

**KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ODTÜ ATATÜRK ORMANINDAKİ İĞNE YAPRAKLI AĞAÇLARIN
SU POTANSİYELLERİ**

Şevket ÖZTÜRK

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KASTAMONU
2010**

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ODTÜ ATATÜRK ORMANINDAKİ İĞNE YAPRAKLI AĞAÇLARIN SU POTANSİYELLERİ

Şevket ÖZTÜRK

Kastamonu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hasan VURDU

Bu çalışmada, ODTÜ Atatürk Ormanında geniş yayılış yapan iğne yapraklı ağaç türlerinden karaçam (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe), sarıçam (*Pinus silvestris* L.), Toros sediri (*Cedrus libani* A.Richard.) büyüme dönemindeki su potansiyelleri ölçülerek kuraklığa karşı dirençleri belirlenmiştir. Bunun için her bir ağaç türünün, üç farklı yöneydeki optimal yayılış yaptığı aynı yaşlı ve morfolojik olarak sağlıklı fertleri seçilip işaretlenerek tespit edilmiştir. İlk ölçümler 02.08.2003-15.08.2003 tarihleri 05:00-07:00 saatleri arasında güneş doğmadan önce 0,3-0,7 cm kalınlığındaki yan sürgünleri, keskin bir bıçak ile pürüzsüz ve düzgün kesilerek, beklemeden basınç odası cihazına yerleştirilip tüpün vanası açılarak özsu belirene kadar basınç uygulanarak su potansiyeli ölçümleri yapılmıştır. Benzer şekilde su potansiyeli değerleri ölçümü 20.08.2003-04.09.2003 tarihleri arasında tekrarlanmıştır. İstatistiki olarak yöney bakımından su potansiyelleri arasındaki fark anlamlı bulunmamıştır ($P>0,05$), türler arasında su potansiyeli 0,01 olasılık düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Yapılan su potansiyeli ölçümlerinin ortalama değeri Zaman I için -9,767 Bar, Zaman II için -10,27 Bar olarak bulunmuştur. Türler arasında yapılan karşılaştırmalarda ise sedir türünün karaçama, karaçam türünün sarıçam türüne nispeten su potansiyeli değerlerinin daha yüksek olduğu bulunmuştur. Zaman, yöney veya türleri içine alan ikili veya üçlü interaksiyonların tümü arasında anlamlı bir farklılık görülmemiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, Toros sedirinin karaçam ve sarıçama göre su potansiyeli değerinin yüksek olmasından dolayı vejetasyon döneminde su stresinden en az etkileneceği belirlenmiştir.

2010, 48 sayfa

Anahtar Kelimeler: Su Potansiyeli, Basınç Odası Cihazı, Karaçam, Sarıçam, Toros sediri.

ABSTRACT

Ph. D. Thesis

WATER POTENTIALS OF CONIFEROUS TRESS GROWING AT THE METU ATATURK FOREST

Şevket ÖZTÜRK

Kastamonu University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Forest Engineering

Supervisor: Prof.Dr. Hasan VURDU

In this study, the drought resistance of the black pine (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe), scotch pine (*Pinus silvestris* L.) and cedar (*Cedrus libani* A. Richard.) which are widely distributed at the METU Atatürk Forest by measuring their water potential during growth period are determined. To do this, the healthy and approximately even age trees were selected and marked as sample trees from each species at three different optimum growth sites for the water potential measurement. The first water potential measurements were made at the dates between 02.08.2003 and 15.08.2003 just before sunrise between 05:00 a.m. and 07:00 a.m. oclock from the smooth and uniform cut side branches having diameter of 0,3-0,7 cm from the selected sample trees by a sharp knife; and they were placed in a pressure chamber immediately. Similarly, the second water potential measurements were repeated at the dates between 20.08.2003 and 04.09.2003. Statistical analysis showed that there is no significant difference between localities ($p>0,005$) but, there is a significant differences between species ($>0,001$). The mean values of water potentials for time 1 and time 2 are -9,767 Bar and -10,27 Bar respectively. The water potential values ranged from the highest to the lowest as cedar, black pine and scotch pine respectively. There were no significant water potential differences among the interaction for the measuring time, species and growth localities. As a conclusion, cedar because of having higher water potential as compare to the black pine and scotch pine is the least affected species from water stress.

2010, 48 pages

Key Words: Water Potantial, Pressure Chamber, Black pine, Scotch pine, Cedar.

ÖNSÖZ

“ODTÜ Atatürk Ormanındaki İğne Yapraklı Ağaçların Su Potansiyelleri” konulu bu çalışma Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu konuda bana Yüksek Lisans çalışması yapma fırsatını veren, çalışmanın başlatılması gerçekleştirilmesi ve sonuca ulaştırılmasında kıymetli yardımlarını esirgemeyen, araştırmalarımın her aşamasında bilgi, öneri ve yardımlarından faydalandığım, engin fikirleriyle yetiştirme ve gelişmeme katkıda bulunan tez danışman hocam sayın Prof. Dr. Hasan VURDU’ya, sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Çalışmalarım süresince maddi manevi desteklerini esirgemeyen Ortadoğu Teknik Üniversitesi Biyoloji Bölüm Başkanı sayın Prof. Dr. Zeki KAYA’ya, bilimsel yaklaşımı kendisinden öğrenmeye çalıştığım Mustafa Kemal Üniversitesinden değerli hocam Doç. Dr. Mustafa ERAYMAN’a, çalışmalarım sırasında önemli katkılarda bulunan ve yönlendiren İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsünden Dr.Akkın SEMERCİ’ye, çalışmalarım süresince birçok fedakârlıklar göstererek beni destekleyen arkadaşlarım İsmail İLHAN, Serkan CANBULUT ve eşime en derin duygularla teşekkür ederim.

Şevket ÖZTÜRK
Kastamonu, Ocak 2010

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	vi
SİMGELER DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	4
2.1 Su Stresi.....	4
2.2 Bitki Su İçeriğinin Ölçülmesi.....	12
2.3 Bitki Su Potansiyeli.....	13
2.4 Laboratuvarda Su Potansiyelinin Ölçülmesi.....	15
2.5 Basınç Odası Yöntemiyle Bitki Su Potansiyelinin Ölçülmesi.....	16
2.6 Basınç Odası Yöntemiyle Bitki Su Potansiyeli Bileşenlerinin Ölçülmesi.....	19
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	22
3.1 Materyal.....	22
3.1.1 Ormanın Tanıtımı.....	22
3.1.2 Cihaz.....	22
3.2 Yöntem.....	22
3.2.1 Deneme Alanlarının Seçimi.....	22
3.2.2 Deneme Ağaçlarının Seçimi.....	26
3.2.3 Deney Örneklerinin Alınması.....	26
3.2.4 Su Potansiyellerinin Ölçülmesi.....	26
3.2.5 İstatistik Analiz.....	27
3.2.6 Meteorolojik Veriler.....	27
3.2.7 Toprak.....	28
3.2.9 Değerlendirme.....	29
4. BULGULAR.....	30
4.1 Su Potansiyeli Ölçüm Değerleri.....	30
4.2 Deneme Alanlarının Toprak Yapısı.....	37
4.2 Su Bilançosu.....	37
4.3 Zaman, Yöney ve Türlerle İlişkin Bulgular.....	39
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	42
KAYNAKLAR.....	45
ÖZGEÇMİŞ.....	48

SİMGELER DİZİNİ

B-H	Basınç-Hacim
cm	Santimetre
d	Yıllık Su Noksanı
DSP	Doymun Haldeki Ozmotik Potansiyel
DW	Kuru Ağırlık
ETP	Yıllık Potansiyel Evapotranspirasyon
FW	Taze Ağırlık
FWCzt	Solma Noktasındaki Serbest Su İçeriği
Im	Yağış Etkenlik İndisi
i	Eriyik İyonlaşma Sabiti
KA0	Kuru Ağırlık Oranı
m	Eriyik Molalitesi
mm	Milimetre
Mpa	Megapaskal
PMS	Bitki Su Potansiyeli
P-V	Basınç-Hacim
R	Gaz Sabitesi
RWC	Nispi (Rölatif) Su İçeriği
RWCzt	Solma Noktasındaki Oransal Su İçeriği
S	Yıllık Su Fazlası
SI	Uluslar Arası Sistem
SSP	Solma Noktasındaki Ozmotik Potansiyel
T	Mutlak Sıcaklık
TW	Turgor Ağırlığı
Q	Yağış-Sıcaklık İndisi
WD	Su Eksikliği
Vo/DW	Birim Kuru Ağırlığa Düşen Simplastik Su Oranı
$\psi\pi$	Eriyik Potansiyel Değeri
ψ_s	Ozmotik Potansiyel
ψ_p	Turgor(Basınç)Potansiyel
ψ_m	Matrik Potansiyel
ψ_g	Gravitasyonel Potansiyel
ψ_w	Su Potansiyeli

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Höfler diyagramı.....	14
Şekil 2.2 Bitki su gerilimi nedeniyle ksilemde gerilim halindeki su.....	17
Şekil 2.3 Basınç Odası Cihazı.....	17
Şekil 2.4 P-V eğrisinin şematik görünümü.....	21
Şekil 3.1 ODTÜ Atatürk Ormanı Amenajman Haritası 170 nolu bölme.....	24
Şekil 3.2 ODTÜ Atatürk Ormanı Amenajman Haritası 7, 12 nolu bölmeler.....	24
Şekil 3.3 ODTÜ Atatürk Ormanı Amenajman Haritası 114, 137 nolu bölmeler.....	25
Şekil 3.4 ODTÜ Atatürk Ormanı Amenajman Haritası 201, 205, 210 nolu bölmeler.....	25
Şekil 3.5 ODTÜ Atatürk Ormanı Amenajman Haritası 109 nolu bölme.....	26
Şekil 4.1 Ankara İli uzun yıllar ve son 13 yılın su açığı.....	38
Şekil 4.2 1991-2003 Yılı Thornthwaite su bilançosu grafiği.....	39

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Bitki su potansiyeli ile bitki su stresinin ve bitkinin su içeriğinin ilişkisi.....	15
Çizelge 3.1 Anadolu karaçamına ait deneme alanı bilgileri.....	23
Çizelge 3.2 Sarıçamaya ait deneme alanı bilgileri.....	23
Çizelge 3.3 Toros sedirine ait deneme alanı bilgileri.....	23
Çizelge 3.4 Ankara İli meteorolojik verileri.....	28
Çizelge 4.1 Anadolu karaçamına ait su potansiyeli 1. ölçüm değerleri.....	31
Çizelge 4.2 Anadolu karaçamına ait su potansiyeli 2. ölçüm değerleri.....	32
Çizelge 4.3 Sarıçamaya ait su potansiyeli 1. ölçüm değerleri.....	33
Çizelge 4.4 Sarıçamaya ait su potansiyeli 2. ölçüm değerleri.....	34
Çizelge 4.5 Toros sedirine ait su potansiyeli 1. ölçüm değerleri.....	35
Çizelge 4.6 Toros sedirine ait su potansiyeli 2. ölçüm değerleri.....	36
Çizelge 4.7 1991-2003 Yılı Thornthwaite su bilançosu tablosu	38
Çizelge 4.8 Tekrarlı Ölçümler Deneme Desenine göre Varyans Analiz Tablosu.....	40
Çizelge 4.9 Türlerle ait su potansiyeline ilişkin DUNCAN Gruplaması.....	40
Çizelge 4.10 Zamana ait su potansiyeline ilişkin DUNCAN Gruplaması.....	41
Çizelge 4.11 Zaman ve ağaç türlerine göre ortalama su potansiyeli ölçüm değerleri.....	41

1. GİRİŞ

Yeryüzünde yaşam suyun varlığına bağlıdır. Dolayısıyla aktif bir bitki hücresinde en çok miktarda bulunan bileşen sudur. Bir hücrenin yaş ağırlığının %90'dan fazlasını su oluşturmaktadır. Fotosentez dahil bir hücredeki tüm metabolik olayların işleyişi hücrede yeterli miktarda suyun varlığına bağlıdır (Gerçek 2008). En basit yapıdaki bitkiler tek hücreden oluşur ve hayatlarını ancak su içinde sürdürebilirler (Alexander ve ark.1986). Diğer taraftan, bitkilerin suya olan ihtiyaçları aynı olmayıp kendilerini iklim koşullarına göre adapte etmişlerdir. Buna göre, tamamen su içinde yaşayan bitkilerden çok kurak çöl iklimine kadar kendini adapte etmiş geniş bir yayılım içerisinde değişik bitki türleri yer almaktadır. Bitkiler su ihtiyaçlarına göre sulu ortamdan kurak ortam koşullarına doğru olmak üzere 4 gruba ayrılmıştır. Bu gruplar sırasıyla; 1-Hidatofitler, 2-Higrofitler, 3-Mesofitler ve 4-Kserofitlerdir (Gerçek 2008).

Ağaç fizyolojisi bakımından stres, türün yaşam süresi boyunca karşılaşılabileceği büyüme ve gelişmeyi sınırlayıcı faktörler olarak tanımlanmaktadır. Orman ağaçlarında, fidan çağında genellikle ışık stresi baskın durumdadır. Kapalılık oluştuğunda veya sırkılık çağındaysa su ve besin stresi kritik noktayı oluşturur. meşcere yaşlanınca ise, hastalık ve zararlılar etkili bir stres faktörü durumuna gelirler (Pallardy 1985). Genel olarak bitkilerin yaşam süreçleri boyunca büyümeleri, en sık ve en fazla su stresince engellenmektedir. Toprak veya başka bir ortamda kökleriyle tutunmuş olan bitkinin, gövdesinden kaybedilen su miktarı kökleri aracılığıyla alınan su miktarından fazla olursa bitkide su eksikliği veya su stresi oluşmaktadır. Su eksikliği bitkilerde fizyolojik işleyiş, büyüme ve yaşama üzerinde olumsuz etkiler yapacak büyüklüğe ulaştığında önemli bir hale gelir. Su eksikliği pratikte bitki büyümesinin her aşamasında etkilidir. Bitkinin anatomisi, fizyolojisi ve biyokimyası üzerinde de su eksikliğinin etkisi vardır. Orta düzeydeki bir su eksikliği stomaların kapanması ve fotosentezin yavaşlamasına neden olurken, daha şiddetli bir su eksikliği fotosentetik organlarda bazı hasarlara neden olabilmektedir. Su eksikliği solunum ve taşımayla ilgili bazı faaliyetleri de zarara uğratabilir, hücrelerin membran yapılarında bazı hasarlar oluşturabilir ve enzim aktivitelerinde bazı değişikliklere neden olabilir. Ayrıca, su eksikliği bitkinin patojen ve böcek saldırılarına karşı daha hassas bir hale gelmesine de neden olabilmektedir (Lopushinsky 1990).

FAO tarafından benimsenen 300mm'nin altında yıllık yağışın olması durumunda "kurak"; 300-600mm yağışın olması durumunda "yarı kurak" kriterine göre, Türkiye'nin 1/3'ü kurak ve yarı kurak alanlardan oluşmaktadır (Ürgeç 1986). İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri Suriye çölünün uzantısı görünümündedirler ve Türkiye'nin en az yağışlı (400mm ye yakın ve altında) alanlarını oluşturmaktadırlar. Diğer taraftan, bölgede yıllık yağışın en az kısmının vejetasyon dönemi olan yaza rastlaması da bitki yetiştirmek için diğer bir olumsuzluktur (Türkeş 1990).

Gerek su eksikliği gerekse su fazlalığı literatürde su stresi olarak adlandırılmaktadır. Doğada bitkilerin maruz kaldığı su eksikliği ise "kuraklık stresi" olarak ifade edilmektedir (Bozcuk ve Topçuoğlu, 1984).

Kuraklık veya su stresi ormanların yayılışını, büyüme ve verimliliğini sınırlayan en önemli faktör olup, onu önem sırasına göre sıg topraklar, besin maddesi eksikliği, fazla su gibi stres etmenleri takip eder (Kramer ve Boyer, 1995).

Kurak mntıka ağaçlandırma çalışmalarında başarıyı arttırmak için en başta yörenin iklim ve toprağına uygun ağaç türü ve orijinin seçilmesi gerekmektedir. Kurak mntıkalarda ekosistem nemli bölgelere oranla daha kırılgandır. Ağaçlandırma yapıldıktan uzun yıllar sonra bile bazı sorunlarla karşılaşılabilir. Ankara civarında tesis edilmiş karaçam plantasyonlarında, belirli bir yaştan sonra, dikkate değer tepe kurumalarının oluştuğunu belirtmektedir (Çalıkoğlu 2002).

Orman Genel Müdürlüğünün verilerine göre ülkemizin %27,2'si ormanlık alandır (www.ogm.gov.tr 2009). İç Anadolu Bölgesi ormanları, toplam orman varlığımızın %11'ini oluşturmaktadır. ODTÜ, kendisine tahsis edilen İç Anadolu bozkırındaki 4500 hektar büyüklüğündeki arazisinde, 15 Kasım 1960 tarihinde ODTÜ ve Orman Genel Müdürlüğü'nün ortak çalışmaları ile "Ağaçlandırma Seferberliği" başlatılması ile ilk etapta yağmur ve rüzgar erozyonunun kontrol altına alınması amacıyla banket-terras metodu ile tüm arazi teraslandırılmış, daha sonra susuz plantasyona uygun tohum ve yetiştirilmiş fidanla plantasyon uygulamasına geçilmiş ve 1961 yılından günümüze kadar, kurak koşullara dayanıklı karaçam, sarıçam, Toros sediri, meşe, kavak, badem türleriyle yapılan dikimler sonucu yaklaşık 3100 Ha genişliğinde Atatürk Ormanını oluşturmuştur (Torunoğlu www.metu.edu.tr 2002).

1995 ve 2002 yıllarında ODTÜ Atatürk Ormanında geniş yayılış yapan iğne yapraklı türlerden özellikle karaçamda meydana gelen kurumaların sebepleri hususunda yapılan araştırmalara ek olarak ekofizyolojik çalışmaların son yıllarda önem kazanmasından dolayı bitkideki su miktarının ve bu suya verdiği tepkilerin bilinmesi amacıyla bitki su düzeyinin ölçülmesi için yapılan yöntemlerden diğerlerine nazaran kolay oluşu bitkinin çevresiyle olan etkileşimini yansıtması nedeniyle basınç odası yöntemi dolayısıyla basınç odası cihazı kullanılarak ölçümler yapılmıştır. Ancak, kuraklığa dayanıklılık konusunda yorumlarda bulunabilmek zor ve karmaşık bir iştir. Bu nedenle, kurağa dayanıklılığın araştırıldığı çalışmalarında bitki su potansiyeli bileşenlerinin yanı sıra detaylı olarak morfolojik karakterler, fotosentez, bitki büyüme düzenleyicileri ve diğer bazı parametrelerin de sıkça incelendiği görülmektedir. Bitkilerde kurağa dayanıklılığın belirlenmesinde birkaç parametrenin kombine olarak kullanılmasının daha doğru bir yaklaşım olacağı kabul edilmektedir (Anonim 1997).

Bu çalışmanın amacı, Ortadoğu Teknik Üniversitesi Atatürk Ormanındaki iğne yapraklı ağaçların su potansiyellerini belirlemektir. Bunun için Atatürk Ormanında bulunan Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.), sarıçam (*Pinus silvestris* L.), Toros sediri (*Cedrus libani* A.Richard.) türlerinde kuzey, güney ve bakısız olmak üzere üç farklı yöneyde ve 02.08.2003-15.08.2003 ve 20.08.2003-04.09.2003 tarihleri 05:00-07:00 saatleri arasında su potansiyeli ölçümleri yapılmıştır. Su potansiyeli ölçümlerinde basınç odası cihazı kullanılmıştır

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Su Stresi

Cleary ve Zaerr (1980), yapmış oldukları yayınlarında, dikim çalışmalarında kullanılacak çıplak köklü fidanların bitki su gerilimlerinin -10 Bar'ın üzerinde olması gerektiğini belirtmektedirler. Su geriliminin -10 Bar'a düşmesi durumunda ağaçlandırmada önemli ölçüde zararlar oluşacağı, eğer -20 Bar'a kadar düşer ise kök hücrelerinde daha büyük zararların meydana gelip morfolojik bakımdan en iyi fidanların bile öleceği bildirilmiştir. Dikili haldeki fidanlar için ise, -10 Bar'ın üzerindeki su potansiyelinin fotosentezi sınırlayıcı olmadığı, *Pinus ponderosa*' da -10 ile -20 Bar arasında fotosentezin yavaşladığı yada durduğu, -20 ile -50 Bar arasında fidanların büyümelerinin durduğu, -50 Bar'ın altındaki değerlerde ise fidanların öldüğü belirlenmiştir.

Reutz (1980), su potansiyeli ölçmelerinin yalnızca ekofizyolojik araştırmalar için değil bunun yanında orman ağacı fidanlarının tazeliklerinin belirlenmesinde de kullanılabileceğini; bu sayede fidanların söküm, dikim, depolama, ve taşıma gibi aşamalarda ne ölçüde zarar görebileceklerini tahmin etmenin mümkün olabileceğini belirtmektedir.

Cleary ve Zaerr (1984), bitki su geriliminin tanımını yapmışlar ve basınç odası tekniği içinde özel bir kullanımı olan basınç-hacim (B-H) eğrisinin oluşturulması konusunda bilgi vermişlerdir.

Colombo vd. (1984), B-H eğrisinin eğrisel ve doğrusal olmak üzere iki kısımdan oluştuğunu ve eğrinin doğruya dönüştüğü noktanın kritik bir değer olduğunu belirtmekte; bu noktaya solma noktası veya sıfır turgor basıncındaki su gerilimi adını vermektedirler. Solma noktasında veya turgorun kaybolma noktasında bitki hücrelerinin genişlemesinin durduğu çünkü genişleme için itici gücün turgor basıncı olduğu belirtilmiştir.

Teskey ve Hincley (1985), su stresinin ağaçlar üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapmış oldukları çalışmada, su eksikliğinin, belli bir seviyeye ulaştığı zaman hücre, ağaç ve ormanlardaki verimliliği önemli ölçüde azalttığı sonucuna ulaşmışlardır.

Yahyaoglu (1986), *Picea abies* L. Karst.'ın ikinci konumundan alınan bir yaşındaki sürgünü için, Scholander Tekniği yardımıyla su potansiyeli ölçümü yapılmış ve basınç-hacim (B-H) eğrisi elde etmiştir. Scholander yöntemi ile açık alanda (kültür

sahalarında) fidana zarar vermeden fidan tazeliği ölçmenin mümkün olacağını, diğer taraftan söküm, sınıflandırma, depolama, transport ve dikim sırasında orman ağacı fidanlarının su potansiyeli ölçülerek fidanın su içeriği için kritik fazların saptanabileceğini belirtmiştir. Ayrıca, türden türe hatta tür içinde (orijin) değişen kritik su potansiyeli değerinin elde edilmesi ile transportta ve kültür sahalarında fidan materyalinin fizyolojik kalitesinin, fidan söküm zamanının ve en uygun sulama zamanının belirlenebileceği sonucuna varmıştır.

Dirik (1991), 1+0 yaşlı çıplak köklü kızılçam fidanlarının bazı önemli morfolojik ve fizyolojik karakteristikleri ile dikim başarısı arasındaki ilişkileri incelemiştir. Çalışmanın sera denemeleri Bahçeköy Fidanlığı (İstanbul), fidanlık denemeleri Bursa Fidanlığı ve dikim denemeleri de Yenişehir'de gerçekleştirilmiş ve tüm denemelerde Çamkonak orijinli fidanlar kullanılmıştır. Morfolojik karakteristikler kapsamında, dikime obje bir fidanın detaylı tanınması için fidan karakteristikleri ve bu karakteristikler arasındaki ilişkiler incelemiştir. Fidan boyunun kızılçam fidanlarının morfolojisinde belirleyici bir rolü olduğunu ortaya koymuştur. Diğer bir deneme ile fidanların fidanlıktaki yetiştirme süreci sonunda morfolojik olarak farklılaşmalarının nedenlerini ele almıştır. Fidan boyu üzerinde tohum iriliği ve genotip faktörlerinin, kök boğazı çapı üzerinde ise yalnızca tohum iriliğinin etkili olduğunu belirlemiştir. Değişik büyüklüklerdeki fidanların araziye dikimlerinden sonra gösterdikleri gelişme performanslarını bir dikim denemesiyle incelemiştir. Sonuç olarak, 1.yıl sonundaki tutma başarısı üzerinde fidan boyunun etkili olduğu, kök boğazı çapının ise etkisinin bulunmadığı saptanmıştır. Ayrıca, fidan boyu arttıkça tutma başarısının azaldığını gözlemlemiştir. 3.yıl sonunda boy büyümesi bakımından yaptığı değerlendirmede de fidan boyunun etkili olduğu, kök boğazı çapının etkili olmadığı ve fidanların boy gelişmesinin, tutma başarısının tersine fidan boyu ile pozitif bir ilişkisinin olduğunu belirlemiştir. Ayrıca, fidanların fizyolojik karakteristikleri kapsamında fidan tazeliği konusunu da detaylıca ele almıştır. Bunun için fidanların hem sürgün, hem de kök örnekleri üzerinde aylık tekrarlarla 1 yıl boyunca kritik su potansiyeli (sıfır turgor noktasındaki ozmotik potansiyel) değerleri belirlenmiştir. Denemenin sonuçlarında dikilen fidanlar için su potansiyelinin -10 Bar'dan itibaren kuruma riskinin ortaya çıktığı, kök örneklerine ait kritik su potansiyeli değerlerine yaklaşıldıkça ölen fidan yüzdesinin arttığı ve bu değer aşıldığında tüm fidanların kuruduğu belirlenmiştir.

Gross ve Koch (1991), basınç-hacim eğrisi tekniği ile belirlenecek olan tam turgor kaybındaki su potansiyeli bir başka deyişle solma noktası değerinin fidan tazeliğinin denetiminde kullanılabileceğini belirtmektedir.

Genç (1992), Doğu ladini fidanlarına ait bazı morfolojik ve fizyolojik özelliklerle dikim başarısı arasındaki ilişkileri incelediği çalışmasında, kontrol, sonbahar şaşırtması, ilkbahar şaşırtması ve yaz şaşırtmasına ait fidanlarda su potansiyeli bileşenlerini tespit etmiştir. Çalışmasında, solma noktasındaki su potansiyeli değerlerini, kontrolde -17.88 +/- 2.64 Bar, sonbahar şaşırtmasında -25.67 +/-1.69 Bar, ilkbahar şaşırtmasında -27.72 +/- 1,03 Bar ve yaz şaşırtmasında -24.60 +/- 1.07 Bar olarak belirlemiştir.

Semerci (1994), bitki su potansiyeli komponentlerini, “Basınç Odası Tekniği”nin özel bir uygulaması olan B-H (basınç-hacim) eğrisi ve “Gravimetrik Yöntem”lerle belirlemiştir. B-H eğrisi yöntemiyle belirlenen bileşenler ve gravimetrik yöntemlerle belirlenen nisbi nem içeriği değerlerini bilgisayarda istatistiksel değerlendirmelere tabi tutmuş daha sonra uygun söküm zamanı, fidanların iklim elemanlarına, olağan üstü fizyolojik olaylara karşı nasıl cevaplar verdiğini Yomra fidanlığında yetiştirilen Çataldere-Maden orijinli 2+0 yaşındaki Doğu ladini fidanları için yorumlamıştır.

Dirik (1994), başka bir çalışmasında kızılçam (*Pinus brutia* Ten.), Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arnold) ve fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) türlerine ait fidanların kurak periyottaki transpirasyon tutumlarının ekofizyolojik analizini yapmıştır.

Semerci (1996), 2+0 yaşında ve Çataldere-Maden orijinli Doğu ladini fidanlarının su potansiyeli bileşenlerini basınç-hacim (B-H) eğrisi tekniği ile bir yıl boyunca sürdürdüğü ölçümleri irdelemiştir. Ölçümler sonunda beş adet su potansiyeli bileşeni ve kuru ağırlık oranının periyodik değişimlerini incelemiştir. Bu veriler ışığında Yomra Orman Fidanlığı’nda Doğu ladini fidanlarında söküm, depolama ve şaşırtma işlerinin Şubat ayının 3. haftası ile Martın 3. haftası arasında yapılmasının uygun olacağı sonucuna ulaşmıştır.

Lemcoff vd. (1997), orjinler içi ve orjinler arası varyasyonun (değişim) su stresiyle ilgisini ortaya çıkarmak için *E. Camaldunensis*’in beş klonu ve *E. Tereticornis* Sm.’nin bir klonuyla çalışma yapılmıştır. Strese en hassas bitki vasıfları olan doku su parametreleri ve yaprak alanı büyüklüğü değerlendirilerek kurak dönemi takiben analiz yapılmıştır. Bütün klonlarda yaprak genişliği sınırlanmıştır. Tam turgorda

ozmotik basınç anlamlı şekilde 106, 109 ve 107 numaralı klonlarda azalmıştır. Tüm durumlarda su stresi hücre duvarı esneklik modülünü artırmıştır. Artış, ozmotik düzenlemenin etkisini zayıflatmış ve bu da ozmotik düzenleme ile yaprak genişliği arasındaki zayıf ilişkiyi izah edebilir.

Dirik (2000), Türkiye'nin asli orman ağacı türlerinden kızılçamın farklı biyoiklim özelliklerine sahip doğal yayılış alanlarını temsil eden orijinleri temel alarak, basınç-hacim (B-H) eğrisi analizi yöntemi ile kuraklığa karşı reaksiyonları bakımından tür içi varyasyonunun belirlenmesine katkıda bulunmak amacıyla yapmış olduğu çalışmada, kızılçamın 7 orijinine ait sürgün örneklerinin, kurak dönemdeki su potansiyellerini B-H eğrisi yöntemiyle analiz etmiştir. Üç tekrarlı olarak gerçekleştirmiş olan B-H eğrisi analizleri ile her bir orijin için bazı fizyolojik parametreler belirlenmiş ve bu parametrelerden incelenen orijinlerin solma noktasındaki ozmotik potansiyel (SSP) değerleri ile doğal ortamlarının iklim özellikleri arasında anlamlı ilişkiler olduğunu gözlemlemiştir. Biyoiklim bakımından, kızılçamın kuvvetli yaz kuraklığı hüküm süren doğal yayılış alanlarından gelen Düzlerçamı, Anamur ve Urla orijinlerinin, en düşük SSP değerleri ile kuraklık etkilerine karşı oransal olarak en dirençli orijinler olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Işık vd. (2001), kızılçamda kuraklık stresinin etkilerini belirlemek amacıyla yapmış oldukları çalışmada denemelerini, Antalya Orman Fidanlığında 23 Mart 1999 tarihinde, faktöriyel bölünmüş parselleri deneme desenine göre 3 yinelemeli olarak kurmuşlardır. Her bloktaki parsellerin yarısına 15 Hazirandan itibaren (14 aylıkken) su stresi uygulaması başlatılmıştır. Su stresi uygulaması 3 blokta 3 Eylül 2000 tarihine kadar sürdürülmüştür. Stres uygulanmayan 3 blokta sulamaya devam edilmiştir. Kuraklık stresinin kızılçam fidanlarının adaptasyon özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu, fidanların daha az büyüme ve sürgün sayısı ile stres koşullarına karşı bir adaptasyon mekanizması geliştirdikleri görülmüştür. Populasyonların su stresine farklı tepkiler vermeleri, geldikleri doğal ortama uyum göstermeleri ile açıklanabilir. Yapılan çalışma sonunda, kızılçamda kuraklığa tepki bakımından populasyon ve aile düzeyinde önemli oranda genetik çeşitlilik olduğu ve kontrollü ortamlarda su stresine daha toleranslı genotiplerin seleksiyonunun mümkün olabileceği bildirilmektedir. Bu genotipler, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgesindeki geniş kurak alanların ağaçlandırılmasında kullanılabilir.

Tetik (2002), kızılçam (*Pinus brutia Ten.*)'ın üç farklı biyoiklim kuşaklarını temsil eden orijinlerinin kurak dönemdeki su potansiyellerinin basınç-hacim(P-V) yöntemi ile analizi adlı bitirme tezi çalışması ile kızılçamın üç farklı biyoiklim özelliklerine sahip orijinleri temel alınarak basınç-hacim (P-V) eğrisi analizi yöntemi ile kurak dönemdeki su potansiyellerinin belirlenerek, orijinlerin kuraklığa karşı reaksiyonlarının tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Kandemir (2002), aşırı kullanılmış ve doğal kızılçam populasyonlarının genetik varyasyon motifini tespit edebilmek için, her biri 40 aileden oluşan 6 kızılçam populasyonunun tohumları 1998 yılında Ankara Orman Fidanlığına ekilmiş ve üç yıl süre ile büyütülmüştür. Populasyonlardan üçü (Yaylaalan, Çalkaya ve Gölhisar) aşırı kullanılmış, diğer üçü ise (Alanya, Fethiye ve Çameli) nispeten doğaldır. Fidanların ekimi ile beraber üç yıl boyunca büyüme, soğuk ve kuraklıkla ilintili karakterlerde dahil 17 karakter ölçülmüştür. Aşırı kullanılmış ve doğal kızılçam populasyonları arasında ölçülen karakterler bakımından önemli sayılabilecek farklılıklar bulunmamıştır. Ankara fidanlığında 1999 (en düşük sıcaklık -5.9 C^0) ve 2000 (en düşük kaydedilen sıcaklık -15.2 C^0) kışında ölçülen morfolojik ve fizyolojik karakterler ile klorofil floresan değerleri Çameli ve Gölhisar populasyonlarının soğuğa en dayanıklı Çalkaya populasyonunun ise soğuğa en hassas olduğunu göstermiştir. Soğuktan büyük ölçüde zarar görmüş aileler aynı zamanda kuraklıktan da zarar görmüştür. Buna ilaveten, bu ailelerde kuraklık (su) stresine sokulduktan sonra daha az boy uzaması kaydedilmiştir. Ortalama değerler göz önüne alındığında, soğuğa dayanıklı ailelerin yaprak ozmotik potansiyeli ve prolin miktarı soğuğa hassas ailelerden daha yüksek bulunmuştur.

Çalikoğlu (2002), “Anadolu Karaçamı Orijinlerinin Kuraklığa Karşı Reaksiyonlarının Ekofizyolojik Analizi” isimli çalışmasını, 8 farklı karaçam orijini üzerinde yürütmüştür. Söz konusu orijinlerin seçiminde, Anadolu karaçamının Türkiye'deki doğal yayılış alanını olanaklar ölçüsünde temsil etmeleri ve kuraklık koşulları bakımından farklı biyoklimatik rejyonlara ait olmaları gibi temel niteliklerin baz alınması ilke olarak kabul edilmiştir. Buna göre 8 farklı Anadolu karaçamı tohum meşceresi belirlenmiş ve bu tohum meşcerelerinden tohum temin edilmiştir. Su stresinin Anadolu karaçamı üzerine etkisi ve bu bakımdan orijinler arasındaki farkların ortaya koyulması amacı ile her bir orijine ait tohumlar su stresine

tabi tutulmuşlardır. Su stresi koşullarındaki çimlenme yüzdesi ve çimlenme değeri bakımından, Anadolu karaçamı orijinleri aralarında istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Orijin-stres etkileşimi açısından da anlamlı farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. Buna göre; Emberger'in yağış-sıcaklık indisi (Q) düşük olan, daha az yağış alan rejyonları temsil eden orijinlerin, su stresi koşullarındaki çimlenme yüzdesi ve çimlenme değeri daha yüksek olmakta, temsil edilen rejyonun Q değeri arttıkça bu değer düşmektedir. Bu bulgular, kuraklığın Anadolu karaçamında çimlenme yeteneği bakımından bir tür içi varyasyona neden olduğunu göstermektedir. Su stresi koşulları, Anadolu karaçamı orijinlerinin çimlenme sürelerini de uzatmaktadır. Fidanlarla yapılan basınç-hacim eğrisi analizlerinde ise, tam doygun haldeki ozmotik potansiyel, solma noktasındaki ozmotik potansiyel ve bu noktalardaki oransal su içeriği değerleri bakımından orijinler arasında büyük farklar oluşmadığı tespit edilmiştir. En yüksek elastik modül değeri bakımından oluşan farklar ise belirgin olmuştur.

Semerci (2002), fidan boyunun, kök boğazı çapının ve bazı fizyolojik özelliklerin (dormansi, fidan su potansiyeli, yapraklardaki glikoz konsantrasyonu gibi) Toros sedirinin dikim başarısı üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Bu amaçla, çıplak köklü, 2-0 Belceğiz (Isparta) orijinli Toros sediri fidanlarını kullanmıştır. Dormansi, bazı bitki su ilişkileri parametreleri, kök geliştirme potansiyeli ve fidanların yapraklarındaki glikoz konsantrasyonu aylık aralıklarla bir yıl boyunca ölçülmüştür. Fidan boyu ile tutma başarısı arasında anlamlı bir ilişki bulunmuş, kök boğazı çapı ile tutma başarısı arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Çıplak köklü Toros sediri fidanlarının dikilebilmesi için, su potansiyellerinin -10 Bar'ın üzerinde olması gerekmektedir. Kök geliştirme potansiyelinin en yüksek olduğu dönem ilkbahardır. Kök geliştirme potansiyeli değeri ve dikim denemelerinin sonuçları ele alındığında, İç Anadolu ekolojik koşullarında en uygun söküm - dikim dönemi ilkbahar başıdır.

Semerci (2002), bitkilerin içsel su düzeyleri birkaç yolla ölçülür ve ifade edilebilir. Bunlardan bir tanesi Rölatif (nisbi) su içeriği veya su eksikliğidir, ama en pratik ve güvenilir yol bitki su potansiyelinin basınç odası tekniği kullanılarak ölçülmesidir. Fidanların sahip oldukları su düzeyinin kritik bir fizyolojik fonksiyonu vardır ve bu basınç odası cihazıyla ölçülür. Bu makale basınç odası tekniğinin teorisini, uygulamasını ve ormancılıkta uygulama alanlarını ölçmek için hazırlanmıştır.

Genç vd. (2005), şaşırtılmamış ve sonbaharda, ilkbaharda ve yaz ortasında şaşırtılmış dört yaşındaki çıplak köklü Doğu ladini fidanları ile tüpe ekim 1+0 Toros sediri, 2+0 Anadolu karaçamı, 1+0 Boylu ardıç, 1+0 Diken ardıç ve ilkbaharda tüpe şaşırtılmış 1+1 Kokulu ardıç fidanlarının, söküm-dikim sürecinde ve dikim sonrası oluşan stres etmenlerine karşı dayanma yetenekleri araştırılmış ve bu bağlamda türler arası karşılaştırmalar yapılmıştır. Yapılan karşılaştırmalar ışığında, ülkemizin sıcak ve soğuk-kurak yörelerinde yetişme ortamı özellikleri uygun olmak koşuluyla, türlerin genetik uyumları öncelikle dikkate alınıp, tesis yeteneği ve değerine göre seçilmiş orijinlerden, sırasıyla Boylu ardıç, Toros sediri, Kokulu ardıç ve Anadolu karaçamı fidanlarıyla dikim yapılabileceği bildirilmiştir. Dikenli ardıç fidanlarının, daha nemli olan vadi içlerinde, alt yamaçlarda, taban arazilerde ve su tutma kapasitesi daha yüksek balçık topraklar içeren sahalarda kullanılmasının gerekliliği belirtilmiştir. Ağaçlandırma çalışmalarında düşük sıcaklığa ve fizyolojik kuraklığa olan dayanıklılıkları açısından şaşırtılmış Doğu ladini fidanlarını kullanmanın daha uygun olacağı görülmüştür.

Semerci (2006), bitkilerin içsel su düzeyleri birkaç yolla ölçülür ve ifade edilebilir. Bunlardan bir tanesi Rölatif (nisbi) su içeriği veya su eksikliğidir. Ancak, en pratik ve güvenilir yol bitki su potansiyelinin basınç odası tekniği kullanılarak ölçülmesidir. Fidanların sahip oldukları su düzeyinin kritik bir fizyolojik fonksiyonu vardır ve bu basınç odası cihazıyla ölçülür. Fidan kalitesinin ve sulama programlarının belirlenmesi basınç odası cihazının en sık kullanıldığı alanlardır. Basınç odasının genelde araştırma amaçlı kullanıldığı başka alanlar da vardır. Bunlar, fidanların dikim sonrası tutma başarısını arttırmak amacıyla su stresiyle koşullandırılması, çıplak köklü fidanların en uygun söküm ve dikim periyodunun belirlenmesi, fidanların uyku (dormansi) halinin aşamalarının belirlenmesi, fidanlarının su iletme yeteneklerinin belirlenmesi ve dondan zarar gören fidan köklerinin belirlenmesi gibi alanlardır.

Kilis (2007), Tüplü Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) ve Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Fidanlarıyla Kurulmuş Plantasyonlarda Kuraklığa Dayanıklılık Analizleri adlı çalışmada, farklı orijinlerden yetiştirilmiş 2+0 yaşlı Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) ve Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) fidanlarında, kuraklığa

dayanıklılık tespitleri yapılmıştır. Her bir orijinden 2+0 yaşlı tüplü Toros sediri ve Anadolu karaçamı fidanlarında dikimden önce en az 3 fidanda B-H eğrisi çıkarılarak, araştırmaya konu fidanlarda, orijinler bazında ölçümler yapılmış ve su potansiyeli bileşenleri tespit edilmiştir. Bu bileşenler solma noktasındaki ozmotik potansiyel (SSP), doymuş haldeki ozmotik potansiyel (DSP), solma noktasındaki serbest su içeriği (FWCzt), solma noktasındaki oransal su içeriği (RWCzt), birim kuru ağırlığa düşen simplastik su oranı (Vo/DW) ve kuru ağırlık oranı (KAO)'dır. Arazi denemesi, farklı orijinlere ait 2+0 yaşlı tüplü Toros sediri ve Anadolu karaçamı fidanlarıyla ve Toros sediri için her bir orijinden 30, Anadolu karaçamaına ait için ise 35 fidan kullanılarak, rastlantı blokları deneme düzenine göre kurulmuştur. Her bir tür için deneme alanı iki bloğa ayrılarak, bloklardan biri kuraklık stresine tabi tutulmuştur; diğer blokta ise Mayıs ayından Ekim ayına kadar periyodik olarak ayda bir defa sulama yapılmıştır. Deneme alanında vejetasyon dönemi başında ve sonunda her iki türde orijinler bazında fidan boyu ölçümleri yapılmıştır. Vejetasyon dönemi sonunda ise fidan yaşama yüzdeleri ve ibre kayıp oranları belirlenmiştir. Sonuç olarak, yaşama yüzdesi bakımından tür ve işlemler arasında istatistiki açıdan bir fark çıkmasına karşın orijinler arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Nisbi boy artımı açısından varyans analizi sonucunda orijin ve işlemler arasında 0.01 düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmüştür. Toros sediri ve Anadolu karaçamı orijinlerinin ibre kayıp oranları karşılaştırıldığında Toros sediri orijinlerinin ibre kayıp oranı yüzde değerlerinin daha düşük olduğu gözlenmiştir.

Deligöz (2009), Eğirdir Orman Fidanlığında çıplak köklü Anadolu karaçamı fidanlarına ait bir sulama programı hazırlamak amacıyla, fidanların bitki su potansiyeli (BSP) değerleri esas alınmıştır. Bu amaçla, Anadolu karaçamı fidanlarında ikinci gelişme döneminin Nisan ortasından Kasım ortasına kadarki bölümünde bitki basınç odası cihazı ile periyodik olarak şafak öncesi, gün ortası ve günlük BSP ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Buna göre, Eğirdir Orman Fidanlığında Nisan ayı ortalarından itibaren sulamaya başlanması ve şafak öncesi BSP - 0.5 MPa olduğu sürece sulamanın sürdürülmesi isabetli olacaktır. Uyku hali başlangıcı (Haziran başı- Eylül başı) aşamasında kök gelişimini teşvik etmek için sadece, şafak öncesi BSP -0.8 MPa'a düştüğü zaman sulama yapılmalı ve ekim yastığının yaklaşık 20cm derinlikteki kısmı tarla kapasitesine ulaşmaya kadar sulamaya devam

edilmelidir. Sulama, Eylül başı ile Kasım ortası döneminde ise, şafak öncesi BSP -1.3 MPa'nın altına düştüğü zaman yapılmalıdır. Gün içinde BSP değerinin -1.3 MPa'nın altına düşmesine kesinlikle izin verilmemelidir.

2.2 Bitki Su İçeriğinin Ölçülmesi

Bitki veya herhangi bir bitki organı doğrudan doğruya doğadan alındığı durumda tartılırsa, elde edilecek ağırlık o bitkinin Taze Ağırlığı (FW) diye tanımlanır. Diğer taraftan, taze haldeki bitki veya organı etüvde 65 C⁰'de 48 saat bırakılıp kurutulduğunda, sonuçta taze ağırlığının büyük kısmını kaybetmiş olduğu, ikinci kez tartıldığında görülür. Kurutmadan sonra ikinci tartıda elde edilen ağırlık ise, o bitki veya organın Kuru Ağırlığı (DW) diye tanımlanır. Taze Ağırlık ile Kuru Ağırlık arasındaki fark o bitki veya organın Su Miktarını verir (Vardar ve Güven, 1994). Ancak, suyun miktarını tayin etmek tek başına bitki fizyolojisi bakımından fazla bir şey ifade etmez. Çünkü, tek başına gram veya santimetreküp cinsinden suyun miktarını bilmek bize ne diğer bitkilerle, ne de bitkinin diğer kısımlarındaki suyla karşılaştırıp bir yorum yapabilmeyi sağlamaz. Bu su miktarını bir referans noktası ile karşılaştırmak gerekir. Bu referans noktası ise bitkinin Turgor (veya tam doymuş) haldeki ağırlığıdır. Taze haldeki bitki veya bitki parçası + 4C⁰ deki saf su içinde 24 saat süre ile karanlık bir ortamda bekletilerek Turgor durumuna getirilirse tartım sonucu elde edilen ağırlığa Turgor (doymuş) Ağırlığı (TW) denilir. Bu referans noktasından hareketle Nisbi (Rölatif) Su İçeriği (RWC) hesaplanabilir.

$$RWC = \frac{\text{Taze Ağırlık (FW)} - \text{Kuru Ağırlık (DW)}}{\text{Turgor Ağırlığı (TW)} - \text{Kuru Ağırlık (DW)}} \times 100 \quad (2.1)$$

Tam doymuş hale getirilebilmiş örneklerde nisbi su içeriği % 100'dür. Bitki su içeriğinin belirlenmesinde kullanılacak diğer bir ölçüt de Su Eksikliği (WD)'dir.

$$WD = \frac{\text{Turgor Ağırlığı (TW)} - \text{Taze Ağırlık (FW)}}{\text{Turgor Ağırlığı (TW)} - \text{Kuru Ağırlık (DW)}} \times 100 \quad (2.2)$$

RWC ve WD ilişkili olup; $RWC = 100 - WD$ veya $RWC + WD = \% 100$ 'dür. Nisbi su içeriği ve su eksikliği parametreleri, bitkinin su miktarından daha anlamlıdır. Çünkü, bitkinin taze ağırlığı ve turgor ağırlığı ile de ilişkilidir ve bu yüzden bitkinin

fizyolojik fonksiyonlarıyla daha iyi bir korelasyon göstermektedir. Bu yöntemin bir dezavantajı konifer türlerinde bazen örneklerin tam turgor haline getirilemeyebilmesidir (Ritchie 1984).

2.3 Bitki Su Potansiyeli

Bitkideki fizyolojik işleyişle ilişkisi olan su düzeyinin belirlenebilmesinde kullanılabilecek en anlamlı ölçü, bitkinin su potansiyelidir. Su potansiyeli, toprak-bitki-atmosfer sisteminde suyun hareketini kontrol eder. Termodinamik bilim dalına göre su potansiyeli, bir sistemdeki suyun aynı sıcaklık ve basınç altındaki saf suyla karşılaştırıldığında sahip olduğu iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Standart basınç ve sıcaklık altındaki saf suyun su potansiyeli sıfır olarak kabul edilmektedir. Su potansiyelinin birimleri basınç birimleriyle aynıdır. Uluslararası sisteme (SI) göre basınç MPa (Megapaskal), bar veya atmosfer gibi birimlerdir. Bitki fizyolojisinde ise genelde Mpa veya bar birimi tercih edilmektedir (Lopushinsky 1990).

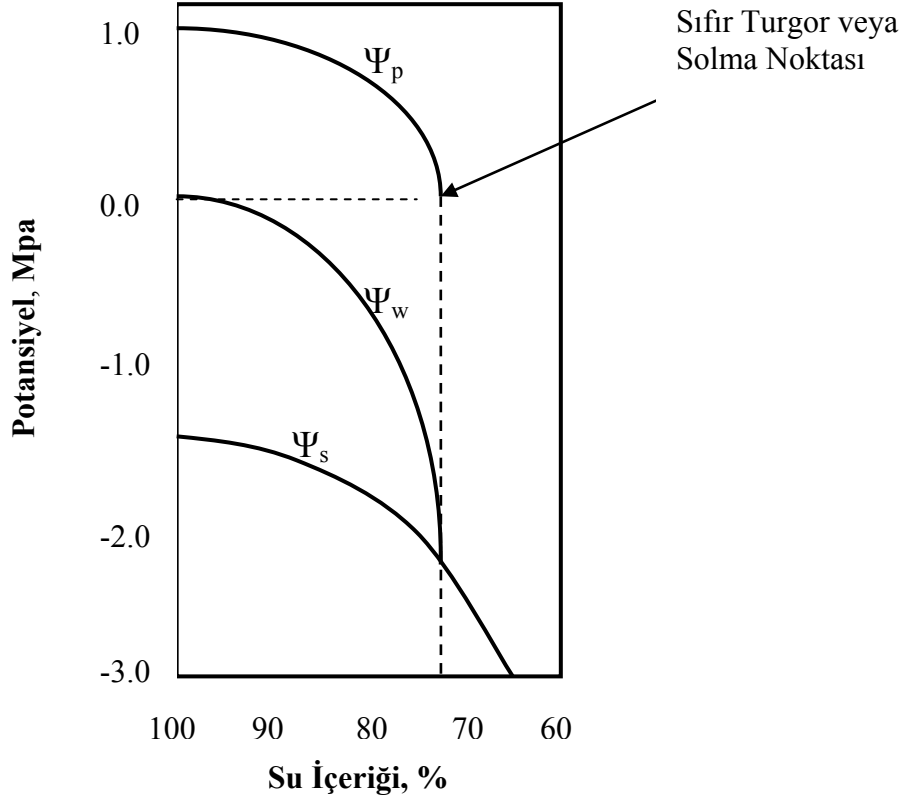
Bir ağaç fidanının hücrelerindeki su potansiyelini (ψ_w) oluşturan bileşenler ozmotik potansiyel (ψ_s), turgor (basınç) potansiyeli (ψ_p), matrik potansiyel (ψ_m) ve gravitasyonal (ψ_g) potansiyeldir. Ancak, matrik potansiyel ihmal edilebilecek kadar küçüktür. Gravitasyonal potansiyel ise, yalnızca çok uzun boylu ağaçlarda önem taşımaktadır. Bu nedenle, ψ_w 'nin gösterimi genel olarak aşağıdaki eşitlikteki gibidir ve ψ_w 'ye bileşenlerden oluşması nedeniyle toplam su potansiyeli de denir.

$$\psi_w = \psi_s + \psi_p \quad (2.3)$$

Su potansiyelinin (ψ_w) gösterildiği 3 nolu eşitlikte ψ_s daima negatif bir sayıdır. ψ_p ise turgor halindeki bitkide pozitifdir. Bu nedenle, birçok durumda ψ_w nin işareti negatiftir. Bitki su potansiyeli azaldıkça (-10'luk su potansiyeli -5 den azdır) bitkideki su eksikliği artmaktadır. Hem bitkide hem de toprakta su hareketi, su potansiyelinin yüksek olduğu yerden az olduğu yere doğru olmaktadır (Lopushinsky 1990).

Turgor veya basınç potansiyeli (Ψ_p) önemli bir güçtür. Çünkü, hücre hacmindeki değişmelere bağlı olan hücre genişlemesi, stomalardaki bekçi hücrelerinin hareketi ve diğer önemli metabolik olaylar üzerinde doğrudan olarak etkilidir. Ayrıca, ψ_p hücre duvarının rijiditesini sağlayan pozitif bir güçtür. Hücre su kaybederse bu güç

azalır. Bitki su potansiyeli ve bileşenleri ilk olarak bir diyagram şeklinde bitki fizyoloğu Karl Höfler’ce Şekil 2.1’ de gösterilmiştir (Ritchie 1984).



Şekil 2.1 Höfler diyagramı (Ritchie 1984)

Şekil 2.1’deki Höfler diyagramında fidanın su içeriğindeki değişmeye paralel olarak su potansiyeli bileşenlerinde meydana gelen değişme gösterilmiştir. Fidan tam doymun haldeyken ψ_w sıfırdır ve ψ_p ise ψ_s ile aynı büyüklükte ancak ters işaretlidir. Fidanın su içeriği yeterince azalırca ψ_p sıfır turgor veya solma noktasına düşer, ψ_w de ψ_s ye eşit olur. Sıfır turgor noktası (bazen solma noktası veya sürekli solma noktası olarak da isimlendirilir) fidan için kritik bir değerdir. Zira, bu noktadan sonra büyüme durur ve bu su açığı devam ederse hücreler zarar görebilir veya ölüm oluşabilir (Lopushinsky 1990).

Bitki veya fidanın su düzeyinin tanımlanmasında kullanılan diğer bir terimde Bitki Su Stresi (PMS)’dir. PMS terimi daha çok fidanlık çalışmalarında ilgili literatürlerde kullanılmaktadır. Ψ_w ve PMS büyüklük olarak aynı güçte olup yalnızca farklı işaretlerdir. Çizelge 2.1’de bitki su potansiyeli ile bitki su stresinin ve bitkinin su içeriğinin ilişkisi verilmiştir (Lopushinsky 1990).

Çizelge 2.1 Bitki su potansiyeli ile bitki su stresinin ve bitkinin su içeriğinin ilişkisi

Bitki Su Potansiyeli Ψ_w			Rölatif Rutubet ↓	Bitki Su Stresi PMS		
Birimler		Nisbi Sınıflama		Birimler		Nisbi Sınıflama
MP _a	Bar			MP _a	Bar	
0.0	0.0	Yüksek	Islak	0.0	0.0	Düşük
-0.5	-5.0	Orta		0.5	5.0	Orta
-1.0	-10.0			1.0	10.0	
-1.5	-15.0	Düşük	Kuru	1.5	15.0	Yüksek
-2.0	-20.0			2.0	20.0	

Çizelge 2.1’de görüldüğü üzere 1 MPa (Megapascal) yaklaşık 10 bar birimine denk gelmektedir. Buna göre Ψ_w ve PMS aynı büyüklükteki değerler olmalarına rağmen Ψ_w negatif değerlerle belirtilirken, PMS değerleri pozitiflerdir (Lopushinsky 1990). Ayrıca, Ψ_w azaldıkça PMS artmaktadır. Su potansiyelinin azalması ile bitkinin su içeriği de azalacaktır. Böylece, bitkinin su içeriğinin azalması sonucunda bitkinin su stresi artmış olacaktır.

2.4 Laboratuvarda Su Potansiyelinin Ölçülmesi

Laboratuvar koşullarında bitki su potansiyeli ölçümünde farklı yöntemler uygulanmaktadır. Bunlar arasında, Nitella’da olduğu gibi büyük hücreli canlıların su potansiyellerinin ölçümünde kullanılan, üzerinde basınç ölçer manometre düzeneği bulunan içi delik bir iğnenin batırılmasıyla Mikro-Basınç Probu cihazı ile yapılan su potansiyeli ölçüm metodudur (Galston ve ark.1980). Yalnız, bu Mikro-Basınç Probu cihazı ile yüksek bitkilerde su potansiyelinin ölçümü zor olmaktadır.

Yaygın olarak kullanılan diğer bir yöntem ise konsantrasyonu önceden belirlenerek hazırlanmış ve ozmotik basınç değerleri hesaplanmış seri halindeki eriyik tüpleri

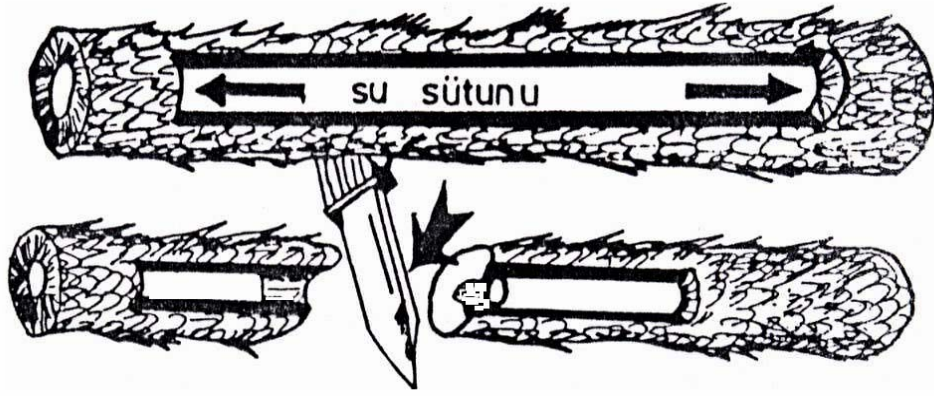
içerisine bitkiden alınan küçük bir doku parçasının ağırlığı tartılarak bu eriyik tüplerinin her birinde değişmez ağırlık değerine erişinceye kadar bekletilir. Doku parçasının ilk tartılan ağırlığının aynı kaldığı tüpteki eriyiğin konsantrasyonuna göre hesaplanmış olan ozmotik basınç değeri bitkinin su potansiyeli değeri olarak kabul edilir (Galston ve ark.1980). Test tüplerine konulacak eriyiklerin ozmotik ve dolayısıyla su potansiyelleri Van't Hoff kanununa göre hesaplanır (Salisbury ve Ross, 1969).

$$-\psi\pi = miRT \quad (2.4)$$

Bu eşitlikte π ozmotik potansiyeli, m eriyiğin molalitesini, i eriyiğin iyonlaşma sabitesini, R gaz sabitesini (0,083 litre bar/mol derece) ve T mutlak sıcaklıktır ($T= C^0 +273$). Buna göre bir eriyiğin i ve m değerleri bilinirse bu eriyiğin ozmotik potansiyeli hesaplanabilir. Örneğin, 28 C⁰'deki $i = 1$ olan mannitol eriyiğinin 1,2m, 1-0m, 0,8m, 0,6m ve 0,4m konsantrasyonlarındaki ozmotik potansiyelleri sırasıyla -30, -25, -20, -15 ve -10 Bar' dır.

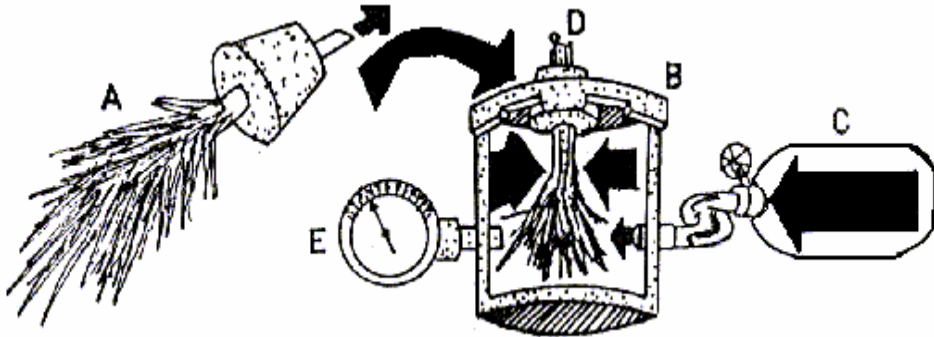
2.5 Basınç Odası Yöntemiyle Bitki Su Potansiyelinin Ölçülmesi

Bitkiler kökleri aracılığı ile topraktan suyu alır, toprak üstü organlarıyla da suyu kaybederler. Bu iki olayın boyutsal oranı, bitkinin içsel su dengesini gösterir. Bitkinin içsel su durumu, bitki su gerilimi olarak değerlendirilmektedir. Bir bitkinin ksilemindeki su sütunu sanki bitki içine uzatılmış kauçuk bir lastik boru gibidir. Bitkinin bir parçası bitki su potansiyeli veya PMS ölçümü için bitkiden ayrıldığında, gerilim halindeki su sütunu bozulacak ve kesit yüzeyinden bitkinin içine doğru uzaklaştığı mesafe, ksilemdeki su sütununun gerilimine paralel olarak değişecektir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Bitki su gerilimi nedeniyle ksileme gerilim halindeki su

Su potansiyeli yüksek (su gerilimi düşük) olan bitkilerde bu çekilme kısa bir mesafede kalırken, su potansiyeli düşük olanlarda artmaktadır. Hatta, kök basıncı yüksek olan yıllık bitkilerde ise gövdede kesilen yerden dışarıya su akacaktır. Sürgünün içine doğru çekilen bu sütunun tekrar kesit yüzeyine getirilmesi için, sürgünün yapraklardan ksileme doğru basınç işlemine tabi tutulması gerekmektedir. Bu işlem basınç odası tekniğinin temelini oluşturmaktadır (Tyree ve Hammel, 1971). Bitkiden alınan sürgün parçası (A) basınç odasına (B) kesit yüzeyi (D) dışarıda kalacak şekilde yerleştirilerek, oda içerisine tüpte sıkıştırılmış olan gaz (C) verilir. Bu sırada bir ışıklı lupla kesit yüzeyinden su çıkışı gözlenir. Suyun kesit yüzeyinden çıkmaya başladığı anda manometrede (E) okunan basınç değeri bitki su potansiyelini ifade etmektedir (Cleary ve Zaerr, 1980). Basınç odası cihazının, şematik görünüşü ise Şekil 2.3’de gösterilmiştir.



Şekil 2.3 Basınç Odası Cihazı (Cleary ve Zaerr, 1980).

Bitkinin sahip olduğu bitki su gerilimi, bitkinin fizyolojik işleyişi ve bitkiyi saran çevresel koşulların karşılıklı etkileşimiyle ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, bitki su gerilimi gün içinde bir değişim göstermektedir. Güneşin doğmasından hemen öncesinde yapılan (şafak öncesi) bitki su gerilimi ölçümü ile elde edilen değerlere, baz potansiyel veya minimum PMS denilmektedir. Gün ortasında yapılan bitki su gerilimi ölçümü ile elde edilen değerlere ise maksimum PMS değeri veya minimum potansiyel denilmektedir (Dirik 1989).

Basınç odası cihazı kullanımı kolay bir alet olmasına karşın, potansiyel bir tehlikesi de bulunmaktadır. Çünkü, alet sıkıştırılmış azot gazını basınç kaynağı olarak kullanır. Bu nedenle, kullanım sırasında basınçlı havanın vanasını açmadan önce boru, hortum bağlantıları ve basınç odasının kapağının tam olarak kapatıldığı iyi bir şekilde kontrol edilmelidir. Aksi taktirde, iyi takılmamış bir hortum veya kapak yüksek basınçla yerinden fırlayarak kullanıcının yaralanmasına neden olabilir. Basınç kaynağı durumundaki tüpünün de gerekli sıklıkla firmalara test ettirilerek sağlam olup olmadığı kontrol ettirilmelidir. Çünkü, tüpün yüksek basınç uygulanarak çalıştırılması nedeniyle patlaması söz konusu olabilir.

Basınç odası yardımıyla bitki su potansiyeli veya su gerilimi ölçümü bir çok bitki türünde yapılabilmektedir. Basınç odasına sığması durumunda bitkinin tamamı kullanılabilereği gibi, bitkinin sürgünleri, uygun kapak ve contalar kullanılarak çayırklar, iğne yapraklar hatta çeşitli meyvelerin su potansiyelleri ölçülebilmektedir. Elma, portakal, domates gibi meyvelerin su potansiyellerinin ölçülmesinde, meyvenin basınç odası içinde hareket etmemesi için, odanın dibine spiral bir yay yerleştirilmesi gerekmektedir. Diğer taraftan, doğru sonuç alabilmek için üzerinde ölçüm yapılması gereken örnek sayısının ne olması gerektiği önemli bir sorudur. Genel olarak, bu sayının üçten az olamayacağı, en az beş olması gerektiği belirtilmekle birlikte ölçümün amacına ve olanaklara göre de örnek sayısının 25'e kadar çıkabileceği belirtilmektedir (Cleary ve Zaerr, 1984).

Yapılan ölçümlerde, hataların önüne geçmek için ilk olarak örnek kesildikten sonra olabildiğince kısa bir süre içerisinde ölçüm işlemi tamamlanmalıdır. Bu süre 3 dakikayı geçmemelidir. Uyku (dormant) halindeki fidanlardan alınan ölçüm materyali zorunlu hallerde az bir hatayla 20 dakika rutubetli ve serin bir ortamda saklanabilir. Ancak, aksine bu saklama fidanın büyüme döneminde ve kuru, sıcak bir

yerde yapılırsa ölçüm 10 Bar kadar daha düşük bir sonuç verebilir. Bu nedenle, ölçüm standartları çevrenin fiziksel ve bitkinin fizyolojik durumuna göre oluşturulmalıdır (Cleary ve Zaerr, 1980). Odunsu türlerde kabuk, odun kısmın plastik contadan geçebileceği kadar sıyrılmalıdır ki kesik alandan suyun çıkışı bir ışıklı büyüteç yardımıyla kolayca görülebilsin. Kabuğun sıyrılması reçine içeren türlerde ölçümün doğru olarak yapmasına da yardımcı olmaktadır. Zira, reçineli türlerde, reçine sudan önce kesit yüzeyinde belirebilmekte ve ölçüm yapan kişi tarafından su sanılabilmektedir. Bu hata riski, biraz tecrübe ile giderilebilmektedir (Cleary ve Zaerr, 1984). Reçineli türlerde kesit yüzeyinden çıkan reçinelerin su sanılmaması için alınabilecek bazı tedbirler ise, bu yüzeyin ölçüm başlamadan alkollü bir pamukla silinmesi veya bu yüzeye çok ince bir pelür veya benzeri kağıt konulmasıdır.

Bitki su potansiyeli ölçümü sırasında dikkat edilmesi gereken diğer önemli bir hata kaynağı da basınç odası cihazına uygulanan basıncın çok ani bir şekilde arttırılmasıdır. Bu ani artışta ölçümde yanlış neden olabilmektedir. Bu nedenle, düşük su stresi altındaki bitkilere, oda içerisindeki basınç yaklaşık olarak beş saniyede bir Bar artacak şekilde uygulanmalıdır. Bitki su stresi 15 Bar'ın üstündeki (bitki su potansiyeli -15 Bar'ın altındaki) bitkilerde ise bu artış oranı her 2 saniyede 1 Bar kadar olmalıdır. Orta su stresi düzeylerinde ise orta oranlarda basınç artışı gerektirmektedir (Cleary ve Zaerr, 1984).

2. 6 Basınç Odası Yöntemiyle Bitki Su Potansiyeli Bileşenlerinin Ölçülmesi

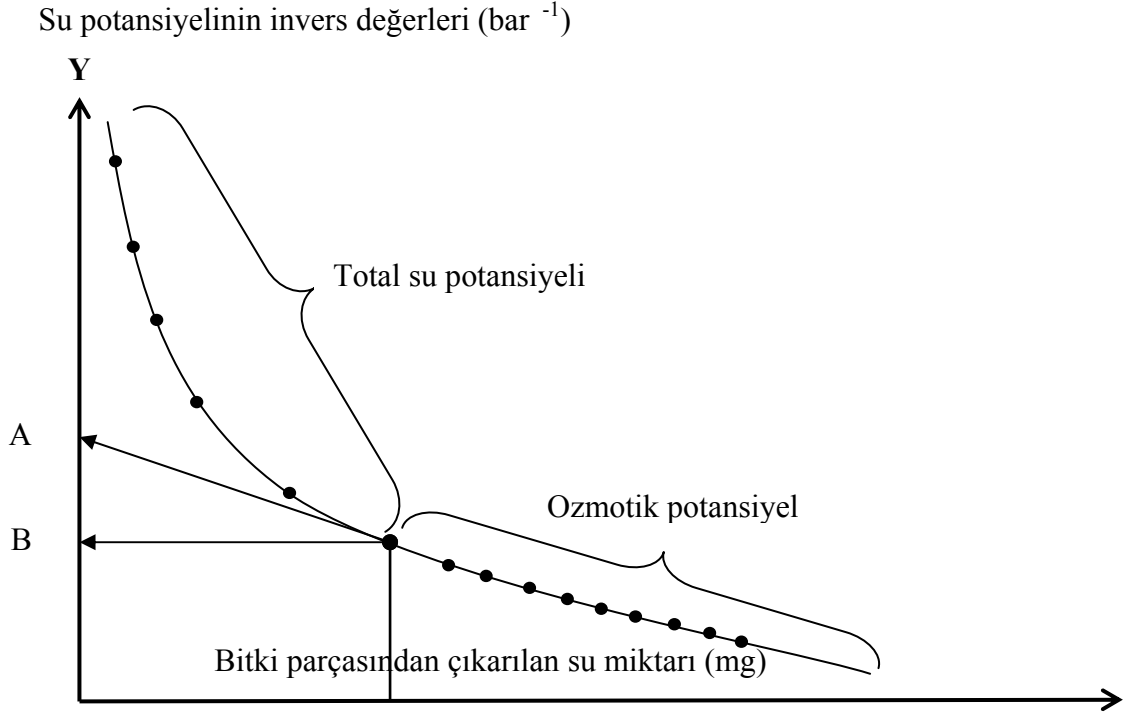
Basınç odası tekniği ile su potansiyelini ölçmenin yanında diğer su potansiyel bileşenleri ve kritik su potansiyelini belirleyebilme gibi bir özelliği bulunmaktadır. Fidanlarda su potansiyelin bilinmesi tek başına yeterli değildir. Fidanlarda, içerdikleri su miktarının yararlı veya zararlı düzeyde olduğunun bilinmesi için kritik su düzeyinin de bilinmesi gerekmektedir. Bu kritik su düzeyi Basınç odası tekniğinin bir uzantısı olan ve Tyree ve Hammel (1971) tarafından da anlatıldığı gibi Basınç-Hacim (P-V) eğrisi analizi yöntemiyle belirlenebilmektedir.

P-V eğrisi analizi yönteminin uygulanmasında, öncelikle bitki veya bitki parçasının Taze ağırlığı (FW) ölçülür. Daha sonra örnekler saf su içerisinde + 4 °C'de karanlık bir ortamda 24 saat bekletilerek doymun hale getirilir. Bu süre sonunda basınç odasına yerleştirilen örneğe belirli sürelerle (genelde 10 dakika) ve belirli kademelerde (5, 10, 15 Bar gibi) basınç uygulanır. Sürgün örneği her basınç

kademesinde önceden kararlaştırılan süre ile bekletilir ve bu sürede preslenen su, örneğin kesit yüzeyine konulan tüp içindeki kurutma kağıdına toplanır. Sonra, ölçümde kullanılan örnek kurutma fırınında 65 °C'de 48 saat süre ile kurutulur ve tartılır (DW). Ölçüm işlemi bittikten sonra koordinat sistemi üzerine y eksenine basınç kademelerinin invers değerleri ve x eksenine ise her basınç kademesine karşılık gelen preslenen suyun kümülatif değeri işaretlenerek P-V eğrisi oluşturulur (Şekil 2.4).

P-V eğrisi, eğri ve doğru olarak iki kısımdan oluşmaktadır. Eğrinin doğruya dönüştüğü noktadan x eksenine çizilen paralel bir doğru ile sıfır turgor noktası (solma noktası, solma noktasındaki su potansiyeli veya turgorun kayıp noktası) olan kritik su potansiyeli değeri (B) bulunur. Eğrinin doğruya dönüştüğü turgor basıncının sıfır olduğu bu noktadaki su potansiyeli değeri, üzerinde çalışılan bitki için teorikte canlılığın kaybolduğu kritik sınır değeri vermektedir. Doğrunun bu noktadan itibaren y eksenine uzatılması ile de tam turgor noktasındaki (tam doygun haldeki) su potansiyeli değeri (A) bulunur.

Buraya kadar olan bölümde bitki su potansiyelinin tanımı, önemi, basınç odası kullanarak ölçülmesi; P-V eğrisi analiz yöntemini kullanarak Solma noktasındaki su potansiyelin ve tam doygun haldeki su potansiyelinin nasıl belirlenebileceği anlatılmıştır. Ölçülen ve belirlenen bu değerlerin yorumlanması ise, karmaşık bir konudur. Zira, su potansiyeli değerleri, bitkinin çevresindeki suyun durumuna olan bakış açısını göstermektedir. Yine solma noktasındaki su potansiyeli ve tam doygun haldeki su potansiyeli değerleri bitkinin çevresine karşı olan tepkilerini ortaya koymaktadır. Bu nedenle, ölçülen ve belirlenen bu değerler türden türe, bitkinin uyku halinin hangi etabında olduğuna da bağlı olarak günlük ve mevsimlik bir değişim göstermektedirler (Semerci 2006).



Şekil 2.4 P-V eğrisinin şematik görünümü (A: tam doygun haldeki su potansiyelini ve B: solma noktasındaki su potansiyelini ifade etmektedir)

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Bu çalışmanın materyalini Ortadoğu Teknik Üniversitesi Atatürk Ormanında bulunan iğne yapraklı ağaç türleri oluşturmaktadır. Bu çalışmada, iğne yapraklı ağaç türleri olarak Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe), sarıçam (*Pinus silvestris* L.), ve Toros sediri (*Cedrus libani* A.Richard.) incelenmiştir. Ölçüm yapılan ağaçlar ortalama 35 - 40 yaşlarındadır.

3.1.1 Ormanın Tanıtımı

15 Kasım 1960 tarihinde ODTÜ ve Orman Genel Müdürlüğü'nün ortak çalışmaları ile “Ağaçlandırma Seferberliği” başlatılması ile ilk etapta yağmur ve rüzgar erozyonunun kontrol altına alınması amacıyla banket - teras metodu ile tüm arazi teraslandırılmış, daha sonra susuz plantasyona uygun tohum ve yetmişmiş fidanla plantasyon uygulamasına geçilmiş ve 1961 yılından günümüze kadar, kurak koşullara dayanıklı karaçam, sarıçam, Toros sediri, meşe, kavak, badem türleriyle yapılan dikimler sonucu yaklaşık 3100 Ha genişliğinde Ortadoğu Teknik Üniversitesi Atatürk Ormanı oluşturulmuştur. Denizden yüksekliği ortalama 900 metredir. Toprak ağır bünyeli (kil) olup geçirgenliği azdır.

3.1.2 Cihaz

Ağaçların su potansiyeli değerlerinin ölçümünde Basınç Odası Cihazı kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1 Deneme Alanlarının Seçilmesi

Deneme alanları, Atatürk Ormanı Amenajman planına göre içerisinde Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe), sarıçam (*Pinus silvestris* L.) ve Toros sediri (*Cedrus libani* A.Richard) meşçereleri bulunan 114, 109, 7, 205, 210, 12, 137, 201, 170 nolu bölmelerinden kuzey, güney ve bakımsız durumları dikkate alınarak seçilmişlerdir. Karaçam için 114, 109, 7 nolu bölmeler (Çizelge 3.1), sarıçam için 205, 210, 12 nolu bölmeler (Çizelge 3.2) ve Toros sediri için 137, 210, 170 nolu bölmeler (Çizelge 3.3) deneme alanı olarak seçilmiştir. Bu bölmelere ilişkin ODTÜ Atatürk Ormanı Amenajman haritası sırasıyla Şekil 3.1, Şekil 3.2, Şekil 3.3, Şekil 3.4, Şekil 3.5’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1 Anadolu karaçamına ait deneme alanı bilgileri

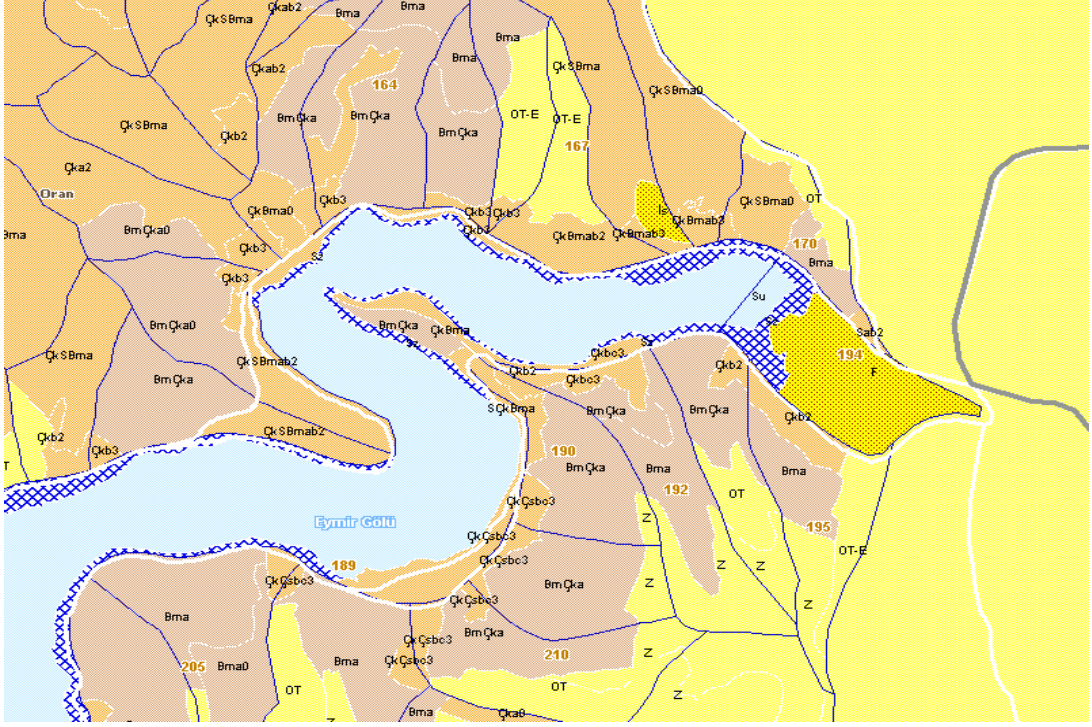
Bölme No	Tür	Meşçere Tipi	Enkem (K)	Boylam(D)	Yöney
114	A.karaçamı	ÇkÇsbc3	39° 50' 45''	32° 48' 52''	KUZEY
109	A.karaçamı	ÇkÇsbc3	39° 50' 41''	32° 47' 58''	GÜNEY
7	A.karaçamı	ÇkÇsbc2	39° 54' 09''	32° 47' 02''	BAKISIZ

Çizelge 3.2 Sarıçama ait deneme alanı bilgileri

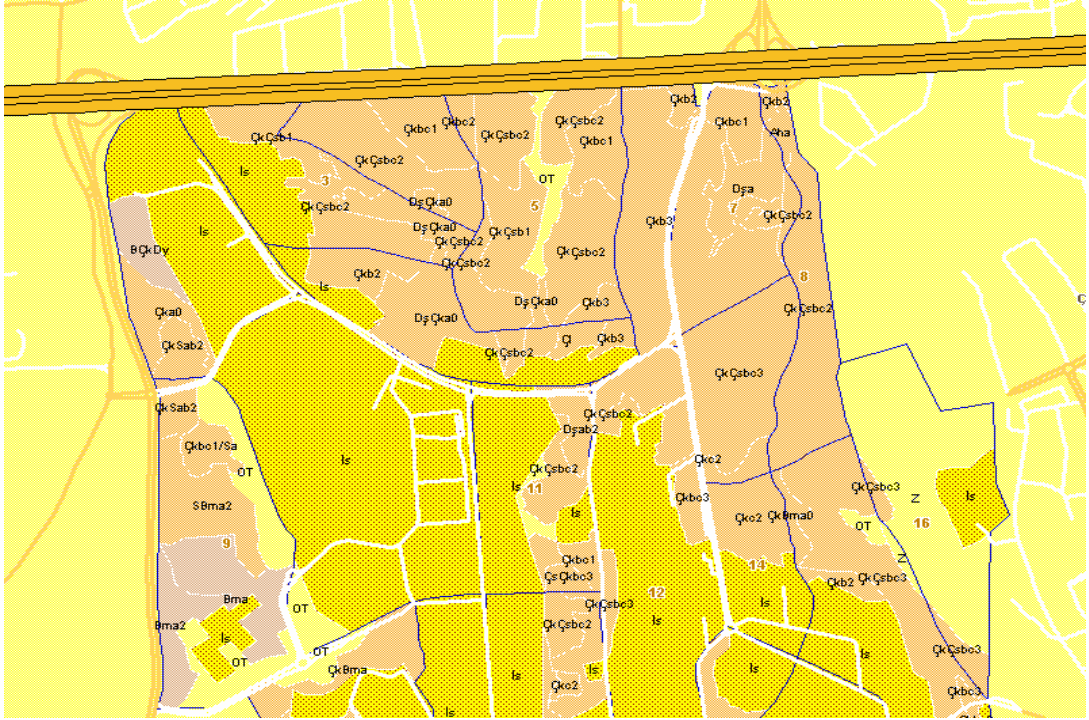
Bölme No	Tür	Meşçere Tipi	Enkem (K)	Boylam(D)	Yöney
205	Sarıçam	ÇkÇsbc3	39° 49' 21''	32° 49' 38''	KUZEY
210	Sarıçam	ÇkÇsbc3	39° 49' 18''	32° 49' 59''	GÜNEY
12	Sarıçam	ÇkÇsbc2	39° 53' 59''	32° 46' 53''	BAKISIZ

Çizelge 3.3 Toros sedirine ait deneme alanı bilgileri

Bölme No	Tür	Meşçere Tipi	Enkem (K)	Boylam(D)	Yöney
137	T. sediri	Sab2	39° 50' 34''	32° 49' 29''	KUZEY
201	T. sediri	Sab2	39° 49' 03''	32° 48' 38''	GÜNEY
170	T. sediri	Sab2	39° 49' 45''	32° 50' 44''	BAKISIZ



Şekil 3.1 ODTÜ Atatürk Ormanı Amenajman Haritası 170 nolu bölme



Şekil 3.2 ODTÜ Atatürk Ormanı Amenajman Haritası 7, 12 nolu bölmeler

çıkacağından bitki su potansiyeli gün içerisinde değişiklik gösterecektir. ODTÜ Atatürk Ormanındaki ölçümler şafak öncesi yapıldığından dolayı minimum bitki su gerilimi değerleri elde edildiğinden baz su potansiyeli değerlerine ulaşılmıştır.

3.2.5 İstatistikî Analiz

Bu çalışma ile sedir, karaçam ve sarıçam türlerinde zaman ve yöneyin su potansiyellerine olan etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Deneme, Tekrarlı Ölçümler Desenine göre düzenlenmiş, Zaman (2) tekrar ölçütü olarak kullanılmıştır. Yöney (3) ve ağaç türü (3) de faktör olarak alınmıştır. Deneme 20 tekrar ile yürütülmüştür.

Zaman olarak, 02.08.2003 - 15.08.2003 ve 20.08.2003 - 04.09.2003 tarihleri arası olmak üzere 2 kez, kuzey, güney ve bakımsız olmak üzere de 3 farklı yöney ele alınmıştır.

Ölçümler, her tür için farklı yöneylerde gerçekleştirilmiştir. Her tür ve yöney için 20'şer ölçüm iki yenilemeli olarak yapılmıştır. Deneme deseni, Zaman (2) x Yöney (3) x Tür (3) x 20 tekrarlı olarak düzenlenmiş olup toplam 360 veri elde edilmiştir. Her tür için farklı yöneylerde su potansiyelleri ölçülmüş ve kendi içlerinde ve karşılıklı olarak kıyaslamaları yapılmıştır.

İstatistik analiz: Veriler SAS 9.0 (SAS Ins., Cary North Carolina) paket programı kullanılarak hazırlanmış olup, varyans analizi PROC GLM komutu, normalite analizleri PROC UNIVARIATE komutu, varyans tekdüzelik (Homojenlik) analizi de Bartlett's testi kullanılarak yapılmıştır.

3.2.6 Meteorolojik Veriler

Ankara iline ait 13 yıllık ve uzun yıllar (1925 - 1990) meteorolojik verileri, Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınmıştır. Ankara İline ait 1991 - 2003 yılları arasındaki 13 yıllık yağış ortalaması (mm), vejetasyon mevsimindeki toplam yağış miktarı (mm), donlu günler sayısı, buharlaşma(mm), yıllık maksimum sıcaklık, yıllık minimum sıcaklık değerleri Çizelge 3.4'de verilmiştir. Buna göre, Thornthwaite yöntemi ile 1991 - 2003 yıllarındaki su bilançosu ortaya konulmuştur. Thornthwaite'a göre 1991 - 2003 yılları "Su Bilançosu" çıkarılmıştır.

$$I_m = 100S - 60d/ETP \quad (3.1)$$

S yıllık su fazlası, d yıllık su noksanı, ETP yıllık potansiyel evapotranspirasyonu gösterir.

Çizelge 3.4 Ankara İli Meteorolojik Verileri

	Yıllık Yağış (mm)	Vejetasyon Mevsiminde Yağış (mm)	Donlu Günler Sayısı	Minimum Sıcaklık (°C)	Maksimum Sıcaklık (°C)	Buharlaşma (mm)
Uzun Yıllar	377.6	190.1	85	-24.9	40.0	1350
1991	403.3	239.7	74	-14.4	36.0	1162
1992	330.0	184.2	110	-14.2	35.5	1037
1993	300.3	147.1	95	-14.2	36.5	1320
1994	289.8	119.3	68	-10.6	36.6	1517
1995	525.5	304.6	67	-8.8	34.2	1152
1996	478.6	257.4	43	-9	38.6	749
1997	548.1	376.2	91	-14.6	34.6	-
1998	442.3	240.3	68	-11	37.0	-
1999	435.3	196.7	66	-7	37.8	1152
2000	346.6	176.9	106	-15.2	40.8	1191
2001	437.4	173.1	57	-9.8	38.1	1246
2002	387.9	278.1	82	-14.6	38.2	1108
2003	308.3	136.4	73	-8.8	37	1202

3.2.7 Toprak

Toprak özelliklerinin belirlenmesinde, AÜ Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü'nce 2002 yılında, Eymir Gölü çevresinden alınan ve değerlendirilen toprak örnekleri ve ODTÜ-Kampüs alanında İç Anadolu Ormancılık Enstitüsü tarafından 2002 yılında alınan ve değerlendirilen toprak örnekleri analizleri bilgilerden yararlanılmıştır. Açılan profillerin hepsinde ana kayaya kısa sürede ulaşıldığı için toprak örneğinin alındığı derinlik 60 cm. ile sınırlı kaldığı, derinlere inildikçe daha sert ve geçirimsiz bir tabakanın varlığı göze çarptığı, ayrıca derinlerde kireç miktarının arttığı CaCO_3 (kireç) dan dolayı pH da arttığı, toprak örneklerinde tespit edilen kireç değerleri “çok zengin kireçli” aralığına girdiği, toprak örneklerinde elde edilen organik madde değerleri oldukça düşük olduğu ortaya konulmuştur (Semerci ve ark. 2006).

3.2.8 Değerlendirme

Bu çalışmada yapılan su potansiyeli ölüm değerleri, her bir tür için zaman ve yöneyin bulunduğu duruma göre llerek ayrı ayrı çizelgeler haline getirilmiş, ortalama değerler ile tekrarlı ölümler deneme desenine göre varyans analizi yapılmıştır.

4. BULGULAR

Bu araştırma ile araştırılması amaçlanan ve yapılan ölçümlere göre zaman x yöney, denemesine ilişkin veriler toplanmıştır. bu çalışmaya konu olan zaman x yöney denemesinde elde edilen veriler tekrarlı ölçümler desenine göre yapılmıştır. Ağaç türleri arasındaki su potansiyellerine ilişkin verilerin değerlendirilmesi ise varyans analizi ve basit regresyon yöntemleri ile değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan istatistiksel yöntemlerin uygulanması sonucunda normalite dağılım testi verilerin genelde normale yakın bir dağılım gösterdiği gözlenmiştir. Verilerin analize uygunluğunu belirlemek için Barlett's varyans tekdüzeliği testi yapılmış olup zaman, yöney ve türlere ait varyansların homojen olduğu gözlenmiştir ($p < 0.05$). Normalite ve homojenlik testleri verilerin varyans analizi için uygun olduğunu göstermiş olup varyans analizi sonuçları Çizelge 4.8'de sunulmuştur. Buna göre her bir tür için ortalama su potansiyeli değeri karaçam, sarıçam ve Toros sediri için sırasıyla -9,975 Bar,-11,70 Bar ve -8,383 Bar olmuştur (Çizelge 4.9). Türlerle bakılmaksızın zamana göre ortalama su potansiyeli değerleri Ağustos ayı ilk yarısı için -9,7667 Bar ve Ağustos ayı ikinci yarısı için -10,2732 Bar'dır (Çizelge 4.10). Böylece, Toros sedirinin -8,383 Bar su potansiyeli değeriyle karaçam ve sarıçam türlerinden daha az su stresi içinde olduğu görülür. Diğer taraftan, Ağustos ayı ikinci yarısında ağaçlarda su stresinin artmaya devam ettiği söylenebilir. Su potansiyelinin ölçüm zamanlarına ve türlere göre ortalama değerleri Çizelge 4.11'de verilmiştir.

4.1 Su Potansiyeli Ölçüm Değerleri

Tür zaman ve yöney durumuna göre elde edilen su potansiyeli ölçüm verileri Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3, Çizelge 4.4, Çizelge 4.5, Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.1 Anadolu karaçamına ait su potansiyeli 1. ölçüm değerleri

Zaman	Yöney	Su Potansiyeli(Bar)	Yöney	Su Potansiyeli(Bar)	Yöney	Su Potansiyeli(Bar)
1	Kuzey	8	Güney	10	Bakısız	9
1	Kuzey	7	Güney	10	Bakısız	10
1	Kuzey	10	Güney	9	Bakısız	9
1	Kuzey	9	Güney	11	Bakısız	8
1	Kuzey	12	Güney	10	Bakısız	11
1	Kuzey	9	Güney	9	Bakısız	11
1	Kuzey	9	Güney	9	Bakısız	10
1	Kuzey	8	Güney	10	Bakısız	8
1	Kuzey	9	Güney	10	Bakısız	11
1	Kuzey	10	Güney	12	Bakısız	11
1	Kuzey	10	Güney	9	Bakısız	10
1	Kuzey	7	Güney	9	Bakısız	12
1	Kuzey	9	Güney	11	Bakısız	7
1	Kuzey	12	Güney	10	Bakısız	12
1	Kuzey	12	Güney	11	Bakısız	8
1	Kuzey	10	Güney	13	Bakısız	9
1	Kuzey	9	Güney	12	Bakısız	9
1	Kuzey	8	Güney	10	Bakısız	7
1	Kuzey	11	Güney	8	Bakısız	9
1	Kuzey	7	Güney	11	Bakısız	10
Aritmetik Ortalama		9,3		10,20		9,55

Çizelge 4.2 Anadolu karaçamına ait su potansiyeli 2. ölçüm değerleri

Zaman	Yöney	Su Potansiyeli(Bar)	Yöney	Su Potansiyeli(Bar)	Yöney	Su Potansiyeli(Bar)
2	Kuzey	9	Güney	10	Bakısız	9
2	Kuzey	8	Güney	11	Bakısız	11
2	Kuzey	11	Güney	9	Bakısız	11
2	Kuzey	10	Güney	12	Bakısız	10
2	Kuzey	11	Güney	10	Bakısız	10
2	Kuzey	13	Güney	9	Bakısız	9
2	Kuzey	10	Güney	9	Bakısız	8
2	Kuzey	10	Güney	10	Bakısız	9
2	Kuzey	9	Güney	10	Bakısız	10
2	Kuzey	9	Güney	12	Bakısız	9
2	Kuzey	11	Güney	9	Bakısız	9
2	Kuzey	11	Güney	9	Bakısız	11
2	Kuzey	8	Güney	12	Bakısız	10
2	Kuzey	10	Güney	12	Bakısız	10
2	Kuzey	13	Güney	11	Bakısız	11
2	Kuzey	11	Güney	14	Bakısız	11
2	Kuzey	10	Güney	12	Bakısız	12
2	Kuzey	9	Güney	10	Bakısız	10
2	Kuzey	12	Güney	8	Bakısız	8
2	Kuzey	13	Güney	11	Bakısız	10
Aritmetik Ortalama		10,40		10,50		9,90

Çizelge 4.3 Sarıçama ait su potansiyeli 1. ölçüm değerleri

Zaman	Yöney	Su Potansiyeli(Bar)	Yöney	Su Potansiyeli(Bar)	Yöney	Su Potansiyeli(Bar)
1	Kuzey	13	Güney	13	Bakısız	11
1	Kuzey	13	Güney	14	Bakısız	12
1	Kuzey	12	Güney	12	Bakısız	10
1	Kuzey	12	Güney	12	Bakısız	9
1	Kuzey	11	Güney	11	Bakısız	13
1	Kuzey	12	Güney	13	Bakısız	15
1	Kuzey	12	Güney	12	Bakısız	10
1	Kuzey	12	Güney	12	Bakısız	9
1	Kuzey	10	Güney	10	Bakısız	10
1	Kuzey	11	Güney	11	Bakısız	8
1	Kuzey	11	Güney	11	Bakısız	12
1	Kuzey	9	Güney	9	Bakısız	13
1	Kuzey	11	Güney	11	Bakısız	11
1	Kuzey	11	Güney	11	Bakısız	8
1	Kuzey	10	Güney	10	Bakısız	14
1	Kuzey	12	Güney	13	Bakısız	14
1	Kuzey	16	Güney	17	Bakısız	11
1	Kuzey	10	Güney	10	Bakısız	10
1	Kuzey	10	Güney	10	Bakısız	10
1	Kuzey	11	Güney	11	Bakısız	12
Aritmetik Ortalama		11,45		11,65		11,10

Çizelge 4.4 Sarıçama ait su potansiyeli 2. ölçüm değerleri

Zaman	Yöney	Su Potansiyeli(Bar)	Yöney	Su Potansiyeli(Bar)	Yöney	Su Potansiyeli(Bar)
2	Kuzey	15	Güney	13	Bakısız	13
2	Kuzey	12	Güney	11	Bakısız	10
2	Kuzey	12	Güney	11	Bakısız	12
2	Kuzey	11	Güney	16	Bakısız	13
2	Kuzey	13	Güney	15	Bakısız	11
2	Kuzey	14	Güney	10	Bakısız	12
2	Kuzey	11	Güney	11	Bakısız	13
2	Kuzey	10	Güney	12	Bakısız	12
2	Kuzey	11	Güney	12	Bakısız	10
2	Kuzey	12	Güney	12	Bakısız	11
2	Kuzey	12	Güney	13	Bakısız	12
2	Kuzey	13	Güney	14	Bakısız	13
2	Kuzey	14	Güney	14	Bakısız	11
2	Kuzey	12	Güney	10	Bakısız	13
2	Kuzey	15	Güney	10	Bakısız	10
2	Kuzey	13	Güney	12	Bakısız	10
2	Kuzey	11	Güney	13	Bakısız	10
2	Kuzey	11	Güney	10	Bakısız	12
2	Kuzey	12	Güney	12	Bakısız	13
2	Kuzey	11	Güney	12	Bakısız	11
Aritmetik Ortalama		12,25		12,15		11,60

Çizelge 4.5 Toros sedirine ait su potansiyeli 1. ölçüm değerleri

Zaman	Yöney	Su Potansiyeli(Bar)	Yöney	Su Potansiyeli(Bar)	Yöney	Su Potansiyeli(Bar)
1	Kuzey	7	Güney	7	Bakısız	6
1	Kuzey	7	Güney	8	Bakısız	9
1	Kuzey	6	Güney	8	Bakısız	10
1	Kuzey	6	Güney	10	Bakısız	8
1	Kuzey	7	Güney	9	Bakısız	11
1	Kuzey	9	Güney	10	Bakısız	6
1	Kuzey	11	Güney	9	Bakısız	8
1	Kuzey	11	Güney	9	Bakısız	8
1	Kuzey	9	Güney	8	Bakısız	7
1	Kuzey	9	Güney	7	Bakısız	9
1	Kuzey	8	Güney	8	Bakısız	10
1	Kuzey	8	Güney	8	Bakısız	8
1	Kuzey	8	Güney	8	Bakısız	7
1	Kuzey	7	Güney	9	Bakısız	7
1	Kuzey	7	Güney	6	Bakısız	7
1	Kuzey	9	Güney	7	Bakısız	6
1	Kuzey	9	Güney	8	Bakısız	8
1	Kuzey	9	Güney	7	Bakısız	8
1	Kuzey	10	Güney	10	Bakısız	9
1	Kuzey	8	Güney	10	Bakısız	10
Aritmetik Ortalama		8,25		8,3		8,1

Çizelge 4.6 Toros sedirine ait su potansiyeli 2. ölçüm değerleri

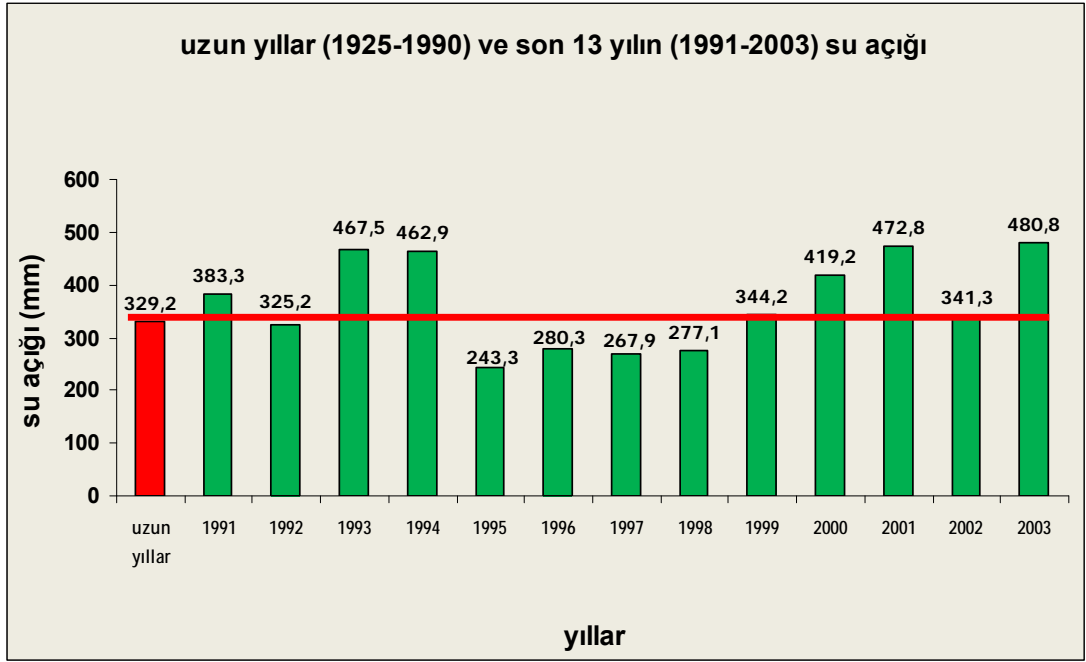
Zaman	Yöney	Su Potansiyeli(Bar)	Yöney	Su Potansiyeli(Bar)	Yöney	Su Potansiyeli(Bar)
2	Kuzey	10	Güney	7	Bakısız	8
2	Kuzey	11	Güney	6	Bakısız	9
2	Kuzey	8	Güney	9	Bakısız	8
2	Kuzey	8	Güney	8	Bakısız	7
2	Kuzey	7	Güney	10	Bakısız	10
2	Kuzey	7	Güney	8	Bakısız	10
2	Kuzey	7	Güney	8	Bakısız	9
2	Kuzey	7	Güney	7	Bakısız	7
2	Kuzey	9	Güney	9	Bakısız	10
2	Kuzey	8	Güney	10	Bakısız	10
2	Kuzey	7	Güney	10	Bakısız	9
2	Kuzey	9	Güney	10	Bakısız	10
2	Kuzey	8	Güney	9	Bakısız	6
2	Kuzey	8	Güney	10	Bakısız	10
2	Kuzey	9	Güney	10	Bakısız	7
2	Kuzey	10	Güney	9	Bakısız	8
2	Kuzey	10	Güney	8	Bakısız	8
2	Kuzey	9	Güney	10	Bakısız	6
2	Kuzey	9	Güney	8	Bakısız	10
2	Kuzey	8	Güney	7	Bakısız	9
Aritmetik Ortalama		8,45		8,65		8,55

4.2 Deneme Alanlarının Toprak Yapısı

Arazide, deneme alanlarının bulunduğu bölgelerde el yardımıyla yapılan tespitlerde avuç içine alınan toprak örneklerinin kolayca topaklaştığı ve parmak arasında kolayca şerit durumuna geldiği gözlenmiştir. Dolayısıyla, deneme alanlarındaki toprakların havalanma ve suyu geçirme bakımından iyi özelliklere sahip olmayan ağır bünyeli (kil) toprağı olduğu tespit edilmiştir.

4.3 Su Bilançosu

Son 13 yılın her yılı için su açıkları Şekil 4.1'de 1991 - 2003 yılı su bilançosu Çizelge 4.7, Şekil 4.2'de verilmiştir. Meteorolojik verilerden elde edilen verilere göre Ankara'nın ortalama yağışı uzun yıllar (1925 - 1990) için 377.6mm'dir. Son 13 yılın ortalama yağış miktarı yıllar itibari ile 1991 -403.3mm, 1992 -330.0mm, 1993 - 300.3mm, 1994 -289.8mm, 1995 -525.5mm, 1996 -478.6mm, 1997 -548.1mm, 1998 -442.3mm, 1999 -435.3mm, 2000 -346.6mm, 2001 -437.4mm, 2002 -387.9mm, 2003 -308.3mm'dir (Çizelge 3.4). Bu yağış miktarlarına karşın su açığı; uzun yıllar için 329.2mm'dir. Son 13 yılın su açığı miktarları yıllar itibari ile 1991 -383.3mm, 1992 - 325.2mm, 1993 -467.5mm, 1994 -462.9mm, 1995 -243.3mm, 1996 -280.3mm, 1997 -267.9mm, 1998 -277.1mm, 1999 -344.2mm, 2000 -419.7mm, 2001 -472.8mm 2002 -341.3mm, 2003 -480.8mm çıkmıştır (Şekil 4.1). Ankara ilinin iklim verilerine göre, büyüme döneminin dışında kalan sonbahar ve kış aylarında normal bir şekilde yağış olmasına karşın, büyüme döneminde yeterli miktarda yağış olmadığı örnek olarak; 2003 yılında 308.3mm yağış olduğu buna karşın, bu yağışın sadece 136.4mm'sinin büyüme döneminde olduğu, 2003 yılında 308.3mm olan yağışa karşın, 480.8mm'lik su açığının karşımıza çıkması vejetasyon mevsimi dışındaki yağışın fazla olmasının su açığını gidermediğini göstermektedir ki bu su açığı 1991-2003 yılları arasında görülen en yüksek su açığı olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.1). Thornwaite yöntemine göre iklim verileri değerlendirildiğinde büyüme döneminde yeterli miktarda yağış olmadığı, vejetasyon mevsimindeki yağış miktarları ise yaklaşık olarak yıllık toplam yağışın %50'si civarında olduğu görülmektedir. Dolayısıyla, bitkilerin vejetasyon mevsimi olan sıcak yaz aylarında su stresi içerisine girmesi kaçınılmaz olacaktır.



Şekil 4.1 Ankara İli uzun yıllar ve son 13 yılın su açığı

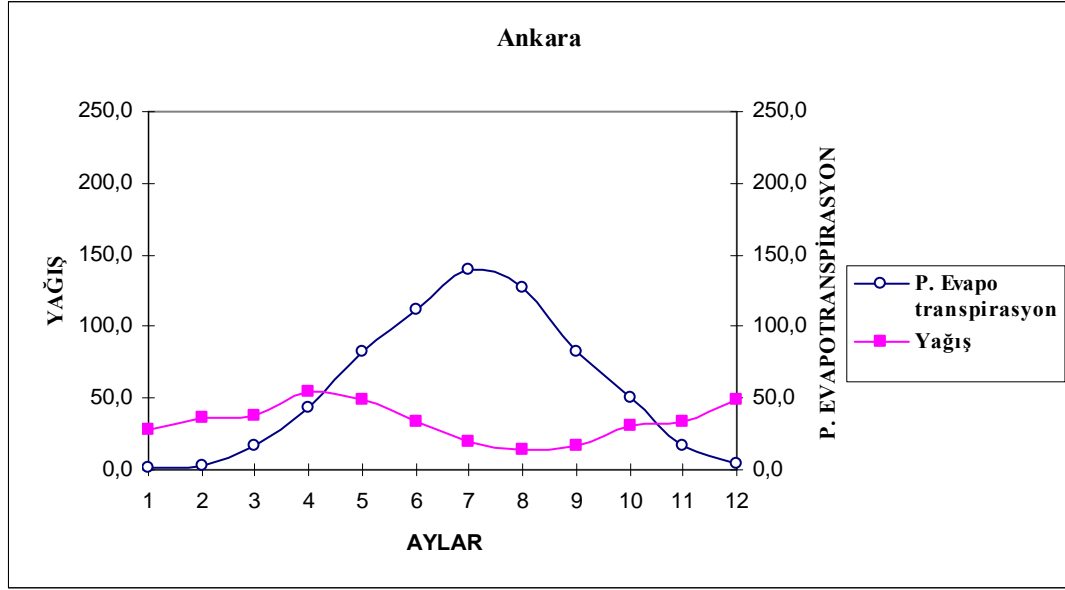
Çizelge 4.7 1991-2003 Yılı Thornthwaite su bilançosu tablosu

Depo Kapasitesi(mm) : 100

Enlem : 41

İstasyon Adı : Ankara

Bilanço Elemanları	AYLAR												Toplam
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Sıcaklık	0,7	1,7	5,8	11,1	16,4	20,5	23,9	23,4	18,7	13,6	6,7	2,4	12,1
Sıcaklık İndisi	0,05	0,20	1,3	3,34	6,04	8,47	10,68	10,35	7,37	4,55	1,56	0,33	54,2
Düzeltilmemiş PE	0,9	3,0	16,2	39,2	66,7	90,3	111,3	108,2	79,7	51,7	19,7	4,9	
Düzeltilmiş PE	0,8	2,6	16,7	43,2	81,9	111,7	139,6	127,0	82,6	49,9	16,6	4,0	676,7
Yağış	27,3	36,5	38,3	55,0	49,3	34,2	19,9	13,4	16,2	30,5	33,5	48,5	402,6
Depo Değişikliği	26,5	12,1	0,0	0,0	32,6	67,4	0,0	0,0	0,0	0,0	16,9	44,5	
Depolama	87,9	100	100	100	67,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,9	61,4	
Gerçek evapotranspirasyon	0,8	2,6	16,7	43,2	81,9	101,6	19,9	13,4	16,2	30,5	16,6	4,0	347,4
Su noksanı	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,1	119,7	113,6	66,4	19,4	0,0	0,0	329,2
Su fazlası	0,0	21,8	21,6	11,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	55,2
Yüzeysel akış	0,0	10,9	21,7	16,7	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	55,2
Nemlilik oranı	34,2	13,3	1,3	0,3	-0,4	-0,7	-0,9	-0,9	-0,8	-0,4	1,0	11,1	



Şekil 4.2 1991-2003 Yılı Thornthwaite su bilançosu grafiği

4.4 Zaman, Yöney ve Türler İlişkin Bulgular

Türlerin zaman yöney etkileşimi içerisinde su potansiyeli değerlerine olan etkilerinin incelenmesi amacıyla türlerden alınan veriler toplanmıştır. Bu veriler deneme desenine uygun bir varyans analizi ile analiz edilmiş, yöney bakımından su potansiyelleri arasında fark anlamlı bulunmamıştır ($P > 0,05$), türler arasında basınç farkı 0,01 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.8). Zaman II'de yapılan ölçümlerde elde edilen su potansiyeli değeri (ortalama: -10,27 Bar) Zaman I'de yapılan ölçümlere (ortalama: -9,767 Bar) göre önemli ölçüde fazla bulunmuştur (Çizelge 4.10). Türler arasında yapılan karşılaştırmalarda ise sedir türünün karaçama, karaçam türünün sarıçam türüne nispeten su potansiyeli değerlerinin yüksek olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.9). Zaman, yöney veya türleri içine alan ikili veya üçlü interaksiyonların tümü arasında anlamlı bir farklılık görülmemiştir.

Çizelge 4.8 Tekrarlı Ölçümler Deneme desenine göre Varyans Analiz Tablosu

Varyasyon Kaynağı Source of Variation	SD DF	Kareler Toplamı Sum of SQ	Kareler Ortalaması Mean SQ	F
Yineleme	19	47.59	2.5045322	1.14
Yöney	2	11.71	5.8527778	2.66
Yineleme x Yöney	38	88.41	2.3264620	1.06
Tür	2	660.4	330.1861111	150.28 ^{“1”}
Tür x Yöney	4	4.961	1.2402778	0.56
Yineleme x Tür x Yöney	114	244.3	2.1432749	0.98
Zaman	1	23.00	23.0027778	10.47 ^{“1”}
Yineleme x Zaman	19	34.05	1.7922515	0.82
Yöney x Zaman	2	1.739	0.8694444	0.40
Yineleme x Yöney x Zaman	38	63.71	1.6764620	0.76
Tür x Zaman	2	1.339	0.6694444	0.30
Tür x Yöney x Zaman	4	3.194	0.7986111	0.36
Hata	114	250.5	2.197076	
Toplam	359			

Çizelge 4.9 Türlerle ait su potansiyeline ilişkin DUNCAN Gruplaması

Varyasyon Kaynağı	Veri sayısı	Ortalama (Bar)	Duncan Gruplaması
Sarıçam	120	11,70	A ^{“2”}
Karaçam	120	9,975	B
Sedir	120	8,383	C

1. Sırasıyla %5 ve %1 önemlilik derecesi
2. Farklı grup harfleri ortalamaların birbirinden istatistiki olarak önemli ölçüde farklı olduğunu gösterir (p<0.05)

Çizelge 4.10 Zamana ait su potansiyeline ilişkin DUNCAN Gruplaması

Varyasyon Kaynağı	Veri sayısı	Ortalama (Bar)	Duncan Gruplaması
Zaman 2	180	10,2722	A “3”
Zaman-1	180	9,7667	B

Çizelge 4.11 Zaman ve ağaç türlerine göre ortalama su potansiyel ölçüm değerleri (-Bar olarak)

Ağaç Türü	Zaman I			Zaman II		
	Kuzey	Güney	BakıSız	Kuzey	Güney	BakıSız
Karaçam	9,3	10,20	9,55	10,40	10,50	9,90
Sarıçam	11,45	11,65	11,10	12,25	12,15	11,60
Sedir	8,25	8,3	8,1	8,45	8,65	8,55

3. Farklı grup harfleri ortalamaların birbirinden istatistiki olarak önemli ölçüde farklı olduğunu gösterir ($p<0.05$)

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

ODTÜ Atatürk Ormanı Ankara İli sınırları içerisinde sonradan ağaçlandırma yolu ile oluşturulmuş bir ormandır. Ormanın bulunduğu alan tipik İç Anadolu Bölgesi karasal iklim özelliklerini taşımaktadır. Bu çalışmada, ODTÜ Atatürk Ormanında bulunan Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe), sarıçam (*Pinus silvestris* L.), ve Toros sediri (*Cedrus libani* A.Richard) türlerinin yaz ayları koşullarında su stresleri belirlenmiştir.

Duncan testi sonucunda elde edilen bulgular ile su potansiyeli değerlerine ait bulgular birlikte değerlendirildiğinde, türler arasında basınç farkı 0,01 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. Zaman II'de yapılan ölçümlerde elde edilen su potansiyeli miktarı (ortalama: 10,27 Bar) Zaman I'de yapılan ölçümlere (ortalama: 9,767 Bar) göre önemli ölçüde fazla bulunmuştur. Türler arasında yapılan karşılaştırmalarda ise sedir türünün karaçama, karaçam türünün sarıçam türüne nispeten su potansiyeli değerlerinin yüksek olduğu bulunmuştur. Yöney bakımından basınçlar arasında fark önemli bulunmamıştır ($P>0,05$) Zaman, yöney veya türleri içine alan ikili veya üçlü interaksiyonların tümü arasında anlamlı bir farklılık görülmemiştir.

Yöney bakımından su potansiyel değerleri arasında farkın anlamlı bulunmamasında ODTÜ Atatürk Ormanının, kuzey, güney, bakımsız yaşam yöneylerinde ekstrem topografik yapının olmadığına bağlanılabilmektedir.

Su potansiyeli değerlerinin, zaman bakımından yapılan ölçümlerde 2. Zamanda 1. Zamana nispeten fazla bulunmasının nedeni ise İç Anadolu Bölgesi meteorolojik verileri incelendiğinde vejetasyon devresinde yeterli yağış olmadığı ve vejetasyon devresinin sonuna doğru yaklaşıldığından ve su eksikliğinin bitkiler üzerindeki etkisinin daha zorlayıcı hissedilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Dolayısıyla, türler arasında yapılan karşılaştırmalarda Toros sediri (*Cedrus libani* A.Richard) türünün, su potansiyeli değerinin Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) ve sarıçamdan (*Pinus silvestris* L.), daha yüksek olmasının, diğer iki türe göre vejetasyon döneminde su stresi zararlarından en az etkilendiği varsayılır.

İç Anadolu Bölgesi ormanları, toplam orman varlığımızın % 11'ini oluşturmaktadır. Diğer coğrafi bölgelerimizle karşılaştırıldığında İç Anadolu Bölgesi ağaçlandırmaya

çok daha muhtaç bir görünümündedir. Bölgenin ormansız olması doğal ve antropojen etkilerden kaynaklanmaktadır (Semerci 2002). İç Anadolu Bölgesinde yoğun bir ağaçlandırma çalışması sürmektedir. Ancak, İç Anadolu gibi kurak ve yarı kurak alanları içeren bir bölgede yapılan ağaçlandırma çalışmaları pahalı ve zor bir iştir (Semerci ve ark. 2006). Kurak mntikalarda ekosistem nemli bölgelere oranla daha kırılgan olduğu için ağaçlandırma yapıldıktan uzun yıllar sonra bile bazı sorunlarla karşılaşılabilir (Çalikoğlu 2002). Bu bölgelerde yapılan ağaçlandırma çalışmalarında en kırılgan nokta büyüme mevsiminde yeterli suyun bulunmamasıdır. Yine bölgede yıllık yağışın en az kısmının vejetasyon dönemi olan yaza rastlaması da bitki yetiştirmek için diğer bir olumsuzluktur (Türkeş 1990). Bitkiler suya en fazla ihtiyacı aktif olarak büyüdükleri dönemde yani vejetasyon döneminde ihtiyaç duymaktadırlar. İç Anadolu Bölgesi meteorolojik verileri incelendiğinde vejetasyon devresi dışında kalan kış ve sonbahar aylarında normalin üstünde yağış düştüğü halde, vejetasyon devresinde yağış olmadığı görülmektedir. Her ne kadar, Anadolu karaçamı İç Anadolu Bölgesi ağaçlandırma çalışmaları için sorunsuz ve İç Anadolu stepine en fazla sokulan bir tür olarak bilinmesine karşın, çeşitli araştırmalara ait bulgular Anadolu karaçamının gelişiminin kuraklık stresinden önemli ölçüde etkilenebildiğini göstermektedir (Dağdaş ve Aktaş, 2002). İç Anadolu Bölgesinde 1996-2002 yılları arasında özellikle Anadolu karaçamında meydana gelen kurumaların nedenlerinin araştırılması amacıyla yapılan çalışmada; sulanabilen park ve bahçeler dikkate alınmadığında kurumaların %60'ının kuraklıktan, %10'unun dondan, %10'unun topraktaki olumsuzluklardan, %5'inin ağaçlandırma tekniği bakımından yapılan yanlış uygulamalardan, %10'unun zararlılardan ve %5'inin hastalıklardan kaynaklandığı görülmüştür. Kuraklık etkisiyle oluşan kuruma olaylarının %25'inde zararlı ve hastalıkların da var olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle Bu nedenle İç Anadolu Bölgesinde ağaçların kurumalarında en önemli faktörün kuraklık olduğu ve kuraklığın bölgede görülen ağaç kurumlarının %35 ila %60'ından sorumlu olduğu belirlenmiştir (Semerci ve ark. 2006) Bazı ağaç türlerinin denendiği bir araştırmada; Ankara koşullarında Toros sediri kuraklığa ve soğuk koşullara en fazla dayanma özelliğine sahip görünürken, bu türü Mavi ladin, kızılçam ve karaçam izlemiştir (Dağdaş 1996). Doğal yayılış alanları dışında fakat aynı yerdeki plantasyonlarda Toros sedirinin Anadolu karaçamına oranla daha iyi bir gelişme yaptığı

ayrıca tutma başarısının da daha yüksek olduğu izlenmiştir. Toros sediri kurak ve yarı kurak mntikalara uyum sağlaması nedeniyle ağaçlandırmada yaygın olarak kullanılan bir tür olmuştur (Semerci 2002). Toros sediri, tutma başarısının yüksek oluşu yanında değişik yetiştirme ortamlarında kullanım değeri yüksek ve kuraklığa da dayanıklı bir tür olarak bilinmektedir (Ürgenç 1986). Bu nedenle, son zamanlarda uygulamacıları Toros sediri dikimlerine yöneltmiştir (Semerci 2002).

Tarım sahalarında yapıldığı gibi ormancılıkta da suni sulama işleminin uygulanması düşünülebilir. Yalnız, sulama işlemi tarım arazilerinde bile ürün maliyetini artırıcı, ilave işgücü ve yeterli sulama suyunun bulunmaması nedenlerinden dolayı yapılmasında güçlükler çekilmektedir. Dolayısıyla, sulamadan tasarruf etmek için geliştirilecek metotlarla bitkilerin su stresinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Su potansiyeli ölçümleri ve bu ölçümlerle bitki türlerine göre geliştirilecek diyagramlarla ne zaman sulanması gerektiği tespit edilebilir. Ayrıca, bitkilerin su potansiyelleri belirlenerek kuraklığa dayanıklı türlerin dayanıklılık sıralamasına göre listeler oluşturmak suretiyle yapılan ağaçlandırmalarda yıllar sonra ortaya çıkacak sorunların baştan önlenmesi mümkün olabilir.

Sonuç olarak, İç Anadolu Bölgesi gibi kurak mntikalarda geniş alanlarda yapılacak ağaçlandırma çalışmalarında kuraklık stresinden en az seviyede etkilenen türlerin belirlenerek kullanılması gerekmektedir. Yalnız, ağaç türü seçiminde su stresi özelliğinin yanı sıra orijin, toprak özellikleri, soğuğa dayanıklılık gibi diğer faktörlerde göz ardı edilmemelidir.

KAYNAKLAR

- Alexander, P., Bahret, M. J., Chaves, J., Courts, G., D'alessio, N. S. 1986. Biology. Silver Burdett Company, 837 p., Morristown.
- Anonymous. 1997. PMS Guidelines For Selected Conifers. Corvallis–Oregon, 2p., USA.
- Bozcuk, S., Topçuoğlu, S. F., 1984. Değişik Su Stresi Koşullarında Bitkilerde Absisik Asit (ABA) Miktarının Değişimi ve Bunun Fizyolojik Olaylar Üzerine Etkileri. Doğa Bilim Dergisi. A2, (8.2); 265 - 272
- Cleary, B.D., Zaerr, J. B. 1980. Pressure Chamber Techniques for Monitoring and Evaluating Seedling Water Status. New Zealand Journal of Forestry Science. 10(1), 133 - 141, New Zealand.
- Cleary, B.D., Zaerr, J. B. 1984. Guidelines for Measuring Plant Moisture Stress With a Pressure Chamber. PMS Instrument Co., 480 SW Airport Ave., Corvallis, Oregon 97333, USA.
- Colombo, S.J., Odlum, K.D., Glerum, C. 1984. The Use of Pressure Bomb For Assessing The Quality Of Tree Seedlings. In Proc. of the Workshop on Evapotranspiration Irrigation and Plant Moisture Stress in Agriculture and Forestry, Kortright Centre for Conservation 1984, Kleinburg, Ontario, Kanada.
- Çalikoğlu, M. 2002. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold ssp. *pallasiana* Lamb. Holmboe) Orijinlerinin Kuraklığa Karşı Reaksiyonlarının Ekofizyolojik Analizi. İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Dağdaş, S., 1996, Ankara'da Yetiştirilen Dört Orman Ağacı Türüne Ait Ozmotik Basınç Verilerinin Karşılaştırılması, İç Anadolu Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Dergisi, (80); 55 - 72, 130 s.
- Dağdaş, S., 2001, Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) Orijinlerinde Ankara Çevresi Ekolojik Koşullarına Uyum Yeteneklerinin Bazı Fizyolojik ve Morfolojik Ölçütlerin Karşılaştırılması Yoluyla Belirlenmesi. Doktora Tezi, 160 s.
- Dağdaş, S., Aktaş, F. 2002. İç Anadolu ve İç Batı Anadolu'da Karaçam (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.)'lara Neler Oluyor. Orman Mühendisleri Odası, <http://www.ormuh.org.tr> Erişim Tarihi: 21.09.2009
- Deligöz, A., 2009. Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Fidanlarında Sulama Programının Hazırlanmasında Bitki Su Potansiyeli Değerlerinin Kullanımı. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri: A, (Sayı: 2); Sayfa 51 - 65, Isparta.
- Dirik, H. 1989. Bitki Su Potansiyeli ve Fidan Tazeliğinin Belirlenmesi. Orman Mühendisliği Dergisi, (2); s. 11 - 14, İstanbul.
- Dirik, H. 1991. Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.)da Bazı Önemli Fidan Karakteristikleri İle Dikim Başarısı Arasındaki İlişkiler. Doktora Tezi, İ.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü, s. 116, İstanbul.
- Dirik, H. 1994. Üç Yerli Çam Türünün (*Pinus brutia* Ten, *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* Lamb. Holmboe, *Pinus pinea* L.) Kurak Periyottaki Transpirasyon Tutumlarının Ekofizyolojik Analizi. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A (44); 111 - 121, İstanbul.
- Dirik, H. 2000. Farklı Biyoiklim Kuşaklarını Temsil Eden Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Orijinlerinin Kurak Dönemdeki Su Potansiyellerinin Basınç-Hacim (P-V) Eğrisi ile Analizi. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 50A (2), s.93-103, İstanbul.

- Galston ve ark. 1980. The Life of the Green Plant. Third Edition. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.J. 463 p,USA.
- Genç, M. 1992. Doğu ladini (*Picea orientalis* (L.) Link) Fidanlarına Ait Bazı Morfolojik ve Fizyolojik Özelliklerle Dikim Başarısı Arasındaki İlişkiler. Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Genç, M. vd., 2005. Doğu ladini, Toros sediri, Anadolu karaçamı,Boylu ardıç ve Diken ardıç Fidanlarının Stres Etmenlerine Dayanma Yetenekleri. Ladin Sempozyumu, 20 - 22 Ekim 2005, Bildiriler Kitabı,1.Cilt s. 474 - 482, Trabzon
- Gerçek, Z. 2008. Genel Botanik. Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayını, Yayın No: 160/18, Trabzon.
- Gross. K., Koch, W., 1991. Water Relations of *Picea abies*. I. Comparaison of Water Relations Parameter of Spruce Shoots Examined at the Vegetation Period and Winter. Phsiologia Planatarum, 83. pp.290-295.
- Isık, F., Keskin, S., Sabuncu, R., Şahin, M., Bas, M. N., Kaya, Z., 2001. Kızılcıamda (*Pinus brutia* Ten.) Farklı Populasyonlara Ait Fidanların Kuraklık Stresine Morfolojik ve Fenolojik Tepkileri Bakımından Genetik Çeşitlilik. Batı Akdeniz Orman Araştırma Müdürlüğü Teknik Bülten. No:15, s.1 - 36, Antalya.
- Kramer, P., J., Boyer, J.S., Water Relations of Plants and Soils,Academic Press, 1995, San Diego.
- Kandemir, G. E. 2002. Türkiye'nin Güneyinden Örneklenen Kızılcıam(*Pinus brutia*,Ten) Populasyonlarında Soğuğa ve Kuraklığa Dayanıklılığın Genetiği ve Fizyolojisi. Doktora Tezi. ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü. s. 145, Ankara.
- Kilis, Y. 2007. Tüplü Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) ve Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Fidanlarıyla Kurulmuş Plantasyonlarda Kuraklığa Dayanıklılık Analizleri, Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, s. 43, Isparta
- Lemcoff, J.H., Garau,A., Guarnasschelli,A.,Prystupa,P. and Bascialli,M. 1997. Okalıptus Klonlarının Fidanlarında Su Stresine Dayanıklılık. XI. Dünya Ormancılık Kongresi Bildirileri. s. 70, Antalya.
- Lopushinsky, W. 1990. Seedling Moisture Status. Target Seedling Symposium Proceedings. USDA Forest Service General Technical Report RM-200, pp. 123 – 138.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Web Sitesi. <http://www.meteor.gov.tr>. Erişim Tarihi: 20.11.2009.
- Orman Genel Müdürlüğü,Web Sitesi. <http://www.ogm.gov.tr>. Erişim Tarihi: 18.12.2008.
- Pallardy, S. G. 1985. Introductory Overview. Stress Physiology and Forest Productivity. Physiology Working Group Technical Session, Fort Collins, Symposium Proceedings of the Society of American Foresters National Convention, pp. 1 – 8, USA.
- Reutz, W. F. 1980. Wasserpotentialmessung als Index der Pflanzenfrische. Characterization of Plant Material, Proocedings of the IUFRO-Meeting, Working Group, S.104 - 105.
- Ritchie, G. A. 1984. Assessing Seedling Quality. Duryea, M. L. and Landis, T. D. (ed.), Forest Nursery Manuel: Production of Bareroot Seedlings. Martinus Nijhoff / Dr. W. Junk Publishers. The Hague/Boston/Lancaster, For Research Laboratory, Oregon State University, pp. 243 – 259, Corvallis.

- Salisbury, F. B. ve Ross, C. 1969. Plant Physiology. Wadsworth Publishing Company Inc.,Belmont, 747 p., California.
- Semerci, A. 1994. Doğu ladini (*Picea orientalis* (L.) Link.) Fidanlarında Su Potansiyeli Bileşenlerinde Oluşan Dönemsel Değişmeler, Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Semerci, A. 1996. Doğu Ladini (*Picea Orientalis* (L.) Link.) Fidanlarında Su Potansiyeli Bileşenlerinde Oluşan Dönemsel Değişmeler. İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları No:78 Ankara.
- Semerci, A. 2002. Sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) Fidanlarına Ait Bazı Morfolojik ve Fizyolojik Karakteristikler ile İç Anadolu'daki Dikim Başarısı Arasındaki İlişkiler, İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten No: 279, s.142, Ankara.
- Semerci, A., 2006. Fidanlarda Bitki Su Stresinin Basınç Odası Cihazı Kullanılarak Ölçülmesi ve Önemi (Measurement of Plant Moisture Stres by Using Pressure Chamber in Seedlings Its Importance), Türkiye'de Yarı Kurak Bölgelerde Yapılan Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Uygulamalarının Değerlendirilmesi Çalışmayı, 1.Cilt, 7-10 Kasım 2006 ,Ürgüp, Sayfa229-239
- Semerci, A., Çelik O., Şanlı, B.N., Eczacıbaşı, B., Argun,N. 2006. İç Anadolu Bölgesinde Son Beş Yılda İncelenen Bazı Ağaç Kurumalarının Nedenlerinin İrdelenmesi ve Çözüm Önerileri (Examination of Drought Induced Tree Mortality in Central Anotolia During five Years Period (2002 - 2005): Causes and Solutions), Türkiye'de Yarı Kurak Bölgelerde Yapılan Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Uygulamalarının Değerlendirilmesi Çalışmayı, 1. Cilt, 7 - 10 Kasım 2006, Ürgüp, Sayfa 42 – 53.
- Tetik, B. 2002. Kızılcıam (*Pinus brutia* Ten.)'ın üç farklı Biyoiklim Kuşaklarını Temsil Eden Orijinlerinin Kurak Dönemdeki Su Potansiyellerinin Basınç-Hacim (P-V) Eğrisi Yöntemi ile Analizi. Bitirme Tezi, İstanbul Üniversitesi 2002, s. 12, İstanbul.
- Teskey, R.O., Hincley, T. M. 2005. Moisture: Effects of Water Stres on Trees, Physiology and Forest Productivity. Physiology Working Group Technical Session,28-31 July 1985, Fort Collins, Symposium Proceedings of the Society of American Foresters National Convention, p. 9-33, U.S.A.
- Torunoğlu, E. 2002. Web sitesi. <http://www.metu.edu.tr> Erişim Tarihi: 02.11.2005.
- Türkeş, M., 1990, Türkiye'de Kurak Bölgeler ve Önemli Kurak Yıllar. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, 1990, İstanbul.
- Tyree, M.T. Hammel, H.T. 1971. The Measurement of the Turgor Pressure and the Water Relations of Plants by the Pressure-bomb Technique. Journal of Exp. Bot. 123. pp. 267-282.
- Ürgenç, S. 1986. Ağaçlandırma Tekniği, İ. Ü. Orman Fakültesi Yayını, Yayın No: 3314/375, İstanbul.
- Vardar, Y., Güven, A. 1994: Bitki Fizyolojisine Giriş. Barış Yayınları. s. 213, İzmir.
- Yahyaoglu, Z. 1986. Orman Ağacı Fidanlarının Kalite Özellikleri, Scholender Tekniği Yardımı İle Su Potansiyelinin Ölçülmesi ve Önemi. K.T.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, (9: 1 - 2) s. 140 - 151, Trabzon.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Şevket ÖZTÜRK

Doğum Yeri : Reyhanlı

Doğum Tarihi : 10.02.1976

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Reyhanlı Lisesi 1993

Lisans : İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi 1999

Yüksek Lisans:

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : Batı Karadeniz Bakanlık Bölge Müdürlüğü
1999–2000, Ortadoğu Teknik Üniversitesi 2000–2003, Kahramanmaraş Orman
Bölge Müdürlüğü 2004-