

İç Anadolu Bölgesindeki karaçam ağaçlandırmalarının odunsu tür ve taksonomik çeşitliliği

Woody species and taxonomic diversity of black pine plantations in the Inner Anatolian Region

Şükrü Teoman GÜNER¹

Münevver ARSLAN²

Kürşad ÖZKAN³

Aydın ÇÖMEZ⁴

Rıza KARATAŞ²

Nejat ÇELİK²

¹ Bartın Üniversitesi, Ulus Meslek Yüksekokulu, Ormanlık Bölümü, Bartın

² Orman Toprak ve Ekoloji Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Eskişehir

³ Sparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Orman Fakültesi, Sparta

⁴ Batı Karadeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Bolu

Sorumlu yazar (Corresponding author)

Münevver ARSLAN

munevverarslan@ogm.gov.tr

Geliş tarihi (Received)

20.05.2021

Kabul Tarihi (Accepted)

16.07.2021

Sorumlu editör (Corresponding editor)

Sevda POLAT

sevdapolat@ogm.gov.tr

Atıf (To cite this article): Güner, Ş , Arslan, M , Özkan, K , Çömez, A , Karataş, R , Çelik, N . (2022). İç Anadolu Bölgesindeki karaçam ağaçlandırmalarının odunsu tür ve taksonomik çeşitliliği . Ormanlık Araştırma Dergisi , 9 (1) , 1-11 . DOI: 10.17568/ogmoad.939783

Öz

Bu çalışmada, İç Anadolu Bölgesi'ndeki Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) ağaçlandırmalarının yetişme ortamı özellikleri ve bonitet sınıfları ile odunsu bitki çeşitliliği (tür çeşitliliği, taksonomik çeşitliliği) arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Çalışmada 90 örnek alana ait yetişme ortamı faktörleri ile 38 bitki türü verileri kullanılmıştır. Örnek alanlar iyi bonitet (A) ve kötü bonitet (B) olmak üzere iki sınıfa ayrılmıştır. Tür çeşitliliği, Shannon indisi H ile belirlenmiştir. Taksonomik çeşitlik hesabında ağırlıklı ve ağırlıksız taksonomik çeşitlilik (To , uTo) ile taksonomik mesafe (To^+ , uTo^+) indisleri kullanılmıştır. Shannon İndisi (H) ile bonitet sınıfı, eğim, yükselti, faydalanılabilir su kapasitesi, organik karbon ve yıllık yağış arasında pozitif; yıllık ortalama sıcaklık ve boylam arasında ise negatif ilişkiler belirlenmiştir. Taksonomik çeşitlilik, taksonomik mesafe ve tür çeşitliliği bakımından bonitet sınıfları arasında önemli farklılıklar belirlenmiştir. Taksonomik çeşitlilik ve tür çeşitliliği karaçamın verimli olduğu alanlarda daha yüksek bulunmuştur. Karaçam ağaçlandırma alanlarında en sık rastlanan taksonlar, az sayıda benzer cins ve familyaya bağlıdır. Bu durumun taksonomik çeşitlilikte azalma ve taksonomik mesafede daralmaya neden olabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bonitet sınıfı, çevresel faktörler, Shannon İndisi, taksonomik çeşitlilik, taksonomik mesafe

Abstract

The present study was carried out to examine the relationships between the site factors and site classes of Anatolian black pine (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) plantations and woody plant diversity (species diversity and taxonomic diversity) in the Inner Anatolian Region. In this study, site factors and 38 plant species data taken from 90 sample plots were evaluated. The sample plots were divided into 2 categories (i.e. productive (A) and unproductive (B)). Species diversity was estimated using Shannon index (H). For estimation of taxonomic diversity, weighted and unweighted taxonomic diversity (To , uTo), and taxonomic distinctness (To^+ , uTo^+) indices were employed. Shannon (H) is positively associated with site class, slope, elevation, available water capacity, organic carbon and annual precipitation and negatively associated with mean annual temperature and longitude. In terms of taxonomic diversity, taxonomic distinctness and species diversity, significant differences were found among the site classes. In comparison with unproductive sites of black pine, its productive sites are richer in taxonomic diversity and species diversity. The most common taxa gather in a few of similar genera and families in the afforestation areas. This situation may probably be due to reduction in taxonomic diversity and restriction in taxonomic distinctness.

Keywords: Environmental factors, Shannon indices, site class, taxonomic distinctness, taxonomic diversity



Creative Commons Atıf -
Türetilemez 4.0 Uluslararası
Lisansı ile lisanslanmıştır.

1. Giriş

Kurak ve yarı kurak bölgelerdeki ekosistemler, ekstrem koşullar, yetersiz yağış, yüksek sıcaklık, sığ ve organik maddece fakir topraklar ve benzeri sebeplerle oldukça kırılgandır (Çalışkan ve Boydak, 2017). Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesi'nde yarı kurak iklim koşulları hakimdir (Akman, 1999). Bu hassas ekosistemlerdeki orman alanları çeşitli insan faaliyetleri sonucunda (tarım ve hayvancılık, yerleşme, barınma ve yakacak odun temini vb.) tahrip edilmiştir (Kahveci, 2017; Çalışkan ve Boydak, 2017). Nitekim, Türkiye'de insan yerleşiminden önce tahminen 50 milyon ha olan orman alanı (Ürgenç, 1998), 2012 yılına kadar geçen sürede 21,7 milyon hektara düşmüştür (Boydak ve Çalışkan, 2014).

Türkiye'de orman alanlarının iyileştirilmesi ve geçmişte orman vasfındaki alanların tekrar ağaçlandırma yoluyla orman alanlarına dönüştürme çalışmaları hızlı bir şekilde devam etmektedir. Derin kök sistemi oluşturan ve kanaatkâr bir tür olan Anadolu karaçamı [*Pinus nigra* J.F. Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Asch. & Graebn.], kurak ve yarı kurak alanların ağaçlandırılmasında en çok kullanılan ağaç türlerinden biridir (Ürgenç, 1998; Güner ve ark., 2016).

Ağaçlandırma çalışmalarının tür çeşitliliğini azalttığı konusundaki tartışmalar günümüzde de hâlâ devam etmektedir. Bazı araştırmacılar doğal tür çeşitliliğinin sürdürülebilirliği ve korunması açısından doğal orman kalıntılarının veya türlerinin korunarak ağaçlandırmanın uygun olduğunu savunurken (Heinrichs ve ark., 2018), ağaçlandırmanın tür çeşitliliğini azalttığını ortaya koyan çalışmalar da mevcuttur (Andrés ve Ojeda, 2002; Alrababah ve ark., 2007; Braun, 2015). Ancak, dikim ve ekim yoluyla ağaçlandırmanın, bozulmuş arazilerde yeni ormanların kurulması, kurak ve yarı kurak ekosistemlerde bozulmuş ormanların restorasyonu için temel bir araç olduğu da bir gerçektir (Çalışkan ve Boydak, 2017).

Yapılan araştırmalara göre ağaçlandırmanın tür çeşitliliği üzerindeki etkisi, ağaç türüne, kapallılığa, yetişme ortamına, ağaçlandırmanın yaşına ve ağaçlandırma yapılmadan önceki vejetasyonun durumuna göre farklılık göstermektedir (Carnus ve ark., 2006; Paillet ve ark., 2010; Duan ve ark., 2009; Bremer ve Farley, 2010; Chen ve ark., 2016; Guzmán-Mendoza ve ark., 2020). Ancak toprak koruma ve bozulmuş ormanların iyileştirilmesinde ağaçlandırmanın gerekliliği de ortadadır.

Taksonomik çeşitlilik, türlerin morfolojik veya fonksiyonel özelliklerine ve taksonomik ayırımına

(cins, familya, takım, sınıf, alem) dayanmaktadır. Türlerin taksonomik özelliklerine sayısal değerler verilmek suretiyle yapılabildiği gibi türlerin var/yok, bolluk ve frekans verilerinin dahil edilmesiyle de taksonomik çeşitlilik hesaplamaları yapılabilmektedir. Taksonomik çeşitlik türlerin taksonomik sınıflandırılmasına dayandırıldığında aynı zamanda genetik özelliklerini de yansıtmaktadır. Genetik çeşitlilik ise ekosistem çeşitliliğinin belirlenmesinde tür çeşitliliği, yapısal çeşitlilik ve fonksiyonel çeşitlilik indisleri gibi belirlenmesi gerekli bileşenlerden biridir (Özkan, 2010).

Tür çeşitliliği ve ekosistem işlevi arasındaki ilişki, dünya çapındaki tür kaybıyla birleştiğinde, dikkate değer bir konu haline gelmiştir (Zhang ve Zhang, 2002). Verimlilik, ekosistem işlevlerini değerlendirmek için kullanılan önemli yöntemlerden biridir (Tilman, 1999). Bu nedenle bitki-tür çeşitliliği ile ekosistem işlevi arasındaki ilişkinin daha iyi bilinmesi, tüm ekosistemlerin anlaşılmasına yardımcı olacaktır (Wang ve ark., 2009).

Daha önce Türkiye'de karaçam ağaçlandırma alanlarında taksonomik çeşitlilik/mesafe indislerine yönelik bir çalışmaya rastlanılamamıştır. Yetişme ortamının verimliliği bitki tür çeşitliliği üzerinde etkili olan faktörlerden biridir (Güner ve ark., 2011). Bu çalışmada İç Anadolu Bölgesi'ndeki Anadolu karaçamı ağaçlandırmalarında taksonomik çeşitliliğin/ mesafenin, bonitet sınıfına göre farklılıkları belirlenmeye çalışılmıştır. Aynı zamanda bu çeşitlilik bileşenleri ile çevresel (edafik, fizyografik ve iklim) faktörler arasındaki ilişkiler de ortaya konulmuştur. Ayrıca ağaçlandırmaların tür ve taksonomik çeşitlilik/mesafe üzerindeki etkilerini ortaya koymak amacıyla farklı ülkelerde yapılan çalışmalarla konunun daha iyi değerlendirilmesi sağlanmaya çalışılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Örnek alanlar, İç Anadolu Bölgesi'nde yer alan Eskişehir ve Afyonkarahisar illerinde 838 – 1700 metre yükseltiler arasındaki ağaç katı kapallılığı oluşmuş karaçam ağaçlandırma alanlarından alınmıştır. Örnek alanlar, genel olarak ağaç katı kapallılığının %85 civarında olduğu yerlerden seçilmiştir. Ağaç katı kapallılığı subjektif olarak tahmin edilmiştir. Çalışma üç farklı verim sınıfında (I., II. ve III. bonitet) bulunan 90 örnek alanda yürütülmüştür. Örnek alanlar, 15 ağacı kapsayacak şekilde 10 × 10 m veya 10 × 20 m büyüklüğünde alınmıştır. Odunsu taksonlara (çalı, ağaççık ve ağaç) ait ölçümler Braun-Blanquet (1932) skalasına göre belirlenmiştir. Bitki örneklerinin teşhisi için Herbaryum tekniklerine uygun şekilde bitki örnekleri alınıp kurutulmuştur. Örnek alanlarda fizyografik

faktörlerden yükselti (m), eğim (%) ve bakı (°) arazide belirlenmiştir. Yamaç konumu, sayısal harita üzerinde yamaç uzunluğunun yüzde oranı (Zech ve Çepel, 1972) şeklinde hesaplanmıştır. Her örnek alanda açılan toprak çukurunda, mineral toprak horizonlarına ayrılmış ve ayrılan horizonlardan 1 litrelik silindir ile toprak örnekleri alınmıştır. Yetiştirme ortamının verimliliği bitki tür çeşitliliği üzerinde etkili olan faktörlerden biridir. Bu çalışmada özellikle taksonomik çeşitlilikle verimlilik (bonitet sınıfı) arasındaki ilişkileri belirlemek için meşcere üst boyuna sahip beş ağaçta yaş ve boy ölçümleri yapılmıştır.

2.1. Laboratuvar ve büro çalışmaları

Toprak örnekleri hava kurusu haline getirildikten sonra porselen havanda öğütülmüş ve daha sonra 2 mm'lik elekten geçirilmiştir. Toprak reaksiyonu (pH) 1:2,5 oranında saf suyla muamele edilmiş ve cam elektrotlu pH metre ile ölçülmüştür. Organik karbon (Corg) Wakley-Black ıslak yakma metoduyla (Gülçur, 1974) belirlenmiştir. Faydalanılabilir su kapasitesi (FSK) tarla kapasitesi (1/3 atmosfer) ve solma noktasındaki (15 atmosfer) rutubet içerikleri arasındaki fark ile hesaplanmıştır (Çepel, 1985). Toprak tuzluluğu (EC) saf su ile (1 toprak/2,5 saf su) doyurulan toprak örneğinde 25°C'deki elektrik iletkenliği miliSiemens/cm olarak ölçülmüştür (Jackson, 1962). Toplam kireç Scheibler kalsimetre ile tayin edilmiştir (Gülçur, 1974). Alınabilir fosfor (P) alkalin reaksiyonlu topraklarda Olsen Metodu, asit reaksiyonlu topraklarda Modifiye Bray ve Kurtz No.1 Metodu ile analiz edilmiştir (Ülgen ve Ateşalp, 1972). Topraklardaki K, Na, Ca ve Mg tayini amonyum asetat metodu ile yapılmıştır (Kacar, 1994). Katyon değişim kapasitesi (KDK) sodyum asetat metodu ile belirlenmiştir (Chapman ve Pratt, 1982; Karaöz, 1990).

Bitki örnekleri, Türkiye Florasından yararlanılarak teşhis edilmiştir (Davis, 1965-1982).

2.2. Değerlendirme ve sayısal analizler

Karaçam ağaçlandırma alanları için hazırlanan hasılat tablosundan (Yavuz ve ark., 2004) yararlanılarak örnek alanların bonitet sınıfı belirlenmiştir. İstatistiksel değerlendirme yapılmadan önce I. ve II. bonitet sınıfındaki örnek alanlar iyi bonitet, III. bonitet sınıfındaki örnek alanlar ise kötü bonitet sınıfında değerlendirilmiştir.

Toprak örneklerinin birim hacimdeki değerleri mutlak derinliğe (B horizonunun alt sınırı) göre değerlendirilmiştir. Bakı, radyasyon indisine (RT) dönüştürülerek (Moisen ve Frescino, 2002) sayısal analizlerde kullanılmıştır. Tür çeşitliliği ve takso-

nomik çeşitlilik/mesafe hesaplamalarına karaçam haricinde ağaçlandırma sonrası alanda bulunan odunsu türlere ait değerler hesaplamalarda kullanılmıştır. Karaçamın örtme yüzdesi tüm örnek alanlarda aynı olduğundan, ayrıca bazı örnek alanlarda taksonomik mesafeyi yapay olarak artırılması açısından sayısal analizlere dâhil edilmemiştir.

Tür çeşitliliği hesaplamaları için vejetasyon tablosundaki bolluk-örtüş değerleri 0-7 aralığındaki değerlere ($r = 1, + = 2, 1 = 3, 2 = 4, 3 = 5, 4 = 6, 5 = 7$) çevrilerek sayısallaştırılmıştır (Van der Maarel, 1979). Bitki tür çeşitliliğinin belirlenmesinde Shannon indisi (H) kullanılmıştır (Shannon, 1948; Özkan, 2016).

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i \quad (1)$$

Eşitlikte S tür sayısını ve p_i türlerin oransal değerlerini ifade etmektedir. Shannon indisine ait hesaplamalar, Biyolojik Çeşitlilik Bileşen (Biçeb) Hesaplama Yazılımında gerçekleştirilmiştir (Özkan ve ark., 2020).

Taksonomik çeşitlilik ve taksonomik mesafe hesabında Özkan (2018) tarafından geliştirilen indisler kullanılmıştır. Bu indislerin çekirdek eşitliği Deng Entropisi'dir. Deng entropisi (Ed) aşağıda gösterilen eşitlik ile belirlenmiştir (Deng, 2016).

$$Ed = - \sum_i m(F_i) \ln \frac{m(F_i)}{2^{|F_i|} - 1} \quad (2)$$

Eşitlikte bulunan F_i kütle fonksiyonunun m oransal değeridir. $|F_i|$ ise F_i 'nin eleman sayısını ifade etmektedir.

Taksonomik çeşitlilik dilimleme esasına dayandığı için $m(F_i)$ 'nin hesabı aşağıdaki eşitliğe denk gelmektedir.

$$m(F_i) = m(F_k)^0 / \sum m(F_k)^0 \quad (3)$$

Burada $\sum m(F_k)^0$ ilgili adımda arda kalan tür sayıdır. $m(F_k)^0 = 1$ ve ilk adımda $\sum m(F_k)^0 = S$ olup, S örnek alandaki toplam tür sayısını ifade etmektedir.

Deng entropisi Linnean taksonomik sistemine göre her bir seviye için hesaplanmaktadır. Bu durumda $Ed_s, Ed_G, Ed_F, Ed_O, Ed_C, Ed_P$ ve Ed_K sırasıyla tür (S), cins (G), familya (F), takım (O), sınıf (C), şube (P) ve alem (K) seviyelerindeki Deng entropi değerlerini temsil etmektedir. Deng entropisi tür seviyesinde Shannon entropisine eşit olur ($Ed_s = H$). Çünkü tür seviyesinde kanaat sadece tek element-

lere göre ya da her bir tür için atanmaktadır. Diğer bir deyişle bütün elementlerin (türlerin) oransal veya sayısal değerleri tür seviyesinde bilinmektedir. Deng entropisine dayalı taksonomik çeşitlilik ölçümü (pTo) aşağıda verilen eşitlik ile hesaplanmaktadır.

$$pTo = \ln \left(\frac{\sum_{n_k=0}^{n_s} (n_s - n_k) \left(\prod_{i=1}^{i=7} \left(w_i \left(\frac{e^{Ed_s}}{e^{Ed_i}} + 1 \right) \right) \right)}{n_s + \sum n_k} \right) \quad (4)$$

Eşitlikte $e = 2,71828$ olan sayısal sabiteyi ifade etmektedir, n_s adım sayısını ve n_k , k . adımı ifade etmektedir. i taksonomik seviyelerin sıra numarasıdır ve w_i ağırlıklandırılmış değerleri ifade etmektedir.

pTo taksonomik çeşitlilik ölçümünün genel göstergisidir. Eğer w_i tür seviyesinden alem seviyesine kadar artan bir değer alıyor ise (tür seviyesinde $w_i = 1$ alem seviyesine $w_i = 7$) o zaman pTo , ağırlıklandırılmış taksonomik çeşitlilik ölçümünü (To) eğer tüm taksonomik seviyelerde sabit ise pTo , ağırlıksız taksonomik çeşitlilik ölçümünü (uTo) ifade etmektedir.

Taksonomik mesafe ölçümünde (pTo^+) türlerin var/yok verileri kullanılmaktadır.

$$pTo^+ = \ln \left(\prod_{i=1}^{i=7} \left(w_i \left(\frac{e^{Ed_s}}{e^{Ed_i}} + 1 \right) \right) \right) \quad (5)$$

Eşitlik 5, eşitlik 4'te verilen taksonomik çeşitlilik ölçümünün (pTo) temelidir. Zira $n_s = 1$ ve $nk = 0$ durumunda eşitlik 4 (pTo) eşitlik 5' e (pTo^+) indirgenmektedir. pTo^+ tür seviyesinden alem seviyesine kadar artan bir değer alıyor ise ağırlıklandırılmış taksonomik mesafe (To^+) eğer bütün taksonomik seviyeler için $w_i = 1$ ise ağırlıklandırılmamış taksonomik mesafe (uTo^+) olarak isimlendirilir (Özkan, 2018).

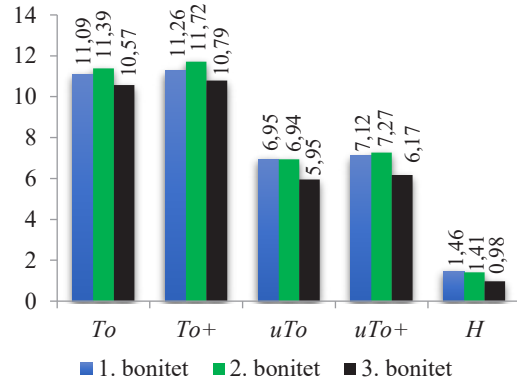
To , uTo , To^+ ve uTo^+ ölçümlerinin hesaplanması Özkan ve ark. (2018) tarafından "Macrotak-divozkan" ismi altında geliştirilen bir makro program aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. ve hesaplamaları yapılmadan önce türlerin bolluk-örtüş değerleri Van der Maarel (1979)'in skalasına çevrilerek sayısallaştırılmıştır. To^+ ve uTo^+ hesaplarında ise daha önceden bahsedildiği üzere türlerin var/yok verileri kullanılmıştır.

H , taksonomik çeşitlilik ve taksonomik mesafe ile çevresel değişkenler arasındaki ilişkiler korelasyon analizi ile belirlenmiştir. Bonitet sınıfları (iyi bonitet ve kötü bonitet) ile taksonomik çeşitlilik, taksonomik mesafe ve tür çeşitliliği arasındaki farklı-

lıklar normal dağılım göstermediğinden T testinin alternatifi olan Mann-Whitney Testi ile analiz edilmiştir (Özdamar, 2009).

3. Bulgular ve Tartışma

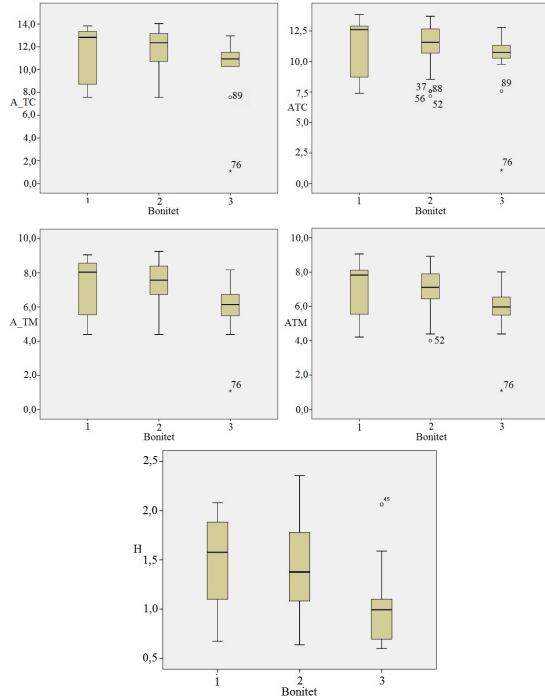
Çalışma sonucunda karaçam ağaçlandırma alanlarında 38 farklı odunsu takson tespit edilmiştir (Ek 1). Ağaçlandırma sahalarında tespit edilen 3 bonitet sınıfına göre tür çeşitliliği (H), ağırlıklı taksonomik çeşitlilik (To), ağırlıksız taksonomik çeşitlilik (uTo), ağırlıklı taksonomik mesafe (To^+) ve ağırlıklandırılmamış taksonomik mesafe (uTo^+) sonuçları Şekil 1 ve Şekil 2'de verilmiştir. En yüksek taksonomik çeşitlilik II. bonitet ve I. bonitet sınıfında tespit edilmiştir. En düşük taksonomik çeşitlilik ise III. bonitet sınıfında bulunmuştur. En yüksek ortalama tür çeşitliliği (H) 1,46 değeriyle I. bonitette, en düşük ortalama tür çeşitliliği 0,98 değeri ile III. bonitette belirlenmiştir.



Şekil 1. Bonitet sınıflarına göre tür çeşitliliği ve taksonomik çeşitlilik/mesafe grafiği
Figure 1. Species diversity and taxonomic diversity/distinctness graph by bonitet classes

Örnek alanların tür ve taksonomik çeşitlilik/mesafe indislerine ait sonuçlar Ek 2'deki çizelgede verilmiştir. En yüksek tür çeşitliliği genel olarak iyi bonitet alanlarındadır. Ancak odunsu tür sayısı 2 adet olan tüm örnek alanlar ister iyi bonitet sınıfında, ister kötü bonitet sınıfında olsun tür çeşitliliği de oldukça düşüktür. Bu durum beklenen bir sonuçtur. En yüksek tür çeşitliliği en fazla odunsu türün (12 adet) yer aldığı örnek alanda (53. örnek alan) bulunmuştur. Guzmán-Mendoza ve ark. (2020) Meksika ılıman ormanlarında egzotik ağaç türüyle yapılan ağaçlandırma alanındaki tür zenginliğinin (tür sayısı) doğal orman alanına göre daha fazla olduğunu ancak ağaçlandırma alanında tür zenginliğini artıran, ağaçlandırma yapılmadan önce alanda bulunmayan ancak daha sonra alana gelen yabancı otların ortaya çıkmasını, ekolojik bir fakirleşme olarak nitelemişlerdir. Çalışma alanlarımız ağaç-

landırmalarında kullanılan karaçam, doğal olarak İç Anadolu Bölgesi'nde yayılış göstermektedir. Bunun bir sonucu olarak çalışma alanında tespit edilen odunsu taksonlar, *Robinia pseudoacacia* L. haricinde genel olarak doğal karaçam orman alanlarında bulunan taksonlardan oluşmaktadır. Dolayısıyla karaçam ağaçlandırma alanlarında ekolojik bir fakirleşmenin, en azından odunsu türler açısından görülmediği söylenebilir.



A_ : Ağırlıklandırılmamış; A: Ağırlıklandırılmış; TC: Taksonomik çeşitlilik; TM: taksonomik mesafe; H: Shannon indisi (A_: Unweighted; A: Weighted; TC: Taxonomic diversity; TM: Taxonomic distinctness)

Şekil 2. Bonitet sınıflarına göre tür çeşitliliği, taksonomik çeşitlilik/mesafe kutu grafiği

Figure 2. Species diversity and taxonomic diversity/distinctness box plot by site class

Oğuzoğlu ve ark. (2013)'ün Köprülü Kanyon Tabiat Parkı'nda (Antalya) yaptıkları çalışmada, taksonomik çeşitlilik ile çevresel faktörler arasında yapılan regresyon analizine göre yükselti ile eğrisel bir ilişki bulunurken, aynı alanda taksonomik çeşitliliğin potansiyel dağılım modellemesinde kullanılan regresyon ağacı modelinde ise en yüksek taksonomik çeşitlilik (minimum 3,427 ve maksimum 4,459) değeri 4,214 ile eğimin %81,8'den büyük olduğu örnek alanlarda bulunmuştur (Mert ve Özkan, 2017). Çalışmamızda ağırlıklı taksonomik çeşitlilik (To) ve ağırlıksız taksonomik çeşitlilik (uTo) ile çevresel faktörlerden sadece kötü BS arasında negatif bir ilişki bulunmuştur (Çizelge 1). Taksonomik çeşitliliği etkileyen faktörler yetişme ortamı özelliklerine ve bitki örtüsüne göre farklılık göstermektedir.

İyi bonitet sınıfında uTo değeri daha yüksektir. Ağırlıklı (To^+) ve ağırlıksız taksonomik mesafe (uTo^+) ile BS arasında negatif yönde önemli bir ilişki bulunmuştur. BS değeri arttıkça yani kötü bonitet sınıfında, taksonomik mesafe indis değerleri azalmaktadır. Taksonomik mesafe değerleriyle eğim, organik karbon (Corg) ve faydalanılabilir su kapasitesi (FSK) arasında birbirine benzer pozitif yönde ilişkiler tespit edilmiştir.

Tür çeşitliliği ile çevresel faktörler arasında en yüksek ilişki, eğim ve bonitet sınıfı arasında tespit edilmiştir (Tablo 1). Eğim ve tür çeşitliliği arasında pozitif ilişki varken kötü bonitet sınıfıyla negatif ilişki söz konusudur. Eğimin arttığı örnek alanlarda taksonomik mesafe indis değerleri ve tür sayısı daha fazladır. Dolayısıyla tür sayısının fazla olduğu alanlarda tür çeşitliliği indis değeri de daha yüksektir. Buna bağlı olarak taksonomik mesafe indis değerleri de artmaktadır. Aslında burada eğimin etkisi, düz arazilere göre eğimli arazilerde meşcere içine daha fazla ışığın girmesiyle ilgilidir. Bonitet sınıfı değeri arttıkça (kötü bonitet sınıfı) tür çeşitliliği ve aynı şekilde taksonomik mesafe indislerine ait değerler de azalmaktadır.

Boylam değeri ve sıcaklık ile tür çeşitliliği arasında negatif ilişkiler bulunmuştur. Çalışma alanı, İç Anadolu Bölgesi'nin çevresinde yer alan illerde konumlanmaktadır. İç Anadolu'nun ortasına doğru step vejetasyonunun yer aldığı geniş ovalar bulunmaktadır. Bu bölgenin iç kesimlerine doğru yağış miktarı azalmakta, gündüz sıcaklığı ise artmaktadır. Dolayısıyla İç Anadolu'nun iç kesimlerine doğru boylam ve sıcaklık değerleri de artmakta ve buna bağlı olarak kuraklık da artmaktadır. Bu durum odunsu tür çeşitliliğinde azalmaya neden olabilir. Yükselti, yıllık yağış, faydalanılabilir su kapasitesi ve organik karbon miktarındaki artışa bağlı olarak tür çeşitliliği de artmaktadır. Yükselti artışına bağlı olarak yağış miktarı da artmaktadır. Özellikle kurak ve yarı kurak iklim koşullarında yağış miktarındaki artış yetişme ortamı koşullarını iyileştirmektedir. Bu durum tür çeşitliliğini de artırmıştır.

Alrababah ve ark. (2007) ağaçlandırmanın yarı kurak Akdeniz otlaklarında bitki örtüsünü ve çeşitliliğini önemli ölçüde azalttığını ve bitki örtüsünün yoğun ağaç örtüsü altında çok düşük veya tamamen yok olduğunu vurgulamışlardır. Diğer bir araştırma sonucunda Akdeniz havzası açık fundalıklarının ağaçlandırılması (çam ağaçlandırması) sonucunda odunsu tür çeşitliliğinin fundalık alanlara göre azaldığı sonucuna ulaşılmıştır (Andrés ve Ojeda, 2002). Bremer ve Farley (2010) ağaçlandırmanın otlak biyoçeşitliliği üzerindeki

etkilerini küresel ölçekte değerlendirdikleri makalede, doğal ve yarı doğal otlakların ormanlara dönüştürülmesinin tür zenginliği ve çeşitliliğinde bir azalmaya yol açtığını göstermişlerdir. Paillet ve ark. (2010) Avrupa ölçeğinde yaptıkları değerlendirmeye göre ağaçlandırmalarda tür zenginliğinin doğal ormanlara göre ilk 20 yılda arttığını, ancak sonrasında azaldığını göstermiştir. Şili’de endüstriyel çam plantasyonlarının (ağaçlandırma) kısmen yerli tür zenginliğini koruduğunu ancak doğal ormanlardan tamamen farklı bir topluluk kompozisyonuna sahip olduğu vurgulanmıştır (Heinrichs ve ark., 2018). Çin’de 2600 metredeki meralarda yapılan *Picea crassifolia* Kom. ağaçlandırmalarının tür zenginliğini, tür çeşitliliğini, toprak organik karbonunu, topraktaki N miktarını ve C/N oranını mera alanlarına göre artırdığı, ağaçlandırmanın ileri yaşlarında da bu artışın devam ettiği belirlenmiştir (Chen ve ark., 2016). Chen ve Cao

(2014) ise Çin’de bozulan orman alanında doğal yenilenmeyi sağlamak, tür çeşitliliğini, odun üretimi ile toprak verimliliğini ve suyun yenilenmesini entegre etmek için *Pinus tabulaeformis* Carrière ile yapılan ağaçlandırma alanlarında, düşük meşcere kapalılığının sağlanmasının en uygun müdahale olduğunu vurgulamışlardır. Yine Çin’de Kou ve ark. (2016)’nın yapmış oldukları bir çalışmada, *Robinia pseudoacacia* olgun plantasyonlarının tür zenginliğini azalttığını tespit etmişlerdir. Ancak aynı alanda yapılan çalışmada, odunsu türlerin örtüşündeki azalmayla birlikte tür çeşitliliğinin arttığı sonucuna ulaşılmıştır (Wang ve ark., 2019). Araştırmalara göre ağaçlandırmaların tür çeşitliliği üzerinde olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi açısından ağaçlandırmada kullanılan türün yöreye uygun seçilmesi ve tür çeşitliliğinin devamlılığı için uygun müdahale yöntemlerinin belirlenmesi veya seçilmesinin önemli olduğu söylenebilir.

Tablo 1. Tür ve taksonomik çeşitlilik/mesafe ile çevresel faktörler arasındaki ilişkiler
Table 1. Relationships between species and taxonomic diversity / distance and environmental factors

Çevresel Değişkenler	To^+		To		uTo^+		uTo		H	
	PK	<i>p</i>	PK	<i>p</i>	PK	<i>p</i>	PK	<i>p</i>	PK	<i>p</i>
Enlem	0,059	0,584	0,070	0,510	0,089	0,406	0,107	0,317	0,318**	0,002
Boylam	-0,037	0,730	-0,016	0,882	-0,174	0,101	-0,156	0,141	-0,111 ^{ns}	0,299
Yükselti	0,015	0,890	0,007	0,944	0,141	0,186	0,141	0,186	0,482**	0,000
RI	-0,030	0,781	-0,012	0,909	-0,085	0,427	-0,064	0,546	-0,231*	0,028
Eğim	0,177	0,096	0,159	0,134	0,322**	0,002	0,310**	0,003	0,256*	0,015
BS	-0,227*	0,031	-0,216*	0,041	-0,380**	0,000	-0,376**	0,000	-0,472**	0,000
Sıcaklık	-0,044	0,683	-0,057	0,594	-0,106	0,322	-0,129	0,224	0,126 ^{ns}	0,237
Yağış	-0,014	0,895	-0,029	0,788	0,099	0,351	0,089	0,405	-0,322**	0,002
pH	-0,049	0,644	-0,025	0,817	-0,111	0,297	-0,082	0,444	-0,142 ^{ns}	0,180
Kt	-0,023	0,832	0,002	0,986	-0,095	0,375	-0,067	0,533	-0,157 ^{ns}	0,139
FSK	0,158	0,137	0,130	0,222	0,281*	0,007	0,252*	0,017	0,408**	0,000
Corg	0,177	0,095	0,170	0,109	0,300**	0,004	0,299**	0,004	0,410**	0,000
P	0,039	0,715	0,046	0,669	0,042	0,693	0,052	0,630	0,030 ^{ns}	0,781
K	0,029	0,787	0,028	0,796	-0,012	0,909	-0,017	0,874	-0,108 ^{ns}	0,312
Na	0,149	0,161	0,137	0,198	0,176	0,097	0,161	0,129	0,162 ^{ns}	0,127
Ca	0,025	0,814	0,040	0,706	-0,040	0,708	-0,025	0,815	-0,140 ^{ns}	0,187
Mg	0,015	0,885	0,021	0,845	-0,061	0,571	-0,059	0,580	-0,158 ^{ns}	0,138
KDK	0,011	0,915	0,024	0,821	-0,061	0,565	-0,050	0,639	-0,179 ^{ns}	0,092

^{ns}: önemsiz, *: $p < 0,05$, **: $p < 0,01$, PK: Pearson korelasyon; RI: radyasyon indeksi, BS: bonitet sınıfı, Kt: toplam $CaCO_3$, FSK: faydalanılabilir su kapasitesi, Corg: organik karbon, KDK: kation değişim kapasitesi

Örnek alanlara ait ağırlıklı ve ağırlıksız taksonomik çeşitlilik (To ve uTo), ağırlıklı ve ağırlıksız taksonomik mesafe (To^+ , uTo^+) ile tür çeşitliliği değerleri (H), tür sayısı fazla ve taksonomik kategorileri farklı olan örnek alanlarda en yüksek değeri almaktadır (Ek-1 ve Ek-2). Taksonomik çeşitlilik, taksonomik mesafe ve tür çeşitliliği bakımından bonitet sınıfları arasında önemli ($p < 0,01$) farklılıklar belirlenmiştir. Karaçamın verimli olduğu iyi bonitet sınıfına sahip örnek alanlarda hem taksonomik çeşitlilik/mesafe hem de tür çeşitliliği daha

yüksek çıkmıştır. Bununla birlikte en belirgin farklılık tür çeşitliliğinde bulunmuştur. Çünkü tür çeşitliliği taksonomik çeşitlilikteki gibi taksonomik bir dallanmaya bağlı olmadan hesaplanmaktadır. Karaçam ağaçlandırma alanlarında en sık rastlanan taksonlar, az sayıda benzer cins ve familyaya bağlıdır. Bu durum muhtemelen, taksonomik çeşitlilikte azalma ve taksonomik mesafede daralmaya neden olabilir.

Şili’de büyük ölçüde doğal yaprak dökken ve skle-

rofil (herdem yeşil kuraklığa dayanıklı bitki) ormanların yerine dikilen *Pinus radiata* D. Don, *Eucalyptus globulus* Labill. ve *Populus nigra* L. gibi yerli olmayan tür plantasyonlarının tür çeşitliliği ile taksonomik çeşitliliği azalttığı sonucuna ulaşılmıştır (Braun, 2015). Ancak Angiospermae üyesi bitkilerin aksine Gymnospermae üyesi *Pinus radiata* plantasyonlarının taksonomik farklılığı (mesafe) artırdığı görülmüştür. Burada tek türün hakimiyeti söz konusudur. Bu durumu düzeltmek için taksonomik baskınlığı açıklayan indeksler geliştirilmiş ve bu indeksler yardımıyla *P. radiata* plantasyonlarının taksonomik mesafe açısından avantajı daha az belirgin ve önemsiz hale getirilmiştir. Dolayısıyla tek türün hakimiyetinin söz konusu olduğu alanlarda taksonomik mesafe sonuçlarının daha geniş açıdan değerlendirilmesi gerekmektedir. Çalışmamızda böyle bir farklılığı oluşturmaması açısından ağaçlandırmada kullanılan karaçam türü sayısal değerlendirmeye dahil edilmemiştir.

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, örnek alanlarda sadece odunsu tür verilerine göre tür çeşitliliği, taksonomik çeşitlilik ve taksonomik mesafe indisleri hesaplanmıştır. Örnek alanlardaki tüm bitkilerin değerlendirmeye alınmasıyla farklı veya benzer sonuçlar elde edilebilir. Ayrıca farklı yetiştirme ortamında ve farklı ağaçlandırma alanlarına bitişik ağaçlandırılmamış alanların karşılaştırılmasıyla ağaçlandırmanın biyolojik çeşitlilik üzerindeki etkilerinin ayrı ayrı belirlenmesi uygun olacaktır. Ancak bu çalışmada daha önce yapılmış olan çalışmadan [Türkiye'deki karaçam ağaçlandırmalarının verimlilik modellemesi (ESK-05(6302))] elde edilen verilerden yararlanılmış olup, ağırlıklı ve ağırlıklandırılmamış taksonomik çeşitlilik ve taksonomik mesafe için örnek bir çalışma hazırlanmıştır.

Ağaçlandırmanın tür çeşitliliği ve taksonomik çeşitlilik üzerindeki etkisi, ağaç türüne, yetiştirme ortamı koşullarına, ağaç kapalılığına, doğal orman alanlarına olan yakınlığına, ağaçlandırmanın yaşına göre değişiklik göstermektedir.

Tür çeşitliliği üzerinde çevresel faktörlerin önemli etkisi söz konusu iken taksonomik çeşitlilik üzerinde çevresel değişkenlerin etkisi yok veya çok azdır. Ancak taksonomik çeşitliliğe göre çevresel faktörlerin taksonomik mesafe üzerindeki etkisi biraz daha fazladır. Taksonomik çeşitlilik çevresel faktörlere bağlı olmaksızın türlerin bağlı olduğu üst taksonomik birimlerdeki çeşitliliği yansıttığı için bir alanın tür çeşitliliğinin ortaya çıkarılmasında değerlendirilmesi gereken önemli konularından biridir.

Plantasyonlar doğal ormanlar, otlaklar ve çalılıklar gibi doğal ekosistemlerin yerini almaktan ziyade bozulmuş arazilerde kurulduğunda ve egzotik türler yerine yerli ağaç türleri kullanıldığında büyük olasılıkla biyolojik çeşitliliğe katkıda bulunmaktadır (Bremer ve Farley, 2010). Tür yönelimli biyolojik çeşitliliğin yanı sıra, standart biyolojik çeşitlilik değerlendirmelerini tamamlayan ve geliştiren biyolojik çeşitliliğin bir yönü de taksonomik çeşitliliktir (Warwick ve Clarke, 2003). Taksonomik çeşitlilik, biyolojik çeşitlilik değerlendirmelerinin perspektifini genişletir. Zira taksonomik çeşitlilik hesabı ile dolaylı olarak türlerin yapısal ve fonksiyonel özellikleri analize dâhil edilmiş olur. Ayrıca taksonomik çeşitlilik indisleri geleneksel çeşitlilik indisleri ile paralel sonuçlar göstermeyebilir ve bu nedenle ekosistemlerin biyolojik çeşitlilik hakkında daha yeni anlayışlar sağlar (Braun, 2015). Sonuç olarak, biyolojik çeşitlilik açısından bir alanın daha nitelikli değerlendirilmesi isteniyorsa diğer çeşitlilik indislerinin yanında taksonomik çeşitlilik ve taksonomik mesafe hesaplamalarının da gerçekleştirilmesi önemlidir.

Ağaçlandırma alanlarında tür çeşitliliğinin ve taksonomik çeşitliliğin artırılması amacıyla yöreye uygun ağaççık ve çalı türlerinin de küçük veya büyük gruplar halinde dikilmesi, farklı bitki türlerinin veya canlıların gelişebileceği uygun yaşam alanlarının oluşturulması bakımından önemlidir.

Teşekkür

Bu çalışma, Orman Genel Müdürlüğü, Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü tarafından desteklenen ESK-05(6302) numaralı araştırma projesine ait veriler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma, 26-28 Kasım 2020 tarihleri arasında Bursa'da düzenlenen 10. Uluslararası Ekoloji Sempozyumunda sözlü bildiri olarak sunulmuş ve özeti Sempozyum Özetleri kitabında yayınlanmıştır.

Kaynaklar

Akman, Y., 1999. İklim ve Biyoiklim (Biyoiklim Metodları ve Türkiye İklimleri). Kariyer Matbaacılık, Ankara

Alrababah, M.A., Alhamad, M.A., Suwaileh, A., Al-Gharaibeh, M. 2007. Biodiversity of semi-arid Mediterranean grasslands: impact of grazing and afforestation. *Applied Vegetation Science*, 10 (2): 257–264. Doi: 10.1111/j.1654-109X.2007.tb00524.x

Andrés, C., Ojeda, F., 2002. Effects of afforestation with pines on woody plant diversity of Mediterranean heathlands in southern Spain. *Biodiversity & Conservation*, 11(9):1511–1520.

Boydak, M., Çalışkan, S., 2014. Ağaçlandırma. 1. Baskı,

OGEM-VAK, Ankara

Braun, A. C., 2015. Taxonomic diversity and taxonomic dominance: the example of forest plantations in south-central Chile. *Open Journal of Ecology*, 5(05): 199–212.

Braun-Blanquet, J., 1932: Plant sociology (Translated: Fuller, D. G. and Conard S. H. 1983), Koeltz Scientific Books, Koenigstein, Germany.

Bremer, L. L., Farley, K. A., 2010. Does plantation forestry restore biodiversity or create green deserts? A synthesis of the effects of land-use transitions on plant species richness. *Biodiversity and Conservation*, 19(14): 3893–3915. Doi: 10.1007/s10531-010-9936-4

Carnus, J.M., Parrotta, J., Brockerhoff, E., Arbez, M., Jactel, H., Kremer, A., Walters, B. 2006. Planted forests and biodiversity. *Journal of Forestry*, 104 (2): 65–77. Doi: 10.1093/jof/104.2.65

Chapman, H. D., Pratt, P. F., 1982. Methods of Analysis for Soils Plants and Waters, University of California, Division of Agricultural Sciences, California, USA.

Chen, Y., Cao, Y., 2014. Response of tree regeneration and understory plant species diversity to stand density in mature *Pinus tabulaeformis* plantations in the hilly area of the Loess Plateau, China. *Ecological engineering*, 73: 238–245. Doi: 10.1016/j.ecoleng.2014.09.055

Chen, L. F., He, Z. B., Zhu, X., Du, J., Yang, J. J., Li, J., 2016. Impacts of afforestation on plant diversity, soil properties, and soil organic carbon storage in a semi-arid grassland of northwestern China. *Catena*, 147: 300–307. Doi: 10.1016/j.catena.2016.07.009

Çalışkan, S., Boydak, M., 2017. Afforestation of arid and semiarid ecosystems in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 41(5): 317–330. Doi: 10.3906/tar-1702-39

Çepel, N., 1985. Toprak Fiziği, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları No. 374, İstanbul, Türkiye.

Davis, P.H., 1965-1982. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Edinburg University Press, Vol: 1–9, Edinburgh.

Deng, Y., 2016. Deng entropy. *Chaos, Solitons & Fractals*, 91:549–553. Doi: 10.1016/j.chaos.2016.07.014

Duan, R. Y., Wang, C., Wang, X. A., Zhu, Z. H., Guo, H., 2009. Differences in plant species diversity between conifer (*Pinus tabulaeformis*) plantations and natural forests in middle of the Loess Plateau. *Russian Journal of Ecology*, 40(7): 501–509. Doi: 10.1134/S106741360907008X

Guzmán-Mendoza, R., Calzontzi-Marín, J., Salas-Araiza, M. D., Leyte-Manrique, A., 2020. Changes in vegetation diversity of temperate forests in central Mexico under different levels of reforestation. *Forestist*, 70(2): 69–76. Doi: 10.5152/forestist.2020.20011

Gülçur, F., 1974. Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz

Metodları, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İÜ Yayın No. 1970, OF Yayın No. 201, Kutulmuş Matbaası, İstanbul, Türkiye.

Güner, Ş.T., Özkan, K., Yücel, E., 2011. Sarıçam ormanlarının verimliliği ile vejetasyon ve tür çeşitliliği arasındaki ilişkiler: Türkmen Dağı örneği, *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 12: 1–6.

Güner, Ş.T., Çömez, A., Özkan, K., Karataş, R., Çelik, N., 2016. Türkiye'deki karaçam ağaçlandırmalarının verimlilik modellemesi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 66(1): 159–172.

Heinrichs, S., Pauchard, A., Schall, P., 2018. Native plant diversity and composition across a *Pinus radiata* D. Don plantation landscape in South-Central Chile–The impact of plantation age, logging roads and alien species. *Forests*, 9(9): 567. Doi: 10.3390/f9090567

Jackson, M. L., 1962. Soil Chemical Analysis, Constable and Company Ltd., London, England.

Kacar, B., 1994. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri: III, Toprak Analizleri, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No: 3, Ankara, Türkiye.

Kahveci, G., 2017. Distribution of *Quercus* spp. and *Pinus nigra* mixed stands in semiarid northern Central Anatolia. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 41(2): 135–141. Doi: 10.3906/tar-1609-14

Karaöz, M. Ö., 1990. Topraklarda katyon değişim kapasitesi ve değiştirilebilir katyonların analiz yöntemleri, İstanbul Üniversitesi, *Orman Fakültesi Dergisi*, 40B(1): 64–81.

van der Maarel, E., 1979. Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity. *Vegetatio*, 39: 97–114. Doi: 10.1007/BF00052021

Kou, M., Garcia-Fayos, P., Hu, S., Jiao, J., 2016. The effect of *Robinia pseudoacacia* afforestation on soil and vegetation properties in the Loess Plateau (China): A chronosequence approach. *Forest Ecology and Management*, 375: 146–158. Doi: 10.1016/j.foreco.2016.05.025

Mert, A., Özkan, K., 2017. Studies on taxonomic diversity of plant communities and modeling its potential distribution in Yazılı Canyon Nature Park, Turkey. *Journal of Environmental Biology* 38: 1267–1274. Doi: 10.22438/jeb/38/6/MRN-282

Moisen, G. G., Frescino, T.S., 2002. Comparing five modelling techniques for predicting forest characteristics. *Ecological Modelling*, 157(3-2): 209–225. Doi: 10.1016/S0304-3800(02)00197-7

Oğuzoğlu, Ş., Sinpari, G., Özkan, K. 2013. The relationships between taxonomic diversity and some environmental factors (A case study from Yazılı Canyon Nature Park) / Taksonomik çeşitlilik ile bazı yetiştirme ortamı faktörleri arasındaki ilişkiler (Yazılı Kanyon Tabiat Parkı örneği). 3rd International Geography Symposium -

- GEOMED 2013, June 10-13, Kemer, Antalya, s. 509–518.
- Özdamar, K., 2009. Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi, 7. Baskı, Kaan Kitabevi, Eskişehir
- Özkan, K., 2010. Orman ekosistem çeşitliliği haritalama çalışmaları için ekolojik alan çeşitliliğinin belirlenmesi üzerine bir öneri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A(2): 136–148.
- Özkan, K., 2016. Biyolojik Çeşitlilik Bileşenleri (Alfa, Beta ve Gama) Nasıl Ölçülür? Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No: 98, Isparta
- Özkan, K., 2018. Taksonomik çeşitliliğin belirlenmesi için yeni önerilen bir eşitlik. *Türkiye Ormanlık Dergisi* 19(4): 336–346.
- Özkan, K., Mert, A., Şenol, A., Özdemir, S., 2018. Macrotağdivozkan, <http://www.kantitatifekoloji.net/> takdivozkan, (Erişim tarihi: 20.07.2020).
- Özkan, K., Küçüksille, E. U., Mert, A., Gülsoy, S., Süel, H., Başar, M., 2020. Biyolojik Çeşitlilik Bileşenleri (Bİ-ÇEB) hesaplama yazılımı, *Türkiye Ormanlık Dergisi*, 21(3): 344–348.
- Paillet, Y., Berges, L., Hjalten, J., Odor, P., Avon, C., Bernhardt-Romermann, M., Bijlsma, R. J., ve ark., 2010. Biodiversity differences between managed and unmanaged forests: meta-analysis of species richness in Europe. *Conservation biology*, 24 (1): 101–112. Doi: 10.1111/j.1523-1739.2009.01399.x
- Shannon, C. E., 1948. "A mathematical theory of communication", *Bell System Technical Journal*, 27(3): 379–423.
- Tilman, D., 1999. The ecological consequences of changes in biodiversity: a search for general principles. *Ecology*, 80(5): 1455–1474. Doi: 10.1890/0012-9658(1999)080[1455:TECOCI]2.0.CO;2
- Ülgen, N., Ateşalp, M., 1972. Toprakta Bitki Tarafından Alınabilir Fosfor Tayini. Topraksu Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü, Teknik Yayınlar Serisi No. 21, Ankara
- Ürgeç, S., 1998. Ağaçlandırma Tekniği. İ.Ü Orman Fakültesi, İ.Ü Rektörlük Yayın No: 3994, Orman Fakültesi Yayın No: 441, Emek Matbaacılık, İstanbul
- Wang, C. T., Long, R. J., Wang, Q. J., Ding, L. M., Wang, M. P., 2007. Effects of altitude on plant-species diversity and productivity in an alpine meadow, Qinghai–Tibetan plateau. *Australian Journal of Botany*, 55(2): 110–117. Doi: 10.1071/BT04070
- Wang, J., Zhao, W., Zhang, X., Liu, Y., Wang, S., Liu, Y., 2019. Effects of reforestation on plant species diversity on the Loess Plateau of China: A case study in Danangou catchment. *Science of The Total Environment*, 651(1): 979–989. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.09.266
- Warwick, R. M., Clarke, K. R., 2003. Taxonomic distinctness and environmental assessment. *Journal of Applied Ecology*, 35(4): 532–543. Doi: 10.1046/j.1365-2664.1998.3540532.x
- Yavuz, H., Mısır, N., Mısır, M., 2004. Karaçam Ağaçlandırmalarına İlişkin Büyüme Modelleri, Proje No: TOGTAG – 2747, Trabzon
- Zhang, Q. G., Zhang, D. Y., 2002. Biodiversity and ecosystem functioning: recent advances and controversies. *Biodiversity Science* 10(1): 49–60. Doi: 10.17520/biods.2002008
- Zech, W., Çepel, N., 1972. Güney Anadolu'daki Bazı *Pinus brutia* Meşcerelerinin Gelişimi ile Toprak ve Relief Özellikleri Arasındaki İlişkiler. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 1753/191, İstanbul.

Ek 1. Çalışma alanında tespit edilen taksonlar ve taksonomik birimleri
Appendix 1. Taxa and taxonomic categories identified in the study area

Taksonlar	Cins	Famulya	Takım	Sınıf	Altbölüm	Bölüm	Alem
<i>Juniperus oxycedrus</i> subsp. <i>oxycedrus</i>	<i>Juniperus</i>	<i>Cupressaceae</i>	<i>Cupressales</i>	<i>Pinopsida</i>	<i>Gymnospermae</i>	<i>Spermatophyta</i>	<i>Plantae</i>
<i>Quercus pubescens</i>	<i>Quercus</i>	<i>Fagaceae</i>	<i>Fagales</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Angiospermae</i>	<i>Spermatophyta</i>	<i>Plantae</i>
<i>Quercus infectoria</i>	<i>Quercus</i>	<i>Fagaceae</i>	<i>Fagales</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Angiospermae</i>	<i>Spermatophyta</i>	<i>Plantae</i>
<i>Cistus laurifolius</i>	<i>Cistus</i>	<i>Cistaceae</i>	<i>Malvales</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Angiospermae</i>	<i>Spermatophyta</i>	<i>Plantae</i>
<i>Rosa canina</i>	<i>Rosa</i>	<i>Rosaceae</i>	<i>Rosales</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Angiospermae</i>	<i>Spermatophyta</i>	<i>Plantae</i>
<i>Quercus trojana</i>	<i>Quercus</i>	<i>Fagaceae</i>	<i>Fagales</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Angiospermae</i>	<i>Spermatophyta</i>	<i>Plantae</i>
<i>Quercus petraea</i> subsp. <i>iberica</i>	<i>Quercus</i>	<i>Fagaceae</i>	<i>Fagales</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Angiospermae</i>	<i>Spermatophyta</i>	<i>Plantae</i>
<i>Quercus vulcanica</i>	<i>Quercus</i>	<i>Fagaceae</i>	<i>Fagales</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Angiospermae</i>	<i>Spermatophyta</i>	<i>Plantae</i>
<i>Juniperus excelsa</i>	<i>Juniperus</i>	<i>Cupressaceae</i>	<i>Cupressales</i>	<i>Pinopsida</i>	<i>Gymnospermae</i>	<i>Spermatophyta</i>	<i>Plantae</i>
<i>Juniperus foetidissima</i>	<i>Juniperus</i>	<i>Cupressaceae</i>	<i>Cupressales</i>	<i>Pinopsida</i>	<i>Gymnospermae</i>	<i>Spermatophyta</i>	<i>Plantae</i>
<i>Quercus cerris</i> var. <i>cerris</i>	<i>Quercus</i>	<i>Fagaceae</i>	<i>Fagales</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Angiospermae</i>	<i>Spermatophyta</i>	<i>Plantae</i>
<i>Acer hyrcanum</i> subsp. <i>sphaerocaryum</i>	<i>Acer</i>	<i>Sapindaceae</i>	<i>Sapindales</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Angiospermae</i>	<i>Spermatophyta</i>	<i>Plantae</i>
<i>Acer platanoides</i>	<i>Acet</i>	<i>Sapindaceae</i>	<i>Sapindales</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Angiospermae</i>	<i>Spermatophyta</i>	<i>Plantae</i>
<i>Ulmus glabra</i>	<i>Ulmus</i>	<i>Ulmaceae</i>	<i>Rosales</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Angiospermae</i>	<i>Spermatophyta</i>	<i>Plantae</i>
<i>Pyrus elaeagnifolia</i>	<i>Pyrus</i>	<i>Rosaceae</i>	<i>Rosales</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Angiospermae</i>	<i>Spermatophyta</i>	<i>Plantae</i>
<i>Cerasus mahaleb</i>	<i>Cerasus</i>	<i>Rosaceae</i>	<i>Rosales</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Angiospermae</i>	<i>Spermatophyta</i>	<i>Plantae</i>
<i>Corylus colurna</i>	<i>Corylus</i>	<i>Betulaceae</i>	<i>Fagales</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Angiospermae</i>	<i>Spermatophyta</i>	<i>Plantae</i>
<i>Crataegus monogyna</i> subsp. <i>monogyna</i>	<i>Crataegus</i>	<i>Rosaceae</i>	<i>Rosales</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Angiospermae</i>	<i>Spermatophyta</i>	<i>Plantae</i>
<i>Crataegus orientalis</i> var. <i>orientalis</i>	<i>Crataegus</i>	<i>Rosaceae</i>	<i>Rosales</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Angiospermae</i>	<i>Spermatophyta</i>	<i>Plantae</i>
<i>Sorbus torminalis</i> var. <i>torminalis</i>	<i>Sorbus</i>	<i>Rosaceae</i>	<i>Rosales</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Angiospermae</i>	<i>Spermatophyta</i>	<i>Plantae</i>
<i>Sorbus umbellata</i>	<i>Sorbus</i>	<i>Rosaceae</i>	<i>Rosales</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Angiospermae</i>	<i>Spermatophyta</i>	<i>Plantae</i>
<i>Amelanchier rotundifolia</i> subsp. <i>rotundifolia</i>	<i>Amelanchier</i>	<i>Rosaceae</i>	<i>Rosales</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Angiospermae</i>	<i>Spermatophyta</i>	<i>Plantae</i>
<i>Lonicera etrusca</i> var. <i>etrusca</i>	<i>Lonicera</i>	<i>Caprifoliaceae</i>	<i>Dipsacales</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Angiospermae</i>	<i>Spermatophyta</i>	<i>Plantae</i>
<i>Lonicera caucasica</i> subsp. <i>orientalis</i>	<i>Lonicera</i>	<i>Caprifoliaceae</i>	<i>Dipsacales</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Angiospermae</i>	<i>Spermatophyta</i>	<i>Plantae</i>
<i>Viburnum lantana</i>	<i>Viburnum</i>	<i>Viburnaceae</i>	<i>Dipsacales</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Angiospermae</i>	<i>Spermatophyta</i>	<i>Plantae</i>
<i>Jasminum fruticans</i>	<i>Jasminum</i>	<i>Oleaceae</i>	<i>Lamiales</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Angiospermae</i>	<i>Spermatophyta</i>	<i>Plantae</i>
<i>Ligustrum vulgare</i>	<i>Ligustrum</i>	<i>Oleaceae</i>	<i>Lamiales</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Angiospermae</i>	<i>Spermatophyta</i>	<i>Plantae</i>
<i>Chamaecytisus hirsutus</i>	<i>Chamaecytisus</i>	<i>Fabaceae</i>	<i>Fabales</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Angiospermae</i>	<i>Spermatophyta</i>	<i>Plantae</i>
<i>Berberis crataegina</i>	<i>Berberis</i>	<i>Berberidaceae</i>	<i>Ranunculales</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Angiospermae</i>	<i>Spermatophyta</i>	<i>Plantae</i>
<i>Rhamnus rhodopeus</i>	<i>Rhamnus</i>	<i>Rhamnaceae</i>	<i>Rosales</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Angiospermae</i>	<i>Spermatophyta</i>	<i>Plantae</i>
<i>Euonymus latifolius</i> subsp. <i>latifolius</i>	<i>Euonymus</i>	<i>Celastraceae</i>	<i>Celastrales</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Angiospermae</i>	<i>Spermatophyta</i>	<i>Plantae</i>
<i>Rubus canescens</i> var. <i>glabratus</i>	<i>Rubus</i>	<i>Rosaceae</i>	<i>Rosales</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Angiospermae</i>	<i>Spermatophyta</i>	<i>Plantae</i>
<i>Amygdalus communis</i>	<i>Amygdalus</i>	<i>Rosaceae</i>	<i>Rosales</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Angiospermae</i>	<i>Spermatophyta</i>	<i>Plantae</i>
<i>Robinia pseudoacacia</i>	<i>Robinia</i>	<i>Fabaceae</i>	<i>Fabales</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Angiospermae</i>	<i>Spermatophyta</i>	<i>Plantae</i>
<i>Malus sylvestris</i> subsp. <i>orientalis</i> var. <i>orientalis</i>	<i>Malus</i>	<i>Rosaceae</i>	<i>Rosales</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Angiospermae</i>	<i>Spermatophyta</i>	<i>Plantae</i>
<i>Prunus divaricata</i> subsp. <i>divaricata</i>	<i>Prunus</i>	<i>Rosaceae</i>	<i>Rosales</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Angiospermae</i>	<i>Spermatophyta</i>	<i>Plantae</i>
<i>Cotoneaster nummularia</i>	<i>Cotoneaster</i>	<i>Rosaceae</i>	<i>Rosales</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Angiospermae</i>	<i>Spermatophyta</i>	<i>Plantae</i>
<i>Daphne oleoides</i> subsp. <i>oleoides</i>	<i>Daphne</i>	<i>Thymelaeaceae</i>	<i>Malvales</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Angiospermae</i>	<i>Spermatophyta</i>	<i>Plantae</i>

Ek 2. Bonitet sınıflarına göre tür ve taksonomik çeşitlilik indislerine ait sonuçlar
Appendix 2. Results of species and taxonomic diversity indices according to bonitet classes

Örnek Alan	Tür sayısı	To ⁺	To	uTo ⁺	uTo	H	ABS	BBS	Örnek Alan	Tür sayısı	To ⁺	To	uTo ⁺	uTo	H	ABS	BBS
1	2	10,28	10,28	5,493	5,493	0,6932	2	1	46	4	12,36	11,60	7,575	6,824	1,2326	3	2
2	2	10,28	10,28	5,493	5,493	0,6932	3	2	47	4	12,36	12,20	7,575	7,417	1,3662	2	1
3	2	10,28	10,28	5,493	5,493	0,6932	3	2	48	6	13,29	12,96	8,507	8,175	1,7380	2	1
4	3	10,94	10,94	6,149	6,149	1,0986	3	2	49	5	12,96	12,83	8,174	8,038	1,5911	2	1
5	3	11,52	11,19	6,736	6,401	1,0282	3	2	50	4	12,36	11,92	7,575	7,146	1,3108	3	2
6	2	10,28	10,06	5,493	5,271	0,6616	3	2	51	4	12,36	12,15	7,575	7,365	1,3518	2	1
7	3	11,52	11,40	6,736	6,610	1,0822	3	2	52	2	7,57	7,17	4,394	4,000	0,6365	2	1
8	3	10,94	10,75	6,149	5,967	1,0790	3	2	53	12	14,04	13,48	9,257	8,690	2,3554	2	1
9	2	10,28	10,28	5,493	5,493	0,6932	3	2	54	8	12,94	12,55	8,156	7,832	2,0449	2	1
10	2	10,28	9,77	5,493	4,985	0,5983	3	2	55	7	10,99	10,69	7,812	7,509	1,8938	2	1
11	2	10,28	10,28	5,493	5,493	0,6932	3	2	56	2	7,57	7,57	4,394	4,394	0,6932	2	1
12	2	10,28	10,28	5,493	5,493	0,6932	3	2	57	4	9,62	9,62	6,438	6,438	1,3863	2	1
13	3	11,52	10,99	6,736	6,205	0,9923	3	2	58	4	12,36	11,60	7,575	6,809	1,1972	2	1
14	4	12,36	12,36	7,575	7,575	1,3863	3	2	59	8	13,14	12,64	8,351	7,898	2,0316	2	1
15	3	11,52	11,10	6,736	6,317	1,0297	3	2	60	8	13,53	12,99	8,739	8,205	1,9826	2	1
16	4	12,36	11,61	7,575	6,858	1,2681	2	1	61	3	8,72	8,72	5,545	5,545	1,0986	1	1
17	5	12,96	12,79	8,174	8,005	1,5890	3	2	62	3	11,52	11,34	6,736	6,554	1,0790	2	1
18	3	11,13	10,33	6,345	5,541	0,9003	3	2	63	4	12,36	12,36	7,575	7,575	1,3863	2	1
19	7	13,46	12,79	8,675	8,005	1,8273	2	1	64	6	13,18	13,18	8,395	8,395	1,7918	2	1
20	2	10,28	10,28	5,493	5,493	0,6932	3	2	65	2	10,28	9,88	5,493	5,090	0,6365	2	1
21	2	10,28	10,28	5,493	5,493	0,6932	3	2	66	8	13,84	13,84	9,053	9,053	2,0794	1	1
22	5	12,83	12,61	8,041	7,824	1,5770	1	1	67	6	10,73	10,73	7,557	7,557	1,7918	2	1
23	6	13,29	13,11	8,507	8,325	1,7782	2	1	68	6	12,83	12,66	8,041	7,874	1,7721	2	1
24	4	9,46	9,12	6,279	5,947	1,3297	2	1	69	9	13,18	12,67	8,394	7,883	2,1332	2	1
25	3	11,52	11,01	6,736	6,219	1,0114	2	1	70	9	14,01	13,71	9,226	8,920	2,1391	2	1
26	3	11,52	11,40	6,736	6,610	1,0822	2	1	71	8	13,53	13,00	8,738	8,208	1,9915	2	1
27	3	11,52	11,34	6,736	6,573	1,0822	3	2	72	6	13,38	12,68	8,594	7,891	1,6746	2	1
28	3	11,33	11,15	6,540	6,358	1,0790	3	2	73	4	12,05	11,54	7,261	6,750	1,2883	3	2
29	2	10,28	10,28	5,493	5,493	0,6932	3	2	74	7	13,35	12,90	8,566	8,108	1,8821	1	1
30	4	11,59	11,31	6,807	6,517	1,3297	3	2	75	4	12,05	11,55	7,261	6,766	1,3209	2	1
31	3	11,52	11,40	6,736	6,610	1,0822	3	2	76	2	1,099	1,099	1,099	1,099	0,6932	3	2
32	2	10,28	10,10	5,493	5,312	0,6730	3	2	77	3	11,52	11,01	6,736	6,226	0,9950	3	2
33	3	11,52	11,34	6,736	6,554	1,0790	2	1	78	4	11,90	11,30	7,109	6,511	1,2450	3	2
34	2	10,28	10,10	5,493	5,312	0,6730	3	2	79	3	10,94	10,35	6,149	5,565	0,9596	3	2
35	3	8,53	8,53	5,349	5,349	1,0986	2	1	80	6	13,27	12,77	8,482	7,987	1,7171	2	1
36	2	10,28	10,28	5,493	5,493	0,6932	3	2	81	7	13,30	12,27	8,510	7,485	1,7327	2	1
37	2	7,57	7,57	4,394	4,394	0,6932	2	1	82	5	12,82	12,47	8,036	7,678	1,5454	2	1
38	2	10,28	10,10	5,493	5,312	0,6730	3	2	83	4	12,05	11,55	7,261	6,766	1,2650	2	1
39	4	10,95	10,95	6,159	6,159	1,3863	2	1	84	3	11,52	11,37	6,736	6,582	1,0734	2	1
40	3	10,94	10,94	6,149	6,149	1,0986	3	2	85	4	12,05	11,54	7,261	6,769	1,3086	2	1
41	2	10,28	9,88	5,493	5,090	0,6365	2	1	86	2	7,57	7,39	4,394	4,215	0,6730	1	1
42	3	10,52	10,52	6,736	6,736	1,0986	2	1	87	5	12,83	12,40	8,041	7,616	1,5473	3	2
43	4	12,36	11,54	7,575	6,749	1,1945	2	1	88	2	7,57	7,57	4,394	4,394	0,6932	2	1
44	3	12,96	12,60	8,174	7,809	1,5466	2	1	89	2	7,57	7,57	4,394	4,394	0,6932	3	2
45	8	12,58	12,40	7,790	7,614	2,0621	3	2	90	2	10,28	10,28	5,493	5,493	0,6932	3	2

BS: Arazideki bonitet sınıfı; BBS: Birleştirilmiş bonitet sınıfı (Sınıf 1: I ve II. bonitet, iyi bonitet; Sınıf 2: III. bonitet; kötü bonitet)