

## Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki sedir ve karaçam ağaçlandırmalarının büyüme ve karbon birikimi açısından uzun dönem sonuçlarının değerlendirilmesi

Evaluation of long term results of cedar and black pine afforestation in Eastern Anatolia Region in terms of growth and carbon sequestration

Neşat ERKAN

<sup>1</sup> Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Bursa

**Sorumlu yazar (Corresponding author)**  
Neşat ERKAN  
nesaterkan@yahoo.com

**Geliş tarihi (Received)**  
30.08.2021

**Kabul Tarihi (Accepted)**  
15.10.2021

**Sorumlu editör (Corresponding editor)**  
Şükrü Teoman GÜNER  
stguner@gmail.com

**Atıf (To cite this article):** Erkan, N. (2022). Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki sedir ve karaçam ağaçlandırmalarının büyüme ve karbon birikimi açısından uzun dönem sonuçlarının değerlendirilmesi. Ormanlık Araştırma Dergisi, 9 (1), 61-69. DOI: 10.17568/ogmoad.988778



Creative Commons Atıf -  
Türetilemez 4.0 Uluslararası  
Lisansı ile lisanslanmıştır.

### Öz

Türkiye'de yapılan ağaçlandırma çalışmalarının önemli bir kısmı yazın su açığının yaşandığı yörelerde yapılmaktadır. Bu alanlarda yapılan ağaçlandırmalarda, sahip oldukları ekolojik özellikleri nedeniyle, sedir ve karaçam türleri yoğun olarak kullanılmaktadır. Tesis amacına bakılmaksızın bu alanlardaki ağaçlandırmalardan beklenen faydanın elde edilmesi büyük ölçüde bu alanlardaki ağaçlandırma başarısına ve büyüme performansına bağlıdır. Bu çalışmada, doğal yayılış alanı dışında sedir ve karaçam türleri ile yapılan ağaçlandırmaların uzun dönemde büyüme performansları ve karbon bağlama durumları incelenmiştir. Çalışma, Elazığ ve Malatya illerindeki ağaçlandırma alanlarında yürütülmüştür. Değerlendirmeler, 1996 yılında tesis edilmiş 4 karaçam ve 3 sedir olmak üzere toplam 7 sabit deneme alanında 1996, 2006 ve 2018 yıllarında yapılan ölçümlere dayandırılmıştır. Yapılan ölçümlerden deneme alanlarında hasılat parametreleri ve karbon birikimleri hesaplanmıştır. Son ölçmenin yapıldığı 2018 vejetasyon sonunda sedir ve karaçam için sırasıyla 46-48 ve 45-51 yaş aralıklarında olan meşcerelerin yine türler için sırası ile 2,24 - 3,88 ve 4,07 - 11,67 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> yıl<sup>-1</sup> aralıklarında ortalama hacim artımı, 1,05 - 1,83 ve 1,57 - 4,49 t ha<sup>-1</sup> yıl<sup>-1</sup> aralıklarında da karbon tutumu gerçekleştirdiği tespit edilmiştir. Her iki tür için yapılan büyüme analizlerinden doğal yetişme ortamına benzer performans sergiledikleri, dolayısıyla gerek karbon birikimi ve gerekse diğer işlevleri bakımından bu ağaçlandırmaların kendilerinden beklenen amaçları sağladıkları belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** büyüme analizleri, yarı nemli alanlar, ağaçlandırmaların işlevleri, sedir ve karaçam ağaçlandırmaları.

### Abstract

Some of the afforestation done by the forestry organization in Turkey are carried out in areas where there is water shortage in summer. Cedar and black pine are used for afforestation in these areas due to their ecological features. Regardless of the purpose of the afforestation, obtaining the expected benefit from these areas largely depends on the afforestation success and growth performance. In this study, long-term growth performance and carbon sequestration of the afforestations done with cedar and black pine in other areas than the natural habitat were investigated. The study was carried out in the afforestation areas around Elazığ and Malatya. Evaluations were based on measurements made in 1996, 2006 and 2018 in 7 permanent sample plots established in 1996 with cedar and black pine. Yield parameters and carbon sequestration were calculated in the sample plots. In the last measurement time, at the end of vejetationperiod of 2018, the average volume increases were determined as 2.24 - 3.88 and 4.07 - 11.67 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup> and carbon sequestration were determined as 1.05 - 1.83 and 1.57 - 4.49 t ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup> for cedar and black pine stands for the ages of 46-48 and 45-51, respectively. It was found out from the growth analysis for both species that they perform similar to the natural habitat, so that these afforestations provide the objectives based on both carbon sequestration and other functions.

**Keywords:** growth analyses, semi-humid areas, afforestation functions, cedar and black pine plantation.

## 1. Giriş

Anadolu'nun geçmişte büyük oranda orman ve bitki örtüsü ile kaplı olduğu ile ilgili çeşitli değerlendirmeler bulunmaktadır. İç Anadolu Bölgesi'ndeki halen mevcut step alanlarının yarısının insan etkisiyle ortaya çıktığı söylenebilir (Çalışkan ve Boydak, 2017). Bu alanların ağaçlandırılmasında teknik ve sosyoekonomik sorunlarla da karşılaşılma ile birlikte, asıl sınırlayıcı faktör olumsuz ekolojik koşullardır. Nitekim insan kaynaklı etkilerle zarar gören bitki örtüsünün ardından oluşan erozyon ve olumsuz iklim koşullarının birlikte etkisi ağaçlandırma başarısı açısından olumsuz ekolojik koşulları ortaya çıkartmaktadır.

Ağaçlandırmalar kendisinden olan beklentiye göre temelde i) odun üretim amaçlı, ii) toprak ve su koruma amaçlı ve iii) estetik ve çevre koruma amaçlı veya bunların kombinasyonu şeklinde olabilmektedir. Ancak her koşulda, ağaçlandırmada yüksek tutma başarısının ve yeteri kadar büyüme hızının elde edilmesi söz konusu amaçlara ulaşmada büyük önem arz etmektedir. Diğer yandan ormanların gördüğü çevresel işlevlerden birisi olan karbon tutma bakımından da yine birim alandaki büyüme miktarı önem kazanmaktadır. Nitekim tutulan karbon miktarının hesabı birim alandaki biyokütle artışı ile doğrudan ilişkilidir.

Türkiye'de ağaçlandırma çalışmaları büyük oranda kamu kaynakları ile bugünkü kamu yapılanması içinde Orman Genel Müdürlüğü (OGM) tarafından yapılmaktadır. Bu ağaçlandırmaların yine önemli bir bölümü de yaz aylarında su açığının yaşandığı yörelerde gerçekleştirilmektedir. Bu alanlarda yapılan ağaçlandırmalarda, sahip oldukları ekolojik istekleri itibarıyla sedir (*Cedrus libani* A. Richard) ve karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) türleri yoğun olarak kullanılmaktadır. Nitekim karaçam, sıcaklık ve kuraklığa oldukça dayanıklı olması yanında soğuğa da dayanıklılık gösteren bir türdür. İç Anadolu'da Ankara çevresi ve step kenarlarında çok kurak sahalarda bile yetişebilmektedir (Saatçioğlu, 1976; Kayacık, 1980). Karaçam bu özelliği nedeniyle doğal yayılış alanı dışında ve özellikle de kurak bölge ağaçlandırmalarında çok tercih edilen türlerimizden birisidir. Diğer yandan yağış bakımından zengin ve toprak derinliğinin yeterli olduğu yerlerde iyi büyüme yapabildiği gibi kurak alanlarda da yetişebilmektedir (Kalıpsız, 1963; Saatçioğlu, 1969). Bu özellikleri nedeniyle, güncel net rakamlara ulaşamamış olmakla birlikte, literatür bilgilerine göre karaçam kullanılarak 2003 yılı itibarıyla ülke genelinde toplam 459 000 ha başarılı ağaçlandırma yapılmıştır (Mısır, 2003).

Yine sedir de kuraklığa dayanıklı bir tür olup bu

özelliği nedeniyle kurak ve yarı kurak alanlardaki ağaçlandırmalarda kullanılmıştır (Bariteau ve Ferandes, 1990; Boydak, 2003). Ayrıca sedirdeki uyum yeteneği onun doğal yetişme ortamı dışında Güneydoğu Anadolu, İç Anadolu ve hatta ithal tür olarak Fransa, İspanya, İtalya Almanya ve Avusturya gibi ülkelerde ağaçlandırmalar yapılmasını da sağlamıştır (Mayer ve Sevim, 1959; Ayan ve ark., 2017). Literatür bilgileri sedir ile ülkemizde 2006 yılı sonu itibarıyla, doğal yayılış alanı içinde ve dışında, 130.000 ha başarılı ağaçlandırma yapıldığını göstermektedir (Boydak, 2014).

Sedir ve karaçam ile yukarıda sıralanan nedenlerle, Doğu Anadolu Bölgesinde de uzun yıllardan bu yana geniş alanlarda ağaçlandırmalar yapılmaktadır. Diğer yandan, bölgede sedir ve karaçam dışında yöre için doğal tür olan meşe ile de ekim ve dikim yoluyla ağaçlandırmalar yapılmaktadır. Ancak meşe ağaçlandırmalarında tutma başarısı ve büyüme yavaşlığı gibi sorunlar ile bazı diğer sosyal nedenler ibrelili türlerin (karaçam ve sedir) ağaçlandırmalarda kullanımını gündeme getirmiş ve 50 yılı aşkın bir süredir bu türler daha ağırlıklı olarak kullanılmaktadır.

Bölgede yapılan sedir ve karaçam ağaçlandırmalarının, yukarıda ifade edilmeye çalışılan ve kendisinden beklenen işlevleri görüp görmediğinin belirlenmesine esas olmak üzere büyüme gelişme durumlarının ortaya konmasına ihtiyaç olmuştur. Bu amaçla 1994-1997 yılları arasında bir proje yürütülmüş, 20 karaçam ve 12 sedir olmak üzere alınan toplam 33 deneme alanında yapılan ölçmelere dayalı değerlendirmeler yapılmıştır (Erkan, 1998). Söz konusu 33 deneme alanından 4 karaçam ve 3 sedir olmak üzere 7 adedi sabit deneme alanı niteliğinde tesis edilmiştir. 2006 yılında ise bu 7 sürekli deneme alanında yeniden ölçmeler yapılmış ve güncel verilere dayalı olarak yeniden değerlendirilmiştir (Erkan, 2006). İlk ölçmelerin yapıldığı 1996 yılında 23-28 yaş aralığında olan 7 sabit deneme alanındaki büyüme durumlarının 2006 yılından sonraki durumu bilinmemektedir. Deneme alanlarında ilk kurulduğu yıldan 23 yıl sonra (46-51 yaşlarında) uzun dönemde, 2018 yılı itibarıyla, büyüme durumlarının tekrar ortaya konması bu bölgede, özellikle tür seçimi ve daha sağlıklı ağaçlandırma politikasının belirlenmesi konularında yardımcı olacaktır. Nitekim sedirin doğal yayılış alanı dışındaki ağaçlandırmaların gelişimlerini araştıran Akgül ve Yılmaz (1987), araştırmanın yapıldığı dönemde 16-29 yaş aralığında olan sedir ağaçlandırmaları ile ilgili olarak ellerindeki sonuçlarla geleceğe yönelik sağlıklı bir değerlendirme yapılamayacağını ve bekleyicileri yaşlarda uzun dönem için yeniden bir değer-

lendirme yapılması gerektiğini vurgulamışlardır. Bu bölgedeki ağaçlandırmaların ileri yaşları için büyüme-gelişme durumları ile ilgili başka hiçbir çalışma bulunmamaktadır.

Bu çalışma ile yukarıda bahsedilen karaçam ve sedir ile 1996 yılında tesis edilen toplam 7 sabit deneme alanlarında 2018 yılı vejetasyon sonu itibarıyla büyüme durumları ve karbon tutma miktarları ortaya konarak bölgedeki ağaçlandırmalar hakkında değerlendirmeler yapılması amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metod

Bu çalışma Elazığ-Baskil, Elazığ-Sivrice ve Malatya-Pütürge ağaçlandırma sahalarında yürütülmüştür (Şekil 1). 1996 yılında tesis edilmiş 4 karaçamda ve 3 sedir de olmak üzere toplam 7 sabit deneme alanında 2018 yılı vejetasyon sonu ölçmeleri yapılmış ve değerlendirilmiştir. Deneme alanlarında 1996 ve 2006 yıllarındaki ölçmelere dayalı olarak yapılan değerlendirme sonuçlarına da değinilmiştir. Deneme alanlarına ilişkin bilgiler Tablo 1 de verilmiştir.



Şekil 1. Deneme alanlarının alındığı ağaçlandırma alanları  
Figure 1. Location of samplings on afforestation areas

Baskil ve Sivrice ağaçlandırma sahalarına en yakın meteoroloji istasyonunun bulunduğu Elazığ 408 mm ve Pütürge ise 589 mm yıllık yağış değerlerine sahiptir (MGM, 2019). Buralardaki iklim tipi Eriç tarafından verilen yağış etkenliği sınıflamasına göre (Çepel, 1978) değerlendirildiğinde; Yağış Etkenliği İndeksi (Im) Baskil, Sivrice ve Pütürge için sırası ile 24,1; 35,5 ve 29,3 olarak hesaplanmıştır. Bu indeks değerleri ile iklim tipinin tüm deneme alanları için yarı nemli olduğu anlaşılmıştır.

Çalışmanın yapıldığı alanlardaki meşcere yaşı ve dikim aralıkları dikkate alınarak deneme alanına yeteri kadar ağaç girmesi için deneme alanları 10 m yarıçaplı daire alanı olarak tesbit edilmiştir. Ayrıca deneme alanlarının belirlenmesinde kapalılığın 0,7 ve üzerinde olmasına ve yetişme ortamı verimliliği (bonitet) bakımından mümkün olduğunca farklılık göstermelerine dikkat edilmiştir.

Deneme alanlarının bonitetinin belirlenmesinde üst boy (dominant üç ağacın ortalama boyu) ve

meşcere yaşına dayalı olarak, karaçam için Mısıır (2003) tarafından, sedir için ise Aydın (2008) tarafından hazırlanan bonitet tabloları kullanılmıştır. Meşcere hasılat değerlerinin hesaplanmasında deneme alanlarından hesaplanan değerler  $10.000 / 314,1593 = 31,831$  katsayısı kullanılmıştır. Deneme alanı hasılat değerlerinin hesaplanmasında ise tek ağaç ölçü değerlerinden faydalanılmıştır. Karaçam ve sedir tek ağaçlarının hacimlendirilmesinde, bölge için hazırlanan, her ikisi için de aynı modele sahip olan ve sırasıyla Formül 1 ve 2 de verilen çift girişli hacim tablosu regresyon denklemleri kullanılmıştır (Erkan, 1997 ve Erkan, 1998).

$$v = -7,468855 + 0,1563548d^2 + 0,020085d^2h + 0,0492628h^2 + 0,009863dh^2 \quad (1)$$

$$v = 4,377958 + 0,0947992d^2 + 0,01602d^2h + 0,3057608h^2 + 0,04062413dh^2 \quad (2)$$

Büyüme hesaplamaları için deneme alanlarında bütün ağaçların çapları ölçülmüştür. Boylar ise

Tablo 1. Deneme alanlarına ilişkin bazı özellikler  
Table 1. Some properties of sample plots

Deneme alanı no	Yaş	Ağaç türü	Üst boy (m)	BOE (m)	BOD	Koordinat	Yükselti (m)	Bakı
16	47	S	11,5	22 <sup>1</sup>	II	37 s 0485342 utm 4266869	1317	K
17	47	S	9,8	20 <sup>1</sup>	II	37 s 0485194 utm 4266805	1361	K
22	46	S	13,0	23 <sup>1</sup>	II	37 s 0544952 utm 4261814	1317	K
18	51	Çk	12,0	10,5 <sup>2</sup>	III	37 s 0545032 utm 4262942	1283	K
19	41	Çk	14,0	12,0 <sup>2</sup>	II	37 s 0544992 utm 4263018	1270	K
21	51	Çk	11,8	10,0 <sup>2</sup>	III	37 s 0544497 utm 4262496	1291	GD
30	45	Çk	20,0	17,6 <sup>2</sup>	I	37 s 0478278 utm 4219467	1526	KB

<sup>1</sup>: Endeks yaşı:100; <sup>2</sup>: Endeks yaşı:40; S: Sedir; Çk: Karaçam; BOE: Bonitet endeksi; BOD: Bonitet derecesi (beşli sınıflamaya göre)

tüm ağaçlarda ölçülmemiş, her bir deneme alanı için hesaplanan meşcere boy eğrisi (çap-boy eğrisi) denkleminde yararlanılmıştır. Deneme alanlarındaki yıllık ortalama artımın hesaplanması için hektardaki değeri cinsinden toplam gövde hacmi yaşa bölünmüştür. Ayrıca cari artımı hesaplamak üzere deneme alanında ince, orta ve kalın çap sınıfını temsil edebilecek 3 ağaç seçilerek artım kalemi alınmış ve son 5 yıllık halka kalınlıkları, son 1 cm deki yıllık halka sayısı, kabuk kalınlığı ve meşcere yaşı ölçülmüştür.

Karbon hesaplamalarında genellikle izlenen iki yoldan birisi, karbon kazanç-kayıp farkına dayanan karbon stok değişimi yöntemidir. Bu yöntemde birim alandaki karbon tutulma miktarı, karbon stokları olan 1) yaşayan canlı biyokütlerde, 2) ölü organik maddede ve 3) toprakta olan yıllık değişimlerin toplamı şeklinde hesaplanır (IPCC, 2006). Her bir stoktaki karbon değişimi, kazanç-kayıp farkı ile hesaplanmaktadır. Çalışmamızda, karbon stok değişiminin en önemli bileşeni olan “yaşayan canlı biyokütlerdeki (topraküstü ve toprakaltı)” stok değişimi ( $\Delta C_G$ ) dönüştürme ve genişletme katsayılarından faydalanılarak aşağıda verilen Formül 3 ve 4 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\Delta C_G = [(I_v \times BCEF) \times (1+R)] \times CF \quad (3)$$

$$BCEF = BEF \times D \quad (4)$$

$\Delta C_G$ : biyokütle artışı sonucu yaşayan canlı biyokütlerde yıllık tutulan karbon miktarı ( $t \text{ ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ ),  $I_v$ : yıllık ortalama gövde hacim artımı ( $m^3 \text{ ha} \text{ yıl}^{-1}$ ),  $BCEF$ : yıllık ortalama kabuklu gövde hacim artımından topraküstü biyokütle artışını hesaplamak için dönüşüm ve genişleme katsayısı,  $R$ : kök-sak oranı,  $CF$ : kuru biyokütle karbon oranı katsayısı,  $BEF$ : kabuklu gövde hacim artışından topraküstü

biyokütle artışını hesaplamak için genişleme katsayısı,  $D$ : hacim ağırlığı ( $t \text{ m}^{-3}$ )

Karaçam için karbon birikimi hesaplamalarında Güner ve Çömez (2017) tarafından karaçam ağaçlandırmaları için hesaplanan  $D=0,408 \text{ t m}^{-3}$ ;  $BEF=1,516$ ;  $BCEF=0,613 \text{ t m}^{-3}$ ;  $R=0,179$   $CF=53,86\%$  katsayıları kullanılmıştır.

Sedir için yapılan hesaplamalarda ise Karataş ve ark. (2017) tarafından Afyonkarahisar ve Eskişehir Bölgesi’ndeki sedir ağaçlandırmalarında yaptıkları çalışmadan faydalanılmış ve söz konusu çalışma ile tespit edilen  $D=0,467 \text{ t m}^{-3}$ ;  $BEF=1,635$ ;  $BCEF=0,762 \text{ t m}^{-3}$ ;  $R=0,207$  ve  $CF=51,27\%$  katsayıları kullanılmıştır.

Araştırmanın yapıldığı alanlardan Baskil ağaçlandırma alanı granit anakaya üzerinde derin (80-90 cm) kumlu-killi-balçık ve killi-balçık topraklara sahiptir. Alan flora bakımından zengin olmakla birlikte derin ve gevşek topraklar erozyona oldukça müsaittir. Sivrice ağaçlandırma sahasında ise kireçli kil şistinden oluşan toprak sığdır (60 cm). Kireç miktarı taşlılık derine doğru giderek artmaktadır (Akgül ve Yılmaz, 1987). Pütürge ağaçlandırması ise killi-kumlu balçık tekstüründeki, drenajı iyi, pH sı 7,6 derin (mutlak derinlik 100 cm, fizyolojik derinlik 120 cm’den fazla) ve gevşek yapıdaki topraklar üzerindedir (Uygun ve Solakoğlu, 2002). Dik yamaçlarda şiddetli oyuntu ve yüzey erozyonu hakimdir. Denizden yükseklik Şiro Çayı tabanında 840 m den başlayıp 2.250 m ye kadar çıkmaktadır.

## 2. Bulgular

Sabit deneme alanlarının ilk alındığı 1996 yılından bu yana yapılmış üç ölçüm ayrı ayrı değerlendiril-

miştir. 1996 ve 2006 yıllarına ilişkin değerlendirmeler ilgili yayınlardan alınmıştır (Erkan, 1998; 2006). 2018 yılı vejetasyon sonunda yapılan yeni bir ölçüm ile hesaplamalar yapılmış ve kıyaslamalı olarak Tablo 2’de verilmiştir. Şekil 2 (a) ve (b) de çalışma alanlarında sedir ve karaçam başarılı ağaçlandırma örnekleri verilmiştir. Ayrıca her üç dönemdeki ölçü değerlerine dayalı olarak orta çap, orta boy, yıllık ortalama artım ve hektardaki hacim değerleri de Şekil 3’te grafik üzerinde gösterilmiştir. Deneme alanlarının bazılarında aralama yapılmış olması nedeniyle hektardaki ağaç sayılarında azalma olmuş ve ara hasılat oluşmuştur. Cari artımın ve ortalama artımın daha çok yaş ve bonitetin etkisi ile deneme alanları arasında değişken-

lik gösterdiği gözlenmiştir. Bu anlamda ortalama 47 yaşta olan 3 adet sedir deneme alanında yıllık ortalama artımların ortalaması  $3,163 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır. Ortalama yaşı 49 olan karaçam deneme alanlarında ise bu değer sedirin iki mislinden daha yüksek,  $6,540 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır. Tutulan yıllık karbon miktarları da yine yıllık ortalama artıma bağlı olarak aynı yaşlar için sedir de  $1,491 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ , karaçam da  $2,517 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır. Hektardaki genel hacim verimine (kalan hacim + ara hasılat) bakıldığında, en düşük değer  $105,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  ile 17 nolu sedir deneme alanından, en yüksek değer ise  $525,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  ile 30 nolu deneme alanından hesaplandığı görülmektedir (Tablo 2).

Tablo 2. Sedir ve karaçam sürekli deneme alanlarından 1996, 2006 ve 2018 yılı ölçmelerinden hesaplanan hasılat değerleri

Table 2. Yield table produced from measurements in permanent sample plots taken in cedar and black pine stands in the years of 1996, 2006 and 2018

Den. alanı no	Ağaç türü	Ölçme yılı	Yaş	Hek. Ağaç sayısı	Orta çap (cm)	Orta boy (m)	Hacim ( $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ )	Ara has. ( $\text{m}^3$ )	Gen. hacim ( $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ )	Cari art. ( $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ )	Ort. artım ( $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ )	Tutulan C ( $\text{t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ )
16	S	1996	26	1592	11,5	7,5	73,2		73,2	4,4	2,82	1,330
		2006	36	1592	13,4	8,9	117,2		117,2	4,43	3,26	1,537
		2018	48	1336	16,1	9,7	144,9	13,8	158,7	3,45	3,37	1,589
17	S	1996	25	2196	9,5	6,8	69,19		69,19	4,06	2,77	1,306
		2006	35	2196	10,7	7,9	96,08		96,08	2,69	3,84	1,811
		2018	47	1559	12,2	8,1	81,9	23,4	105,3	0,77	2,24	1,056
22	S	1996	24	1082	14,2	8,9	85,2		85,2	3,79	3,55	1,674
		2006	34	1082	16,9	9,7	128,4		128,4	4,32	3,78	1,782
		2018	46	1082	18,3	11,3	178,6		178,6	4,18	3,88	1,830
18	Çk	1996	29	1942	13,7	8,8	155,1		155,1	5,54	5,35	2,059
		2006	39	1591	15,1	10,1	174,2	30,2	204,4	4,9	5,38	2,071
		2018	51	1305	17,5	10,4	187,6	20,6	208,2	4,31	4,07	1,567
19	Çk	1996	27	1305	15	9,1	127,8		127,8	5,59	4,74	1,825
		2006	37	1209	17,9	11,5	174,6	12,1	186,7	7,12	5,39	2,075
		2018	49	825	20,27	12,2	179,7	59,9	239,6	4,38	5,14	1,979
21	Çk	1996	29	1910	13,5	7,8	137,6		137,6	6,04	4,74	1,825
		2006	39	1846	15,3	10	202,9	6,7	209,6	6,3	5,37	2,067
		2018	51	1125	19,8	10,5	202,2	67,4	269,6	5,55	5,28	2,032
30	Çk	1996	23	1687	16,4	10,4	203,6		203,6	11,1	8,85	3,407
		2006	33	1687	19,7	13,6	377,6		377,6	17,4	11,4	4,388
		2018	45	850	27,6	16,8	410,2	115,4	525,6	12,32	11,67	4,492

S: Sedir; Çk: Karaçam

İlk alındığında 20’li yaşlarda olan deneme alanlarında 23 yıl boyunca yapılan aralıklı ölçme sonuçlarına göre büyümenin devam ettiği ancak 17 ve 18 nolu deneme alanlarında genel hacim artmaya devam etse bile ortalama artımın azalma eğilimi-

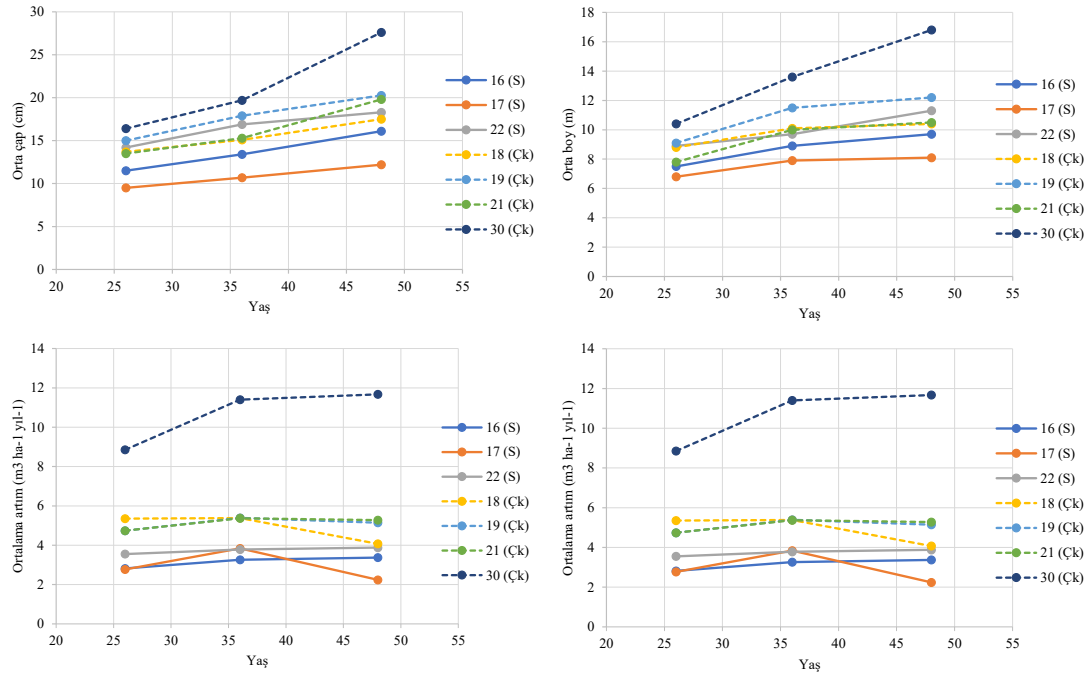
ne girdiği gözlenmiştir (Şekil 3). Sedire ilişkin 16, 17 ve 22 nolu deneme alanlarındaki hasılat değerlerinin karaçama kıyasla daha aşağıdan seyrettiği görülmektedir. Özellikle 17 nolu sedir deneme alanında çap ve boy bümesindeki azalmaya bağlı ola-

rak hektardaki hacimde artış durma noktasına gelmiş, yani yıllık ortalama artım azalarak  $2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$  seviyesine kadar düşmüştür. Ayrıca karaçam deneme alanları arasında da Pütürge ağaçlandırma

sahasından alınan 30 nolu deneme alanına ilişkin ortalama çap ve boy ile yıllık ortalama hacim artımı ve toplam hacim değerleri diğer deneme alanlarından belirgin bir şekilde yukardan seyretmiştir.



Şekil 2. Çalışma alanından başarılı ağaçlandırma örnekleri (a: Karaçam, Malatya-Pütürge; b: Sedir, Elazığ-Baskil)  
Figure 2. Successful afforestation samples from study areas (a: Back pine, Malatya-Pütürge; b: Cedar, Elazığ-Baskil)



Şekil 3. Sedir ve karaçam sürekli deneme alanlarında bazı hasılat bileşenlerinin yaşa göre gelişim durumları  
Figure 3. Changes of some yield parameters by age in cedar and black pine permanent sample plots

### 3. Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Sedir asıl doğal yayılışını, başta jeolojik temeli kalker formasyonlarından oluşan anakayalar ol-

mak üzere çok değişik anakayalar üstünde yapabilmektedir. Doğal yetişme ortamında kanaatkâr olup Toroslar'da kalker anakayanın ortaya çıktığı yerlerde bile çatlaklara köklerini salarak yetişebil-

diği gözlenmektedir (Atalay, 1987; Kantarcı, 1990; Boydak, 2014). Sedirin bu özelliği kendi yetiştirme ortamı dışındaki alanlarda, özellikle yarı nemli ve yarı kurak alanların ağaçlandırmalarında kullanımını mümkün kılmaktadır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar bu tespiti teyit etmektedir.

Karaçam'da sıcaklık ve kuraklığa oldukça dayanıklı olması yanında soğuğa da dayanıklılık gösteren bir türdür ve step kenarlarında çok kurak sahalarda bile yetişebilmektedir (Saatçioğlu 1976; Kayacık 1980). Bu özelliği dolayısıyla doğal yayılış alanı dışında ve özellikle de kurak bölge ağaçlandırmalarında en çok tercih edilen türlerimizden birisidir. Bununla birlikte yapılan araştırmalar toprak derinliğinin karaçamın büyümesi üzerinde çok etkili olduğunu göstermiştir (Kalıpsız 1963; Güner ve ark., 2016). Bu çalışmanın da yapıldığı Elazığ yöresindeki karaçam ağaçlandırmalarında, Erkan (1996) tarafından da tespit edildiği üzere, marjinal sayılabilecek, eğimli ve erozyona maruz kalmış sahalarda fidan tutma başarısı düşük olmakta ve ağaçlandırmadan beklenen fayda sağlanamamaktadır. Bu nedenle karaçam ağaçlandırmaları için yer seçiminde, türün diğer ekolojik isteklerine de bağlı olarak, derin topraklı yerlerin tercih edilmesi gerek tutma başarısı ve gerekse büyüme performansı bakımından önem arz etmektedir. Benzer sonuçlar Tunçtaner ve ark. (2007) tarafından elde edilmiş ve Bartın yöresinde karaçam ile yapılan ağaçlandırmalarda fidan tutma başarısının düşük olduğu ancak fidan tutmasının başarılı olduğu yerlerde ise büyüme performansının tatmin edici düzeyde olduğu ifade edilerek ağaçlandırma için türe uygun yetiştirme ortamı seçimine önem verilmesi önerilmiştir. Yine Özkan (2004) karaçamın yayılışı ile pek derin topraklar, şist ve ofiyolit anakayaları arasında önemli pozitif ilişkiler tespit etmiş, Güner ve ark. (2016)'da karaçamın gnays, mikaşist, serisit şist, talk şist ve siyah mermer anakayalar üzerinde oluşmuş derin topraklarda daha iyi gelişim gösterdiğini bildirmişlerdir.

Ağaçlandırma başarısı her ne kadar kendisinden beklenen işleve göre farklılık gösterecek olsa da ağaçlandırma ile oluşan meşcereye ait hasılat değerlerinin (orta çap, orta boy, birim alandaki göğüs yüzeyi ve hacim) büyüklük ölçüsü, söz konusu işlevlerin etkin bir şekilde yerine getirilmesi bakımından önem arz etmektedir. Çalışmamızdan elde edilen bulgular, sedir ve karaçam ile Elazığ ve Malatya çevresinde yaklaşık 50 yıl önce yapılmış ağaçlandırmaların uzun dönemli büyüme performansları ve yaşayan canlı biyoküttele biriken karbon miktarlarının ağaç türüne ve bonitete göre değiştiğini göstermiştir. Büyüme performansının en önemli göstergelerinden olan bonitet derecesi ve

endeksi bakımından değerlendirildiğinde; sedirin doğal ormanları için hazırlanmış bonitet dereceleri ile karşılaştırıldığında çalışma alanındaki bonitetlerin orta bonitete, yani II. bonitete karşılık geldiği görülmektedir. Karaçam için durum değerlendirildiğinde ise ülke düzeyinde bulunan ağaçlandırma alanları için Mısır (2003) tarafından hazırlanmış bonitet dereceleri dikkate alındığında her üç bonitetten de alan bulunduğu görülmektedir (Tablo 1). Özellikle 30 nolu karaçam deneme alanı bulguları dikkat çekici niteliktedir. Söz konusu deneme alanının alındığı Pütürge ağaçlandırma sahaları derin ve geçirgen topraklar üzerinde kurulmuş olması bu tür ile verilen literatür bilgisi ile örtüşmektedir (Kalıpsız, 1963). Bu deneme alanı bulguları yıllık ortalama hacim artımı ve genel hacim verimi bakımından diğer deneme alanlarından belirgin bir şekilde farklılık göstermektedir. Bu durum, ibrelili türlerle yarı-nemli ve yarı-kurak bölge ağaçlandırmalarının yapılmasında dikkate alınması gereken önemli bir bilgidir. Benzer şekilde Karataş ve Özkan (2017) sedir ağaçlandırmalarında yaptıkları çalışmada üst boy değerleri ile fizyografik yetiştirme ortamı faktörlerinden yamaç konumu arasında önemli ilişki bulmuşlar ve sedir ağaçlandırmalarında önceliğin orta yamaç, alt yamaç ve taban arazilere verilmesini önermişlerdir. Yarı-kurak ve yarı-nemli alanlarda yapılan ağaçlandırmaların kendilerinden beklenen işlevi yerine getirebilmeleri için yüksek büyüme performansı sergilemeleri, bunun için de derin ve geçirgen topraklara sahip alanların tercih edilmesi gerekmektedir. Diğer yandan, türlerin doğal yetiştirme ortamı dışında yapılan ağaçlandırmaları ile ilgili politika belirlerken başta iklim ekstremeleri ve diğer doğal olaylar nedeni ile uzun dönemdeki başarının gözlenmesi daha isabetli olacaktır (Akgül ve Yılmaz, 1987). Bu çalışma ile elde edilen sonuçlar bu bakımdan da önem taşımaktadır.

Çalışmamızda hektardaki toplam gövde hacmi, ortalama 47 yaşında olan sedir deneme alanlarında 105,3 - 178,6 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> aralığında ve ortalama 49 yaşında olan karaçam deneme alanlarında ise 208,2 - 525,6 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> aralığında hesaplanmıştır. Polat ve ark. (2014) da sedir ve karaçamın doğal yetiştirme ortamı içinde kalan Mersin-Kadıncık Havzası'nda bu türlerle yapılan ağaçlandırmalarındaki araştırmalarında 38 yaşındaki sedir+karaçam karışık ağaçlandırma alanlarında hektardaki gövde hacmini 91,25 - 264,82 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> aralığında, saf karaçam ağaçlandırmalarında ise 113,82 - 250,53 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> aralığında bulmuşlardır. Bu kıyaslamadan, gerek sedir ve gerekse karaçam ağaçlandırmalarındaki büyüme performansının doğal yetiştirme ortamlarından daha düşük olmadığı görülmektedir. Ayrıca Pütürge deneme alanı için bu değer 525,6 m<sup>3</sup>

ha<sup>-1</sup> gibi oldukça yüksek olarak hesaplanmıştır. Bu durum Pütürge ağaçlandırma alanındaki yetişme ortamı faktörlerinden özellikle toprak koşullarının uygun olması ile açıklanabilir. Nitekim karaçam derin topraklarda hızlı büyümektedir (Kalıpsız, 1963). Ağaçlandırma alanları için tür seçiminde, özellikle sedir ve karaçam arasında bir tercihin yapılması söz konusu olduğunda toprak derinliği dikkate alınması gereken önemli etkenlerden birisidir.

Sedir deneme alanlarındaki hasılat değerleri doğal sedir ormanları için hazırlanmış hasılat tablosu (Evcimen, 1963) değerleri ile karşılaştırıldığında; 3 deneme alanının 47 yaş için 3,16 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> yıl<sup>-1</sup> olan yıllık ortalama artımların ortalaması hasılat tablosunun 50 yaş için IV. bonitet (beşli sınıflamaya göre) değerine (3,90 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> yıl<sup>-1</sup>) yakın olduğu gözlenmektedir. Genel hacim verimi de benzer şekilde deneme alanları ortalamasının (147,53 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) hasılat tablosunda IV. bonitet değerine (196,00 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) daha yakındır. Bu sonuçlara göre sedir deneme alanlarındaki büyüme performansı doğal ormanlardakinin IV. bonitetine karşılık gelmektedir. Sedir için daha sonradan Aydın (2008) tarafından hazırlanmış bonitet tablosu dikkate alındığında ise deneme alanlarının üçlü sınıflamaya göre II. sınıfa girdiği (Tablo 1) görülmektedir. Bu değerlendirmeler ışığında çalışmamıza konu sedir ağaçlandırma sahalarının yetişme ortamı koşullarına da bağlı olarak doğal ormanların verim gücünün ortalamasına yakın veya biraz altında bir performansla sahip olduğu söylenebilir.

Benzer karşılaştırma karaçam için yapıldığında 4 deneme alanında 49 yaş için 6,54 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> yıl<sup>-1</sup> olarak hesaplanan yıllık ortalama artımlar ortalamasının doğal ormanlar için düzenlenmiş hasılat tablosunda (Kalıpsız, 1963) 50 yaş için III. bonitet değerine (6,60 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> yıl<sup>-1</sup>) yakın olduğu, yine deneme alanları için hesaplanan genel hacim verimi ortalamasının da (310,75 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) hasılat tablosunda 50 yaş için 329,00 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> olan III. bonitet değerine yakın olduğu görülmektedir. Bu değerler ile çalışmamızın yapıldığı alanların karaçam doğal ormanları verim gücü dikkate alındığında ortalama bir verime (bonitet tablosunda III. bonitet) sahip olduğu görülmektedir. Benzer karşılaştırma Mısır (2003) tarafından karaçam ağaçlandırma ormanları için hazırlanan hasılat tablosu ve bonitet tablosu (üç sınıflı) ile yapıldığında, deneme alanlarının her üç sınıfa da girdiği görülmektedir (Tablo 1).

Deneme alanlarının alındığı ağaçlandırma alanları yıllık karbon birikimi anlamında önemli işlev gördüğü anlaşılmaktadır. Yaşları 45-51 yıl aralığında değişen sedir ve karaçam ağaçlandırma alanlarında, ortalama artıma da bağlı olarak, buldukları yaşları itibarıyla, 1,056 - 4,492 t ha<sup>-1</sup>

yıl<sup>-1</sup> karbon tuttukları ortaya konmuştur (Tablo 2). Bu anlamda karaçam ağaçlandırmalarının sedir ağaçlandırmalarına göre üstünlük sağladığı görülmektedir.

## Teşekkür

Bu çalışma Orman Genel Müdürlüğü tarafından desteklenmiştir.

## Kaynakça

Akgül, E., Yılmaz, A., 1987. Doğal yayılış alanları dışında yapılan ağaçlandırmalarda yörenin ekolojik özellikleri ile Toros Sedirinin (*Cedrus libani* A. Richard) gelişimi arasındaki ilişkiler, OAE Teknik Bülten Serisi No: 188, Ankara

Atalay, İ., 1987. Sedir ormanlarının yayılış gösterdiği alanlar ve yakın çevresinin genel ekolojik özellikleri ile Sedir tohum transfer rejyonlaması, Orman Genel Müdürlüğü yayını No: 663, Ankara

Ayan, S., Yer, E. N., Gülseven, O., 2017. Türkiye'deki Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) ağaçlandırma sahalarının iklim tipi açısından değerlendirilmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 18(2): 152-161.

Aydın, A.C., 2008. Antalya İli Sedir ormanlarında polimorfik yöntemle meşcere verim gücünün saptanması, KTU Fen Bilimleri Enstitüsü, Y. Lisans Tezi, Trabzon

Bariteau, M., Ferandes, P., 1990. L'Amelioration des Cedrus en France. In: Proceedings of the International Cedar Symposium, (October 22-27, 1990), Antalya, Ormançılık Araş. Ens. Muhtelif Yayınlar, 59: 366-378, Ankara

Boydak, M., 2003. Regeneration of Lebanon cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) on karstic lands in Turkey. *Forest ecology and management*, 178(3):231-243.

Boydak, M., 2014. Toros Sedirinin ekolojisi, doğal geliştirilmesi ve bu türle karstik alan ağaçlandırmaları, I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, "Akdeniz Ormanlarının Geleceği: Sürdürülebilir Toplum ve Çevre" kitapçığı, S: 22-24, Isparta

Çalışkan, S., Boydak, M., 2017. Afforestation of arid and semiarid ecosystems in Turkey, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 41(5): 317-330.

Çepel, N., 1978. Orman Ekolojisi, Ders kitabı, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 257, İstanbul

Güner, Ş.T., Çömez, A., Özkan, K., Karataş, R., Çelik, N., 2016. Türkiye'deki karaçam ağaçlandırmalarının verimlilik modellemesi, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 66(1): 159-172, doi:10.17099/jf-fiu.18731

Güner, Ş.T., Çömez, A., 2017. Biomass equations and changes in carbon stock in afforested black pine (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe)



- stands in Turkey, *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(3): 2368-2379.
- Erkan, N., 1997. Elazığ ve çevresindeki karaçam ağaçlandırmaları için hacim tablosu, *Güneydoğu Anadolu Ormanlık Araştırma Müdürlüğü Dergisi*, 1: 61-72.
- Erkan, N., 1998. Elazığ yöresindeki Sedir ve Karaçam ağaçlandırmalarında büyüme analizleri, *Güneydoğu Anadolu Ormanlık Araştırma Müdürlüğü, Teknik Bülten No:3*, 44 p., Elazığ
- Erkan, N., 2006. Sedir ve Karaçamın doğal yetiştirme ortamı dışında yapılan bazı ağaçlandırma alanlarındaki gelişme durumları, Kurak ve Yarı Kurak Bölge Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Uygulamalarının Değerlendirilmesi Çalıştayı, *Bildiriler Kitabı*, S.144-156, Nevşehir
- Evcimen, B.S., 1963. Türkiye’de Sedir ormanlarının ekonomik önemi, hasılat ve amenajman esasları, *Orman Genel Müdürlüğü Yayını*, No: 355 (16), Ankara
- IPCC, 2006. IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories guidelines for national greenhouse gas inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, In: IGES, Japan (Eds.: Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T and Tanabe K). <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index> (Erişim tarihi: 15 Aralık 2019)
- Kalıpsız, A., 1963. Türkiye’de Karaçam meşcerelerinin tabii bünyesi ve verim kudreti üzerine araştırmalar, *Orman Genel Müdürlüğü Yayın No:349(8)*. 141 p., İstanbul
- Kantarıcı, M.D., 1990. Türkiye’de Sedir ormanlarının yayılış alanlarında ekolojik ilişkiler. Uluslararası Sedir Sempozyumu (22-27 Ekim 1990, Antalya) kitapçığı, *Ormanlık Araştırma Enstitüsü Muhtelif Yayın No: 59:12-25*, Ankara
- Karataş, R., Çömez, A., Güner, Ş.T., 2017. Sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) ağaçlandırma alanlarında karbon stoklarının belirlenmesi. *Ormanlık Araştırma Dergisi*, 4(2): 107-120.
- Karataş, R., Özkan, K., 2017. Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) ağaçlandırmalarının gelişimi ile yetiştirme ortamı özellikleri arasındaki ilişkiler. *Ormanlık Araştırma Dergisi* A, 4(1): 12-21.
- Kayacık, H., 1980. Orman ve park ağaçlarının özel sistematiği: GYMNOSPERMAE İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 281, İstanbul
- Mayer, H., Sevim, M., 1959. Lübnan Sediri, Lübnan’daki 5000 yıllık tahribatı, Anadolu’da bugünkü yayılış sahası ve bu ağaç türünün Alplere tekrar getirilmesi hakkında düşünceler (Çeviren: Necmettin Çepel). *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri B, Cilt XI, Sayı II: 111-142, İstanbul
- MGM, 2019. <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=ELAZIG> (Erişim tarihi: 8 Aralık 2019)
- Mısır, N., 2003. Karaçam ağaçlandırmalarına ilişkin büyüme modelleri, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon
- Özkan, K., 2004. Beyşehir Gölü Havzası’nda Anadolu Karaçamının (*Pinus nigra* Arnold) yayılışı ile fizyografik yetiştirme ortamı faktörleri arasındaki ilişkiler. *S.D.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Seri: A, Sayı: 2: 30-47
- Polat, S., Polat, O., Kantaracı, M.D., Tüfekçi, S., Aksoy, Y., 2014. Mersin-Kadıncık Havzası’ndaki Sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) ve Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) ağaçlandırmalarının boy gelişimi ile bazı yetiştirme ortamı özellikleri arasındaki ilişkiler, *Ormanlık Araştırma Dergisi*, 1:1, 22-37
- Saatçioğlu, F., 1976. Silvikültür I. (Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri), İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No:2187/222, İstanbul
- Saatçioğlu, F., 1969. Silvikültür I, Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, 323s, İstanbul
- Tunçtaner, K., Özel, H.B., Ertekin, M., 2007. Bartın yöresindeki ağaçlandırma alanlarında kullanılan yerli ve yabancı türlerin adaptasyon yetenekleri üzerine araştırmalar, *ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 9 :11, 11-25
- Uygun, A. ve Solakoğlu, E., 2002. Pütürge (Malatya) masifindekl plrofillit yataklarının jeolojisi ve kökeni, *MTA Dergisi* 123-124: 13-19, Ankara