

Türkiye’de Doğal Olarak Yetişen Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Odunlarının Lif Morfolojisinin Kağıt Yapımına Uygunluğunun Araştırılması

İbrahim BEKTAŞ, Ahmet TUTUŞ
KSÜ Orman Fakültesi, 46060, Kahramanmaraş-TÜRKİYE
Hüdaverdi EROĞLU
ZKÜ Orman Fakültesi, Zonguldak-TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 01.07.1997

Özet: Bu çalışmada Türkiye’de doğal olarak yetişen kızılçamlardan araştırma materyali alınırken, en iyi yetiştirme ortamları seçilmiştir. Araştırmanın ana amacı, kızılçamda lifsel yapıdaki hücrelerin morfolojik özelliklerini incelemek ve bu özelliklerin kağıt yapımına uygunluğunu araştırmaktır. Bu amaç için 5 farklı yetiştirme ortamından (Suçatı - Kahramanmaraş, Edremit - Balıkesir, Kemalpaşa - İzmir, Yılanlı - Muğla, Melli (Bucak) - Burdur) 20 adet deneme ağacı alınmıştır. Deney örnekleri , ağaç gövdelerinin 2.30 m. yüksekliğinden alınmıştır. Denemelerde, lif uzunluğu, lif çapı, lümen genişliği ve hücre çeper kalınlığı ölçülmüştür. Bu ölçümler kullanılarak lifsel yapıdaki hücrelerin morfolojik özelliklerinden Keçeleşme oranı, Elastikyet Katsayısı, Katılık katsayısı, Runkel sınıflaması, Muhlstep sınıflaması ve F faktörü hesaplanmıştır. Bu özelliklerin kağıdın fiziksel direnç özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Yapılan bu çalışmada Kızılçamın kağıt üretimine uygun olduğu belirlenmiştir.

A Study of The Suitability of Calabrian Pine (*Pinus brutia* Ten.) For Pulp and Paper Manufacture

Abstract: In this study, carefully selected test materials were taken from calabrian pines growing naturally in Turkey. The aim of this research is was determine the morphological properties of the wood fiber of the Calabrian pine and the suitability of these properties for pulping. Twenty sample trees were collected from 5 different regions (Suçatı- Kahramanmaraş , Edremit - Balıkesir, Kemalpaşa - İzmir, Yılanlı - Muğla and Melli (Bucak) - Burdur) The test samples were taken from tree stems at a height of 2.30 m. In these tests, fibre length , fibre diameter, lumen dia and cell wall thickness were measured. The felting rate, elasticity coefficient, rigidity coefficient, Runkel classification, Muhlstep classification and F ratio were calculated from the wood fiber morphological properties and the effects of these properties on pulp strength properties were investigated. According to the results of this study, it was found that the Calabrian pine is quite suitable for pulping.

Giriş

Kızılçam (*P.brutia* TEN.) Türkiye’de geniş bir alana yayılmış, ekonomik değeri yüksek ve genelde doğal olarak yetişen bir ağaç türümüzdür. Akdeniz, Ege ve Marmara Bölgeleri’nde saf ormanlar kuran kızılçam, Orta ve Batı Karadeniz Bölgesi’nin kıyıya bakan yamaçlarında doğal olarak yetişmekte, Sakarya, Filyos, Kızılırmak akarsu vadileri üzerinden iç bölgelere kadar ulaşmaktadır. Ayrıca Ayancık, İskilip, Osmaniye ve Cide dolaylarında münferit veya meşcereler halinde bulunmaktadır (1, 2, 3).

Kızılçam yurdumuzda, iğne yapraklı ormanlar içerisinde 3.096.064 ha’la en geniş yayılış alanına

sahiptir. Bu alan ülke tüm orman alanının %15.33’üne tekabül etmektedir(4).

Bu türümüz, 5 milyon m³ yıllık artım ve 4 milyon m³ eta oluşturmak suretiyle(5) Türkiye ekonomisine önemli katkılar yapmasının yanında, aynı zamanda hızlı gelişen ve kitle ağaçlandırmalarına uygun, odun kökenli sanayi için aranan hammadde kaynaklarından biridir.

Hızlı gelişen bir tür olarak müteala edilen kızılçamın bazı morfolojik özelliklerinin araştırılması ve daha önce değişik araştırmacılar(6, 7) tarafından elde edilen bilgilerin genişletilerek, orman ürünleri sanayisine yeni katkılar yapılması düşünülmüştür.

Materyal ve Metod

Deneme Alanlarının Belirlenmesi Esasları

Araştırma, Kızılcımın Türkiye'de doğal olarak optimum ormanlarını kurduğu bölgeleri kapsayacak şekilde planlanmış ve böylece Türkiye geneline yakın bir alanı kapsaması amaçlanmıştır. Bu amacı gerçekleştirmek üzere, 5 ayrı Bölge (Suçatı - Kahramanmaraş, Edremit - Balıkesir, Kemalpaşa - İzmir, Yılanlı - Muğla, Melli (Bucak) - Burdur) belirlenmiştir. Bu bölgeler belirlendikten sonra, ilgili Bölge Müdürlüklerine gidilerek, Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde kızılçımın optimum yetişme yeri olan işletme Müdürlükleri ve işletme Şeflikleri tespit edilmiştir.

Deneme Alanlarının Ve Ağaçlarının Tanıtımı

Deneme ağaçlarının alındığı yetişme ortamlarına ait tanıtıcı bilgiler ile deneme ağaçlarının bazı özellikleri Tablo 1 'de verilmiştir.

Deneme Ağaçlarının Seçimi

Bu araştırmada kızılçımın genel ortalama lif morfolojisinin tespitinin yanısıra, yöre farklılığının lif morfolojisinin üzerine etkisinde ortaya konması amaçlandığı için, işletme şeflikleri belirlendikten sonra, işletme şefliği içerisinde 20 x 20 m'lik deneme alanları

seçilmiştir. (Deneme alanlarının ve deneme ağaçlarının seçiminde TS 4176/1984 esas alınmıştır). Fakat seçilen bu deneme alanlarının aynı bakı, rakım ve bonitet'ten olmasına çalışılmıştır. Her işletme şefliğinden belirlenen 4 adet 20 x 20 m'lik deneme alanında ağaçların göğüs (1.30 m) çapları ölçülerek, deneme alanı ortalama göğüs çapı belirlenmiştir. Bunu müteakip, her deneme alanından ortalama göğüs çapına tekabül eden bir ağaç, deneme ağacı olarak tespit edilmiştir. Bu işlemlerden sonra, her deneme ağacına bir numara verilmiş, kuzey (K) yönleri işaretlenmiş ve kesimi yapılarak, gerekli ölçmeler yapılmıştır. Her işletme şefliğinden 4 adet olmak üzere toplam 20 adet deneme ağacı kesilerek, denemelerde kullanılmıştır. Denemelerde ana varyeteye ait deneme ağaçları kullanılmıştır.

Deneme Ağaçlarından Seksiyonların Alınması

Deneme ağaçlarının kesimi ve dal temizlemesi tamamlandıktan sonra, her deneme ağacından 2.30 m. yüksekliğinden gövde seksiyonları alınarak lif morfolojisinin tespitinde kullanılmıştır. Daha sonra bu kısımlarından 1 x 1 x 2 cm'lik lif morfolojisinin tespit edildiği deney numuneleri hazırlanmıştır.

Tablo 1. Deneme alanları ve ağaçlarına ait bazı tanıtıcı bilgiler.

Yetiştirme Ortamı Bakı	Suçatı Güney	K.paşa Kuzey	Yılanlı Güney	Melli Güney	Edremit Güney
Yükselti (m)	800	350	700	800	400
Meyil(%)	45	45	35	30	30
Meşcere Tipi	saf	saf	saf	saf	saf
Bonitet sınıfı	2-3	2	1	1	2
Meşcere Yaş Durumu	Aynı	Aynı	Aynı	Aynı	Aynı
Kapalılık	2	2	2	2	2
Yağış (mm/yıl)	707.6	700.0	1220.9	744.2	738.6
Bağıl nem (%)	58	68	64	58	68
Sıcaklık (Yıl. ort. oC)	16.5	17.6	15	14.1	18.2
Den. Ağacı Çapı(ort.) cm.	40	42	43	43	51
Den. Ağacı Yaşı(ort.)	72	62	81	89	131
Çap / Yaş Oranı	0.56	0.67	0.53	0.48	0.39
Boy / Yaş Oranı	0.24	0.37	0.33	0.26	0.15
Toprak Türü*	killibalçık	killibalçık	killibalçık	killibalçık	kumlubalçık
Kireç(%)*	2.39	1.29	52.71	14.56	9.21
Toz(%)*	26.5	11.4	32.5	35.7	18.2
Kil(%)*	16.5	24.2	16.5	17.5	17.4
Kum(%)*	57.0	64.4	51.0	46.8	64.4

(*) Toprak derinliği: 30-60 cm.

Lif Morfolojisinin Belirlenmesi için Preparatların Hazırlanması

Lif morfolojisi, her ağacın Kuzey-Güney yönünden dar ve geniş yıllık halkalı kısımlardan kesilen 1x1x2 cm boyutlarındaki numuneler üzerinde incelenmiştir. 1x1x2 cm'lik numunelerden preparatlarda kullanılacak kesitlerin kolayca alınabilmesi için dibe batıncaya kadar suda kaynatılmıştır. Örneklerin tamamının dibe çökmesinden sonra, kaynatma işlemine son verilmiş, bunu takiben %50 alkol + %50 gliserin karışımı içerisinde beklemeye bırakılmıştır. Daha sonra örneklerden kızaklı mikrotom ile 10-30 mikron kalınlığında enine, radyal ve teğet yönlerde kesitler alınarak preparatların hazırlanması işlemine geçilmiştir.

Kesitlerin alınmasını takiben preparatlar hazırlanmıştır. Kesitler önce %1'lik safranin ile boyanarak ligninin kırmızıya boyanması ve hücre çeperi ile hücre lümenleri arasında renk uyumu sağlanmıştır.

Boyama işleminden sonra, kesitler safsu ile suyun rensiz hale gelmesine kadar yıkanmıştır. Bu işlemin ardından kesitler içindeki suyu çıkarmak için sıra ile %50, %70 ve %99'luk alkol çözeltilerinde 3-5 dak. bekletilmek suretiyle 3'er defa yıkama işlemi uygulanmıştır. Alkol yıkamasını takiben kesitlerin içerisindeki alkolü çıkarmak için (%60 Alkol + % 40 Xylen, % 40 Alkol + % 60 Xylen, % 20 Alkol + % 80 Xylen, %100 Xylen) karışımı ile muamele edilerek petri içerisinde 5 dak. bekletilmiştir. Üzerine örnek numarası yazılı olan lam üzerine kesitler yerleştirilmiş, Kanada balzamu damlatıldıktan sonra üzerine bir ağırlık konarak ölçüme hazır hale getirilmiştir.

Mikroskopik Özelliklerin Ölçülmesi

Mikroskopik özelliklerin tespitinde Zeis monoküler ışık mikroskobu ile vizopan (Reichard) kullanılmıştır. Oküler 6x, objektifler ise 40x ve 90x büyütme olup, ölçmeler okülere takılan özel ölçü taksimatı yardımıyla yapılmıştır. Ölçü taksimatındaki değerlerin mikron olarak karşılıkları şöyledir.

- 6 oküler, 40 objektifte 1 birim = 4 mikron; - 6 oküler, 90 objektifte 1 birim = 1.9 mikron

Enine Kesitlerde Yapılan Ölçmeler

Enine kesitte, ilkbahar odunu teğet ve radyal lif çapı, ilkbahar odunu teğet ve radyal lümen genişliği, ilkbahar odunu teğet ve radyal çeper kalınlığı, yaz odunu teğet ve radyal lif çapı, yaz odunu teğet ve radyal lümen genişliği, yaz odunu teğet ve radyal çeper kalınlıkları ölçülmüştür.

Lif Uzunluklarının Ölçülmesi

Lif boylarını belirlemek amacıyla özden $r/4$, $r/2$ ve $2r/3$ (r : yarıçap) uzaklıktan, liflere paralel yönde hazırlanan 1 x 1 x 2 cm lik örneklerden lif doğrultusunda 0,5 mm kalınlık ve 2 cm boyunda parçalar Jefri metodu ile maserasyona tabii tatulmuştur. Jefri metodunda, örnekler özel olarak hazırlanmış Jefri eriğiye içerisine atılarak liflerine ayrılincaya kadar bekletilmiş, daha sonra lifler damıtık suda yıkanarak ölçüm preparatları hazırlanmıştır.

Lifsel Yapıdaki Hücrelerin Morfolojik Özelliklerinin Hesaplanması

Lifsel Yapıdaki Hücrelerin Morfolojik Özelliklerinin nasıl tespit edildiği aşağıda açıklanmıştır.

Keçeleşme Oranı : Lif Uzunluğu / Lif Genişliği

Elastikiyet Katsayısı : Lümen Çapı * 100 / Lif Genişliği

Katılık Katsayısı : Hücre çeper Kalınlığı / Lif Çapı * 100

Runkel Sınıflaması : Hücre çeper Kalınlığı * 2 / Lümen Çapı

Muhlstep Sınıflaması : Hücre çeper Alanı / Lif Enine Kesit Alanı * 100

F Faktörü : Lif Uzunluğu / Hücre çeper Kalınlığı * 100

Bulgular

Lif Uzunlukları

Lif uzunlukları belirlemek amacıyla özden $r/4$, $r/2$ ve $r/3$ (r = yarıçap: cm) uzaklıktan alınan numuneler üzerinde toplam 1800 ölçüm yapılmış, ölçüm sonuçları Tablo 2'de gösterilmiştir.

Lif Çapları

Toplam 1600 adet lif çapı ölçülmüş ve ölçüm sonuçları Tablo 3'de verilmiştir.

Lümen Genişliği

Lümen genişliklerinin tespiti için, toplam 1600 adet ölçüm sonucunda elde edilen bulgular Tablo 4'de verilmiştir.

Hücre Çeper Kalınlıkları

Beş ayrı yetiştirme ortamında çeper kalınlıklarının tespiti için 1600 adet çeper kalınlığı ölçülmüş ve sonuçlar Tablo 5 'de verilmiştir.

Tablo 5 incelendiğinde en yüksek ortalama çeper kalınlığının Edremit yetiştirme ortamında (Yaz odunu teğet: 11.54 μ m), en düşük ortalama değer ise Yılanlı'da (ilkbahar odunu radyal: 5.43 μ m) tespit edildiği görülecektir.

Tablo 2. Lif Uzunlukları

P.brutia Ten.	Numune Sayısı N	Aritmetik Ortalama X	Standart Sapma S	Lif Uzunluğu (mm)			Min. Değer Xmin	Mak. Değer Xmax	Değişim Genişliği R
				Varyans S ²	Var. Katsayı. V	.			
Suçatı	r/4	120	2.99	1.2112	1.4670	40.51	1.10	9.10	8.00
	r/2	120	4.65	1.6625	2.7639	35.75	1.20	9.30	8.10
	2r/3	120	5.13	2.2948	5.2661	44.73	1.50	10.90	9.40
Kemalpaşa	r/4	120	3.04	0.9912	0.9825	32.61	1.20	6.40	5.20
	r/2	120	4.02	1.7070	2.9138	42.46	1.40	10.68	9.28
	2r/3	120	5.01	2.7531	7.5795	54.95	1.60	13.24	11.64
Yılanlı	r/4	120	3.70	0.6716	0.4510	18.15	2.22	5.00	2.78
	r/2	120	4.56	1.9553	3.8232	42.88	2.29	10.68	8.39
	2r/3	120	5.52	2.9320	8.5966	53.12	2.54	16.24	13.70
Melli	r/4	120	3.78	0.7903	0.6246	20.91	2.36	6.40	4.04
	r/2	120	4.57	1.2548	1.5745	27.46	2.65	7.69	5.04
	2r/3	120	5.43	2.3823	5.6754	43.87	2.54	11.30	8.76
Edremit	r/4	120	3.74	0.8671	0.7518	63.53	2.18	6.40	4.22
	r/2	120	4.74	1.0847	1.1765	22.88	2.45	7.36	4.91
	2r/3	120	5.59	2.0689	4.2803	37.01	2.54	10.28	7.74
GENEL	r/4	600	3.45	0.9900	0.9801	28.69	1.10	9.10	8.00
	r/2	600	4.51	1.5803	2.4973	35.04	1.20	10.68	9.48
	2r/3	600	5.30	2.5062	6.2810	47.28	1.50	16.24	14.74

Genel Ortalama Lif Boyu = 4.42 mm

Yörelere Göre Lifsel Yapıdaki Hücrelerin Morfolojik Özellikleri Arasındaki Oransal Değerler

Bölgelere göre hesaplanan lifsel yapıdaki hücrelerin morfolojik özelliklerine ait değerler Tablo 6'da verilmiştir.

Sonuç ve Tartışma

Keçeleşme Oranı

Yıllık halkaların dar, geniş ve orta genişlikte oldukları odun zonlarından elde edilen örnekler üzerinde, lif uzunlukları ölçülerek, ölçüm sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.

Lif uzunlukları üzerinde yön kriterinin bariz bir etkisi olmamaktadır. Lif boyları öze yakın kısımlarda kısa, özden uzak odun zonlarında daha uzun olarak ölçülmüştür. Yaz odunu liflerinin ilkbahar odunu liflerinden daha uzun olduğu tespit edilmiştir. Ağaç yaşı ile lif boyları arasında doğrusal bir ilişki mevcuttur. En uzun

lifler en yaşlı odun kısımlarında bulunmaktadır. Lif boyları açısından odun zonlarını kıstadan uzuna doğru genç odun, olgun odun ve yaşlı odun şeklinde sıralamak mümkündür. Ayrıca özodun lif boylarının diriodundan daha kısa olduğu görülmüştür. Genel olarak ağaç yaşı arttıkça lif uzunluklarında artmaktadır.

Ağaç malzemenin kağıt yapımına uygunluğunu denetleyen kriterlerden biri, lif boyunun çapına oranlanması ile hesaplanan keçeleşme oranıdır. Bu oran, kağıdın fiziksel test sonuçlarına göre sağlamlığı, yırtılma, patlama, kopma ve çift katlama direnci üzerinde olumlu etkisi bulunan önemli bir faktördür ve iğne yapraklı ağaçlar için 70'in üzerinde olması istenir. Kızılcımda keçeleşme katsayısı genel ortalama değerler üzerinden 110 olarak hesaplanmıştır. Diğer bazı araştırmacılar keçeleşme katsayısını, Kızılcımda 89 - 98 (6), Datça kızılcımda 77 (7) olarak belirlemiştir.

Tablo 3. Lif çapları

P.brutia Ten.	Numune	Aritmetik	Lif Çapı (µm)			Var.	Min.	Max.	Değişim
			Sayı	Ortalama	Standart				
	N	X	S	S ²	V	X _{min}	X _{max}	R	
Suçatı	YO R	80	35.96	1.3435	1.8050	3.07	9.50	38.50	29.00
	T	80	38.95	1.3435	1.8050	3.45	9.50	50.40	40.90
İBO	R	80	45.72	6.7175	45.125	14.69	24.70	51.30	26.60
	T	80	46.81	8.0610	64.980	17.22	22.80	54.20	31.40
K.Paşa	YO R	80	34.99	4.0305	16.245	11.52	9.50	50.90	141.40
	T	80	38.53	4.0305	16.245	10.46	9.50	50.40	40.90
İBO	R	80	45.39	4.0305	16.245	8.89	17.10	57.00	39.90
	T	80	45.36	1.3435	1.8050	2.96	20.90	50.30	29.40
Yılanlı	YO R	80	36.55	1.3435	1.8070	3.67	11.40	48.50	37.10
	T	80	39.50	4.0305	16.245	10.20	13.30	46.60	33.30
İBO	R	80	43.70	5.3740	28.881	12.30	13.30	51.30	38.00
	T	80	43.82	1.3435	1.8060	3.07	17.10	57.00	39.90
Melli	YO R	80	36.41	5.3740	28.880	14.75	9.50	50.40	40.90
	T	80	38.60	1.3435	1.8040	3.48	13.30	42.80	29.50
İBO	R	80	37.74	10.748	115.52	28.48	13.30	57.00	43.70
	T	80	44.22	9.4045	88.445	21.26	15.20	56.50	41.30
Erdemit	YO R	80	35.07	8.0610	64.980	22.99	11.40	45.60	34.20
	T	80	38.86	2.6870	7.2740	6.90	13.30	48.50	35.20
İBO	R	80	40.61	10.748	115.52	26.46	13.30	51.30	38.00
	T	80	39.02	2.6870	7.2740	6.89	17.10	51.80	34.70
GENEL	YO R	400	35.80	5.3740	28.880	15.09	9.50	50.90	41.40
	T	400	38.89	1.3435	1.8050	3.45	9.50	50.40	40.90
İBO	R	400	42.63	16.122	259.91	37.81	13.30	57.00	43.70
	T	400	44.25	9.4045	88.445	21.25	15.20	57.00	41.80

Genel Ortalama Lif Çapı = 40.40 µm

YO: Yaz odunu

İBO: İlbahar odunu

Yetiştirme yöreleri arasında keçeleşme oranı bakımından en yüksek değer Edremit'te elde edilmiştir. Bu yöreden alınan deneme ağaçlarının yaşlarının fazla olması, lif uzunluğunun artmasına sebep olmuştur.

Elastikiyet Katsayısı(Ek)

Araştırma sonucunda bulunan lümen genişliğine ait bulgular Tablo 4'de verilmiştir. Ölçüm sonuçlarına göre ortalama değer 25.1µm olarak belirlenmiştir. En yüksek ortalama değerler, Yaz odunu-radyal Edremit (14.3 µm), Yaz odunu-teğet Edremit (26.67 µm), ilkbahar odunu-radyal Kemalpaşa (32.61 µm) ve ilkbahar odunu-teğet Suçatı (34.15 µm) olarak gerçekleşmiştir.

Lümen çapının lif genişliğine bölünerek 100 ile çarpılmasıyla Elastikiyet Katsayısı hesaplanan bu değer 4

grup altında incelenmektedir(I. Grup: Ek.> 75, II. Grup: 50<Ek.<75, III. Grup:30 < Ek.< 50, IV. Grup: Ek.<30) (8).

Elastikiyet Katsayısı genel ortalama değerler üzerinden 62,31 olarak hesaplanmış olup II. Grupta değerlendirilmektedir. Elastikiyet Katsayısı 50 - 75 arasında kağıdın fiziksel özelliklerini artırmaktadır. Ayrıca, ilkbahar odunu-Teğet Yönde 69.26; İlbahar odunu-Radyal Yönde 73.07; Yaz odunu-Teğet Yönde 66.13 ve Yaz odunu-Radyal Yönde 35.95 Elastikiyet Katsayısı değerlerinin elde edilmesi, kağıt yapımına ilkbahar odunun yaz odunundan daha uygun olduğunu göstermiştir.

Elastikiyet Katsayısı bakımından yetiştirme yörelerinde hesaplanan değerlerin tamamının kağıdın fiziksel direnç özellikleri için uygun olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4. Lümen genişliği

P.brutia Ten.	Numune Sayısı N	Aritmetik Ortalama X	Lümen Genişliği (µm)			Var. Katsayısı V	Min. Değer X_{min}	Mak. Değer X_{max}	Değişim Genişliği R
			Standart Sapma S	Varyans S^2					
Suçatı	YO R	80	12.99	5.37400	28.880	4.14	7.60	22.80	15.20
	T	80	24.89	4.03050	16.245	16.19	7.60	36.60	29.00
İBO	R	80	31.35	4.03050	16.245	12.86	20.90	45.60	24.70
	T	80	34.15	9.40450	88.444	27.54	19.00	49.40	30.40
K.Paşa	YO R	80	11.66	2.68700	7.220	2.31	7.60	19.00	11.40
	T	80	26.51	1.34350	1.805	5.06	7.60	32.80	25.20
İBO	R	80	32.61	6.71750	45.125	20.60	17.10	56.10	39.00
	T	80	30.57	2.68700	7.220	8.79	13.30	41.80	28.50
Yılanlı	YO R	80	12.49	1.34350	1.805	10.76	7.60	26.60	19.00
	T	80	25.41	4.03050	16.245	15.86	9.50	32.80	23.30
İBO	R	80	32.06	13.4850	180.499	41.90	17.10	55.10	38.00
	T	80	31.54	5.37400	28.878	17.04	17.10	49.40	32.30
Melli	YO R	80	12.90	5.37400	28.878	41.65	7.60	26.60	19.00
	T	80	25.11	1.34350	1.805	5.35	9.50	31.00	21.50
İBO	R	80	31.90	10.7480	115.519	33.69	17.10	51.30	34.20
	T	80	29.66	6.71750	45.125	22.65	17.10	45.60	28.50
Edremit	YO R	80	14.30	1.34350	1.805	9.40	5.70	28.50	22.80
	T	80	26.67	1.34350	1.805	5.03	9.50	38.50	29.00
İBO	R	80	27.81	134350	180.499	48.31	17.10	41.80	24.70
	T	80	27.34	12.0915	146.204	44.83	17.10	47.50	30.40
GENEL	YO R	400	12.87	6.7180	45.132	52.20	5.70	28.50	22.80
	T	400	25.72	1.3435	1.805	5.22	7.60	28.50	20.90
İBO	R	400	31.15	8.0610	64.980	25.88	17.10	56.10	37.00
	T	400	30.65	17.4655	305.043	56.96	13.30	49.40	36.10

Genel Ortalama Lümen Genişliği = 25.09 µm

YO: Yaz odunu

İBO: İlkbahar odunu

Katılık (Rijidite) katsayısı

İlkbahar ve yaz odunu için radyal ve teğet yönlerde ölçülen lif çapı değerleri Tablo 3’de verilmiştir.

En yüksek ortalama lif çapı Suçatı (ilkbahar odunu teğet 46.81µm), endüşük değer ise Kemalpaşa yöresinde (Yaz odunu radyal 34.99 µm) ölçülmüştür.Genel ortalama lif çapı 40,4µm olarak belirlenmiştir.

Bu araştırmada bulunan lif çapı, Dataç kızılcımına ait lif çapına çok yakın (7), GÖKSEL-1984’teki değerden (6) ise düşüktür. GÖKSEL-(6) ‘daki değer yüksek olmasının yetişme ortamı farklılığından kaynaklandığı sanılmaktadır.

Çeper kalınlığının lif çapına oranlanıp 100 ile çarpımı sonucu bulunan Katılık (Rijidite) katsayısı yükseldikçe kağıdın fiziksel direnç özellikleri zayıflamaktadır. Bu

oranın yüksekliği kağıdın kopma, yırtılma, patlama ve çift katlama direncini olumsuz yönde etkilemektedir. Kağıtçılık açısından, en iyi katılık katsayısı değeri, Kemalpaşa yöresinde elde edilmiştir.

Kızılcım için 18.15 olarak hesaplanan katılık katsayısı, diğer bazı ağaç türlerinde şu şekildedir.

Kızılcım 18-20 (6), Toros sediri 11.29 (9),Toros Karaçamı 13 (10), Doğu ladini 16.7 (11)

Kızılcımın katılık katsayısı oldukça düşük bulunmuştur. Buna göre Kızılcım odunlarının iyi kalitede yazı ve baskı kağıdı yapımına uygun özellikler taşıdığı söylenebilir (8).

Runkel Sınıflaması

Çeper kalınlıklarına ait bulgular Tablo 5 ‘de verilmiştir.

Tablo 5. Hücre çeper kalınlıkları.

P.brutia Ten.		Numune Sayısı N	Hücre Çeper Kalınlığı (µm)				Vary. Katsayısı V	Mini. Değer X_{min}	Max. Değer X_{max}	Değişim Genişliği R
			Aritmetik Ortalama X	Standart Sapma S	Varyans S^2					
Suçatış	YO	R	80	7.84	0.6718	0.451	8.56	5.70	9.50	3.80
		T	80	10.56	2.0530	4.061	19.44	4.75	16.40	11.65
	İBO	R	80	5.68	1.3435	1.805	23.65	2.85	6.65	3.80
K.Paşa		T	80	5.62	0.6718	0.451	11.95	3.80	8.55	4.75
	YO	R	80	7.24	0.6718	0.451	9.27	4.75	9.50	4.75
		T	80	9.23	0.6718	0.451	7.28	3.80	13.55	9.75
	İBO	R	80	5.49	0.6718	0.451	12.24	2.85	7.60	4.75
		T	80	5.91	0.6718	0.451	11.36	2.85	9.50	6.65
	YO	R	80	7.71	0.6718	0.451	8.71	4.75	10.45	5.70
Yılanlı		T	80	9.80	1.3435	1.805	13.71	4.75	15.45	10.70
	İBO	R	80	5.43	0.6718	0.451	12.37	2.85	8.55	5.70
		T	80	5.85	1.3435	1.805	22.96	3.80	8.55	4.75
Melli	YO	R	80	7.84	1.3435	1.805	17.14	4.75	10.45	5.70
		T	80	9.75	4.0305	16.245	41.34	4.75	12.35	7.60
	İBO	R	80	5.70	0.6718	0.451	11.79	3.80	7.60	3.80
Erdemit		T	80	5.53	2.0153	4.061	36.44	3.80	7.60	3.80
	YO	R	80	7.17	1.3435	1.805	18.73	3.80	11.40	7.60
		T	80	11.54	3.3588	11.282	29.10	3.80	13.30	9.50
	İBO	R	80	6.18	0.6718	0.451	10.87	3.80	9.50	5.70
		T	80	5.91	2.0153	4.061	34.10	3.80	11.40	7.60
	YO	R	400	7.56	2.687	7.220	35.54	3.80	11.40	7.60
GENEL		T	400	10.18	2.0153	4.061	19.79	3.80	16.40	12.60
	İBO	R	400	5.69	1.3435	1.805	23.61	2.85	9.50	6.65
		T	400	5.64	0.7618	0.451	11.91	2.85	11.40	8.55

Genel Ortalama Hücre çeper Kalınlığı = 7.03 µm

İBO: İlkbahar odunu

YO: Yaz odunu

En yüksek genel ortalama değer, Yaz odunu radyal çeper kalınlıklarında elde edilmiştir (Erdemit 11.34 µm). En düşük değer ise ilkbahar odunu radyal çeper kalınlığı olarak ölçülmüştür (Yılanlı 5.43 µm).

Çift çeper kalınlığının lümen çapına bölünmesi ile Runkel Sınıflaması değeri elde edilmektedir. Runkel Sınıflaması 1'den büyük olduğunda lifler kalın çeperli ve bu tür liflerden elde edilen selüloz, kağıt yapımına en az uygun; 1'e eşit olduğunda hücre çeperleri orta kalınlıkta ve liflerden üretilen selüloz, kağıt yapımına uygun; oran 1'den küçük olduğunda ise hücre çeperleri ince ve bu liflerden elde edilen selüloz, kağıt yapımına en uygun olarak değerlendirilmektedir. Bu oranda meydana gelen

düşüş, lif boyuna bağlı bir özellik olan yırtılma direnci dışında, patlama ve kopma uzunluğu gibi diğer fiziksel direnç özelliklerini olumlu yönde etkilemektedir. Runkel Sınıflaması bakımından, kağıt yapımına en uygun bölgenin Kemalpaşa olduğu görülmüştür.

Runkel Sınıflaması kızılçam için hesaplanarak diğer bazı ağaç türleri ile aşağıda karşılaştırılmıştır.

Kızılçam 0.58 (İlkbahar odunu: 0.36, Yaz odunu: 0.98), Toros Sediri 0.58 (9), Toros Karaçamı (P.n.var. caramanica) 0.36 (10), Doğu Ladini 0.54 (11), Datça Kızılçamı 0.34 (7), Kızılçam 0.6 - 0.7 (6).

Görüldüğü gibi Runkel Sınıflaması kızılçamda yapılan her üç çalışmada da 1'den küçük bulunmuştur. Bu sonuç,

Tablo 6. Yetiştirme ortamlarına göre hesaplanan lif boyutları arasındaki oransal değerler.

İlişkiler (⇒) Y.Ortamları (e)	Keçeleşme Oranı	Elastikiyet Katsayısı(%)	Katılık Katsayısı(%)	Runkel Sınıflaması	Mühlstep Sınıflaması(%)	f Faktörü (%)
Suçatı	101	61.75	17.74	0.57	61.8	573.25
K.paşa	98	61.70	16.97	0.55	61.9	576.75
Yılanlı	112	62.07	17.61	0.57	61.5	637.50
Melli	117	63.43	18.37	0.58	59.8	636.62
Edremit	122	62.59	20.06	0.64	60.8	609.09
Genel Ort.	110	62.31	18.15	0.58	61.2	606.70

kızılcım liflerinin ince çeperli ve bunlardan üretilen selülozun kağıt yapımına elverişli olduğunu göstermektedir. Ancak, selüloz üretimine ilkbahar odununun Yaz odunundan daha çok uygun olduğu belirlenmiştir.

Mühlstep Sınıflaması

Hücre çeper alanının lif enine kesit alanına bölümü olarak ifade edilen Mühlstep Sınıflaması, hücre çeperinin, kağıdın fiziksel nitelikleri üzerindeki etkisini belirlemektedir. İnce çeperli lifler kağıt yapımında kolayca ezilerek, kağıdın hem yoğunluğunu, hem de direnç özelliklerini olumlu yönde etkiler(12).

Kızılcımda Mühlstep Sınıflamasına ait ortalama değer 0.612 'dir. Mühlstep Sınıflamasına göre, yetiştirme ortamlarında yapılan hesaplamalarda, en yüksek değer Kemalpaşa'da elde edilmiştir (0.619). Bu sonuç, bu yöredeki ağaçlardan elde edilen liflerin daha kalın çeperli olduklarını göstermektedir. Kağıtçılık açısından ise en uygun değer Melli bölgesinden alınan deneme ağaçlarında bulunmuştur.

F Faktörü

Lif uzunluğunun çeper kalınlığına oranlanması ile bulunan F faktörü (Fleksibilite) oranının yüksekliği, bu tür liflerden elde edilecek kağıtların esnekliklerinin iyi olacağını belirler.

F faktörü kızılcım ve bazı ağaç türleri için aşağıda verilmiştir.

Kızılcım 606.66, Toros Sediri 410.34 (9), Sahilçımı (İzmit, land, Bonitet-1) ilkbahar odunu radyal 745.4, ilkbahar odunu teğet 695.81, Yaz odunu radyal 603.9, Yaz odunu teğet 493.2 (13).

F faktörü, Yılanlı yöresi deneme ağaçlarından üretilen kağıtlarda daha yüksek, buna karşılık Suçatı yöresi deneme ağaçlarından elde edilenlerin ise daha düşüktür.

Lifsel Hücrelerin Morfolojik Faktörleri ile Kağıdın Fiziksel Direnç Özellikleri Arasındaki İlişkiler

Daha önceki bölümlerde yapılan değerlendirmelerde, kağıtların fiziksel direnç özellikleri ile odunun morfolojik yapısı arasında çok sıkı bir ilişkinin olduğu görülmüştür. Özellikle odundaki lifsel hücrelerin bu ilişkilerde çok önemli fonksiyonları vardır. Tablo 7'de kağıdın bazı fiziksel dirençleriyle bu özellikler üzerinde etkili odun lifleri arasındaki ilişkiler karşılaştırılmıştır.

Tablo 7 incelendiğinde, lif uzunluğunun artması ve hücre çeperi kalınlığındaki azalmaların kağıdın fiziksel dirençleri üzerinde önemli oranda etkili olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak, gerek bu araştırmada, gerekse kızılcım hakkında yapılan diğer bazı çalışmalarda, kızılcımın kimyasal ve mekanik kağıt hamuru üretim yöntemleriyle(14), iyi kalitede kağıt yapımına uygun olduğu ortaya konmuştur. Bu yöntemler ile elde edilen kağıt hamuru çok dayanıklı kağıtların yapımında kullanılabilirlikte birlikte, esmer yada ağartılarak her türlü kağıt üretiminde kullanılabilir. Ayrıca, 40 yaşın altındaki genç ağaçlardan elde edilen liflerin kalitesinin kağıt yapımına uygun olduğu tespit edilmiştir. En iyi lif kalitesi "Makineli dikim" yapılan alanlarda sağlanmıştır (16). Bundan sonra yapılacak Kızılcım ağaçlandırmalarında bu hususa dikkat edilirse, hem daha hızlı gelişim, hem de kağıt sanayi için daha yararlı hammadde temin edilmiş olacaktır.

Tablo 7. Lif hücrelerin morfolojik faktörleri ile kağıdın fiziksel direnç özellikleri arasındaki ilişkiler (14.15).

İlişkiler	Patlama Direnci	Yırtılma Direnci	Çift Katlama Direnci	Kağıdın Yoğunluğu(*)
Lif uzunluğu arttıkça	+	++	+	-
Hücre çeperi kalınlığı arttıkça	-	+	--	--
Hücre çeperi kalınlığı azaldıkça	+	-	++	++
Lif uzun. / Lif geniş. arttıkça			+	
Lif kıvrıklığı artıkça	—	+	+	-

(*) : Porozite, hava geçirgenliği, su tutma kapasitesi ve hacimlilik, yoğunlukla ters orantılıdır.

(+) : Pozitif etkisinin olduğu belirlenmiştir.

(++) : Kesinlikle pozitif etkisi vardır.

(-) : Negatif etkisinin olduğu belirlenmiştir.

(--) : Kesinlikle negatif etkisi vardır.

Kaynaklar

- Yaltrnk,F., (1993): Dendroloji Ders Kitabı. 2.Baskı ISBN.975-404-094-X. İ.İ. Orman Fakültesi Yayınları İ.İ. Yayın No: 3443. Or.F.Yayın No:386. İstanbul
- Öktem,E., (1987): Kızılcım. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları. El Kitabı dizisi. Dizi No: 2. Muhtelif Yayınlar Serisi No: 52. Ertem Matbaası s.11-14, Ankara
- Selik,M., (1963): Kızılcım (P.brutia TEN.)'ın botanik özellikleri üzerinde Araştırmalar ve Bunların Halep Çamı (P.halepensis Mill.) vasıfları ile mukayesesi. O.G.M. Yayınları Sıra No: 353, Seri No: 36. Yenilik Basımevi, İstanbul
- Kayacık,H., (1980): Orman ve Park Ağaçlarının Özel Sistematiği. I.Cilt Gymnospermae. İ.İ. Yayın No: 2642 OF. Yayın No: 281, İstanbul
- Yaltrnk,F., Baydak,M., (1993): Türkiye Kızılcımlarında Genetik Çeşitlilik (varyasyon).T.C Orman Bakanlığı, Uluslararası Kızılcım Sempozyumu Bildiriler Metni s.1-10, Marmaris-Muğla.
- Göksel,E., (1984): Kızılcım Lif Morfolojisi ve Odunundan Sülfat Sellülozu Elde Etme Olanakları Üzerine Araştırmalar. İ.İ. Yayın No: 3204, Orman Fakültesi Yayın No: 364, s.99, İstanbul
- Bozkurt,Y., Göker,Y., Erdin,N., As,N., (1993): Datça Kızılcımında Anatomik ve Teknolojik Özellikler. Uluslararası Kızılcım Sempozyumu Bildiriler Metni. O.G.M. Baskı Tesisleri. s.628-635, Marmaris-Muğla.
- Tank,T., (1981): Endüstriyel Değerlendirme Açısından Hızlı Gelişen Bazı Ağaç Türleri. Türkiye'de Hızlı Gelişen Türkiye Endüstrisi Ağaçları Sempozyumu Bildirisi No: Çağrılı, İzmit
- Erdin,N., (1985): Toros Sediri (Cedrus Libani A.Ric.) Odununun Anatomik Yapısı ve Özgül Ağırlığı Üzerine Araştırmalar. İ.İ. Yayın No: 3245, O.F. Yayın No: 369, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul
- Bozkurt,Y., (1971): Doğu Ladini (Picea orientalis Carr.) ile Toros Karaçamın (Pinus nigra var Caramanica Loud.)'dan birer ağaçta Lif Morfolojisi Üzerine Denemeler. İ.İ. OF. Dergisi Seri A, Cilt 21, Sayı 1, s.70-93, İstanbul
- Topçuoğlu,A., (1985): Doğu Ladini (Picea orientalis Carr.) Odununun İç Morfolojisi Üzerine Araştırmalar. Ormancılık Araştırma Teknik Bülteni Seri No:134 s.77, Ankara
- Casey,J.P.,(1961): Pulp and Paper. Vol: 2, Papermaking, Second Print, Interscience publ., New York.
- As, N., (1992): Pinus Phaster Ait. Değişik Irklarının Fiziksel, Mekanik ve Teknolojik Özellikleri Üzerine Etkisi. İ.İ. Fen Bil. Enst., Or. End. Müh. ABD, Odun Mek. ve Tek. Programı, Doktora Tezi, İstanbul.
- Bostancı, Ş.,(1987): Kağıt Hamuru ve Ağartma Teknolojisi. KTİ. Orman Fakültesi Yayınları. Orman Fakültesi Matbaası. s.45, Trabzon.
- Dadswell, H.E., Watson, A.J.,(1961): Influence of the Morphology of Woodpulp Fibres on Paper Properties. Tec. Section of the British Paper and Board Makers Association, pp.569,London, E.c.4, England
- Göksel, E., Özden, Ö.,(1993): Kağıt Endüstrisinde Kızılcım. Uluslararası Kızılcım Sempozyumu Bildiriler Metni OGM Baskı Tesisleri s.648, Marmaris-Muğla