

Farklı dikim aralıklarında yetişen dar yapraklı dişbudak (*Fraxinus angustifolia*) odunlarının bazı anatomik ve morfolojik özellikleri

Cengiz Güler^a, Halil İbrahim Şahin^{a,*}, Emrah Çiçek^b

^a Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Düzce

^b Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Düzce

* İletişim yazarı/Corresponding author: halilibrahimsahin@duzce.edu.tr, Geliş tarihi/Received: 18.08.2011, Kabul tarihi/Accepted: 04.01.2012

Özet: Bu çalışma ile Adapazarı-Süleymaniye subasar ormanlarında dört farklı dikim aralığında (3x2, 3x2.5, 3.75x3.75, 4x4 m) yetişen Dar Yapraklı Dişbudak odunlarının bazı anatomik ve morfolojik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda lif uzunluğu, lif genişliği, çeper kalınlığı, lümen genişliği, trahe hücre uzunluğu tespit edilmiştir. Bu değerler kullanılarak, lif-boyut ilişkileri (Elastikiyet katsayısı, Keçeleşme oranı, Rijidite Katsayısı, Runkel sınıflaması, F faktörü, Mühlstep sınıflaması) belirlenmiştir. Elde edilen verilerle bu türün selüloz ve kâğıt endüstrisi açısından uygunluğu araştırılmış ve tüm plantasyonlara ait sonuçlar, Dar Yapraklı Dişbudak'ın kâğıt hamuru üretimine uygun bir hammadde olduğunu göstermiştir. Diğer bölgelerle karşılaştırıldığında en uygun dikim aralığının II. bölge (3x2,5 m) olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Dar Yapraklı Dişbudak, Dikim aralığı, Lif özellikleri

Some anatomical and morphological properties of narrow-leaf ash (*Fraxinus angustifolia*) wood grown in different spacing

Abstract: This study aims to determine some anatomical and morphological properties of Narrow-Leaf Ash wood which grown in four different spacing (3x2, 3x2.5, 3.75x3.75, 4x4 m) at Adapazarı-Süleymaniye bottomland forests. For this end, we determined fiber length, fiber width, wall thickness, lumen width, vessel length. Using these values we determined the fiber-size correlations (the elasticity coefficient, felting rate, rigidity coefficient, Runkel classification, F ratio, and Mühlstep classification). The potential use of this specimen in the pulp and paper industry is investigated based on the fiber-size correlation data. Results revealed that all the plantations of Narrow-Leaved Ash can supply raw material suitable for pulp production. Among the spacing alternatives the most suitable one is spacing II (3x2,5 m).

Keywords: Narrow-Leaf Ash, Spacing, Fiber properties

1. Giriş

Ülkemiz toplam orman alanı 21,2 milyon hektar olup bu alanların % 46'sını yapraklı ağaç türleri oluşturmaktadır. Toplam dişbudak orman alanı yaklaşık 14.410 hektardır. Bu ormanların neredeyse tamamını dar yapraklı dişbudak (DYD, *F. angustifolia*) oluşturmaktadır. Dişbudak, Trakya, Doğu ve Batı Karadeniz Bölgesi, Marmara ve Ege Bölgesi'nde yayılış göstermektedir (Anonim, 2006).

Türkiye'de dört adet doğal dişbudak türü (*Fraxinus angustifolia*, *F. excelsior*, *F. ornus* ve *F. pallisae*) bulunmaktadır (Davis, 1987). DYD hızlı gelişen bir tür olup yaklaşık 40 yıldır dikimle yetiştirilmektedir (Çiçek, 2002; Çiçek ve Yılmaz, 2002). Yapay DYD meşcerelerinde genel ortalama artım 23 m³/ha ulaşmaktadır. Cari hacim artımı 15-20 yaşlarında 33 m³e kadar çıkabilmektedir (Kapucu vd., 1999).

Dişbudak bükme ve masif mobilya üretiminde, kaplama, spor aletlerinden raket, bilardo masası, hokey sopası, sandal körekleri, gemi omurgasında, uçak ve yatların masif kısımlarının üretiminde geniş yıllık halkalara sahip odunları ise karoser yapımında kullanılmaktadır (Merev, 1984; Bozkurt ve Erdin, 1997).

Orman ürünleri endüstrisinin hammadde ihtiyacı gün geçtikçe artmaktadır. Bu ihtiyacı karşılamak için özellikle

endüstrisi orman kaynaklarına bağlı olan ülkeler geleneksel ormancılık uygulamaları dışında hızlı gelişen türlerde plantasyonlar kurmaktadır. Elde edilen hammaddenin özellikleri incelenip orman endüstrisi için uygun olan odun hammaddesinin üretilmesine önem vermektedirler. Bu amaçla kullanılan türe ve üretim amacına bağlı olarak farklı dikim aralıkları veya sıklıkları kullanılmaktadır. Bilindiği üzere plantasyonlarda birim alanda elde edilen biokütle miktarı yanında bu biokütle endüstriyel kullanıma uygunluğu da son derece önemlidir (Güler vd., 2009).

Dikim aralıkları, yetiştirilecek ormanların kalite ve kitle üretimi ile tesis maliyetine etki yapmakta, ürün kalitesini ve miktarını önemli derecede etkilemektedir (Boydak, 1992). Dikim aralığı her şeyden önce ağaçların yetişme ortamından faydalanma derecesini belirler. Ağaçlar arasındaki mesafe, yoğunluk ve direnç özellikleri üzerine etkili olmaktadır. Bu durum özellikle halkalı ve yarı halkalı trahe düzenine sahip yapraklı ağaçlar için geçerli olup, artan büyüme hızı ile birlikte daha yüksek yoğunlukta ve sertlikte odun oluşmaktadır. Çünkü artan büyüme hızına rağmen, ilkbahar odunu genişliği nispeten değişmeden kalmaktadır (Haygreen ve Bowyer, 1996). Halkalı traheli ağaçlarda büyüme hızı yavaşladığında ise, kalın çeperli yaz odunu lif hücrelerinin ve küçük çaplı trahelerin oluşumu minimuma iner (Paul, 1963). Böylece belli limitler içinde kalan büyüme hızı oranı,

halkalı traheli ağaçların daha yoğun olmasına neden olur. Jane vd., (1970)*de bu konuya dikkat çekmiş olup, yoğunluktaki artışın belirli limitler içinde kalan hızlı büyümlerde söz konusu olduğunu belirtmiştir. Çünkü, ekstrem büyüme hızı anormal derecede ince çepirli lif ve yüksek oranda paranzim hücrelerinin meydana gelmesine neden olmaktadır.

Yıllık halkaların ilk yaşlarda geniş olması genç odun oranını da artırmaktadır. Genç odun düşük yoğunlukta olduğundan ağaçta bulunuş oranına göre genellikle yoğunluk azalmasına neden olmaktadır. Her ne kadar geniş aralıklı meşcerelerde sık meşcerelere nazaran daha kısa sürede ticari büyüklükte ağaçlar elde edilirse de hektardaki lif üretim miktarı arzu edildiği kadar yüksek olmamaktadır. Çünkü böyle meşcerelerde ortalama hacim ağırlık değerinin daha düşük olduğu bilinmektedir.

Geniş aralıklı yetiştirilen bir meşcerede, sık yetiştirilenlere nazaran daha kalın dallar ve fazla sayıda budak bulunabilmektedir. Böylelikle geniş dikim aralığında yetişen ağaçların biçme sonucunda sık dikim aralığında yetişenlere göre daha düşük randıman elde edilmektedir. Ayrıca açıkta yetişen ağaçlarda konikleşme daha fazla olup sık meşcerelerde ise çap düşüşü daha yavaş ve daha dolgun gövdeler oluşmaktadır (Doğu, 2002).

Üretime yönelik ağaçlandırmalarda dikim aralıkları üretim amacına göre değişmektedir. Kalitenin ön planda olduğu kaplamalık, doğramalık, kereste ve tel direği gibi üretim amaçlarında daha sıkı dikim aralığı ön görülmektedir. Bu durumda toprağa gelen ışık süratle azalır ve kapalılığa bağlı olarak boy büyümesi hızlanır. Gövde dolgunluğu artar, cılız, konik gövde oluşumu önlenmiş olur ve dal hacmi azalır. Selüloz ve kağıt endüstrisi için istenilen kalite ve ağırlıktaki odun seyrek dikim ve hızlı büyüme ile sağlanamaz. Çünkü selüloz verimi bakımından ağaçların hektardaki kg üretim, m³ üretiminden daha büyük önem taşımaktadır (Bozkurt ve Erdin, 1997).

Özellikle Avrupa ülkeleri, DYD (*Fraxinus angustifolia* Vahl.)'ın hızlı büyüyen bir tür olması ve odununun yüksek endüstriyel değeri nedeniyle dikkatlerini bu tür üzerine çevirmişlerdir. Son zamanlarda tür ile ilgili çalışmalar hız kazanmıştır (Fraxigen, 2005; Gerard vd., 2006; Kremer vd., 2006). Mevcut literatür incelendiğinde DYD'nin doğal meşcerelerdeki odun özelliklerine yönelik araştırmalar bulunmakla birlikte, yapay meşcerelerin (plantasyonlu) odun özellikleri konusunda diğer bir ifadeyle dikim aralığının veya sıklığının odunun morfolojik özellikleri üzerine etkisine ilişkin literatür oldukça sınırlıdır. Bu nedenle dişbudak odunun iç morfolojik yapısının detaylı olarak bilinmesi ile emprenye, kağıt, mobilya ve kaplama sanayinde kullanımını artıracaktır. Böylece gelecekteki kullanım alanlarına uygunluk derecesini saptamaya yönelik çalışmalara önemli bilimsel bir kaynak olacaktır.

Kâğıt endüstrisinde hammadde temininde selüloz ve kağıt için uygun lif morfolojisine sahip yerli odunsu türler kullanılmaktadır. Bu olanakların yetersiz ve sınırlı olduğu durumlarda kağıt hamuru dışalım veya geniş plantasyonları kurulmuş hızlı gelişen türlerden hammadde kaynağı olarak yararlanılmaktadır. Bir başka deyişle lif morfolojisi bakımından selüloz ve kağıt üretimine uygun olan değişik bitkisel kaynaklar hammadde temininde kullanılmaktadır. Ancak bu konudaki tercihler ülkelerin orman varlığına ve ekonomik durumuna bağlı olarak değişebilmektedir (Yaman ve Gencer, 2005).

Farklı dikim aralıklarında yetiştirilen DYD (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) odunlarının bazı anatomik özellikleri ve lif morfolojisi bu çalışmanın konusunu oluşturmaktadır. Bu türün, lif boyutlarının birbirlerine oranlanması ile bulunan bazı verilere (Elastikiyet katsayısı, Keçeleşme oranı, Rijidite katsayısı, Runkel sınıflaması, F faktörü, Mühlstep sınıflaması) dayanılarak selüloz ve kağıt endüstrisindeki kullanılabilirliği de değerlendirilecektir.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Araştırmada kullanılan ağaçlar, Adapazarı-Süleymaniye yöresindeki subasar ormanlık arazisinde farklı dikim aralıklarındaki DYD plantasyonlarından alınmıştır. Belirtilen amaç doğrultusunda Adapazarı-Süleymaniye yöresindeki, 3x2 m (1666 ad/ha), 3x2,5 m (1333ad/ha), 3,75x3,75 m (730 ad/ha), 4x4 m (625 ad/ha) dikim aralıklarının tespiti yapılmış ve her grubu temsil edecek ortalama göğüs çapına karşılık gelen, çatlaksız ve anormal tepe formu göstermeyen 4'er adet (toplam 16 ağaç) deneme ağacı motorlu testere ile kesilerek sahadan çıkartılmıştır. Araştırma alanına ait bilgiler Çizelge 1'de verilmiştir.

Kesilen her bir ağacın kuzey yönü işaretlendikten sonra, dipten itibaren her 2 m yükseklikten 15 cm kalınlığında tekerlekler çıkartılmıştır.

2.2. Yöntem

Bilindiği üzere ağaç malzeme heterojen bir yapı sergilemekte, lif boyutları türden türe değişiklik gösterdiği gibi aynı tür içerisinde bile farklılık göstermektedir. Bu problemi ortadan kaldırmak için lif ölçümü ve hücre boyutlarının belirlenmesinde her bir tekerleğin 10. yıllık halkasından başlanarak 15. yıllık halkası da dâhil olmak üzere enine kesiti 5 yıllık halkayı kapsayan küp şeklinde yaklaşık 1.5x1.5x1.5 cm boyutlarında örnekler alınmıştır.

Elde edilen örnekler, damıtık su içerisinde suyun dibine çökünceye kadar kaynatıldıktan sonra 1 hacim % 96'lık alkol, 1 hacim gliserin ve 1 hacim damıtık su karışımında 15-20 gün bekletilmiştir. Mantarlaşmayı önlemek için karışıma birkaç damla fenol ilave edilmiştir (Normand, 1972).

Kesitler Reichert kızaklı mikrotomunda alınmıştır. Her örnekten enine, radyal ve teğetsel yönlerde olmak üzere 15-20 µm kalınlığında üçer kesit alınarak 15-20 dakika sodyum hipoklorit içerisinde bırakılmıştır. Daha sonra damıtık su ile yıkanan kesitler 1-2 dakika asetik asitli ortamda tutulmuştur.

Kesitler saf suyla iyice yıkandıktan sonra safraninle boyanmıştır. Boyama işleminden sonra kesitler su ile iyice yıkandıktan sonra %50'lik alkole alınmış ve en son işlem olarak da lam ve lamel arasına enine radyal ve teğetsel sıraya göre gliserin jelatinle kapatılarak ölçmelere hazır hale getirilmiştir (Normand, 1973; Serdar ve Gerçek, 2003).

Çizelge 1. Araştırma alanına ve DYD ağaçlarına ait ortalama değerler

Dikim Aralığı	Çap _{1.30} (cm)	Boy (m)	Yaş (yıl)	Dikilen Ağaç Sayısı (adet)
I. Bölge (3x2 m)	41	35	38	1666
II. Bölge (3x2,5 m)	30	28	26	1333
III. Bölge (3,75x3,75 m)	29	31	29	730
IV. Bölge (4x4 m)	21	21	24	570

Enine kesitlerde trahelerin birim alandaki (1 mm^2) sayıları, ilkbahar ve yaz odununda ayrı olarak vizopanla sayılmıştır. Obj x 10 ile bir kenarı 12,5 cm olan kare şeklindeki milimetrik kağıt kullanılmıştır (ölçek: 1 mm: 12,5 cm). Trahelerin ilkbahar odunundaki teğet ve radyal çapları x 6,3 objektifinde (1 taksimat: 15,254 μm), yaz odunundakiler ise x 40 objektifinde (1 taksimat: 2,38 μm) ölçülmüştür. Teğet kesit üzerinde özışınlarının birim alan ve birim uzunluktaki sayıları obj. x 10 ile sayılmışlardır. Özışınlarının yükseklik ve genişlikleri araştırma mikroskobunun x 16 objektifinde (1 taksimat: 6,06 μm) ölçülmüştür.

Maserasyon işlemi için Schultze yöntemi kullanılarak lifler serbest hale getirilmiştir. Bu yöntem odun elemanlarına en az zarar vermesi ve kolay uygulanabilmesi nedeniyle tercih edilmiştir (Kasaplıgil, 1965). Maserasyon işlemi için örnekler önce kibrit çöpü büyüklüğünde parçacıklara ayırdıktan sonra bu parçacıklar beher içerisine alınıp bir miktar su ile birlikte nitrik asit ve sodyum kloritle muamele edilmiştir. Bu ortamda örnekler, reaksiyon başlayacak kadar ısıtılıp ışıktan uzak bir ortamda lifler serbest hale getirilmiş, süzme işlemi ile sudan tamamen arındırılarak depolanıp gliserin içinde saklanmıştır. Ölçme işleminden önce safraninle boyanan örneklerden geçici preparatlar hazırlanmıştır.

Ölçümler araştırma mikroskobunda yapılmış, lif ve trahe hücre uzunluğu için x 6,3 (1 taksimat: 15,254 μm) objektifinde, lif genişliği, lümen genişliği ve çeper kalınlığı x 40 (1 taksimat: 2,38 μm) objektifi kullanılmıştır.

Kağıt endüstrisinde bitkisel bir materyalin üretim için uygunluğunun belirlenmesinde lif boyutları ve bu boyutlara dayanılarak hesap edilen oranlar son derece önemlidir (Bozkurt, 1971; Göksel, 1986; Tank vd., 1990). Elde edilecek kağıt özelliklerini etkileyen lif boyutları ve bu boyutlar arasındaki ilişkiler aşağıdaki eşitliklerden yararlanılarak değerlendirilecektir.

Keçeleşme Oranı: Lif Uzunluğu (L)/Lif Genişliği (D)
Elastikiyet Katsayısı: Lümen Genişliği (d) x 100/Lif Genişliği (D)
Rijidite Katsayısı: Lif Çeper Kalınlığı (W) x 100/Lif Genişliği (D)
Runkel Sınıflaması: 2 x Lif Çeper Kalınlığı (W)/Lümen Genişliği (d)
F Faktörü: Lif Uzunluğu (L) x 100/ Lif Çeper Kalınlığı (W)

Mühlstep sınıflaması: Lif Çeper Alanı (D^2-d^2) x 100/Lif Enine Kesit Alanı (D^2)

Dört farklı dikim aralıklarından alınan örneklerin, ilkbahar ve yaz odunu trahelerinin uzunlukları ve çapları (teğet, radyal), multiseri özışını yükseklikleri ve genişlikleri, birim alandaki özışını ve trahe sayıları tespit edilmiştir. Lif uzunlukları, lif genişlikleri, lümen genişlikleri, çeper kalınlıkları ve trahe hücre uzunlukları varyans analizi ile karşılaştırılmıştır.

3. Bulgular ve tartışma

3.1. Anatomik özellikler

Dişbudak odunlarının trahe dizilişleri halkalı yapı göstermektedir. Genellikle yapraklı ağaç odunlarında trahelerin çapları türlere göre yaklaşık 50-450 mikron, trahe uzunlukları ise 0,2-1,3 mm arasındadır. Lif uzunlukları 1-2 mm, lif genişlikleri ise 15-30 μm arasında değişmektedir (Nikitin, 1966; Kırıcı, 2003). Kağıtçılıkta bu lifler kısa lifler olarak ifade edilmektedir.

Lif çeper kalınlığı da bireysel liflerin sağlamlığı üzerine etkilidir. Çok ince çeperli liflerden üretilen kağıtların özellikle yırtılma direncinin düşük olduğu bildirilmektedir (Kırıcı, 2003). Anatomik ölçümlerle ilgili araştırma sonucunda, ölçüm sayısı, aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 2'de verilmiştir.

DYD odunlarında yapılan ölçüm ve sayımların ortalamalarına göre; ilkbahar odunu trahe teğet ve radyal çapları en yüksek IV. bölgede en düşük değerler ise sırasıyla teğet çap için III. bölgede, radyal çap için ise II. bölgede elde edilmiştir. Yaz odunu trahe teğet ve radyal çapları en yüksek değerleri III. bölgede (sırasıyla 63,31 μm ve 62,83 μm), en düşük değerler ise II. bölgede (sırasıyla 46,84 μm ve 45,08 μm) tespit edilmiştir. Multiseri özışını yüksekli dikim aralığının artışına bağlı olarak azalmaktadır. Ancak IV. bölgede ise tekrar bir artış gözlemlenmektedir. Multiseri özışını genişliği ve sayısı en yüksek değerleri II. bölgede tespit edilmiştir. Birim alandaki (1 mm^2 deki) özışını sayısı en yüksek 6,94 ile I. bölgede elde edilirken en düşük değer ise II. bölgede (4,98) elde edilmiştir. Birim alandaki (1 mm^2 deki) trahe sayısında dikim aralığının artışına paralel olarak artış gösterirken, IV. bölgede ise en düşük değer elde edilmiştir.

Çizelge 2. Farklı dikim aralıklarına ait DYD odununun anatomik özellikleri

Anatomik özellikler	n	I. Bölge (3x2 m)	II. Bölge (3x2,5 m)	III. Bölge (3,75x3,75 m)	IV. Bölge (4x4 m)
İ.O.T.T.Ç.	50	197,39 (32)	201,05 (40)	192,20 (34)	230,34 (31)
İ.O.T.R.Ç.	50	206,23 (35)	196,17 (39)	220,27 (37)	236,13 (50)
Y.O.T.T.Ç.	50	61,12 (11)	46,84 (7,8)	63,31 (16)	56,07 (16)
Y.O.T.R.Ç.	50	60,02 (13)	45,08 (11)	62,83 (21)	56,45 (18)
M.Ö.Y.	50	299,73 (94)	271,37 (66)	268,94 (78)	290,52 (87)
M.Ö.G.	50	39,94 (5,3)	52,54 (8,4)	25,21 (2,70)	27,88 (4,0)
M.Ö.S.	50	2,78 (0,51)	2,92 (0,49)	2,44 (0,50)	2,58 (0,50)
B.A.Ö.S	50	6,94 (1,02)	4,98 (1,02)	5,88 (1,27)	6,14 (1,11)
B.A.T.S	50	14,55 (2,4)	15,30 (2,6)	16,26 (3,27)	13,86 (4,4)

Standart sapma değerleri parantez içerisinde verilmiştir, n: Örnek sayısı (adet), İ.O.T.T.Ç.: İlkbahar Odunu Trahe Teğet Çapı (μm), İ.O.T.R.Ç.: İlkbahar Odunu Trahe Radyal Çapı (μm), Y.O.T.T.Ç.: Yaz odunu trahe teğet çapı (μm), Y.O.T.R.Ç.: Yaz odunu trahe radyal çapı (μm), M.Ö.Y.: Multiseri özışını yüksekliği (μm), M.Ö.G.: Multiseri özışını genişliği (μm), M.Ö.S.: Multiseri öz ışını sayısı (adet), B.A.Ö.S.: Birim alandaki (1 mm^2 deki) özışını sayısı (adet), B.A.T.S.: Birim alandaki (1 mm^2 deki) trahe sayısı (adet).

3.2. Morfolojik Özellikler

Farklı dikim aralıklarında yetiştirilen DYD (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) odunlarının lif morfolojisine ait; lif uzunluğu, lif genişliği, trahe hücre uzunluğu, lümen genişliği ve tek lif çeper kalınlığı tespit edilmiştir (Çizelge 3). Belirlenen lif boyutları ve bu boyutlara dayanılarak yukarıda verilen eşitlikler çerçevesinde hesaplanan keçeleşme oranı, elastikiyet katsayısı, rijidite katsayısı, Runkel sınıflaması, F faktörü, Mühlstep sınıflaması belirlenmiştir (Çizelge 4). Çizelge 3'te bölgelere göre dişbudak odunlarına ait lif boyutları, Çizelge 4'te ise lif boyutları arasındaki ilişkiler verilmiştir.

DYD odunlarının lif uzunluğu I. bölge hariç, dikim aralığının artışına bağlı olarak lif uzunluğunda da artış görülmektedir. En yüksek lif uzunluğu miktarı IV. bölgede (1326 µm) tespit edilmiştir. İstatistiksel olarak ise I., III. ve IV. bölgelerin lif uzunlukları arasında fark olmadığı, II. bölgenin ise bu üç bölgeden daha kısa lifli ve farklı olduğunu ($p<0,05$) göstermektedir. Lif genişlikleri 24,6-28,4 µm arasında değişmekte olup en düşük lif genişliği değeri I. bölgede bulunmuştur. İstatistiksel olarak I., III. ve IV. bölgelerin lif genişlikleri arasında anlamlı bir fark bulunmazken, II. bölgenin lif genişliği bu bölgelerden daha büyük ve farklı bulunmuştur ($p<0,001$). Hem lif uzunluğu hem de lif genişlikleri literatür değerlerine uygun bulunmuştur (Panshin ve Zeeuw, 1970; Sarıbaş, 1989; Yaman ve Gencer, 2005). Liflerin lümen çapları III. ve IV. bölgelerde aynı bulunmuştur (14,9 µm). En yüksek lümen çapı 19,7 µm ile II. bölgede tespit edilmiştir. Lif çeper kalınlığı en düşük I. bölgede 3,57 µm, en yüksek ise 5,47 µm ile III. bölgede elde edilmiştir. Lif çeper kalınlıkları istatistiksel olarak III. ve IV. bölgeler arasında fark olmayıp, diğerlerinden farklı bulunmuştur ($p<0,001$). Trahe hücre uzunluğu, en yüksek II. bölgede 320 µm olarak elde edilirken, I., III. ve IV. bölgeler arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmazken, II. bölge diğer bölgelerden farklı bulunmuştur.

4. Sonuç ve öneriler

Lif boyutlarının tespitinde kesitler özden başlayarak 10-15. yıllık halkaları içeren küp şeklindeki parçalara ayrılmış, ilkbahar ve yaz odunu ayrımı yapılmaksızın ölçümler yapılmıştır. Burada amaç hangi dikim aralığındaki ağacın lif morfolojisi açısından değerlendirilmesinin daha uygun olacağını belirlemesidir. Bölgeler arasında en yüksek lif

uzunluğu değeri IV. bölgede (1326 µm) en düşük lif uzunluğu ise II. bölgede (1154 µm) elde edilmiştir. Lif uzunluğu, kâğıdın yırtılma direnci için çok önemlidir. Lif uzunluğunun artışına bağlı olarak bir araya gelen iki lif arasındaki temas yüzeyinin artması ile yapışma direncinin de arttığı belirtilmektedir (Dadswell ve Watson, 1962; Alkan vd., 2003; Yaşar vd., 2010). Ancak çok uzun liflerden yapılan kağıtlarda formasyon bozukluklarının da meydana geldiği bilinmektedir (Kırcı, 2003). Kâğıdın patlama ve kopma direnci ile elastikiyet özellikleri de lif uzunluğundan etkilenmektedir (Yaman ve Gencer, 2005). Morfolojik özellikleri tespit edilen DYD odunlarının lif boyutları kullanılarak elde edilen oranlar Çizelge 4'te gösterilmiştir.

Genel olarak yapraklı ağaçlarda keçeleşme oranı 70'in altındadır. Yapılan ölçümler sonucunda bütün dikim aralıklarında keçeleşme oranlarının 70'in altında olduğu görülmüştür. En yüksek keçeleşme oranı II. bölgede (53,88), en düşük ise IV. bölgede (41,70) tespit edilmiştir. Alkan vd., (2003) yapmış oldukları çalışmalarında *Fraxinus excelsior*'un keçeleşme oranını 50,61 olarak tespit etmiştir.

Elastikiyet katsayısı ile kâğıdın çekme direnci doğru orantılı olduğu, elastikiyet katsayısının artması ile çekme direncinin de arttığı belirtilmektedir (Göksel, 1986). Elastikiyet katsayısına göre lifler, çok esnek lifler (>75), esnek lifler (50-75), rijit lifler (30-50) ve çok rijit liflerdir (<30) olarak dört grupta değerlendirilmektedir (Tank, 1980). Bu gruptan ilk ikisi kâğıt hamuru üretimi açısından arzu edilirken diğerleri yeterli esnekliğe sahip olmadığı için daha ziyade lif levha ve mukavva üretiminde kullanılırlar. Yapılan çalışmada tüm dikim aralıklarından elde edilen elastikiyet katsayısı değerleri ikinci gruba girmektedir. Yine en yüksek elastikiyet katsayısı değeri II. bölgede (70,56) bulunmuştur.

Rijidite (katılık) katsayısı ile kâğıdın fiziksel özellikleri arasında ters bir orantı vardır. Rijidite katsayısı yüksek olan liflerde lifler arası bağlantı yeterince kurulamamaktadır. Katılık katsayısının düşüklüğü elde edilecek kâğıdın kopma ve patlama dirençlerini olumlu yönde etkilemektedir. Rijidite katsayısı en düşük 14,72 ile II. bölgede, en yüksek ise 21,64 ile I. bölgede tespit edilmiştir. Türkiye'de yapılan çalışmalarda verilen değerlerle karşılaştırıldığında bu değerlerin iğne yapraklı ağaç türlerine yakın değerler vermektedir (Göksel, 1984; Bozkurt vd., 1993; Bektaş vd., 1999). Özellikle II. bölgeden elde edilecek hammaddenin kâğıt hamuru üretimi bakımından daha uygun olduğu görülmektedir.

Çizelge 3. DYD odununun farklı bölgelere ait lif morfolojisi

Bölgeler	n	Lif Uzunluğu (µm)	Lif Genişliği (µm)	Lif Lümen Çapı (µm)	Lif Çeper Kalınlığı (µm)	Trahe Hücre Uzunluğu (µm)
I. Bölge	25	1292 (154) ^b	24,6 (3,6) ^a	17,4(3,8) ^{bc}	3,57(0,9) ^a	291 (56) ^a
II. Bölge	25	1154 (188) ^a	28,4 (4,3) ^b	19,7 (4,2) ^c	4,33(1,3) ^b	320 (52) ^b
III. Bölge	25	1238 (199) ^{ab}	25,8 (4,5) ^{ab}	14,9(4,5) ^{ab}	5,47(1,4) ^c	279 (22) ^a
IV. Bölge	25	1326 (256) ^b	25,9 (3,7) ^{ab}	14,9(4,1) ^{ab}	5,25(1,2) ^c	276 (45) ^a

a: Sütunlardaki aynı harfleri taşıyan veriler istatistiksel olarak farklı değildir ($P<0,05$).

Çizelge 4. Lif boyutları arasındaki oranlar

Bölgeler	Keçeleşme Oranı	Elastikiyet Katsayısı	Rijidite Katsayısı	Runkel Sınıf.	F Faktörü	Mühlstep Sınıf.
I. Bölge	51,93	56,73	21,64	0,84	252	66,79
II. Bölge	53,88	70,56	14,72	0,43	387	49,61
III. Bölge	49,70	56,87	21,56	0,82	244	66,56
IV. Bölge	41,70	69,24	15,38	0,47	297	51,25

Runkel sınıflamasına göre I'ın altındaki değerlere sahip lifler esnek lifler olarak kabul edilmekte ve bu lifler presleme esnasında kolayca yassılaşılarak daha kuvvetli lifler arası bağ oluşturmaktadır. Tüm bölgelerden elde edilen Runkel sınıflaması I'ın altında bulunmuş olup, en düşük değer II. bölgede (0,43) elde edilmiştir.

Fleksibilite (F) faktörü, liflerden elde edilecek kâğıtların esnekliğini belirten bu katsayı bölgelere göre 244 ile 387 arasında değişmiş olup, en esnek lifler yine II. bölgeden (387) elde edilmiştir.

Mühlstep sınıflamasının saptanmasıyla lif genişliğine oranla en ince çeperli liflerin avantajlı durumunu ortaya koymak, liflerin yassılaşıma yeteneklerini ve dolayısıyla kâğıt ağırlığına etkisini ortaya çıkarmak amaçlanmaktadır. Bu açıdan bakıldığında ölçülen tüm bölgelerde Mühlstep sınıflaması düşük olarak elde edilmiş, bölgelere göre bu değer 49,61–66,79 arasında değişmiştir. En düşük değer ise II. bölgede (49,61) bulunmuştur.

Sonuç olarak bütün bu oranlar değerlendirildiğinde dört bölgenin de lif yapıları kâğıt hamuru üretimine uygun olduğu görülmektedir. Ancak lif morfolojisi olarak II. (3x2,5 m) bölgeden alınan örneklerin, diğer bölgelerle karşılaştırıldığında kâğıt hamuru üretimi için daha uygun olduğu görülmektedir. İleriki çalışmalarda bu türün farklı dikim aralıklarına göre odun ana ve yan bileşenlerinin (holoselüloz, selüloz, hemiselüloz, lignin, çözünürlük oranları vb.) nasıl değiştiğinin belirlenmesi daha doğru değerlendirmelerin yapılmasına katkı sağlayacaktır.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK'ın, TOVAG tarafından 107O537 nolu proje kapsamında hazırlanmıştır. Sağlamış oldukları destekten dolayı TÜBİTAK'a ve çalışmalarından dolayı proje ekibine teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar

- Alkan, Ç., Eroğlu, H., Yaman, B., 2003. Türkiye'deki Bazı Odunsu *Angiospermae* Taksonlarının Lif Morfolojileri. ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 5(5): 102–108.
- Anonim, 2006. Dokuzuncu Beş Yıllık Kalkınma Planı (2007–2013), Ormanlık Özel İhtisas Komisyonu Raporu. Ankara, s. 4–6.
- Boydak, M., 1992. Ormanlıkta Araştırma ve Uygulama Yönleriyle Dikim Aralıklarının Anlam ve Önemi. Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Dergisi, 1992/2, 19: 5-30.
- Bozkurt, Y., 1971. Doğu Ladini (*Picea orientalis* Link. et Carr.) ile Toros Karaçamı (*Pinus nigra* var. *caramanica* (Loud.) Rehd.)'dan Birer Ağaçta Lif Morfolojisi Üzerine Denemeler. İÜ Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, 21 (1): 70-93.
- Bozkurt, Y., Göker, Y., Erdin, N., As, N., 1993. Datça Kızılçamında Anatomik ve Teknolojik Özellikler. Uluslararası Kızılçam Sempozyumu. Orman Bakanlığı, Marmaris, 628-635.
- Bozkurt, Y., Erdin, N., 1997. Ağaç Teknolojisi Ders Kitabı. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 445, İstanbul.
- Çiçek, E., 2002. Adapazarı-Süleymaniye Subasar Ormanında Meşcere Kuruluşları ve Gerekli Silvikültürel Önlemler. Doktora tezi, İÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 138 s.
- Çiçek E., Yılmaz, M., 2002. The Importance of *Fraxinus angustifolia* subsp. *oxyacra* as a Fast Growing Tree for Turkey. IUFRO Meeting on Management of Fast Growing Plantations, September 11-13, Izmit, Turkey, pp. 192-202.
- Dadswell, H.E., Watson, A.J., 1962. Influence of the Morphology of Wood Pulp Fibers on Paper Properties. In: Bolam, F., (ed.), Formation and Structure of Paper. Technical Section of the

- British Paper and Board Markers Association, London, 2: 537–564.
- Davis, P.H., 1987. Flora of Turkey and the Aegean Islands. Volume 6, Edinburgh University Press, England.
- Doğu, A.D., 2002. Odun Yapısı Üzerinde Etkili Faktörler. Doğu Akdeniz Ormanlık Araştırma Müdürlüğü, DOA Dergisi, 8: 81–102.
- Fraxigen, 2005. Ash Species in Europe: Biological Characteristics and Practical Guidelines for Sustainable Use. A Summary of Findings from the Fraxigen Project EU Project EVK-CT-00108. Oxford Forestry Institute, University of Oxford, UK, pp.128.
- Gerard, P. R., Fernandez-Manjarres, J.F., Bertolino, P., Dufour, J., Raquin, C., Frascaria-Lacoste, N., 2006. New insights in the recognition of the European ash species *Fraxinus excelsior* L. and *Fraxinus angustifolia* Vahl. As useful tools for forest management. Annals of Forest Science, 63(7): 733-738.
- Göksel, E., 1984. Kızılçamın Lif Morfolojisi ve Odununda Sülfat Selülozu Elde Etme Olanakları Üzerine Araştırmalar, İÜ Yayın No: 3204, Orman Fakültesi Yayın No: 364, İstanbul. 120 s.
- Göksel, E., 1986. Pamuk Saplarının Selüloz ve Kağıt Endüstrisinde Kullanım Olanakları Üzerine Araştırmalar. İÜ Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, 36 (1): 38-54.
- Güler, C., Çöpür, Y., Kara, Ö., 2009. Dar Yapraklı Dişbudak (*Fraxinus angustifolia* vahl.) Plantasyonlarındaki Dikim Aralıklarının, Odunun Fiziksel, Mekanik ve Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkilerinin Araştırılması. TÜBİTAK (TOVAG), Sonuç Raporu, Proje No: 107O537, Ankara. 69 s.
- Haygreen, J.G., Bowyer, J.L., 1996. Forest Products and Wood Science. Third Edition, IOWA State University Press.
- Jane, F.W. Wilson, K., White, D.J.B., 1970. The Structure of Wood. Adam & Charles Black, London.
- Kapucu, F., Yavuz, H., Gül, A.U., 1999. Dişbudak Meşcerelerinde Hacim, Bonitet Endeks ve Normal Hasılat Tablosunun Düzenlenmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Araştırma Fonu Başkanlığı, Sonuç Raporu. Proje Kod No: 96.113.001.4, Trabzon.
- Kasaplıgil, P., 1965. Bitki Dokularının Maserasyonu ve Boyama Tekniği. Türk Biyolojisi Dergisi, XV, 1-2.
- Kırcı, H., 2003. Kağıt Hamuru Endüstrisi Ders Notları. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No:72, Trabzon, 276 s.
- Kremer, D., Cavlovic, J., Bozic, M., 2006. Growth Characteristics of Introduced Green ash (*Fraxinus pennsylvanica* Marshall) and Narrow-leaved ash (*F. angustifolia* L.) in Lowland Forest Region in Croatia. New Forests, 31 (2): 211-224.
- Merev, N., 1984. Odun Anatomisi ve Odun Tanıtımı Ders Notları. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayın No: 88, Trabzon.
- Nikitin, I., 1966. The Chemistry of Cellulose and Wood. Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem, Translated from Russian by J. Schmorak, pp. 691.
- Normand, D., 1972. Manuel D'identification des Bois Commerciaux, Tom 1, Nogent Sur/Marne, pp. 171.
- Normand, D., 1973. Cour D'anatomie du Bois. Paris, Ecole Superieur du Bois, pp. 83.
- Panshin, A.J., Zeeuw, C., 1970. Textbook of Wood Technology. M.C. Graw-Hill Book Company, London.
- Paul, B.H., 1963. The Application of Silviculture in Controlling The Specific Gravity of Wood. USDA For. Serv. Tech. Bull. 1288.
- Sarıbaş, M., 1989. Türkiye'nin Euro-Siberien (Euxine) Bölgesinde Doğal Olarak Yetişen Kavakların Morfolojik (Dış Morfolojik, İç Morfolojik ve Palinolojik) Özellikleri Üzerine Araştırmalar. Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enst. Tek. Bül. No. 148, İzmit, 152 s.
- Serdar, B., Gerçek, Z., 2003. Kivi (*Actinidia sinensis* Planch.) Odununun Anatomik Yapısı. Ulusal Kivi ve Üzümü Meyveler Sempozyumu, Karadeniz Teknik Üniversitesi. Ordu Ziraat Fakültesi, Bildiriler Kitabı, Ordu, 57–60,
- Tank, T., 1980. Lif ve Selüloz Teknolojisi I. İÜ Orman Fakültesi Yayın No.272, Bozak Matbaası. İstanbul.

Tank, T., Göksel, E., Cengiz, M., Gürboy, B., 1990. Hızlı Gelişen Bazı İğne Yapraklı Ağaç Türlerinin Lif ve Kağıt Teknolojisi Yönünden İncelenmesi. İÜ Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, 40 (1): 40-50.

Yaman, B., Gencer, A., 2005. Trabzon koşullarında yetiştirilen Kiwi (*Actinidia deliciosa* (A. Chev.) C.F. Liang & A.R.

Ferguson)'nin lif morfolojisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, A(2): 149-155.

Yaşar, S., Güller, B., Baydar, H., 2010. Susam (*sesamum indicum* L.), Pamuk (*gossypium hirsutum* L.) ve Haşhaş (*papaver somniferum* L.) Saplarında Karbonhidrat, Lignin Miktarları ve Bazı Lif Özellikleri Üzerine Araştırmalar. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, Sayı: 1: 56-66.