



Türkiye’de Doğal Olarak Yetişen Titrek Kavak Odununun (*populus tremula L.*) Lif Morfolojisi ve Kimyasal Yapısının İncelenmesi

Mehmet Onurhan GÜCÜŞ¹, Hüdaverdi EROĞLU²

Özet

Bu çalışmada titrek kavak (*Populus tremula L.*) ağacının kimyasal analizleri ve lif yapısı incelenmiştir. Titrek kavak odunu, Bartın orman işletme müdürlüğüne bağlı Arıt şefliğinden temin edilmiştir. Yapılan çalışmalar ile titrek kavak ağacının holoselüloz, selüloz, lignin ve kül oranı bileşenleri ile, sıcak ve soğuk su, %1 NaOH ve Alkol-Benzen çözünürlüğü % olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak holoselüloz, selüloz, lignin, kül, sıcak ve soğuk su da çözünürlük, %1 NaOH ve Alkol-Benzen çözünürlüğü sırası ile %85.7, %58, %17.2, %0.28, %14,9, %5.8 ve %19.2 olarak tespit edilmiştir.

Ayrıca yapılan lif ölçümleri ile lif uzunluğu, trahe genişliği, lümen genişliği, çift çeper kalınlığı, elastiklik oranı, runkel sınıflandırması, keçeleşme oranı ve rijidite değerleri sırası ile 1.33 mm, 695.1 µm, 22.6 µm, 17.1 µm, 10.4 µm, % 53.5, 0.86, %58.9 ve 20.1 olarak tespit edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar daha önce çalışılan titrek kavak ve diğer yapraklı ağaç türlerinden elde edilen sonuçlar ile hemen hemen aynı olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kavak odunu, Titrek kavak, *Populus tremula L.*, Kimyasal özellikler, Holoselüloz, Lignin, Morfolojik özellikler, Lif uzunluğu

Analysis of Fiber Morphological and Chemical Properties of European Aspen (*populus tremula L.*) growing naturally in Turkey

Abstract

In this study, chemical analysis and fiber structure of aspen (*Populus tremula L.*) tree were analyzed. The log of Aspen tree was obtained from Arit chief in Bartın forest management. Ratios of main chemical components of aspen tree, holocellulose, cellulose, lignin and ash content, hot and cold water solubility, % 1 NaOH and alcohol-benzene solubility, respectively. As a result, holocellulose, cellulose, lignin, ash content, the resolution of hot and cold water, %1 NaOH and respectively, alcohol-benzene resolution, %85.7, %58, %17.2, %0.28, %14,9, %5.86 and %19.2, respectively.

In addition, measurements of fiber, fiber length, vessel size, lumen width, double wall thickness, elasticity ratio, Runkel classification rate and rigidity values were felting 1.33 mm, 695.1 µm, 22.6 µm, 17.1 µm, 10.4 µm, % 53.5, 0.86, %58.9 and 20.1 respectively. These results obtained here are by and large parallel to those of previous studies aspen tree species.

Keywords: Poplar, *Populus tremula L.*, Chemical properties, Holocellulose, Lignin, Fiber properties, Fiber length

- ❖ Bu çalışma “Titrek Kavak (*P. tremula L.*) Odunundan Soda Yöntemi ile Kâğıt Hamuru Üretimine Sodyum Borhidrür ve Antrakinonun Etkisi” adındaki yüksek lisans tezinden hazırlanmıştır.

Giriş

Yakın bir zamana kadar sanayide kullanılacak iyi bir odun vermediği düşünülerek, titrek kavak ağacına ormanlarımızda istenmeyen bir tür olarak bakılmaktaydı. Son zamanlarda yapılan araştırmalar ve ihtiyaçlar sonucu titrek kavak ormancılıkta yerini almaya başlamıştır. Çürüklüğe dayanıklı, hızlı büyüyen formların yaşadığı tespit edilmiştir. Ambalaj, inşaat malzemeleri, selüloz, kâğıt, lif levha vb. alanlarda kullanımı için iyi kalitede ve sağlam bir hammadde kaynağıdır. Teknik özellikler bakımından titrek kavak odunu diğer bütün kavakların odunundan daha üstündür.

¹ İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi

² Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi (Emekli Öğretim Üyesi)

Günümüzde ve gelecekte kâğıt endüstrisi üç ana sorunla karşı karşıyadır:

- Hammadde temini,
- Enerji tüketiminin artması, rasyonel kullanımı ve değişik enerji kaynaklarından yararlanma,
- Çevre kirlenmesinin en az düzeyde indirilmesi, az kirlenen tekniklerin geliştirilmesi.

Bu sorunlar içinde en önemlisi, kuşkusuz hammadde teminidir. Boş alanlar ağaçlandırılarak odun hammaddesinin üretimini arttırtması, hızlı gelişen türlerin yetiştirilmesi ve dolayısıyla idare sürelerinin kısaltılarak kâğıtlık odunun üç katına varan daha kısa sürede elde edilmesidir (Eroğlu, 1980).

Son dönemlerde odun hammaddesinin kullanım oranının iyice artması ve buna karşılık vermekte zorlanan dünya orman alanları, insanların hammadde temini açısından daha hızlı büyüyen ağaç türlerine doğru yönelmesini sağlamıştır. Hızlı büyüyen ağaç türleri açısından kavak ağacı türleri kâğıtçılık açısından uygun bulunmuştur. Kavak ağacı türleri arasından titrek kavak odunu kâğıt üretimi açısından en uygun türdür. Titrek kavak (*Populus tremula* L.), söğütgiller (salicaceae) familyasından 25 m' ye kadar boylanabilen, silindirik gövde, sık dallı, geniş konik tepeye sahip bir kavak türüdür. Odunun kullanım alanlarını etkileyen odun öğelerinden biri olan özışınları, sadece odunların tanısını yapmada büyük özellikler içermekte, aynı zamanda teknolojik yönden odunun kullanma ve yararlanma alanını belirleyen önemli öğelerden olduğu belirtilmektedir (Şanlı, 1985; Öner ve Aslan, 2002).

Aralama veya kesim zamanından sonra ormanda öncü tür olarak yetişmesi, diğer türlere nazaran daha kolay büyümesi, liflerinin inceliği ve uzunluğunu, ayrıca diğer kavak türlerine nazaran yaygın olarak bulunan orman ağacı olması nedeniyle bu çalışmada hammadde olarak kullanılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Çalışma için materyal olarak Titrek kavak (*Populus tremula* L.) odunu kullanılmıştır. Titrek kavak tomruğu Bartın orman işletme müdürlüğüne bağlı Arıt şefliğinden 150–200 m arası rakımdan temin edilerek, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Orman Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi Laboratuvarlarına getirilmiştir.

Yöntem

Kimyasal Analizler

Kâğıt hamuru üretiminde kullanılacak hammaddenin kimyasal yapısının bilinmesi elde edilecek kâğıt hamurunun miktarını ve özelliklerini belirlemede önemli bir yer tutar. Selüloz oranının düşük veya yüksek olması verim üzerine, lignin oranının düşük veya yüksek olması pişirme koşullarının belirlenmesinde bir göstergedir. Diğer taraftan hemiselülozların oranı ve çeşidi liflerin sağlamlığını ve dövülme niteliklerini çeşitli yönlerden etkiler (Eroğlu, 1980).

Bu amaç doğrultusunda standart ölçülerde üretilen kavak odunu yongaları kirliliklerinden arındırıldıktan sonra, hava kurusu hale getirilen kibrit çöpü büyüklüğünde hazırlanan titrek kavak odunu örneklerinin kimyasal analizlerde kullanılacak yeterli miktarı TAPPI T 257om–85 standart yöntemine göre laboratuvar tipi Willey değirmeninde öğütülerek 60 mesh ve 100 mesh sarsıntılı eleklerde elenmiştir. Elek üzerinde kalan kısım alınarak ağız kapaklı cam kavanozlara konulmuş ve kimyasal analizlerde kullanılmak üzere hazırlanmıştır. Hazırlanan örneklerin rutubet miktarları TAPPI T 246om–88 standardına uygun olarak 103±20C'de kurutularak belirlenmiştir (Anonim, 1992).

Rutubeti belirlenmiş örnekler aşağıdaki kimyasal analizlere tabi tutulmuştur:

- Holoselüloz oranı: Wise'nin klorit metodu (Wise, 1962).
- Lignin oranı: TAPPI T 222 om-88 (Anonim, 1992).
- Selüloz oranı: Kurschner - Hoffer metodu (Kürschner and Hoffer, 1969).
- Kül oranı: TAPPI T 211 om-85 (Anonim, 1992).
- Alkol benzende çözünürlük oranı : TAPPI T 207 om-88 (Anonim, 1992).
- Soğuk ve sıcak suda çözünürlük oranı: TAPPI T 207 om-88 (Anonim, 1992).
- % 1'lik NaOH'de çözünürlük oranı: TAPPI T 207 om-88 (Anonim, 1992).

Lif Morfolojisine Ait Ölçme Yöntemleri

Kâğıt sanayinde kullanılan herhangi bir hammaddenin kâğıt hamuru üretiminde kullanılıp kullanılmayacağı; kullanılacak olan o hammaddenin oluşturduğu hücrelerden lifsel bir yapı gösterenlerinin hücre boyları, çeper kalınlıkları, lümen genişliklerinin ölçülmesi ve bunlar arasındaki ilişkilerin kâğıtçılık açısından değerlendirilmesine dayanılarak kararlaştırılabilir.

Lif morfolojisine ait çalışmada titrek kavak odunundan örnekler hazırlanmıştır. Odun örneklerinden kibrit çöpü büyüklüğünde parçalar çıkarılmış, klorit yöntemi (Wise, 1952) kullanılarak bu parçalar maserasyon işlemine tabi tutulmuştur. Yumuşayan ve beyazlayan parçacıklar bir karıştırıcı ile ayrıştırılmış, su trompunda alkolle dehidrolize edilmiştir. Masere edilen odun örnekleri küçük bir şişede gliserin ile depo edilmiş, ölçme esnasında safranin ile boyanmıştır.

Gliserin'de muhafaza edilen materyalden bir damla lam-lamel arasına alınarak hazırlanan geçici preparatlarda rasgele 50'şer adet lif ve trahe uzunluğu, 25'er adet de lif genişliği, lümen genişliği ve lif çift çeper kalınlığı ışık mikroskobunda ölçülmüştür.

Lif Boyut İlişkilerinin Hesaplanmasında Kullanılan Yöntemler

Lif boyut ilişkilerinin hesaplanmasında kullanılan yöntemler keçeleşme oranı, elastikiyet katsayısı, katılık katsayısı (rijidite), runkel sınıflamasıdır. Liflerin kâğıtçılık açısından değerlendirilmesinde kullanılan bu kriterler hesaplanarak titrek kavak ağacının lifsel özellikleri kâğıtçılık yönüyle değerlendirilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Kimyasal Analizlere Ait Bulgular

P. tremula ağacının gövde ve dal odunlarının kimyasal analizlerine ait bulgular Çizelge 1.'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Kimyasal analiz sonuçları

Deney Türü	Ortalama (%)	Standart Sapma	Minimum Değer (%)	Maximum Değer (%)
Holoselüloz	85,7	1,53	84,2	87,3
Hemiselüloz	27,7	0,20	27,5	28,1
Selüloz	58,1	1,25	56,8	59,3
Lignin	17,2	0,30	17,5	16,9
Sıcak su	14,9	0,81	15,4	14,0
Soğuk su	5,9	0,07	5,93	5,79
% 1 NaOH	19,2	0,33	19,5	18,8

Yapılan kimyasal analizlerin sonuçları daha önceden incelenmiş literatür sonuçlarına yakın bulunmuştur. Çizelge 2'ye göre titrek kavak holoselüloz ve selüloz oranının yüksek olduğu görülmektedir. Lignin oranının ise oldukça düşük olduğu gözlemlenmiştir. Hemiselüloz oranı bütün yapraklı ağaçlarda ve yıllık bitkilerde olduğu gibi yüksektir. Bu nedenle kolay hidrojen bağları oluşturacağından kopma ve patlama direnci yüksek kâğıtlar elde edilecektir. Çizelge 2'de ise kavak ağacının ve bazı yapraklı ağaç türlerinin kimyasal bileşenleri ve çözünürlük değerleri verilmiştir.

Çizelge 2. Kavak Odunu İle Bazı Yapraklı Ağaç Türlerinin Kimyasal Bileşenleri ve Çözünürlük Değerleri

Tür	Holoselüloz	Lignin	Sıcak su	Kül	%1 NaOH	Kaynak
Titrek Kavak	85,7	17,2	4,95	0,28	19,2	Tespit
Melez Kavak	80,6	19,3	2,50	0,51	20,1	Akgül, (2002)
Ak Söğüt	78,1	21,6	7,40	-	21,5	Eroğlu, (1989)
Adi Kızılağaç	79,2	25,3	3,41	0,33	20,1	Bostancı, (1985)
Doğu Kayını	78,9	22,6	1,92	0,61	15,6	Tank, (1978)
Yalancı Akasya	82,0	21,3	8,06	0,55	22,1	Kırcı, (1987)
Adi Gürgen	80,6	18,4	3,13	0,62	18,8	Huş, (1975)
Okaliptüs	72,7	29,4	2,62	0,56	12,5	Huş, (1975)

Çizelge 2' de görüldüğü gibi kimyasal analizlerde bulunan sonuçlar literatürdeki sonuçlara göre yakın değerlerde çıkmıştır. Titrek kavak ta bulunan holoselüloz miktarı diğer yapraklı türlere göre oldukça fazla olduğu gözlemlenmiştir. Lignin miktarının da diğer yapraklı türlere göre daha az olması kâğıtçılık yönünden uygun bir tür olduğunu bir kez daha ortaya koymaktadır.

Lif Morfolojisine Ait Bulgular

P. tremula odununun lif morfolojisine ait bulgular ile bu özellikler arasındaki ilişkilerin kâğıtçılık yönüyle değerlendirilmesi Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. P. tremula odun lif özellikleri ve kâğıtçılık yönüyle değerlendirilmesi

Lif Uzunluğu (mm)	1,33 ± 0,45
Trahe Uzunluğu (µm)	695,1 ± 68,53
Lif Genişliği (µm)	22,6 ± 5,47
Lümen Genişliği (µm)	17,1 ± 4,86
Çift Çeper Kalınlığı (µm)	10,4 ± 2,98
Elastiklik Oranı	53,5
Runkel Sınıflandırması	0,86
Keçeleşme Oranı	58,9
Rijidite	20,1

Lif uzunluğu 1,33 mm olarak ölçülen titrek kavak ağacının lifleri ticari olarak kısa lif sınıfına girmektedir. Kullanım yerine göre kısa lif içeren kâğıt hamurları tercih edilmektedir. Elastiklik oranı ve rijidite birbirlerine zıt yönde etki gösterir ve kâğıdın fiziksel özellikleri hakkında bize bilgi verirler. Elastiklik oranı (lümen çapı*lif genişliği)/100 şeklinde formüle edilir. 50 ve 75 arasında olan lifler esnek liflerdir ve kâğıtçılık açısından önemlidirler (Kırcı, 2000). Titrek kavak ağacı lifinin 53,5 çıkması elastik oranı bakımından kâğıt üretiminde kullanılmasının son derece uygun olduğunu açıkça ortaya koymaktadır.

Lif uzunluğu/lif genişliği şeklinde formüle edilen keçeleşme oranı, kâğıdın yırtılma direnci açısından önem arz eder. Bu oran 70'in altına düştükçe kâğıdın direnç özellikleri azalır (Kırcı, 2000). Yapılan çalışmada keçeleşme oranı 58,9 olarak bulunmuştur ve bu sonuç 70'e yakın bir değer olduğu için kabul edilebilir bir değer olduğunu söyleyebiliriz.

Aynı şekilde runkel sınıflandırması oranı da kâğıdın patlama, yırtılma ve kopma gibi fiziksel özellikleri bakımından bize bilgi verir. Lif çeper kalınlığı*2/lümen çapı şeklinde formüle edilmiştir. Bu oranın 1'den küçük olması halinde lifler esnek lif olarak kabul edilir ve kolayca yassılaşıma özellikleri ile de lifler arası sıkı bir bağlanma gerçekleştirirler (Kırcı, 2000). 0,86 olarak bulunan runkel sınıflandırması sonuç olarak 1'den düşük olduğu için titrek kavak ağacından üretilen lifler birbirleri arasında yapacakları sıkı bağlanmalar ile direnç özellikleri iyi kâğıtlar vereceklerdir.

P. tremula odununun bazı çalışmalarda tespit edilen lif boyları, genişlikleri, çift çeper kalınlıkları ve hacim ağırlık değerleri Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 4. *P. tremula* odununun bazı çalışmalarda tespit edilen lif boyutları

Tür	Lif Boyu (mm)	Lif Genişliği (µm)	Çift Çeper Kalınlığı (µm)	Hacim Ağırlık (g/cm ³)	Kaynak
<i>P. tremula</i>	1,33	22,6	10,4	-	Tespit
<i>P. tremula</i>	1,11	28,4	11,3	-	Özkan,(2006)
<i>P. tremula</i>	1,17	33,1	10,4	-	İstek, (2006)
<i>P. tremula</i>	1,07	26,9	12,1	-	Alkan, (2003)
<i>P. tremula</i>	1,41	24,8	6,8	0,44	Atik, (1995)
<i>P. tremula</i>	1,09	21,9	10,5	0,46	Tank, (1987)
<i>P. tremula</i>	0,95	21,1	8,6	-	Rydholm, (1965)
<i>P. tremula</i>	1,30	26,1	12,1	-	Sarıbaş, (1989)
<i>P. tremuloides</i>	1,00	21,1	8,6	0,35	Britt, (1970)

Çizelge 4'de görüldüğü üzere, yapılan lif ölçümleri sonucunda *P. tremula* liflerinin ortalama uzunluğu 1,33 mm olarak tespit edilmiştir. Benzer çalışmalarda elde edilen sonuçlar ise; Özkan, (2006) *P. tremula*'nın lif uzunluğunu 1,11; İstek, (2006) 1,17 mm; Alkan, (2003) 1,07mm; Atik, (1995) 1,41 mm; Tank (1987) 1,09 mm olarak tespit etmiştir. Bu değerler ile elde edilen lif uzunluğu benzerlik göstermektedir. Lifler kısa olduğu için yırtılma direnci ibreli hamurlardan daha düşük kâğıtlar elde edilecektir. Ancak hemiselüloz oranı yüksek olduğu için kopma ve patlama dirençleri yüksek kâğıtlar elde edilecektir.

P. tremula liflerinin ortalama lif genişliği 22,6 µm olarak tespit edilmiştir. Özkan, (2006) *P. tremula*'nın lif genişliğini 28,4; İstek, (2006) 33,1 µm; Alkan, (2003) 26,8 µm; Atik, (1995) 24,8 µm; Tank (1987) 21,9 µm; Britt, (1970) 21 µm olarak tespit etmiştir. *P. tremula* odun liflerinin ortalama lümen genişliği 12,10 µm bulunmuştur. Aynı değeri; Özkan, (2006) 17,1; İstek, (2006) 21,7 µm; Alkan, (2003) 14,8 µm; Atik, (1995) 17,98 µm olarak

tespit etmiştir. *P. tremula* odunu trahe uzunluğunun ise 686,2 µm olduğu yapılan ölçümlerde ortaya konulmuştur. *P. tremula* odun trahe uzunluğunu Alkan, (2003) 674,66 µm, İstek (2006) 753 ± 121 µm olduğunu belirtmektedir.

Sonuçlar

Kâğıt üretiminde birçok selülozik hammadde kullanılmaktadır. Ancak bunların arasında en önemlisi odun hammaddesidir. Şu anda ve gelecekte yaşanılacak en büyük sorunun hammadde yetersizliği olduğu düşünülürse, hızlı yetişen türlerin lif üretiminde ve kimya sektöründe değerlendirilmesi ülkemiz orman ürünleri endüstrisinde mevcut hammadde darlığını gidermeye katkıda bulunabilir.

Kavak odununun kimyasal analizi ve çözünürlük değerleri ile morfolojik özellikleri, diğer kavak odunları ve bazı yapraklı ağaç odunlarının değerleri ile benzer özelliklere sahiptir. Kimyasal analiz sonuçlarına göre, lifsel üretim için uygun olduğu görülmektedir.

Yapılan kimyasal analizlerin sonuçları literatürde belirlenen sonuçlara yakın bulunmuştur. Titrek kavak odunu holoselüloz ve selüloz oranının yüksek olduğu görülmektedir. Lignin oranının ise oldukça düşük olduğu gözlemlenmiştir. Diğer yandan, yapılan lif ölçümleri sonucunda *P. tremula* liflerinin ortalama uzunluğu 1,33 mm olarak tespit edilmiştir. Lifler kısa olduğu için yırtılma direnci ibreli hamurlardan daha düşük kâğıtlar elde edilecektir. Tüm bunlara rağmen hemiselüloz oranı bütün yapraklı ağaçlarda yüksek olduğu için kolay hidrojen bağları oluşturacağından kopma ve patlama direnci yüksek kâğıtlar elde edilecektir.

Kaynaklar

- Alkan, Ç. 2003. Türkiye'deki Bazı Odunsu Angiospermae Taksonlarının Lif Morfolojileri, Yüksek Lisans Tezi, ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, s. 117.
- Akgül, M., Baştürk, M. A. 2002. Kavak odunundan etanol-su yöntemi ile elde edilen kâğıt hamurlarının verim özellikleri.
- Anon, 1969. Manipulations de Chimie, Papetière, Grenoble.
- Anon, 1992. Tappi Test Methods, T1-T1209, Tappi Press, Atlanta Georgia
- Atik, C. 1995. Titrek Kavak (*Populus tremula* L.) ve Kâğıt Sanayi. İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul s. 1-50.
- Britt, K.W. 1970. Handbook of Pulp and Paper Technology. Van Nostrand Reinhold Co. New York.
- Bostancı, Ş. 1985. Utilisation possibilities of alder wood in pulp and paper industry, TUBITAK-TAOG Project Report No: 9, Ankara, p.83.
- Eroglu, H. 1980. Investigating possibilities of obtaining wood pulp from wheat straw by O2-NaOH method. Ph.D. Thesis, Karadeniz Technical University.
- Eroglu, H., Usta, M. 1989. Investigations on utilisation possibilities of white willow (*Salix alba* L.) wood in pulp and paper industry, Journal of Agriculture and Forestry of TUBITAK, 13(2): 235-245.
- Huş, S., Tank, T., Göksel, E. 1975. Fiber morphology of *Eucalyptus camaldulensis* wood and utilisation possibilities of its for semichemical pulping, TUBITAK TOAG Research Report No:275/6, Ankara.
- İstek, A. 2006. Effect of white Rot Fungus *Rhanochaete Chrysosporium* on Chemical Composition of *Populus tremula* L, Cellulose Chemistry and Tecnology, Rumania, s.1-15

- Kırcı, H. 1987. Investigations on the utilisations possibilities of locust wood (*Robinia pseudoacacia* L.) in the pulp and paper industry., *Journal of Forestry Faculty of KTU*, 10(2): 64-90.
- Kırcı, H. 2000. Kağıt Hamuru Endüstrisi Ders Notları, KTU. Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 63, Trabzon.
- Öner, N., Aslan, S. 2002. Titrek Kavak (*Populus tremula* L.) Odununun Teknolojik Özellikleri ve Kullanım Yerleri. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri: A, Sayı: 1, Yıl: 2002, ISSN: 1302-7085, Sayfa:135-146
- Özkan, İ. 2006. Titrek Kavak (*Populus tremula* L.) Yongalarından NaBH₄ İlaveli Kraft Kağıt Hamuru Üretimi, Yüksek Lisans Tezi, ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 37
- Sarıbaş, M. 1989. Türkiye'nin Euro-Siberin (Euxine) Bölgesinde Doğal Olarak Yetişen Kavakların Morfolojik (Dış Morfolojik, İç Morfolojik ve Polinolojik) Özellikleri Üzerine Araştırmalar. Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No:148, İzmit, s.1-158.
- Şanlı, İ. 1985. Trakya'nın İki Akmeşe Türünün Bazı İç Morfolojik Özellikleri, İ.Ü. Orman Fakültesi dergisi, Seri A, Cilt 35, Sayı 2, İstanbul, s 55-71.
- Tank, T., Akkayan, C. 1987. *Populus tremula* L. (Titrek Kavak) Odununun Lif Morfolojisi. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, Cilt 37, Sayı 2, İstanbul.
- Wiese, E. L., Karl, H. L. 1962. *Cellulose and Hemicellulose in Pulp and Paper Science and Technology*, Vol:1, Pulp, Edited by Earl Libby Mc Graw Hill Book Co., New York.
- Ryholm, R. A. 1965. *Pulping Processes*, Interscience Publishers, London, UK.
- Tank, T. 1980. NSSC pulping characteristics of beech and hornbeam woods, Istanbul University Press, Book No: 2779-231, Istanbul.
- İnternet 2012. Titrek Kavak Morfolojik ve Ekolojik Özellikleri, http://tr.wikipedia.org/wiki/TitreK_kavak (Ziyaret tarihi:13.11.2012)