

Ağaçlardaki Büyüme Gerilmelerinin Odun Hammaddesi Üzerindeki Olumsuz Etkilerini Azaltma Metotları

Dilek Doğu

İ.Ü. Orman Fakültesi, Orman Biyolojisi ve Odun Koruma Teknolojisi Anabilim Dalı
34473 Bahçeköy/İstanbul.

Tel:212 2261103/25084, Faks: 212 2261113 e-posta: addogu@istanbul.edu.tr

Kısa Özet

Büyüme gerilmeleri meydana getirdikleri deformasyonlar sonucu odun hammaddesinin kullanım değerini düşürmekte ve önemli ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Günümüzde araştırmacılar gerilmelerin etkilerinin önceden belirlenmesi ve azaltılmasına yönelik araştırmalar üzerinde çalışmaktadırlar. Bu makalede büyüme gerilmelerinin olumsuz etkilerinin en aza indirilebilmesi için yapılan çalışmalar ve kullanılan yöntemler incelenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Doğrudan müdahale, genetik müdahale, silvikültürel işlemler, hasat, depolama.

Methods of Reducing the Negative Effects of Growth Stresses in Trees

Abstract

Growth strains that originate from growth stresses affect negatively the value and usage of wood causing losses in its economical value. Some researchers have been recently carrying out several studies to predict growth stresses and to reduce their effects. This paper reviews the methods of reducing undesirable effects of growth stresses.

Keywords: Direct intervention, genetic manipulation, silvicultural manipulation, harvesting, storage.

1. Giriş

Dikili haldeki ağaçların yapısında mevcut olan büyüme gerilmeleri, ağaçların kesim ve işlenme süreci içinde serbest kalarak, odunun yapısında çeşitli deformasyonların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Oluşan deformasyonlar odunun kullanım değerini azaltarak önemli ekonomik kayıpları da beraberinde getirmektedir.

Büyüme gerilmelerinin olumsuz etkilerini en aza indirebilmek için öncelikle gerilmelerin oluşum mekanizmasını iyi anlamak gerekmektedir. Günümüzde hem büyüme gerilmelerinin oluşum nedenlerini ve yapısını aydınlatmaya yönelik araştırmalar yapılırken hem de gerilmelere bağlı olarak oluşan problemlerin önüne geçebilmek için çeşitli yöntemler geliştirilmektedir. Bu makalede, gerilmelerin olumsuz etkilerini en aza indirmek için geliştirilen metotlar incelenmektedir ve bu metotlar yedi grupta toplanmıştır (Fegely, 2004).

- Dikili Haldeki Ağaçlara Doğrudan Müdahale
- Genetik Müdahale
- Silvikültürel Müdahale
- Kesilmiş Ağaç ve Tomruklarda Deformasyonları Azaltma
- Orman İçinde Depolama ve Transport Sırasında Deformasyonları Azaltma
- Fabrikalarda Depolama Sırasında Deformasyonları Azaltma

2. Gerilmelerin Olumsuz Etkilerini Azaltma Metotları

2.1. Dikili haldeki ağaçlara doğrudan müdahale

Ağaçlarda büyüme gerilmelerini azaltmak için ağaçlar dikili halde iken alt kısımlarından belirli genişlikte kabuk kaldırılmakta, böylece dikili haldeyken ağacın kuruması ve yapraklarının dökülmesi sağlanmaktadır. Ağaç kesimden önce bu şekilde bir işleme tabi tutulduğunda mevcut büyüme gerilmelerinin 2/3'ü giderilebilmektedir (Bozkurt ve Erdin, 2000). Giordano ve Curro (1973) tarafından plantasyonla yetiştirilen *Eucalyptus camaldulensis* ağaçları üzerinde yapılan çalışmada, kabuk diri odun içine doğru kaldırılarak ağaçların canlılıklarını kaybetmeleri sağlanmış ve birkaç ay süre ile dikili halde bırakılmışlardır. Bu işlemi takiben biçilen tomruklardan elde edilen kerestelerin, böyle bir işlem görmemiş olanlara göre %50 daha az şekil değişimi gösterdiği görülmüştür.

Waugh (1977) ise yaptığı araştırmada, ağaçların canlılığını koruyarak sadece büyümelerini yavaşlatmak için yaprak dökücü spreyle kullanmış ve bu yöntemle bir yıl içinde büyüme gerilmelerinin seviyesinde ortalama %20'lik azalma olduğu belirlenmiştir. Ancak gerilmelerdeki rahatlama ve yapraklarını dökme derecesi arasındaki varyasyonun oldukça fazla olduğu tespit edilmiştir.

Claassen (1993), kesimi takiben yapısında çoğunlukla şiddetli çatlakların meydana geldiği bilinen *Eucalyptus grandis* ağaçlarının Güney Afrikada yetişenleri

üzerinde incelemelerde bulunmuştur. İncelemeler sonunda, kuraklığın etkisi ile veya doğrudan müdahale yolu ile canlılığını kaybeden ağaçlarda kesimden sonra çatlak oluşumlarının önemli ölçüde azaldığı belirlenmiştir.

Günümüzde dikili ağaçlara doğrudan müdahale yolu ile gerilme derecesinin azaltılması fazla önerilen bir yöntem olarak görülmemektedir. Buna karşılık daha çevreci yaklaşımlara sahip araştırmaların yapılması önerilmektedir.

2.2. Genetik müdahale

Büyüme gerilmelerinin genetik müdahale yolu ile azaltılması amacıyla pek çok araştırma yapılmakta ve farklı sonuçlar elde edilmektedir. Kontrollü ve açıkta tozlaşma yolu ile yapılan döl denemeleri uç yarıklarının oluşumu bakımından aileler için anlamlı değişiklikler vermiş ve yarıklarının oluşumunda kalıtsallığın etki derecesinin 0.5 gibi yüksek bir değerde olduğu belirlenmiştir (Malan, 1984). Malan ve Hoon (1992)'de uç yarıklarının genetik oynamalara imkan verecek şekilde kalıtsal özellik taşıdığı ve büyüme gerilmeleri ile odun özellikleri arasında herhangi bir ilişki bulunmamış olduğu için genetik reduksiyonun odun kalitesine zarar vermeden başarılı olabileceği ifade edilmiştir. Daha sonraki araştırmalar, büyüme gerilmelerinin genetik seleksiyon ve klonlama yolu ile ağaçların artım hızını azaltmadan manüple edilebileceğini göstermiştir. Schacht ve ark. (1998) ve Garcia ve de Lima (2000) tarafından yapılan genetik çalışmalarda da uç yarıklarının kalıtsal olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ancak yapılan bazı araştırmalarda, büyüme gerilmeleri ile mikrofibril açısı da dahil olmak üzere mikroskopik yapı, lif yapısı, yoğunluk ve elastikiyet modülü gibi odun özellikleri arasında yakın bir ilişki olduğu ortaya konmuştur (Archer, 1986). Bu durumda odunun kalitesinde herhangi bir değişiklik olmaksızın genetik müdahale yöntemi ile büyüme gerilmelerinin azaltılmasının mümkün olamayacağı ifade edilmektedir (Fegely, 2004).

Mezlezme yöntemi ile odunda meydana gelen uç yarıklarının şiddetinin azaltılabileceği öne sürülmüştür. (Malan, 1993) yetişme yerinin yarıklarının oluşumu üzerine etkisini belirlemek amacıyla yaptığı çalışmada *Eucalyptus grandis* ve üç melezi *E. grandis* x *E. urophylla*, *E. grandis* x *E. tereticornis*, *E. grandis* x *E. camaldulensis* ile farklı üç *Eucalyptus* türünün aralarındaki etkileşimi araştırmıştır. Sonuç olarak, yetişme yerinin uç yarıklarının oluşumu üzerinde herhangi bir etkisinin bulunmadığı tespit edilmiştir. Ancak, uç yarıklarının oluşumu bakımından tek tek türler ve melezler arasında anlamlı farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Özellikle *E. grandis* x *E. urophylla* melezinin diğer melezler arasında uç yarıklarının oluşumuna daha az eğilimli olduğu belirlenmiştir.

Günümüzde plantasyonla yetiştirilmekte olan ağaçlar için mezlezme dahil, ıslah çalışmaları büyüme gerilmelerinin azaltılması için önerilen bir yöntem olarak kabul edilmektedir. Ancak tür seviyesinden çok, klon seviyesinde çalışmalar yapmak, birbiri ile aynı özellikleri taşıyan ağaçlar üretmek açısından gerekli görülmektedir. Klon seçiminin özellikle daha düşük büyüme gerilmelerine sahip olanlar arasından yapılmasına dikkat edilmesi gerekmektedir. Ayrıca, büyüme gerilmelerinin genetik kontrol yöntemlerinin ve büyüme gerilmeleri ile odun özellikleri arasında herhangi bir

ilişkinin bulunmadığını savunan teorinin daha ayrıntılı araştırılması önerilmektedir (Fegely, 2004).

2. 3. Silvikültürel müdahale

Silvikültürel müdahaleler yolu ile bazı odun özellikleri üzerinde önemli değişiklikler yapılabilmektedir. Örneğin, aralama işlemi uygulanması ile ağaçların çapı artmaktadır. Aynı gerilme derecesine sahip olan ağaçlardan daha küçük çaplı olanlar, geniş çaplı olanlara göre daha dik gerilme eğimleri oluşturmaktadır. Sonuç olarak, geniş çaplı ağaçlar hasat edilerek işlemlerden geçirildiğinde büyüme gerilmelerinin etkisi de azalmaktadır (Fegely,2004). Polge (1981) tarafından yapılan çalışmada, gittikçe şiddetlenen aralama uygulamaları ile büyüme gerilmeleri arasında %1 oranında anlamlı bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir.

Gueneau ve Saurat (1976) Fransa'daki çok tabakalı *Fagus sylvatica* ormanlarında yetişen ağaçlardaki gerilmelerin şiddetinin, tek tabakalı ormanlarda yetişenlerin %60'ı kadar olduğunu belirlemiştir. Ayrıca geniş çaplı ağaçların yetiştirilmesi sırasında idare süresinin uzatılmasının da büyüme gerilmelerini azaltabileceği belirtilmektedir (Hillis, 1984). Bu bağlamda *Fagus sylvatica* ağaçlarının enine kesitlerindeki ortalama yıllık halka genişliği ile büyüme gerilmeleri arasında istatistik bakımdan herhangi bir korelasyon görülmezken, son on yıla ait ortalama yıllık halka genişliği için böyle bir korelasyonun olduğu belirlenmiştir (European Union Project, 2002).

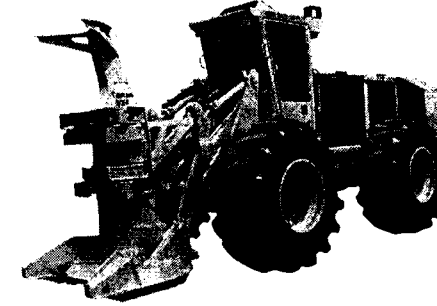
DeneySEL olarak test edilmemiş olmasına rağmen, bir meşçere içinde aynı büyüme şartlarının sürdürülmesi halinde büyüme gerilmelerinin azalabileceği öne sürülmektedir (Kubler, 1988).

Orman içindeki ağaçlar özel bir taç yapısı elde etmek ve vertikal yöndeki uzanış biçimlerinde küçük değişiklikler yapmak için gerilim modellerinde değişiklikler oluşturabilirler (Nicholson ve ark., 1975). Eğer bir meşçere içinde ağaçlar arasında aralıklar oluşturulmuş ve büyüme şartları da aynı ise, teorik olarak ağaçların gerilme modellerinde anlamlı bir değişiklik meydana gelmez. Hangi sebeple olursa olsun eğer gerilme modelinde değişiklik meydana gelmez, bu değişimin beraberinde gerilmelerin şiddetinde de bir artış getirmesi beklenilmemelidir. Gerilmelerin şiddetindeki değişmelerin büyüklüğünü azaltmak için meşçerelerin şiddetli, daha uzun zaman aralıklarıyla ve gelişigüzel uygulanan aralama işlemleri yerine, daha hafif, daha kısa zaman aralıklarıyla ve aynı biçimde uygulanan aralama işlemlerine tabi tutulması daha uygun olabilir (Malan, 1995). Ancak henüz böyle bir uygulamanın büyüme gerilmelerinin şiddetini azalttığına dair herhangi bir kanıt yoktur.

Günümüzde aralama kesimlerinin yapılması ve idare süresinin uzatılması ağaç çapının artışı üzerindeki etkileri nedeniyle, dikili haldeki ağaçlarda büyüme gerilmelerinin etkisini azaltıcı en uygun yöntemler olarak görülmektedir. Ancak, kesinlik kazanması açısından bu konuda daha fazla araştırma yapılmasına gerek duyulmaktadır. Budama işlemi ise büyüme gerilmeleri üzerinde etkisi olmamasına rağmen, kereste kalitesinde iyileşme meydana getirmektedir.

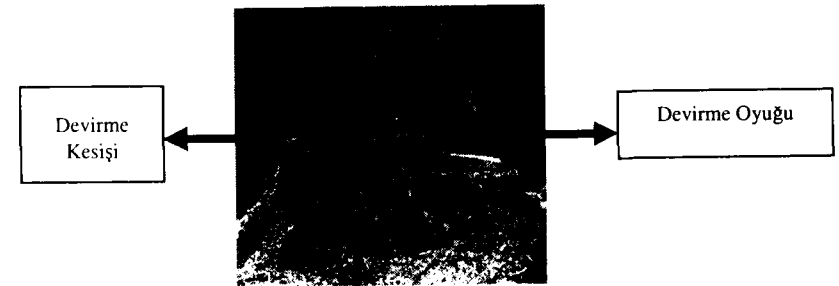
2. 4. Kesilmiş ağaç ve tomruklarda deformasyonları azaltma

Günümüzde, ormanda kesim işlemi sırasında ortaya çıkabilecek olan yarılmaların azaltılabilmesi için modern hasat makineleri (feller-bunchers) kullanılmaktadır (Şekil 1). Bu makineler ağaçları yere çok yakın bir noktadan kesebilmekte ve motorlu zincir testere operatöründen daha kontrollü olarak devirmektedirler. Böylece büyüme gerilmeleri nedeniyle kesim işlemi sırasında ortaya çıkması olası uç yarıklarının azalması sağlanmaktadır. Ancak bu makinelerin ağaç boyu ve topografya ile ilgili kullanım sınırlamaları vardır (Fegely, 2004).

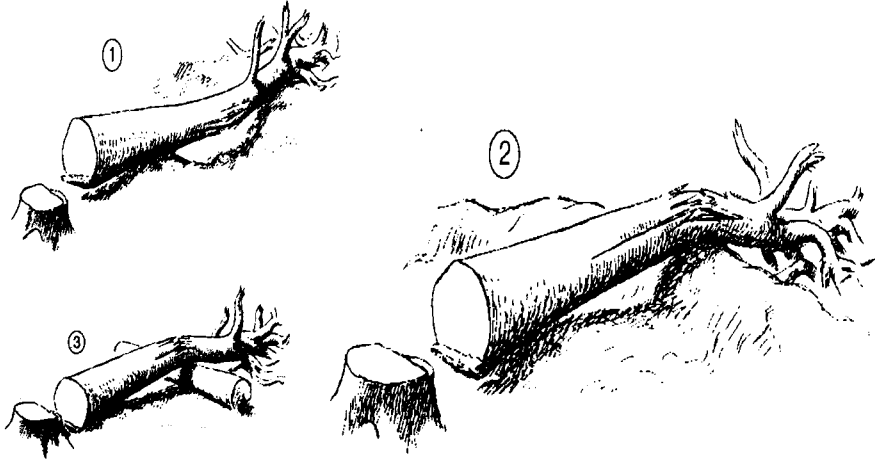


Şekil 1. Modern hasat makinesi

Motorlu zincir testere ile kesimde ise yarılmaları azaltmak amacıyla, doğru kesim tekniklerini kullanan bir operatör yeterli derecede ölçümlendirilmiş devirme oyuğuna göre doğru pozisyonda devirme kesisi yaparak (Şekil 2), devirme yönünü dikkatlice kontrol etmeli ve kesilen ağaçların düz ve engebesiz bir alana düşmesini sağlamalıdır (Şekil 3). Ağaç devrilmeye başladığında mümkün olduğunca en az seviyede kopma kuvvetlerinin oluşması ve ağaç yere çarptığı anda mümkün olan minimum çarpma etkisinin ortaya çıkması temin edilmelidir (Mattheck ve Walther, 1992).



Şekil 2. Devirme oyuğu ve devirme kesisi (Engür, 2006)



Şekil 3. Kesim sırasında odunda oluşan zararlar (FAO, 1980). 1: Kesilen ağaçların çukur alana devrilmesi. 2: Kesilen ağaçların kayalık alana devrilmesi. 3: Kesilen ağaçların tomrukların üzerine devrilmesi

Şekil 3'te görüldüğü gibi kesim sırasında ağaçlar düzgün ve engebesiz bir alan yerine, bir engelin bulunduğu alanlara düşürüldüğünde belirli noktalarından kırılmaktadırlar. Kırılan alan küçük olsa bile, kesim yoluyla bu alanın uzaklaştırılması sırasında oluşacak zarar büyük olabilir ve hammadde odunda önemli ekonomik kayıplar oluşur (FAO, 1980).

Bir ağacın mümkün olduğunca yere yakın ya da çatallanmış gövde ise çatala yakın olan kısımdan kesilmesinin yarılmaların oluşma eğilimi azaltacağı ifade edilmektedir. (Mayer-Wegelin ve Mammen, 1954; Mayer-Wegelin, 1955).

Kesimden hemen sonra tomrukların her iki uç kısmının metal kayışlarla sıkıca bağlanması, yine tomrukların her iki enine kesitlerine metal levhaların, S veya C demirlerinin çakılması yarılmaların ortaya çıkmasını geciktirebilir (Malan, 1995).

2. 5. Orman içinde depolama ve transport sırasında deformasyonları azaltma

Büyüme gerilmelerine bağlı çatlak ve yarılmalar tomrukların orman içinde depolanmaları, tomruk kamyonlarına yüklenmeleri, fabrikalara taşınmaları ve depolara boşaltılmaları sürecinde oluşabilirler. Bu aşamalar sırasında deformasyonların ortaya çıkma olasılığını azaltmak için uygulanabilecek iki yol vardır:

- Ağaçların veya tomrukların uzunlukları mümkün olduğunca makinelerle, tomruk kamyonlarının düzenleniş biçimi ve taşıma kuralları ile uyumlu olmalıdır.

- Ağaç ve tomruklar çarpma zararlarının oluşma ihtimalini azaltmak için mümkün olduğunca dikkatli hareket ettirilmelidir.

2. 6. Fabrikalarda depolama sırasında deformasyonları azaltma

Odun işleyen fabrikaların depo alanlarında çatlaklar genellikle büyüme ve kuruma gerilmelerinin kombinasyonu nedeni ile ortaya çıkmaktadır. Kuruma gerilmelerinin kontrol altına alınabilmesi için tomrukların enine kesitlerine su geçirmeyen yağ veya parafin sürülmektedir. Bu işlem tercihen bölümlere ayırma işleminden hemen sonra uygulanır. Enine kesitlere su püskürtülmesi tomrukların yüksek rutubet miktarını korumalarını sağlayan diğer bir yöntemdir (Nicholson ve ark. 1972). Ayrıca tomrukların su içinde depolanması büyüme gerilmelerinin şiddetinde bir azalma oluşturması bakımından etkili bir yol olarak kabul edilmektedir. Ancak, gerilmelerin şiddetinde azalmaların meydana gelebilmesi için uzun zamana ihtiyaç duyulması bu yöntemin dezavantajını oluşturmaktadır (Nicholson, 1973).

Bazı araştırmacılar yüksek sıcaklıkta buharlama işleminin büyüme gerilmelerinin şiddetini azaltarak, odunda oluşabilecek deformasyonları en aza indirmek için uygulanabilecek bir metot olduğunu ifade etmektedirler. (Maeglin ve ark, 1985; Okuyama ve ark, 1987; 1988; 1990; Tejada ve ark, 1997). Huang ve ark, (2005) yaptıkları çalışmada farklı buharlama sıcaklık ve sürelerinin taze haldeki tomruklarda büyüme gerilmelerinin şiddetinin azaltılması üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Araştırma sonunda, 85°C sıcaklıkta 24 saat süre ile buharlama işlemine tabi tutulan tomruklarda boyuna yöndeki deformasyonların %50 oranında azaldığı, aynı şartlar altında enine yüzey deformasyonlarındaki azalmanın ise %85 oranında gerçekleştiği tespit edilmiştir. 110°C sıcaklıkta 24 saat süre işlem gören tomruklarda boyuna yöndeki deformasyonlardaki azalmanın %14'de kaldığı, enine yüzey deformasyonlarının ise %171 oranında arttığı belirlenmiştir. Bu yöntemin avantajları büyüme gerilmelerindeki rahatlama, biçilmiş malzemede çatlak oluşumu ile şekil değişmelerinin azalması ve buna bağlı olarak odun hammaddesinin verimliliğindeki artıştır. Sakıncaları ise, yüksek sıcaklıklarda tomruk yüzeyinde kuruma çatlaklarının oluşması ve odun renginde koyulaşmanın meydana gelmesidir. Bu nedenle olumsuz etkilerinden kaçınmak için sıcaklığın 100°C'ın altında tutulması önerilmektedir.

3. Sonuç

Büyüme gerilmeleri, ağaçların normal gelişimlerinin sonucu olarak ortaya çıkmakta ve meydana getirdikleri deformasyonlar odunun verimini ve kullanım değerini düşürdüğü için önemli ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Araştırmacılar olumsuz etkilerini en aza indirmek için bir yandan gerilmelerin oluşum nedenini ve yapısını anlamaya yönelik çalışmalar yaparken, diğer yandan gerilmelerin etkilerinin önceden belirlenmesi ve azaltılmasına yönelik araştırmalar gerçekleştirmektedirler.

Ancak büyüme gerilmelerinin olumsuz etkilerini azaltmak amacıyla geliştirilen bu yöntemler değişik ağaç türlerinde aynı başarıyı sağlayamamaktadır. Çoğu zaman, aynı yöntemin kullanıldığı araştırmaların sonuçları arasında farklılıklar görülmektedir.

Bu nedenle ağaç işleyen endüstriler için önemli bir sorun oluşturan büyüme gerilmelerinin araştırmacılar tarafından her yönüyle daha detaylı şekilde incelenmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Kaynaklar

- Archer, R. R., 1986.** Growth Stresses and Strains in The Trees. Springer-Verlag, Berlin.
- Bozkurt, A. Y. ve N. Erdin, 2000.** Odun Anatomisi. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 4263/466. Dilek Matbaası, İstanbul.
- Claassen, I., 1993.** Hans Merensky Foundation, pers. comm. via F.S. Malan.
- Engür, M. O., 2006.** Ağaç Kesim Teknikleri ve İş Güvenliği. Orkoop., Türkiye. Ormancılık Kooperatifleri Merkez Birliği Eğitim Yayınları Dizisi: 1.
- European Union, 2002.** Stresses in beech. Fair Project CT-98 3606.
- FAO, 1980.** Chainsaws in Tropical Forest. FAO Training Series, No: 2. Rome, Italy.
- Fegely de, R., 2004.** Sawing regrowth and plantation hardwoods with particular reference to growth stresses. Project No. PN02.1308.
- Garcia, J. N. and I. L. de Lima, 2000.** Log end splitting and improvement in sawing. Proceedings of IUFRO Conference. The future of eucalypts for wood products. Launceston, Australia.
- Giordano, G. and P. Curro, 1973.** Unusual methods for reducing damage from growth stresses in Eucalyptus sawn timber. Proceedings of IUOFRO V. Cape Town and Pretoria, South Africa.
- Gueneau, P. and J. Saurat, 1976.** Growth stresses in beech. *Wood Science and Technology*. 10(2): 111-123.
- Hillis, W. E., 1984.** Wood Quality and Utilisation. In W. E. Hillis and A. G. Brown (eds) Eucalyptus for Wood Production. CSIRO and Academic Press Sydney.
- Huang, Y. S., S. Chen, L. Kuo-Huang and M. C. Lee, 2005.** Growth stress of *Zelkova serrata* and its reduction by heat treatment. *Forest Products Journal*. 55(5): 88-93.
- Kubler, H., 1988.** Silvicultural control of mechanical stresses in trees. *Canadian Journal of Forest Research*. 18(10): 1215-1225.
- Maeglin, R., J. Liu and R. S. Boone, 1985.** High-temperature drying and equalizing effects on stress relief in yellow-poplar lumber. *Wood and Fiber Science*. 17(2): 240-253.
- Malan, F. S., 1984.** Studies on the phenotypic variation in growth stress intensity and its association with tree and wood properties of South African grown *Eucalyptus grandis*. PhD thesis, University of Stellenbosch, S. Africa.
- Malan, F. S., 1993.** The wood properties of three South African grown eucalypt hybrids. *South African Forestry Journal*. 167: 35-44.
- Malan, F. S., 1995.** Eucalyptus improvement for lumber production. International seminar on utilising eucalypts wood for sawmilling. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais et al.. Sao Paulo-Brazil.

- Malan, F. S. and M. Hoon, 1992.** Predicting growth stresses in mature *Eucalyptus grandis* from wood property/growth stress relationships in young trees. CSIR Report FOR-1 239.
- Mattheck, C. and F. Walther, 1992.** A new felling technique to avoid end-splitting of deciduous trees. Proceedings of IUFRO V. Nancy, France.
- Mayer-Wegelin, H. 1955.** Tensions and tension splitting in standing and felled logs. *Mitt der Österreichischen Gesellschaft für Holzforschung*. 7(2): 11-17.
- Mayer-Wegelin, H. and E. Mammen 1954.** Tensions and tension splitting in standing beech wood. *Allg. Forst. und Jagdzeitung*. 125(9): 287-297.
- Nicholson, J. E., 1973.** Effect of storage on growth stress in mountain ash logs and trees, *Australian Forestry Journal*. 36(2): 114-124.
- Nicholson, J. E., G. S. Campbell and D. F. Bland, 1972.** Association between wood characteristics and growth stress level. *Wood Science*. 5: 109-117.
- Nicholson, J. E., W. E. Hillis and N. Ditchburne, 1975.** Some tree growth-wood property relationship of eucalypts. *Canadian Journal of Forest Research*. 5(3): 424-432.
- Okuyama, T., Y. Kanawaga and Y. Hottori, 1987.** Reduction of residual stresses in logs by direct heating method. *Mokuzai Gakkaishi*. 33(11): 837-843.
- Okuyama, T., H. Yamamoto and Y. Murase, 1988.** Quality improvement in small log of sugi by direct heating method. *Mokuzai Kogyo*. 43: 359-363.
- Okuyama, T., H. Yamamoto and I. Kobayashi, 1990.** Quality improvement in small log of sugi by direct heating method (2). *Mokuzai Kogyo*. 45(2): 12-16.
- Polge, H. 1981.** Influence of thinning on growth stresses of beech. *Annals of Forest Science*. 38: 407-423.
- Schacht, L., J. N. Garcia and R. Venkovsky, 1998.** Genetic variation of growth stress parameters in clones of *Eucalyptus urophylla*. *Scientia Forestalis*. 54: 40-52.
- Tejeda, A., T. Okuyama, H. Yamamoto and M. Yoshida, 1997.** Reduction of growth stress in logs by direct heat treatment: Assessment of a commercial-scale operation. *Forest Products Journal*. 47(9): 86-93.
- Waugh, G., 1977.** Reducing growth stresses in standing trees. *Australian Journal of Forest Research*. 7: 215-218.