon stocks in boreal and northern temperate forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 351. 9-19.
- Dikici, H., Oader, R.K., Demir, Ö.F., 2017. Karbon / Azot Oranının Organik Toprakların Bazı Özellikleri Üzerine Etkisi, *Toprak Su Dergisi*, Özel Sayı. 66-70.
- Ferré, C., Comolli, R., Leip, A., Seufert, G., 2014. Forest conversion to poplar plantation in a Lombardy floodplain (Italy): effects on soil organic carbon stock, *Biogeosciences*, 11. 6483-6493.
- Fırat, F., 1943. Fıstıkçamı Ormanlarımızda Meyve ve Odun Verimi Bakımından Araştırmalar ve Bu Ormanların Amenajman Esasları. Yüksek Ziraat Enstitüsü Yayınları, 141, Ankara.
- Gezer, A., Aslan, S., 1980. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde İyi Gelişim Gösteren Bazı İğneyapraklı Ağaç Türlerinin Seçimi Üzerine Araştırmalar. Ormançılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten serisi No:103, 42 s. Ankara.
- Gülçur, F., 1974. Toprağın Fiziksel ve kimyasal analiz metodları, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 1970, O.F. Yayın No: 201, Kutulmuş Matbaası, İstanbul.
- Heyn, N., Joergensen G.R., Wachendorf, C., 2019. Soil organic C and N stocks in the first rotation of poplar plantations in Germany. *Geoderma Regional*, 15, e00211.
- Houghton, R. A., House, J. I., Pongratz, J., Van Der Werf, G. R., Defries, R. S., Hansen, M. C., Le Quéré, C., and Ramankutty, N. 2012. Carbon emissions from land use and land-cover change. *Biogeosciences*, 9. 5125-5142.
- IPCC, 2000 (Intergovernmental Panel of Climate Change): Land Use, Land Use Change, and Forestry, Cambridge University Press, Cambridge, England.
- IPCC, 2007. Climate Change 2007. The Physical Science Basis. Contribution of Working group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate. Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.
- Jandl, R., Lindner, M., Vesterdal, L., Bauwens, B., Baritz, R., Hagedorn, F., Johnson, D.W., Minkinen, K., Byrne, K.A., 2007. How strongly can forest management influence soil carbon sequestration? *Geoderma*, 137. 253-268.
- John, B., Yamashita, T., Ludwig, B., Flessa, H., 2005. Storage of organic carbon in aggregate and density fractions of silty soils under different types of land use. *Geoderma*, 128. 63-79.
- Kılcı, M., Sayman, M., Akbin, G., 2000. Batı Anadolu'da Fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.)'nın Gelişmesini Etkileyen Faktörler.
- Orman Bakanlığı Yayın No: 115, İzmir Orman Toprak Lab. Müd Yayın No:9, 130 s., İzmir.
- Kılcı, M., Sayman, M., Akbin, G., 2006a. Fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) Kurak ve Yarı Kurak Bölge Ağaçlandırmaları İçin Uygun Bir Tür Müdür? Türkiye'de Yarı Kurak Bölgelerde Yapılan Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Uygulamalarının Değerlendirilmesi Çalıştayı (7-10 Kasım 2006), I. Cilt, 343- 352 s. Ankara.
- Lal, R., 2004. Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security, *Science*, 304. 1623-1627.
- Lee, J., Hopmans, J. W., Rolston, D. E., Baer, S. G., Six, J., 2009. Determining soil carbon stock changes: simple bulk density corrections fail. *Agriculture, Ecosystems, Environment*, 134(3). 251-256.
- Li, X., Ye, D., Liang, H., Zhu, H., Qin, L., Zhu, Y., Wen, Y., 2015. Effects of successive rotation regimes on carbon stocks in eucalyptus plantations in subtropical china measured over a full rotation. *Plos-One* 10(7).
- Mann, L.K., 1986. Changes in soil carbon storage after cultivation. *Soil Science*, 142. 279-288.
- Nelson, D.W. and Sommers, L.E., 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: Methods of Soil Analysis (Ed. A.L. Page). Part 2. Agronomy Monographs 9. ASA and SSSA, Madison. WI. pp.539-579
- OGM, 2013. Endüstriyel Ağaçlandırma Çalışmaları Eylem Planı (2013-2023). Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara
- Okruszko, H., 1993. Transformation of fen-peat soils under the impact of draining. *Zeszyty Problemowe Postepow Nauk Rolniczych*, 406. 3-73.
- Paul, E.A., Paustian, K.H., Elliot, E.T., Cole, C.V., 1997. Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. Long-term experiment in North America. Boca Raton, Florida, U.S. CRC Press.
- Robertson, A.I., Bunn, S.E., Boon, P.I., Walker, K.F., 1999. Sources, sinks and transformations of organic carbon in Australian floodplain rivers. *Mar. Freshwater Research*, 50. 813-829.
- Sariyildiz, T., Savacı, G., Kravkaz, I. S., 2016. Effects of tree species, stand age and land-use change on soil carbon and nitrogen stock rates in northwestern Turkey. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 9(1). 165-170.
- Sariyildiz, T., Parlak, S., Özçelik, D.A., Kavaklı, S.A., 2020. Bursa, Karacabey Subasar (Longoz) Orman Topraklarında Depolanmış Organik Karbon Miktarının Çevresi Alanlarıyla (Karasal Orman, Tarım, Otlak ve Kumul) Karşılaştırılması. TÜBİTAK, 1002 Hızlı Destek Programı (yayınlanmamış data).
- Schmidt, M.W., Torn, M. S., Abiven, S., Dittmar, T., Guggenberger, G., Janssens, I. A., Kleber, M., Kogel-Knabner, I., Lehmann, J., Manning, D. A. C., Nannipieri, P., Rasse, D. P., Weiner, S., and Trumbore, S. E., 2011. Persistence of soil organic matter as an ecosystem property, *Nature*, 478, 49-56.
- Tolunay, D., Çömez, A., 2007. Orman topraklarında karbon depolanması ve Türkiye'deki durum. Küresel İklim Değişimi ve Su Sorunlarının Çözümünde Ormanlar Sempozyumu, 13-14 Aralık, İstanbul.
- URL-1. Karacabey'in Coğrafi Bilgileri, Karacabey Belediyesi Web Sayfası, erişim tarihi, 15 Temmuz 2020, <http://karacabey.bel.tr/tr/karacabeyimiz/karacabeyin-cografii-bilgileri>
- Wei, X., Shao, M., Gale, W., Li, L., 2014. Global pattern of soil carbon losses due to the conversion of forests to agricultural land. *Sci. Rep.* 4, 4062
- Zhang, C.H., Wang, Z.M., Ju, W.M., Ren, C.Y., 2011. Spatial and Temporal Variability of Soil C/N Ratio in Songnen Plain Maize Belt. *Environmental Science*, 32. 1407-1414.