



## Sinop Yöresi Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) Meşcerelerinde Kalın Kök Biyokütlesi ile Yetiştirme Ortamı ve Meşcere Özellikleri Arasındaki İlişkiler

Ali Kemal ÖZBAYRAM<sup>1\*</sup>, Engin GÜVENDİ<sup>2</sup>

### Özet

Bu çalışmada Sinop yöresindeki Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) meşcerelerinde kalın kök biyokütlesinin belirlenmesi ve bazı yetiştirme ortamı ve meşcere özellikleriyle ilişkisinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Sinop Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde saf ve doğal Doğu kayını meşcerelerinde 20 adet örnek alan alınmıştır. Örnek alanlarda göğüs yüksekliği çapı, yaş, boy, ağaç sayısı ölçümleri yanında kök profili (1x2 m) de kazılmıştır. Kök profilinden çıkarılan kalın kökler (>5mm) 30 cm'lik derinlik kademelerine göre tasnif edilmiştir. Ayrıca kök profilinde toprak örnekleri alınarak bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine bakılmıştır. Araştırma sahasının topraklarının ortalama kil içeriği yüksek olup, 30 cm derinlikten sonra yaklaşık iki katına çıkmaktadır. Kalın kök biyokütlesi ortalama 16.7 ton ha<sup>-1</sup> bulunmuş ve bunun yaklaşık % 93'ü 0-30 cm derinlikte yayılış göstermiştir. Gölge ve güneşli bakı kalın kök biyokütlesi açısından fark bulunmamıştır. Kalın kök biyokütlesi çap, yaş, boy ve sıklık arasında ilişki önemli bulunmazken; göğüs yüzeyi, toprağın kil ve kum içeriği, faydalanabilir su kapasitesi ile kalın kök biyokütlesi arasında önemli ilişkiler elde edilmiştir. Kalın köklerin büyük çoğunluğu toprak yüzeyine yakın 30 cm derinlikte yayılması türün biyolojik özelliği yanında araştırma sahasının kil içeriği yüksek toprak yapısına sahip olmasından kaynaklanabilir. Bu veriler, deniz seviyesine yakın ve ağır killi doğu kayını yetiştirme ortamları için kalın kök biyokütlesi miktarının ve yayıldığı derinlik kademesinin tahmininde kullanılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Biyokütle, Doğu kayını, Kalın kök biyokütlesi, Sinop

## Relationships between Coarse Root Biomass and Habitat-Stand Properties in Oriental Beech (*Fagus orientalis* Lipsky) Stands in Sinop

### Abstract

The aim of this study is to determine the coarse root biomass and to reveal the relationship with some habitat and stand properties in the beech stands in Sinop. The study included 20 sample plots of natural pure beech stands in Sinop Forestry Chiefdom. Diameter at breast height, stand age, tree height and number of trees were measured and rooting profile (1x2m) in the plots was examined. Coarse roots ( $\Theta > 5\text{mm}$ ) extracted from each depth classes with 30 cm depth. We collected soil samples from rooting profiles and analyzed some of the physical and chemical properties of soil. The soil of the study area has a high clay content, and it is nearly doubling for soils deeper than the 30 cm. The mean coarse root biomass is 16.7 ton/ha and about 93% of it is distributed in 0-30 cm depth. There was no difference between shadow and sunny aspects in terms of coarse root biomass. While coarse root biomass has significantly related to basal area, clay and sand content of the soil and available field capacity, there is no relationship with diameter, age, height and number of trees. Distribution of the coarse roots mostly close to soil surface within first 30 cm depth may be due to heavy textured soils. These data could be used for estimating the amount of coarse root biomass and distribution depth of beech forests close to sea level with heavy clay soils.

**Key Words:** Biomass, Coarse root biomass, Oriental beech, Sinop

<sup>1</sup>Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü,

\*Sorumlu yazarın e-posta adresi:alikemalozbayram@duzce.edu.tr

<sup>2</sup>Gümüşhane Üniversitesi, Kürtün Meslek Yüksekokulu, Ormanlık Bölümü, Gümüşhane

## Giriş

Yerküre, özellikle CO<sub>2</sub> gibi sera gazlarının etkisiyle giderek ısınmaktadır (IPCC, 2012). Dünya genelinde atmosferden sera gazlarının azaltılması konusu günümüzde üzerinde durulan en önemli konular arasındadır. Ormanlar özellikle karbondioksitin emisyonunda önemli bir yutaktır. Orman ekosisteminde karbon biyoküttele, toprakta, ölü örtüde ve kalın odunsu döküntüde depolanarak, önemli bir havuz oluşturmaktadır.

Ekosistemdeki madde dolaşımını ve ekosistem dinamiklerini anlamada biyokütle çalışmalarının önemi büyüktür (Tüfekçioğlu ve ark., 2002). Biyokütle bileşenleri ağaç üzerinde buldukları yere göre toprak altı (kök) ve toprak üstü (gövde, dal, yaprak ve kabuk) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Toprak altı biyokütleyi kılcal (<2mm), ince (2-5mm) ve kalın kökler (>5mm) oluşturmaktadır. Toprak altı biyokütlenin belirlenmesi toprak üstüne nazaran çok daha zor olması nedeniyle genellikle ihmal edilmektedir (Bolte ve ark., 2004; Tufekcioglu ve ark., 2004). Ancak bitkiler toprak üstünde ışık için rekabet ederken, toprak altında ise su ve birçok bitki besin elementi için rekabet halindedir (Casper ve Jackson, 1997).

Kök yayılışını toprak türü ve geçirgenliği önemli şekilde etkilemektedir (Cairns ve ark., 1997; Kantarcı, 1973). Dünya genelinde maksimum kök derinliği 0.30 m (tundra türlerinde) ile 68 m (*Boscia albitrunca*, Kalahari/Afrika) arasında değiştiği belirtilmektedir. Orman ağaçlarında küresel ölçekte maksimum kök derinliği ortalama 7.0 m ve ılıman yapraklı ormanlarda ise bu 2.6 m'ye düştüğü bildirilmektedir (Canadell ve ark., 1996).

Ülkemizde orman ekosistemlerinde toprak üstü biyokütle ile ilgili, yetersiz olsa da, birçok çalışma mevcuttur (Tolunay, 2011). Ancak toprak altı biyokütleye dönük çalışmalar sınırlıdır. Yapılan çalışmaların çoğunluğu demir boru yöntemi ile ince ve kılcal kök biyokütlenin belirlenmesi üzerine yoğunlaşmıştır (Tufekcioglu ve ark., 2004; Tüfekçioğlu ve ark., 2002; Zengin, 2010). Kalın kök biyokütlesinin tespitinin ince ve kılcal kök biyokütlesinin belirlenmesi göre daha yoğun arazi çalışması gerektirdiğinden, bu konuda çalışmaların sınırlı olduğu söylenebilir. Ayrıca yapılan bu çalışmaların Türkiye karbon envanterinin çıkartılmasında yetersiz olduğu için daha çok biyokütle çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır (Tolunay, 2011).

Türkiye 21,7 milyon hektar orman alanına sahip ve bunun % 35' ini (7,5 milyon ha) saf yapraklı türler oluşturmaktadır. Yapraklı türler içerisinde doğu kayını (DK; *Fagus orientalis* Lipsky) yayılış alanı (1,96 milyon hektar) ve ağaç serveti (264 milyon m<sup>3</sup>) bakımından ilk sırada yer almaktadır (Anonim, 2014).

Türkiyede DK türünde yapılmış toprak altı ve üstü biyokütle çalışmaları sınırlı sayıda ve bölgeseldir (Adıyaman Doğan, 2010; Mısır ve Mısır, 2013; Saraçoğlu, 1998; Sargıncı, 2014; Tiryaki, 2011; Tufekcioglu ve ark., 2004; Tüfekçioğlu ve ark., 2002; Yağcı, 2010; Zengin, 2010). Ancak bu türde toprak altı biyokütlenin belirlenmesine yönelik araştırmalarda kalın kök biyokütlesinin (KKB) belirlendiği çalışma sayısı oldukça sınırlıdır (Mısır ve Mısır, 2013; Sargıncı, 2014; Tufekcioglu ve ark., 2004; Yağcı, 2010). Türde yapılan bu çalışmalar genelde Karadeniz'in doğusunda yoğunlaşmış, orta ve batı Karadeniz bölgesinde yok denecek kadar azdır.

Bu çalışmanın amacı Sinop yöresindeki saf ve doğal DK meşcerelerinde KKB'nin belirlenmesi, KKB'nin derinlik kademesine göre dağılımını ve KKB'nin bazı yetiştirme ortamı ve meşcere özellikleriyle ilişkisini araştırmaktır.

## Materyal ve Yöntem

### Çalışma alanı

Araştırma sahası Sinop ili Merkez ilçesi sınırları içerisinde (Sinop Orman İşletme Şefliği; Boylam: 654411-673955m; Enlem: 4637306-4656413m) yer alan saf ve doğal doğu kayını (DK) meşcereleridir. Sahanın denizden yüksekliği ortalama 170 m, genel bakışı güney doğudur. Meşcere yaşı ortalama 34 ile 93 arasında, göğüs yüksekliği çapı ise 10 cm ile 47 cm arasında değişmektedir (Çizelge 1).

**Çizelge 1.** Araştırma sahasının bazı karakteristik özellikleri (Çap: Göğüs yüksekliği çapı; Boy: Meşcere orta boyu)

İstatistiksel Parametreler	Eğim (%)	Bakı (°)	Yükseklik (m)	Yaş (yıl)	Sıklık (adet ha <sup>-1</sup> )	Çap (cm)	Boy (m)	GY (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )
Ortalama	29	135	170	74	635	28,8	23,3	34,87
Minimum	10	5	20	34	138	10,1	17,3	21,88
Maksimum	90	350	946	93	2300	47,4	30,2	55,33

Araştırma alanına en yakın Sinop Meteoroloji İstasyonu (35 m) verilerinin enterpole edilmesi ile elde edilen sonuca göre yıllık yağış miktarı 691.7-797.7 mm, kurak gün sayısı 42-56 arasında, ortalama sıcaklık 13.8 °C, en düşük sıcaklık -9.8 °C, en yüksek sıcaklık 39.0 °C derecedir. Thornthwaite yöntemine göre sahada ortalama olarak Temmuz-Ağustos aylarında su açığı görülmekte, alt rakımlara inildikçe kurak devre genişlemektedir (Güvendi, 2013).

Araştırma sahası toprağı killi balçık bünyeli, mutlak derinliği 120 cm den büyük, hafif asidik özelliğe sahiptir (Çizelge 2). Üst toprak “kumlu killi balçık”, 30-60 cm derinlik kademesi “Balçıklı Kil”, 60 cm ve daha derin topraklar ise “Ağır Kil” vasfındadır. Derinlere doğru inildikçe kil içeriğinin arttığı, özellikle 30 cm derinlik kademesinden sonra kil içeriği yaklaşık iki katına çıktığı belirlenmiştir (Güvendi, 2013).

**Çizelge 2.** Araştırma sahasında bazı toprak özelliklerinin toprak derinliğine göre değişimi (FSK: Faydalanabilir su kapasitesi, OM: Organik madde) (Güvendi, 2013)

Derinlik Kademesi	Kum (%)	Toz (%)	Kil (%)	FSK (%)	pH	OM (%)	Toplam Kireç (%)
0-30cm	57.5 (18.7)*a <sup>1</sup>	17.4 (6.0)a	25.1 (14.2)b	12.5 (4.1)a	6.1 (0.3)b	3.9 (0.9)a	0,7 (0.43)a
30-60cm	39.7 (21,4)b	13.7 (5.6)a	46.6 (18.2)a	13.7 (3.2)a	6.3 (0.2)ab	2.2 (1.6)b	0,7 (0.42)a
60-90cm	38.4 (20.7)b	13.6 (6.4)a	48.0 (15.6)a	14.2 (4.4)a	6.4 (0.4)a	1.8 (1.3)b	0,6 (0.33)a
Genel	45.2 (21.8)	14.9 (6.2)	39.9 (19.0)	13.5 (3.9)	6.2 (0.3)	2.6 (2.2)	0.7 (0.40)

\*Parantez içi standart sapmayı göstermektedir.

<sup>1</sup> Sütunda aynı harfle gösterilen değerler istatistiksel olarak benzerdir (P>0.05).

### Veri toplama

Araştırma alanını oluşturan Sinop Orman İşletme Şefliğini temsil edecek şekilde farklı yetişme ortamlarındaki DK meşcerelerinden 20 adet örnek alan belirlenmiştir. Her örnek alan daire şeklinde, kapalılık ve sıklığa göre 400-800 m<sup>2</sup> arasında değişen büyüklüğündedir. Bu araştırma alanlarındaki tüm ağaçların göğüs yüksekliği çapları ölçülmüştür. Daha sonra ölçülen çaplardan ağaçların göğüs yüzeyleri (GY) hesaplanarak araştırma alanının GY değeri (m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>) belirlenmiştir. Ardından araştırma alanının merkezine yakın ve GY orta ağacı çapına en yakın ağacın dibinde 1 m genişlik ve 2 m uzunluğunda kök çukurları kalın köklerin indiği derinliğe kadar kazılmıştır. Her profilde sadece canlı ve ölü halde kalın kökler (>5 mm) toplanmış ve derinlik kademesine göre 0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm, 90-120 cm ve >120 cm çıkarılan kökler ayrılmıştır. Ayrılan kökler yaş halde arazide 0.01 gr hassasiyetindeki taşınabilir elektronik kantar vasıtasıyla tartılmıştır. Daha sonra her derinlik kademesini ve farklı kök kalınlığını temsil edecek şekilde 1-1.5 kg ağırlığında yaş örnek kurutulmak üzere

laboratuvara getirilmiştir. Kök örnekleri 65 °C de ve 48 saat süre zarfında etüvde kurutulmuştur. Kuruyan kökler tekrar hassas terazide tartılarak örneklerin nem kayıp oranları belirlenmiştir. Hesaplanan bu oranlar arazide ölçülen tüm kalın kök örneklerine oranlanarak profildeki kuru kalın kök biyokütlesi elde edilmiştir. Devamında kök profilinde (2 m<sup>2</sup>) hesaplanan kök biyokütlesi hektara çevirme katsayısı (10.000m<sup>2</sup>/2m<sup>2</sup>=5.000) ile çarpılarak hektardaki kalın kök biyokütlesi belirlenmiştir.

### **Verilerin değerlendirilmesi**

Derinlik kademesi ve bakıya göre KKB değişimi varyans analizi (ANOVA) ile incelenmiş, ortalamaların karşılaştırılmasında *duncan testi* (P<0.05) uygulanmıştır. KKB ile ölçülen toprak özellikleri arasındaki ilişkisinin belirlenmesinde *Pearson* korelasyonundan yararlanılmıştır. Ayrıca KKB ile çap, boy, yaş, ağaç sayısı ve GY arasındaki ilişkisine regreasyon analizi ile bakılmıştır. Verilerin istatistiki analizlerinde IBM SPSS Statistic v.22 paket programı kullanılmıştır.

## **Bulgular ve Tartışma**

### **Canlı Kalın Kök Biyokütlesi**

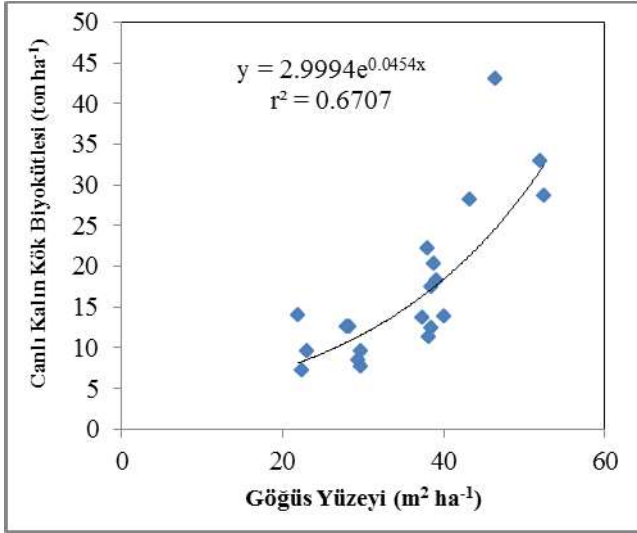
Araştırma sahasında kalın kök biyokütlesi (KKB;  $\phi > 5\text{mm}$ ) 6.7 ton ha<sup>-1</sup> ile 34.0 ton ha<sup>-1</sup> arasında (ortalama 16.7 ton ha<sup>-1</sup>) bulunmuştur. Kayında yapılan toprak altı biyokütle çalışmalarında da benzer sonuçlar bulunduğu söylenebilir (Cairns ve ark., 1997; Le Goff ve Ottorini, 2001; Mısır ve Mısır, 2013; Sargıncı, 2014; Tufekcioglu ve ark., 2004). KKB derinlere doğru inildikçe azalmıştır. Toplam KKB'nin en yüksek miktarı (% 93) 0-30 cm derinlik kademesinde, % 6'sı 30-60 cm derinlik kademesinde ve en az kısmı ise (% 0.5) 60-90 cm derinlik kademesinde belirlenmiştir (P < 0.05). Toprak derinliği 90 - 120 cm kök yayılımı çok az miktarda (% 0.1'in altında) bulunmuştur. Son derinlik kademesinden (120 cm) sonra köke rastlanmamıştır. Toplam KKB'nin % 93'lük kısmı 0 - 30 cm derinlikte yayılmasına benzer şekilde Avrupa kayınında kök kümelenmesinin ilk 20 cm derinlikte yoğunlaştığı belirtilmektedir (Schmid ve Kazda, 2005). Tufekcioglu ve ark. (1999) kavaklık ve bitişindeki çayır kök kütlesinin % 73'ünden daha fazlasını 0-35 cm derinlik kademesinde elde etmişlerdir. Jackson ve ark. (1996) ılıman yapraklı ormanlarda kök kütlesinin % 65'i, ılıman ibreli ormanlarda % 52'si, boreal ormanlarda ise % 83'ü 0-30 cm derinlikte bulunduğunu bildirmektedir.

Bu çalışmadaki 0-30 cm derinlikteki kök biyokütlesinin yüksek olması türün biyolojik özelliği yanında toprak özellikleriyle de ilişkili olabilir. Kök yayılımı üzerine toprak türü ve geçirgenliği etkili olabilmektedir (Cairns ve ark., 1997; Kantarcı, 1973). Korelasyon analizine göre; KKB ile kum içeriği arasında pozitif ilişki (R = 0.46; P = 0.003) varken, topraktaki kil miktarı arasında negatif ilişki (R = -0.55; P < 0.001) bulunmuştur. Özellikle kil miktarının 30 cm'den sonra hızlı şekilde artması (Çizelge 2) kökün derinlere inmesini zorlaştırmış ve böylece kök yayılımı üzerinde etkili olmuş olabilir. Doğu Karadeniz bölgesindeki DK meşcerelerinde açılan birçok toprak profillerinde kökün 140 cm derinlere kadar inemediği, ancak genel olarak kil içeriği yüksek topraklarda 20-30 cm'de kaldığı belirtilmektedir (Yılmaz, 2005).

Güneşli ve gölgeli bakılara göre; tüm derinlik kademelerinde KKB bakımından önemli fark bulunmamıştır. DK'da yapılmış bazı çalışmalarda güney bakılarda kuzey bakılara göre daha yüksek toplam kök biyokütlesi bulunmuştur (Mısır ve Mısır, 2013; Tufekcioglu ve ark., 2004; Tufekçioglu ve ark., 2002). Bakılar arasındaki bu farkın nedeni kalın kökten öte, besin maddesi ve su alımında etkin rol oynayan kılcal ve ince köklerin miktarının çokluğu olabilir. Benzer olarak Artvin DK meşcerelerinde bakılara göre kılcal kök biyokütlesi arası önemli fark bulunurken, ince ve KKB bakımından fark bulunmadığı belirtilmektedir (Tufekçioglu ve ark., 2002).

Toprağın bazı özelliklerine göre KKB değişimine bakıldığında; KKB ile faydalanılabilir su kapasitesi arasında da negatif yönde ilişki ( $R = -0.41$ ;  $P = 0.008$ ), toplam kireç miktarı ile pozitif korelasyon belirlenmiştir ( $R = 0.35$ ;  $P = 0.029$ ). Casper ve Jackson (1997) toprağın su ve besin maddesi miktarı arttıkça toprak altı rekabetin (kök yoğunluğu, kök alanı) azalabileceğini belirtmektedir. Diğer bir ifade ile bitkiler su ve besin maddesince fakir ortamlarda kök yüzeylerini artırarak ihtiyaç duydukları maddeleri almaya çalışmaktadır (Tüfekçioğlu ve ark., 2002).

KKB ile ortalama çap, boy, yaş ve ağaç sayısı arasında anlamlı ilişkiler bulunmamıştır. Bu, alınan örnek sayısının yetersiz olmasından kaynaklanıyor olabilir. Ancak GY ile KKB arasında pozitif yönde anlamlı ilişki ( $R^2=0.67$ ) bulunmuştur ( $P < 0.05$ ; Şekil 3). Tek ağaç üzerine yapılan birçok çalışmada toprak altı biyokütle ile çap ve GY arasında pozitif yönde önemli ilişkiler elde edilmiştir (Bolte ve ark., 2004; Finér ve ark., 2007; Lin ve ark., 2006; Sargıncı, 2014). Bu çalışmada tek ağaç üzerinde değil, örnek alan genelinde çalışıldığından GY ile KKB arasında ilişki bulunmuştur. Yani, açılan profilde meşcere içerisindeki birçok ağacın kökü örneklenmiş olabileceği için KKB ile GY arasında ilişki bulunulması daha anlamlı olduğu söylenebilir.



**Şekil 3.** Göğüs yüzeyi ile canlı kalın kök biyokütlesi arasındaki ilişki

### Ölü Kalın Kök Biyokütlesi

Canlı kök biyokütlesi karbon yutaklarından biri olduğu kadar, ölü kök biyokütlesi de atmosferin karbon kaynaklarından bir tanesidir (McCulloch, 2015). Araştırma sahasında ölçüm zamanı ölü kalın kök biyokütlesi yaklaşık olarak  $1.75 \text{ ton ha}^{-1}$  olarak bulunmuştur. Ölü kök biyokütlesi ile eğim arasında pozitif yönde ilişki elde edilmiştir. Yani eğim arttıkça ölü biyokütle miktarında artış söz konusudur ( $R = 0.75$ ;  $P < 0.001$ ). Ölü toprak altı biyokütle yetişme ortamı özelliklerine, ağaç türüne ve ölçüm zamanına göre değişim gösterdiği belirtilmektedir (Tufekçioğlu ve ark., 1999).

### Sonuç

Araştırma sahasında canlı KKB  $6.7 \text{ ton ha}^{-1}$  ile  $34.0 \text{ ton ha}^{-1}$  arasında değişmektedir. Ölçüm zamanı ölü kök biyokütlesi ise ortalama  $1.75 \text{ ton ha}^{-1}$  bulunmuştur. Toplam KKB'in % 93'ü 0-30 cm derinlikte yayılış göstermekte ve derinlere doğru inildikçe KKB miktarı keskin şekilde azalmaktadır. Bunda 30 cm derinlikten sonra artan kil miktarının etkisi olduğu düşünülebilir. Güneşli ve gölgeli bakı ayırımına göre KKB miktarları arasında fark bulunmamıştır. KKB ile meşcerenin GY orta ağacı çapı, boyu, yaşı ve ağaç sayısı arasında önemli ilişki bulunmazken, GY ile güçlü ilişki elde edilmiştir.

Sinop Orman İşletme Şefliği sınırlarındaki DK meşcerelerinde toprak altı kök biyokütlesinin tespitinde 30 cm derinliğin örnekleme % 90 üzerinde doğruluk sağlamaktadır. Ayrıca bu sahalarda KKB değeri, ölçümü kolay GY değişkeni kullanılarak  $y=0.999e^{0.045x}$  denklemi yardımıyla % 67 doğrulukta kestirilebilir. Bu denklem ülkemizdeki, farklı özellikteki DK meşcerelerinde elde edilecek toprak altı biyokütle denklemleri ile kıyaslanabilir.

## Kaynaklar

- Adıyaman Doğan S. 2010. Düzce yöresinde yetişen kayın'ın (*Fagus orientalis* Lipsky.) çap ile biyokütle ve diri-odun ile yaprak yüzey alanı ilişkisi. Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce.
- Anonim 2014. Türkiye orman varlığı. 115/17, Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Bolte A, Rahmann T, Kuhr M, Pogoda P, Murach D and Gadow K. V. 2004. Relationships between tree dimension and coarse root biomass in mixed stands of European beech (*Fagus sylvatica* L.) and Norway spruce (*Picea abies*[L.] Karst.). *Plant and Soil*, 264(1-2): 1-11.
- Cairns M. A, Brown S, Helmer E. H and Baumgardner G. A. 1997. Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia*, 111(1): 1-11.
- Canadell J, Jackson R. B, Ehleringer J. B, Mooney H. A, Sala O. E and Schulze E. D. 1996. Maximum rooting depth of vegetation types at the global scale. *Oecologia*, 108(4): 583-595.
- Casper B. B and Jackson R. B. 1997. Plant competition underground. *Annual Review of Ecology and Systematics* 28: 545-570.
- Finér, L., Helmisaari, H.-S., Löhmus, K., Majdi, H., Brunner, I., Börja, I., Eldhuset, T., Godbold, D., Grebenc, T., Konôpka, B. 2007. Variation in fine root biomass of three European tree species: Beech (*Fagus sylvatica* L.), Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.), and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Plant Biosystems*, 141(3): 394-405.
- Güvendi E. 2013. Saf Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) ormanlarının ekolojik tabanlı idare sürelerinin belirlenmesi (Sinop-Ayancık-Türkeli örneği). Doktora Tezi (yayımlanmamış), KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- IPCC 2012. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. . Cambridge University Press, Cambridge, NY, USA: 1-19.
- Jackson R. B, Canadell J, Ehleringer J. R, Mooney H. A, Sala O. E and Schulze E. D. 1996. A global analysis of root distributions for terrestrial biomes. *Oecologia*, 108(3): 389-411.
- Kantarıcı D. 1973. Orman ağaçlarının kök profillerinin açılması. *İstanbul Üni. Orman Fakültesi Dergisi*, 23(2): 98-107.
- Le Goff N and Ottorini J. M. 2001. Root biomass and biomass increment in a beech (*Fagus sylvatica* L.) stand in North-East France. *Annals of Forest Science*, 58(1): 1-13.
- Lin K. C, Duh C. T, Huang C. M and Wang C. P. 2006. Estimate of coarse root biomass and nutrient contents of trees in a subtropical broadleaf forest in Taiwan. *J. Forest Sci.*, 21(2): 155-166.
- McCulloch L. 2015. Live and Dead Root Biomass in Alaskan Tundra and Boreal Forest Ecosystems, AGU Fall Meeting, San Francisco, ABD.
- Mısır M ve Mısır N. 2013. Root Biomass And Carbon Storage For *Fagus Orientalis* Lipsky. (Northeastern Turkey). *International Journal of Education and Research*, 1: 1-8.
- Saraçoğlu N. 1998. Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) biyokütle Çizelgeleri. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 22: 93-100.

- Sargıncı M. 2014. Batı Karadeniz orman ekosistemlerinde ölü örtü dinamiği. Doktora Tezi (Basılmamış), Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce Üniversitesi, Düzce D.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce.
- Schmid I and Kazda M. 2005. Clustered root distribution in mature stands of *Fagus sylvatica* and *Picea abies*. *Oecologia*, 144(1): 25-31.
- Tiryaki A. G. 2011. Hopa Cankurtaran mevki kayın meşcerelerinde kireçlemenin büyüme ve biyokütle üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi (yayımlanmamış), Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin.
- Tolunay D. 2011. Total carbon stocks and carbon accumulation in living tree biomass in forest ecosystems of Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35(3): 265-279.
- Tufekcioglu A, Guner S and Kucuk M. 2004. Root biomass and carbon storage in oriental spruce and beech stands in Artvin, Turkey. *Journal of environmental biology/Academy of Environmental Biology*, India, 25(3): 317-320.
- Tufekcioglu A, Raich J. W, Isenhardt T. M and Schultz R. C. 1999. Fine root dynamics, coarse root biomass, root distribution, and soil respiration in a multispecies riparian buffer in Central Iowa, USA. *Agroforestry Systems*, 44(2-3): 163-174.
- Tüfekçioğlu A, Güner S, Altun L, Kalay H. Z ve Yener İ. 2002. Kayın ve ladin meşcerelerinde ince ve kılcal kök biyokütellerinin karşılaştırılması, II. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Artvin, pp. 746-751.
- Yağcı V. 2010. Hopa-Cankurtaran mevkiindeki sık ve seyrek yetiştirilen ve ilk aralama çağına gelen doğu kayını meşcerelerinin biyokütle özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin.
- Yılmaz M. 2005. Doğu Karadeniz bölümü saf doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) ekosistemlerinde kimi ortam etmenlerinin kayının gelişimine (verimliliğine) etkileri üzerine araştırmalar. Doktora Tezi (yayımlanmamış), KTU Fen Bil. Enstitüsü, Trabzon.
- Zengin O. 2010. Giresun ili Alucra yöresi saf ve karışık sarıçam meşcerelerinin de kalın kök kütlelerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi (yayımlanmamış), Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin.