



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**FARKLI YÜKSELTİLERDEKİ KIZILÇAM (*Pinus brutia*  
Ten.) ORJİNLERİNİN KURAKLIĞA DAYANIKLILIĞI  
ÜZERİNE ARAŞTIRMALAR**

**Orman Mühendisi Engin Güngör  
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı  
Silvikültür Programı**

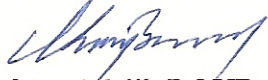
**Danışman  
Prof.Dr. Melih BOYDAK**

**Nisan, 2010**

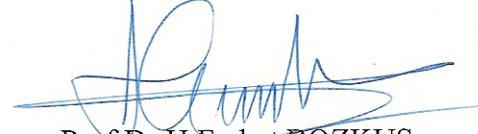
**İSTANBUL**

Bu çalışma 07/05/2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Orman Mühendisliğı Anabilim Dalı Silvikültür programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi



Prof. Dr. Melih BOYDAK (Danışman)  
İstanbul Üniversitesi  
Orman Fakültesi



Prof. Dr. H. Ferhat BOZKUŞ  
İstanbul Üniversitesi  
Orman Fakültesi



Prof. Dr. C. Ünal ALPTEKİN  
İstanbul Üniversitesi  
Orman Fakültesi



Prof. Dr. Hüseyin DİRİK  
İstanbul Üniversitesi  
Orman Fakültesi



Prof. Dr. Hakan ALTINÇEKİÇ  
İstanbul Üniversitesi  
Orman Fakültesi

## ÖNSÖZ

“Farklı Yükseltilerdeki Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Orijinlerinin Kuraklığa Dayanıklılığı Üzerini Araştırmalar” konulu bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilimdalı Silvikültür Programı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Araştırmanın bilimsel danışmanlığını üstlenen ve bana böyle bir araştırma fırsatı veren, çalışmanın başlatılması, gerçekleştirilmesi ve sonuca ulaştırılmasında her türlü bilimsel rehberliğini, deneyimini, bilgi ve desteklerini esirgemeyen, ayrıca lisans ve yüksek lisans öğrenimim süresince ve tez çalışmalarım boyunca, karşılaşılan güçlüklerin aşılmasında yön gösterici olan, çok değerli Hocam Sayın Prof. Dr. Melih BOYDAK’a en derin saygı ve şükranlarımı sunarım.

Değerli görüş ve fikirlerinden yararlandığım Hocalarım Sayın Prof. Dr. H. Ferhat BOZKUŞ’a, Sayın Prof. Dr. Hüseyin DİRİK’e, Sayın Prof. Dr. C. Ünal ALPTEKİN’e, Sayın Yrd. Doç. Dr. Aytekin ERTAŞ’a, Sayın Dr. Mehmet ÇALIKOĞLU’na en derin saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Arazi ve laboratuvar çalışmalarında her türlü yardım, tavsiye ve ilgilerinden dolayı Hocalarım Sayın Yrd. Doç. Dr. Servet ÇALIŞKAN’a, farklı yükseltilerdeki kızılçam orjinlerine ait tohumların getirilmesini sağlayan Sayın Araş. Gör. Dr. Bilal ÇETİN’e ve her türlü yardım ve ilgisinden dolayı Araş. Gör. Süleyman ÇOBAN’a sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Çalışmamın fidanlık aşamasının gerçekleştirilmesinde değerli katkıları bulunan İstanbul İl Çevre ve Orman Müdürlüğü’ne bağlı Bahçeköy Orman Fidanlık Mühendisliği personeline teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmanın yürütülmesinde manevi desteğini ve yardımlarını esirgemeyen arkadaşım Sayın Orman Mühendisi Mehmet Ulaş YAĞMUR’a ve ismini burada saymadığım fakat yardımlarını gördüğüm herkese teşekkür ederim.

Son olarak da, çalışmalarım süresince göstermiş oldukları sabırlı destek, teşvik, ilgi ve hoşgörülerini için beni bu günlere getiren sevgili aileme teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmanın ileride benzer konularda yapılacak çalışmalara, bilim dünyasına, araştırmacılara, uygulamada çalışan teknik personele, ilgilenenlere ve en önemlisi ülkemiz ormancılığının kızılçam ağaçlandırma çalışmalarında karşılaşılabilecek problemlerin çözümüne yapacağı küçük bir katkı, benim için büyük bir mutluluk kaynağı olacaktır.

**Nisan, 2010**

**Engin GÜNGÖR**

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
ŞEKİL LİSTESİ .....	iv
TABLO LİSTESİ .....	v
SEMBOL LİSTESİ .....	vi
ÖZET .....	vii
SUMMARY .....	viii
1. GİRİŞ .....	1
2. GENEL KISIMLAR .....	5
2.1. KURAKLIK KAVRAMI .....	5
2.2. BİTKİLERDE SU STRESİ .....	8
2.3. BİTKİ SU POTANSİYELİ .....	15
2.4. KIZILÇAMA İLİŞKİN GENEL BİLGİLER .....	22
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	26
3.1. MATERYAL .....	26
3.2. YÖNTEM .....	32
3.2.1. Farklı Kesit ve Yükseltilerdeki Kızılçam Orijinlerinin Scholander Basınç Odası Uygulaması ile Basınç – Hacim Eğrilerinin Belirlenmesi .....	32
3.2.2. Farklı Kesit ve Yükseltilerdeki Kızılçam Orijinlerinin Transpirasyon Tutumlarının Belirlenmesi .....	36
4. BULGULAR .....	40

4.1. FARKLI KESİT VE YÜKSELTİLERDEKİ KIZILÇAM ORİJİNLERİNİN BASINÇ-HACİM EĞRİLERİ YOLUYLA KARŞILAŞTIRILMASINA İLİŞKİN BULGULAR .....	40
4.2. FARKLI KESİT VE YÜKSELTİLERDEKİ KIZILÇAM ORİJİNLERİNİN TRANSPİRASYON TUTUMLARININ KARŞILAŞTIRILMASINA İLİŞKİN BULGULAR .....	43
5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....	47
5.1. FARKLI KESİT VE YÜKSELTİLERDEKİ KIZILÇAM ORİJİNLERİNİN BASINÇ-HACİM EĞRİSİ ANALİZLERİ İŞİĞİNDA KURAKLIĞA DAYANIKLILIKLARI .....	47
5.1.1. Solma Noktasındaki Ozmotik Potansiyel Açısından İrdeleme .....	47
5.1.2. Diğer Parametreler Açısından İrdeleme .....	49
5.1.3. Yaz Kuraklığı İndisi Açısından İrdeleme .....	50
5.2. FARKLI KESİT VE YÜKSELTİLERDEKİ KIZILÇAM ORİJİNLERİNİN TRANSPİRASYON ANALİZLERİ İŞİĞİNDA KURAKLIĞA DAYANIKLILIKLARI .....	52
5.2.1. Orijinlerin Toplu Olarak İrdelenmesi .....	52
5.2.2. Orijinlerin Kesitlere ve Yükseltiye Göre İrdelenmesi .....	54
KAYNAKLAR .....	56
EKLER .....	61
ÖZGEÇMİŞ .....	78

## ŞEKİL LİSTESİ

<b>Şekil 2.1</b>	: Isopiestic Fizikometri yöntemiyle su potansiyelinin ölçümü .....	17
<b>Şekil 2.2</b>	: Basınç Probu yöntemiyle bitki hücresindeki turgor basıncının ölçümü .....	17
<b>Şekil 2.3</b>	: Bitki su potansiyelinin ölçümünde kullanılan cihazlar .....	18
<b>Şekil 2.4</b>	: Basınç odası gerecinin şematik görünüşü ve basınç odası tekniğinin uygulanışı .....	21
<b>Şekil 2.5</b>	: Basınç altındaki sürgünün kesit yüzeyinde görülen reçine ve su damlları ile oluşan su bombesi .....	22
<b>Şekil 2.6</b>	: Kızıлчаamın doğal yayılış alanları .....	23
<b>Şekil 2.7</b>	: Emberger klimagramına göre Kızıлчаam türünün doğal yayılış alanları .....	25
<b>Şekil 3.1</b>	: Araştırmada kullanılan Kızıлчаam orijinlerinin Türkiye'deki yerleri ....	26
<b>Şekil 3.2</b>	: Basınç-hacim eğrisi ve bu analiz yöntemine göre belirlenen parametrelerin şematik olarak gösterilişi.....	32
<b>Şekil 3.3</b>	: Bir bitkinin zamana bağlı olarak transpirasyonla su kaybının aşamaları.....	37

## TABLO LİSTESİ

<b>Tablo 3.1</b>	: Anamur ve Mersin kesitlerinde tohumların toplandığı 4'er farklı yükselti kuşağındaki meşcerelere (orijinlere) ait bilgiler .....	28
<b>Tablo 3.2</b>	: Anamur meteoroloji istasyonunun 1975-2008 yılları arasındaki bazı ortalama iklim verileri .....	29
<b>Tablo 3.3</b>	: Mersin meteoroloji istasyonunun 1975-2008 yılları arasındaki bazı ortalama iklim verileri .....	29
<b>Tablo 3.4</b>	: Anamur ve Mersin'in Emberger biyoiklim sınıflandırması .....	30
<b>Tablo 3.5</b>	: Kademeli basınç uygulamasına ilişkin ölçüm karnesi .....	34
<b>Tablo 4.1</b>	: Farklı Kızılçam orijinlerinin Basınç-Hacim (P-V) Eğrisi Analizlerinin sonuçları .....	41
<b>Tablo 4.2</b>	: Farklı Kızılçam orijinlerinin Transpirasyon analizlerinin sonuçları ....	44

## SEMBOL LİSTESİ

<b>Atm</b>	: atmosfer
<b>cm<sup>3</sup></b>	: santimetreküp
<b>DW</b>	: fidanın tam kuru ağırlığı
<b>FW</b>	: ilgili andaki fidan tartı ağırlığı
<b>FWCzt</b>	: solma noktasındaki serbest su içeriği
<b>H</b>	: hidrojen
<b>Kg</b>	: kilogram
<b>M</b>	: en sıcak ayın maksimum sıcaklık ortalaması
<b>m</b>	: en soğuk ayın minimum sıcaklık ortalaması
<b>m<sup>3</sup></b>	: metreküp
<b>mm</b>	: milimetre
<b>P</b>	: yıllık ortalama yağış miktarı
<b>PE</b>	: yaz yağışı ortalaması
<b>T<sub>I</sub></b>	: stoma kontrolüne kadar geçen süre
<b>T<sub>II</sub></b>	: stomalar tamamen kapanana kadar geçen süre
<b>Q</b>	: yağış – sıcaklık indisi
<b>RWCzt</b>	: solma noktasındaki oransal su içeriği
<b>RWC<sub>I</sub></b>	: stoma kontrolü başladığı andaki oransal doyumluk
<b>RWC<sub>II</sub></b>	: stomaların tamamen kapandığı andaki oransal doyumluk
<b>S</b>	: yaz kuraklığı indisi
<b>Sct<sub>I</sub></b>	: stoma kontrolü başladığı andaki birikimli transpirasyon
<b>Sct<sub>II</sub></b>	: stomaların tamamen kapandığı andaki birikimli transpirasyon
<b>Scüt</b>	: kütikular transpirasyon
<b>SW</b>	: fidanın doyum ağırlığı
<b>Ψ<sub>π100</sub></b>	: doyum haldeki ozmotik potansiyel değeri
<b>Ψ<sub>π0</sub></b>	: solma noktasındaki ozmotik potansiyel değeri
<b>Ψ<sub>w1</sub></b>	: stoma kontrolü başladığı andaki su potansiyeli
<b>Ψ<sub>w2</sub></b>	: stomaların tamamen kapandığı andaki su potansiyeli
<b>V<sub>A</sub></b>	: apoplastik su miktarına
<b>V<sub>o</sub></b>	: simplastik su miktarını
<b>V<sub>T</sub></b>	: toplam su
<b>V<sub>e</sub> / V<sub>o</sub></b>	: plazmoliz anına kadar kaybedilen simplastik su oranı
<b>V<sub>o</sub> / D<sub>w</sub></b>	: birim kuru ağırlığa düşen simplastik su oranı
<b>V<sub>o</sub> / V<sub>t</sub></b>	: toplam su içersindeki simplastik su oranı

## ÖZET

### FARKLI YÜKSELTİLERDEKİ KIZILÇAM (*Pinus brutia* Ten.) ORJİNLERİNİN KURAKLIĞA DAYANIKLILIĞI ÜZERİNE ARAŞTIRMALAR

Bu çalışmada, scholander basınç odası yöntemi ve transpirasyon analizleriyle farklı yükseltlerden gelen Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) orijinlerinin kuraklığa dayanıklılığı incelenmiştir. Çalışma Anamur ve Mersin yörelerinden alınan 2 kesitteki dörder yükselti basamağından (0-400 m, 400-800 m, 800-1200 m ve 1200 m üstü yükselti basamakları gözetilerek) seçilen 8 orijin üzerinde gerçekleştirilmiştir. Araştırmada 2+0 yaşlı Kızılçam fidanları kullanılmıştır.

Fidanlarla yapılan basınç-hacim eğrisi analizlerinde, solma noktasındaki ozmotik potansiyel değerleri açısından yapılan değerlendirmede Anamur ve Mersin yörelerine ait 1200 m ve üstü yükselti basamağındaki orijinlerin kuraklığa karşı daha dayanıklı oldukları saptanmıştır. Anamur kesitindeki (0-400 m) populasyonların Mersin kesitindeki (0-400 m) populasyonlara göre kuraklığa daha dayanıklı olduğu ve bu sonucun yaz kuraklığı indisi ile desteklendiği ortaya çıkmıştır. Aynı zamanda Anamur kesitinde deniz seviyesinden yükseldikçe kuraklığa dayanıklılık artmıştır.

Transpirasyon analizleri sonucunda, stomaların tamamen kapandığı andaki oransal doygunluk değerleri ile devam eden su kayıplarına karşı stomaların tamamen kapandığı andaki su potansiyeli değerleri açısından değerlendirmeler yapılmıştır. Bu değerlendirmelere göre, basınç-hacim odası yöntemindeki bulguların tersine Anamur kesitindeki orijinlerde yükselti arttıkça kuraklığa dayanma azalmıştır. Mersin yöresinde ise yükselti basamaklarına ilişkin olarak kendi içerisinde düzenli bir sıralamanın olmadığı ortaya çıkmıştır.

Bu bulgular ışığında, uygulanan analizlerin sonuçları birbirinden farklı çıkmıştır. Basınç- hacim eğrisi analizlerinde fidanlara yaklaşık olarak 2,5 saat süresince 60 bara kadar kademeli olarak basınç uygulanmıştır. Bu süre içerisinde fidanlar sahip oldukları simplastik suyu transpirasyon analizine göre daha fazla kaybetmişlerdir. Çünkü transpirasyon analizinde fidanlar belirli bir atmosferik koşulda serbest bir şekilde su kaybına uğramışlardır. Bu bakımdan her iki analizin sonuçları kendi çerçeveleri içerisinde değerlendirilmelidir.

## **SUMMARY**

### **RESEARCHES ON DRAUGHT RESISTANCE OF TURKISH RED PINE (*Pinus brutia* Ten.) PROVENANCES AT DIFFERENT ELEVATIONS**

In this study, resistance to drought of Turkish Red Pine taken from different elevations is investigated by Scholander Pressure Chamber and transpiration analysis. The study is realized on 8 provenances selected from 4 different elevation groups (0-400 m, 400-800 m, 800-1200 m and over 1200 m) of two sections (Anamur and Mersin regions). 2+0 aged seedlings were used in the study.

According to the results of pressure-volume curve analysis and evaluations on osmotic potential values at wilting point, it is examined that provenances belonging to the over 1200 m elevation group of Mersin and Anamur regions are more resistant to the drought. Populations in Anamur (0-400 m) section are more resistant to drought than Mersin (0-400 m) section and this result is supported by summer drought indices. Also resistance to drought is increased by elevation in Anamur section.

Some evaluations was made by means of transpiration analysis with regard to relative saturation values and continuing water losses towards water potential at completely closing time of stomata. According to these evaluations, in contrast with results of pressure-volume chamber method, resistance to drought is decreased by elevation in Anamur section. On the other hand, there is not a regular order related with elevation groups in Mersin region.

As a finding, the results of the applied analysis showed differences. Pressure, up to 60 bar, was applied gradually for two and a half hour in the analysis of pressure volume curve. During this period seedlings lost more symplastic water comparing to the transpiration analysis. Because in transpiration analysis, seedlings lost water freely in atmospheric condition. In this regard the results of each analysis should be evaluated in its framework.

## 1. GİRİŞ

Dünyadaki hızlı nüfus artışı ve sanayileşme, doğal kaynaklar üzerinde yoğun baskılar oluşturmakta ve bu olumsuzluktan ormanlar ciddi şekilde etkilenmektedir. Öngörülen projeksiyon; 2023 yılına kadar dünya nüfusunun ortalama % 2 artacağını, orman alanlarının tahribinin süreceğini, endüstriyel odun hammaddesi açığının 800 – 900 milyon m<sup>3</sup> olacağını, ormanların biyoçeşitlilik, toprak koruma, su üretimi, rekreasyon, avcılık, ekoturizm gibi fonksiyonlarının giderek önem kazanacağını ve bunun doğal orman alanlarından yapılan üretim üzerinde bir baskı unsuru oluşturacağını göstermektedir (Anonim, 2007).

Genel olarak yağışın, yeraltı veya yüzey sularının ortalama değerlerinin altında olması şeklinde tanımlanan kuraklık, dünyadaki doğal afetler arasında önem bakımından ilk sırada yer almaktadır. Fosil yakıtların yanması, ormanların yok edilmesi, endüstriyel etkinlikler gibi insan aktiviteleri beraberinde “sera gazları” denilen karbondioksit, metan, ozon ve diazot monoksit gibi gazların atmosferde artmasına yol açmakta ve bu gazların yarattığı sera etkisi sonucunda, dünya yüzeyinde sıcaklık artmaktadır. Küresel ısınma olarak tanımlanan bu olay, iklim değişikliklerine neden olmakta ve araştırmalara göre 2030 yılında Türkiye dahil Güney Avrupa’yı içine alan bölgenin, oldukça kuru ve sıcak bir iklimin etkisine gireceği bildirilmektedir. Dünyadaki doğal kaynakların nüfusu besleme kapasitelerinin azalmasına ve bunun sonucunda milyonlarca insanın açlıktan ölmesine neden olabileceği göz önüne alındığında, kuraklık, dünya üzerindeki tüm canlı yaşamı için tehlike oluşturmaktadır. Bu nedenle, kuraklık stresine dayanıklı bitki türlerinin belirlenmesi, tolerans mekanizmalarının açıklanması, kurumaya dayanıklı bitkisel gen kaynaklarının korunması ve aktarımı çalışmaları yönündeki araştırmalar önem taşımaktadır. Bunlar, özellikle insanların neden olduğu küresel ısınma sonucunda etkisini giderek arttıran kuraklığın, ilerde tüm canlılar için büyük bir sorun haline gelmesini önlemede rol oynayacaktır (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005).

Türkiye'nin ormanlık alanı 21.188.747 hektar olup, ülke genel toplam alanının % 27.2'sini oluşturmaktadır. Bu alanın % 50.1'i (10.621.221 hektarı normal kuru ve normal baltalık toplamı) verimli, geri kalan % 49.9'u (10.567.526 hektarı bozuk kuru ve bozuk baltalık toplamı) düşük verimli ve bozuk niteliktedir (Anonim, 2006). Ormanlarımızın yarısının bozuk vasıflı olması, odun üretimi ve diğer işlevlerini yerine getirmesinde ciddi sorun ve yetersizliklere neden olmaktadır. Bozuk vasıflı orman alanlarının ağaçlandırma veya benzeri yollarla rehabilite edilmesi, ülkemizin başlıca öncelikli ormancılık faaliyetlerindedir. Orman ürünlerine olan talep artışına rağmen, doğal ormanların odun üretimi dışındaki fonksiyonel hizmetlerine olan kamuoyu talepleri ve küresel eğilimler, potansiyel ağaçlandırma sahalarının ve endüstriyel ağaçlandırmanın gelecekteki odun arz açığının kapatılmasında giderek daha da önemli olacağını göstermektedir (Anonim, 2007).

Ülkemiz ormancılığında en kapsamlı doğal gençleştirme ve ağaçlandırma çalışmaları Kızılçam türünde uygulanmaktadır. Akdeniz ikliminin tipik bir ağacı olan ve ana yayılışını Türkiye'de yapan Kızılçam, değişik bilim alanlarında araştırmalara en fazla konu olmuş bir türdür (Boydak ve diğ. , 2006).

Ülkemizde Kızılçam ile yapılan ağaçlandırmalar 706.986 hektar olup diğer türlerle yapılan tüm ağaçlandırmaların (1.763.472) % 40.1'ini oluşturmaktadır. İğne yapraklı türlerle yapılan ağaçlandırmaların ise % 42'sini Kızılçam oluşturmaktadır (Konukçu, 2001). Bu açıdan Kızılçam ülkemizde yapılan ağaçlandırma çalışmalarında oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Normal kuru ormanlarımızda ise Kızılçam % 32 oran ile en fazla sahaya sahip ağaç türüdür. Yapılan Kızılçam ağaçlandırmalarına rağmen, Kızılçam ormanlarının 1.536.120 hektarı halen bozuk kuru niteliğindedir (Anonim, 2001).

Kızılçam iğne yapraklı türlerimiz içinde en geniş yayılışa sahip (4.2 milyon hektar) ve hızlı büyüyen bir tür konumundadır. Endüstriyel orman ağaçlandırmaları yoluyla, tarım alanlarında yetiştirilmeye de aday olup, ülkemizdeki odun hammaddesi açığının kapatılmasında en başta düşünülmesi gereken türlerimiz içindedir. Bu işlevleriyle doğal ormanlarımızın korunması ve doğaya yakın işletilmesi olanaklarına en etkin katkıyı yapabilecek konumdadır (Boydak ve diğ. , 2006).

Hızlı gelişmesi, uzun yaz kuraklığı koşullarına dayanıklılığı ve geniş kullanım alanlarının bulunuşu, Kızılçamı ilgiyi yurt dışında da artırmış ve çok sayıda araştırmaya konu olmuştur. Kızılçam ekosistemleri ülkemizde biyolojik çeşitlilik, odun ve odun dışı orman ürünleri üretimi, koruma ve estetik işlevleriyle ülkemizin ayrıcalıklı doğa parçalarını oluşturmaktadır (Boydak ve diğ. , 2006).

Türkiye, yayılış gösteren orman ağacı türlerinin zenginliği ve hüküm süren iklim tiplerinin çeşitliliği ile ormancılık bakımından geniş çeşitliliğe sahiptir. Ancak orman alanlarının büyük bir bölümü yağış yetersizliğine ve düzensizliğine bağlı olarak kuraklık etkisi altındadır (Dirik, 1994a). Nitekim, Erinç indislerine göre ülke genelinin yaklaşık olarak  $\frac{3}{4}$ 'ü yılın 5-8 ayını kurak ve yarı kurak iklim etkisi içerisinde geçirmektedir (Dirik 1994a; Türkeş'e atfen). Bu dönem ise ağaçların aktif oldukları vejetasyon periyodunu da kapsayan nisan – ekim ayları arasında gerçekleşmektedir. Dolayısıyla kuraklık etkisi, genel olarak Türkiye ormancılığında ve özellikle silvikültüründe belirleyici bir rol oynamaktadır (Dirik, 1994 a).

Kuraklık etkisi altındaki yerlerde yayılış gösteren türler üzerinde bakım, gençleştirme ve ağaçlandırma gibi silvikültürel konularda alınacak kararlarda ve uygulamalarda, bu türlerin kuraklığa karşı tutumlarının belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Türlerin kuraklığa karşı tepkilerini açıklamak kolay değildir (Dirik 1994a; Ducrey'e atfen). Kara bitkileri bir taraftan köklerinin aşmak zorunda oldukları toprağın osmotik potansiyeli, diğer taraftan da direnmek zorunda oldukları atmosferik emme basıncının etkileri ile yaşamak durumundadırlar. Dolayısıyla ağaç türlerinin genelde su statüleri, buldukları ekolojik koşullar ile türlere özgü olan fizyolojik karakteristikler tarafından belirlenmektedir (Dirik, 1994 a).

Dikim öncesinde, kullanılacak fidanın biyolojik kalitesinin test edilmesi oldukça önem taşımaktadır. Genetik kalite düzeyi aşamalı ıslah çalışmaları ile oluşturulmuş tohum kaynaklarından materyal temin etmekle sağlanır. Morfolojik kalite düzeyi ise türlere ve fidan yaşına göre belirlenmiş fidan kalite normları ile belirli düzeyde kontrol edilebilir. Fizyolojik kalite düzeyinin denetlenebilmesi ise nispeten daha karmaşık ve zordur. Bitkiler yaşamları boyunca bir çok fizyolojik aktivitelerde bulunurlar. Bu aktiviteler

içerisinde suyun çok önemli bir yeri vardır. Ağaçlandırma çalışmalarında kullanılacak olan fidanların su durumlarının bilinmesi, fizyolojik kaliteleri hakkında karar vermede geçerli olan en önemli faktörlerin birini oluşturur (Dirik, 1989).

Ülkemizde küresel ısınma ve kuraklık etkilerinin görülmeye başlanmasıyla birlikte, orman ağacı türlerinin su potansiyeli değerlerinin tespiti ve kuraklık stresine karşı reaksiyonlarının belirlenmesine yönelik çalışmalar önem kazanmıştır. Dirik (1991), tarafından Kızılçam türünde, fidan tazeliğine ilişkin olarak kritik su potansiyeli değerini incelediği doktora çalışmasıyla birlikte, su potansiyeli değerinin saptanmasına yönelik olarak ormancılıktaki ilk çalışmalar başlanmıştır. Böylece orman ağacı türlerinin içerdiği su potansiyeli bileşenlerinin bulunmasına ilişkin araştırmalar bilim gündemindeki yerini almaya başlanmıştır. Ayrıca küresel ısınma ve iklim değişikliğinin gelecekte daha fazla etkili olacağı düşünöldüğünde, bitki su potansiyeli ve kuraklığa dayanıklılık açısından yapılacak olan çalışmalar, ölkemizde kurak alanlardaki ormancılıkla ilgili çalışmalara daha da yardımcı olmakla birlikte bilim gündemindeki yerini korumaya devam edecektir. Kurak alanlarda yapılacak olan ağaçlandırmaların başarı düzeyini arttırmak için uyulması gereken teknik esasların içerisinde, kuraklığa dayanıklı ağaç türü ve orijinlerinin seçimi ön planda gelmektedir. Bu bağlamda kurak alanlardaki, ormancılık faaliyetlerinin uygulanması aşamasında taşıdığı önem büyüktür.

Bu çalışmada, farklı yükselti kuşaklarına ait bazı Kızılçam orijinlerinin kuraklığa dayanıklılığının tespiti amaçlanmıştır. İlgili orijinlere ait fidanlar üzerinde transpirasyon analizleri ve scholander basınç odası uygulaması yoluyla bazı parametreler bulunmuştur. Bu parametrelerle Kızılçam orijinlerinin kuraklık stresi koşullarında gösterdikleri tutum bakımından, genel bir durum saptamasının ortaya konması hedeflenmiştir. Ormancılık açısından kurak alanlarda yapılacak ağaçlandırma çalışmalarında kurağa toleranslı orijinlerin belirlenmesine yardımcı olmak amaçlanmıştır. Bütün bu veriler ve analizlerin işiği altında, Kızılçam orijinlerinin kuraklık koşullarındaki ekofizyolojisi bir ölçüde belirlenirken, bu türe ait ağaçlandırma çalışmalarında kuraklığa dayanıklılık problemine işık tutabilmek ön planda hedeflenmiştir.

## 2. GENEL KISIMLAR

### 2.1. KURAKLIK KAVRAMI

Dünya nüfusunun artması, şehirleşme, iklim değişimleri, orman tahribatları, çölleşme sonucunda kuraklık toplum, çevre ve ülkeleri tehdit eden boyutlara ulaşmaktadır. Kuraklık dünyada etkisini gittikçe arttırmasına rağmen, kapsamı henüz tam anlaşılmamış ve etkileri yeterince değerlendirilmemiştir. Bunun doğal sonucu olarak da kuraklığın kesin tanımı yapılamamaktadır. Yapılan tanımlar mesleklere göre meteorolojik, hidrolojik, tarımsal, coğrafik veya endüstriyel, enerji üretimi, su temini, denizcilik, mesire yerleri bakımlarından olmaktadır (Sırdaş ve Şen 2003).

Kuraklık, bitki hayatının ve daha doğrusu, toprağa bağlı hayatın gelişme olanaklarının kısıtlandığı bir doğal yaşam ortamıdır. Bu ortamı oluşturan kuraklık koşullarının dünya üzerinde oldukça büyük alanları etkisi altına aldığı görülmektedir. Türkiye de kuraklığın etkilediği ülkeler arasında bulunmaktadır (Uluocak, 1974). Türkiye’de kuraklık üzerine yapılan bilimsel çalışmalar 1940’lı yıllarda başlamıştır. Bu çalışmaların bir kısmı tüm ülkeyi kapsarken diğer bir kısmı ise belli bir coğrafi bölgeyi yada alanı kapsamaktadır (Yıldız, 2008).

Dünya ve ülkemizde bugüne kadar çeşitli amaçlara yönelik olarak kuraklık araştırmaları yapılmıştır. Meteorologlar yağışlar, sıcaklık, nem, buharlaşma v.b. olgular açısından; su kaynakları mühendisleri, akarsular, yeraltı suları, su biriktirme hazneleri, göller açısından; tarımcı bitki açısından; ekonomistler insanların yaşamı açısından kuraklığı incelemiştirlerdir. Kuraklık çalışmalarında, özellikle beklenen kuraklığın uzunluğu, büyüklüğü ve yinleme aralığını bilmek gereklidir. Bu nedenle kuraklık süresi, şiddeti/büyüklüğü ve kapladığı alan gibi kuraklık özelliklerini belirlemek gereklidir. (Sırdaş ve Şen 2003).

Kuraklığın tanımı aşağıda belirtildiği üzere birçok araştırmacı tarafından yapılmıştır.

Kuraklık, genel olarak, yağışların kaydedilen normal seviyelerinin altına düşmesi sonucu su kıtlığı sebebiyle yaşamsal faaliyetleri olumsuz yönde etkileyen doğal bir afet olarak tanımlanır. Yarı kurak bir iklim kuşağında yer alan ülkemizde atmosferik koşullar, fiziki coğrafya faktörleri ve iklim koşullarına bağlı olarak kuraklık olayları sıkça görülmektedir (Yıldız, 2008).

Ürgeç (1998), FAO'nun benimsediği görüşe değinerek, yıllık yağışın 300 mm ve altında olan yerleri "kurak", yıllık yağışın 300 – 600 mm arasında olan yerleri de "yarı kurak" alanlar olarak kabul etmektedir. Türkiye'de yaklaşık 20 bin hektar kadar kurak alan olduğunu, 31 milyon hektar kadar da yarı kurak alan olduğunu ve yarı kurak alanların Türkiye'nin yaklaşık % 37.3'ünü oluşturduğunu belirtmiştir.

Çepel (1988), kuraklık olgusunun, su açığının tekrarlanma şekline göre ikiye ayrıldığını belirtmektedir. Yazara göre, buharlaşma yoluyla kaybedilen suyun yağış miktarını geçmesi durumu, yıl içerisinde belirli devrelerde meydana geliyorsa, bu "düzenli kuraklık" olarak ifade edilmelidir. Bu şekildeki kuraklık, olduğu bölgelerde iklimin genel bir karakteristiği olmaktadır. Bitkiler de bu iklim koşullarına kendilerini uyarlamaktadır. Ayrıca, bitkilerin yetişmesine ve gelişmesine olumsuz etkiler yapacak şekilde şiddetli olan ve belirsiz zamanlarda meydana gelen bir su kıtlığı da söz konusudur. Bu nitelikteki bir kuraklık durumu, "geçici kuraklık" olarak ifade edilebilir. Bitkilerin geçici kuraklıktan büyük yönde etkilenmeleri söz konusudur.

Irmak (1951), ülkemizde yılda 400 mm'den az yağış alan yerlerin ülke genelinin (Göller hariç) % 15.95'ini oluşturduğunu, 400 – 600 mm arasında yağışlara sahip yerlerin % 27'yi bulduğunu ve geri kalan kısımlarının ise 600 mm'den daha çok yağış aldığını belirtmektedir. Irmak, özellikle yaz mevsiminde 20 mm'den az yağış alan yerlerin ülke genelinin % 12.5'i olduğu, 20 – 50 mm arasında yağış alan yerlerin toplamının ise % 31.5 olduğu ve bu sonuçlardan da 50 mm'den az yağışlı yerlerin, yaklaşık olarak ülke genelinin % 44'üne eşit olduğunu belirtmektedir. % 44'lük alanın ülkenin yarısına yakın olduğuna dikkat çekerek, yaz kuraklığının ne kadar önemli olduğunu ve bu sorunla mücadele edilecek alanların ne kadar geniş olduğunu ifade etmektedir.

Özyuvacı (1999) ise, kuraklığı genel anlamda yağış azlığı olarak tanımlamaktadır. Ayrıca, yağış azlığına yüksek sıcaklık nedeniyle aşırı buharlaşma da eklenirse, kuraklığın daha da belirgin bir biçimde ortaya çıkacağını belirtmektedir. Sıcaklığın az olduğu bazı yerlerde de yağış azlığının bitkilerin yaşamını engelleyerek, soğuk çöllerin (tundralar) oluşumuna neden olduğunu ve kutup çevrelerinin bağıl nemin oldukça yüksek olmasından dolayı nemli sanılmakla birlikte, aslında kuraklık çekilen alanlar olduğunu vurgulamaktadır.

Kuraklığın literatürde tanımlanan birçok çeşidi olmakla birlikte, üç belirgin kuraklık tipi vardır (Anonim, 2009). Bunlar; meteorolojik kuraklık, tarımsal kuraklık ve hidrolojik kuraklıktır.

Meteorolojik kuraklık, belirli bir zaman periyoduna ait normallerden (genellikle en az 30 yıllık) meydana gelen sapma olarak tanımlanır. Bu tanımlamalar genellikle bölgeseldir ve tahminen bölgesel klimatolojinin tam olarak anlaşılması temeline oturur. Normal olarak meteorolojik ölçümler kuraklığı ifade etmede başta gelen göstergelerdir. Devam eden bir meteorolojik kuraklık olayı hızlı bir şekilde kuvvetlenebilir veya aniden sona erebilir. Kuraklık periyotları genellikle, belirlenen eşik değerlerinin altında yağışlı olan günlerin sayısı olarak tanımlanmıştır (Anonim, 2009).

Tarımsal kuraklık, bitkinin kök bölgesinde, büyüüp gelişmesi için yeterli nem bulunmaması durumu olarak ifade edilir. Büyüme periyodu boyunca, belirli bir bitkinin suya ihtiyaç duyduğu belirli bir kritik döneminde, yeterli toprak nemi olmadığı zaman tarımsal kuraklık meydana gelir. Tarımsal kuraklık meteorolojik kuraklıktan sonra ve hidrolojik kuraklıktan önce ortaya çıkan tipik bir durumdur (Anonim, 2009).

Hidrolojik kuraklık ise, uzun süre devam eden yağış eksikliği neticesinde ortaya çıkan yeryüzü ve yer altı sularındaki azalma ve eksiklikleri ifade eder. Nehir akım ölçümleri ve göl, rezervuar, yer altı su seviyesi ölçümleri ile takip edilebilir. Yağmur eksikliği ile akarsu, dere ve rezervuarlardaki su eksikliği arasında bir zaman aralığı olduğundan, hidrolojik ölçümler kuraklığın ilk göstergelerinden değildir. Meteorolojik kuraklık sona erdikten uzun süre sonra dahi, hidrolojik kuraklık varlığını sürdürebilir (Anonim, 2009).

Ağaçların her yıl oluşturdukları ve genişlikleri birbirinden farklı olan yıllık halkaların oluşumu ve genişliği, esas itibariyle içinde bulunduğu ortamdaki sıcaklık ve yağıştan etkilenmektedir. Yağış ve sıcaklıktaki bir yıldan diğerine meydana gelen değişimler, benzer şekilde yıllık halkalarda da görülmektedir. Sıcaklık ve yağış etkisinin de şiddeti, ağaçların bulunduğu ortamdaki toprak, bakı, denizden yükseklik gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Dendroklimatoloji bilim dalı, yıllık halkalardaki iklim etkilerini ortaya koyarak, geçmiş dönemlerin yağış ve sıcaklıklarını tahmin etmeyi sağlamaktadır (Akkemik ve diğ., 2005 a).

Ülkemizde iklim kayıtları sistematik bir şekilde 1930 yılında alınmaya başlanmış olup, uzun dönem değişimleri saptama açısından yeterli değildir. İklim kayıtlarının kısa oluşu, dendroklimatolojik çalışmaların önemini daha da artırmaktadır. Ülkemizde son yıllarda yapılan az sayıdaki dendroklimatolojik çalışma ile yağış tarihi hakkında önemli bilgilere ulaşılmıştır (Akkemik ve diğ., 2005 a). Kurak yıllar genellikle bir yıl, seyrek olarak iki ve Akdeniz Bölgesi'nde de bir kez üç yıl (1745-47) sürelidir. İki yıl süreli kurak dönem, Akdeniz Bölgesi'nde 7 kez, Karadeniz Bölgesi'nde de 5 kez yaşanmıştır. Kurak ve yağışlı yılların bazıları her iki bölge için ortak iken, büyük çoğunluğu farklı yıllardır (Akkemik ve diğ., 2005 b).

## **2.2. BİTKİLERDE SU STRESİ**

Su, bitki hayatında bütün H – bileşimleri için onsuz olamayacak bir yapı maddesidir. Su protoplazmanın yaşama faaliyetini mümkün kılar ve transpirasyon olgusunu ayakta tutar. Transpirasyon olgusu besin maddelerini köklerden alır ve yapraklara kadar götürür. Burada stomalar aracılığı ile su buharı halinde dışarı atılır. Su hareketliliği aynı zamanda fidanların içindeki sıcaklık düzenini de sağlar (Saatçioğlu, 1976).

Su eksikliği, belli bir seviyeye ulaştığı zaman hücre, ağaç ve meşcerenin çeşitli gelişme aşamalarında, fizyolojik olayları etkileyerek, ormanlardaki verimliliği etkilemektedir (Işık ve diğ., 2002).

Bir bitkinin su açığı, gelişimini sağlayan fotosentez, madde değişimi, turgor gibi fizyolojik süreçleri değiştirerek büyümesini yavaşlatmaktadır. Bu nedenle su stresi, bitki

gelişimini doğrudan doğruya etkilemektedir. Atmosferik ve edafik su açığının etkisi ise dolaylı olmaktadır (Çepel, 1993).

Su, bir çok habitata bitkinin fizyolojik ve ekolojik performansını sınırlayan birincil faktördür (Deligöz, 2007; Donovan ve diğ. atfen). Odunsu bitkilerde su eksikliği, tomurcuk oluşumu, yaprak büyümesi, sürgün uzaması, çap büyümesi ve yaprak dökümü üzerindeki olumsuz etkilerinden dolayı gövde büyümesinde azalmaya neden olmaktadır. Sabit büyümeli (monosiklik=büyümelerini vejetasyon mevsiminin belli bir süresinde yapan örneğin; kuzey çamları gibi) ağaç türlerinde kuraklık, içinde bulunan yıl içindeki tomurcuk oluşumunu etkileyerek, bir sonraki yılın sürgün uzunluğunu kontrol etmektedir. Tomurcuk şekillenmesi ve sürgün büyümesi konusunda kuraklığın önemi, sürgün uzunluğu ile, bir önceki yıla ait yağış miktarı arasındaki ilişkiyi göstermesi açısından önemlidir. Yaz boyunca sürgün uzamasına devam eden türlerde (polisilik), yaz ortalarında meydana gelen kuraklık, ilk sürgün sürme aşamasındaki tomurcukların büyümesini durdurmamaktadır. Ancak yeni tomurcukların içinde oluşup gelişecek sürgün uçlarının sayısını azaltabilmektedir (Işık ve diğ., 2002; Kozłowski ve Pallardy'e atfen).

Sıcaklıkta olduğu gibi bitkiler için suyun da en az "Minimum", en iyi "Optimum" ve en fazla "Maksimum" miktarları olmak üzere üç durum söz konusudur. Bu durumlardan silvikültür, özellikle Türkiye Silvikültürü bakımından ekolojik olarak en önemlisi, suyun minimum halidir. Bu faktörün minimum miktara yaklaşmış olmasının en belirli dış görünüş özelliği, yaprakların pörsümeye ve solmaya başlamaları ve sonunda kurumalarıdır. Su daha fazla azaldığı takdirde, bitki organlarının kuruduğu ve bitkinin tamamen öldüğü görülür. Buna "kuraklık ölümü" denir. Toprakta su miktarının maksimum olması da (uzun süren su baskını, durgun taban suyu) toprak ıslaklığı yapar ve kökler bu durumda yeteri kadar oksijen alamazlar ve bitki ölüme sürüklenir (Saatçioğlu, 1976).

Bitkiler yaşamları sürecinde birçok stres faktörü ile karşılaşmaktadırlar. Bitki üzerinde ender olarak tek başlarına etki yapabilen bu stres faktörleri, genellikle etkilerini eş zamanlı olarak gerçekleştirmektedirler. Biyotik (patojen, diğer organizmalarla yarış vb.) ve abiyotik (kuraklık, tuzluluk, radyasyon, yüksek sıcaklık veya don vb.) stresler

ekonomik önemi olan tahıllar dahil, tüm bitkilerin normal fizyolojik işlevlerinde değişikliklere yol açmaktadır. Tüm bu stresler bitkilerin normal fonksiyonlarını değiştirir ve bitkinin ölümüne yol açabilecek zararlara neden olabilir (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005).

Dünya üzerindeki kullanılabilir alanlar stres faktörlerine göre sınıflandırıldığında, doğal bir stres faktörü olan kuraklık stresi % 26'lık payıyla en büyük dilimi içermektedir. Bunu % 20 ile mineral stresi ve % 15 ile soğuk ve don stresi takip etmektedir. Bunların dışında kalan diğer tüm stresler % 29'luk bir pay alırken, yalnızca % 10'luk bir alan herhangi bir stres faktörüne maruz kalmamaktadır. Bu durumda, kuraklık stresi büyümeyi ve verimi etkileyen en yaygın çevresel streslerden biri olmaktadır (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005). Buna karşılık bitkiler, "kuraklıktan sakınma" ve "kuraklığa tolerans" şeklinde mekanizmalar geliştirmişlerdir. Kuraklıktan sakınma, bitkilerin fizyolojik, anatomik ve morfolojik özellikleriyle su kaybını engellemesidir. Kuraklığa tolerans ise bitkinin su kaybına maruz kaldığı halde, buna rağmen daha fazla süre kuraklığa dayanabilmesidir (Çalıköğlü, 2002; Levitt'e atfen).

Suyun tek başına veya diğer çevresel faktörlerle birlikte, yeryüzünde vejetasyon dağılımını belirleyen önemli bir faktör olduğu çeşitli araştırmacılar tarafından belirtilmiştir (Işık ve diğ., 2002).

Bitkideki su stresi veya su açığı, hücrelerin ve dokuların tam turgor durumunda olmadığını ifade eden bir terimdir. Su stresi, ancak duyarlı aletlerle ölçülebilecek çok küçük miktarlardan, bitkiyi sürekli pörsümeyle ölüme götürecekt derecede büyük miktarlara kadar değişebilir. Başka bir anlatımla, su açığı veya stresi, absorpsiyonla alınan su miktarının, transpirasyonla harcanan su kaybıyla azalmaya başladığı herhangi bir aşamada meydana gelebilir (Çepel, 1993).

Bütün bitkilerde öğle vaktinde bir su açığı meydana gelmektedir. Çünkü günün bu saatlerinde transpirasyon absorpsiyondan daha yüksektir. Öğle vaktindeki absorpsiyonun göreceli olarak düşük olması, bitkide su alımına karşı olan dirençten kaynaklanmaktadır. Bunda ayrıca, transpirasyonun çok şiddetli olması, topraktan fazla oranda su kaybı meydana gelmesi gibi olaylar da rol oynamaktadır. Her ne kadar

normalin üzerindeki transpirasyon, öğle vakti meydana gelen su açığının başlıca nedeni ise de, azalan toprak nemine bağlı olarak azalan absorpsiyon da, uzun süreli, periyodik su açığının başlıca nedenidir. Bu tür bir su açığı, bitki gelişimini en yüksek düzeyde etkileyen su açığıdır (Çepel, 1993).

Sonuç olarak bitkilerde su açığının meydana gelme nedenleri, iki grupta toplanabilir. Bunlardan biri bitkinin genetik özellikleri, diğeri de dış çevre koşullarıdır. Bunların dış çevre koşullarının en önemlileri ise aşağıdaki gibidir:

1. Bitkilerde meydana gelen transpirasyon hızı, genel olarak, stomaların açılması ve açık kalma süresi ile doğru orantılıdır. Bu da ışık şiddeti ile ilgilidir.

2. Bitkilerde su stresinin artmasında, özellikle soğuk kış dönemlerinde, topraktaki suyun donduğu ya da donmaya yaklaştığı koşullarda, termik stres etkisiyle de bir artış olabilmektedir. Örneğin, Atlas Sediri'nde (*Cedrus atlantica*) bu periyotta su potansiyeli değerinin -30 bar düzeyine düştüğü belirlenmiştir (Çepel, 1993; Munoz'a atfen).

3. Bitkilerde su açığının ortaya çıkmasında, toprağın kimyasal özellikleri ve bitki köklerinin absorpsiyon gücü belirleyici olabilmektedir. Köklerin geliştirdiği emme basıncı, toprağın potansiyel emme gücünden daha yüksek olduğu koşullarda, suyun absorpsiyonu gerçekleşebilmektedir.

Bitkiler kökleriyle temas halinde oldukları topraktan absorpsiyon yoluyla su alırlarken, aynı zamanda toprak üstü organlarında cereyan eden, özellikle transpirasyonla atmosfere su vermek durumundadırlar. Dolayısıyla, kara bitkilerinin bir taraftan köklerinin emme gücü ile toprağın potansiyel ozmotik basıncını (emme gücünü) yenebilmesi, diğer taraftan da atmosferin emme basıncına karşı koyabilmesi gerekir. Genelde odunsu bitkiler için 15 atm.'e ulaşan emme gücü değeri, sürekli solma noktası olarak kabul edilmektedir. (Dirik 1989; Kramer and Kozlowski ve Çepel'e atfen). Atmosfer tarafından bitkilere uygulanan emme basıncı da oldukça yüksek değerlerde olabilmektedir. Bu değer, % 99'luk bağıl nemde 13.5 atm., % 50 oranındaki bağıl

nemde ise 933 atm.'dir (Dirik 1989; Selik'e atfen). Böylece bitkiler, koşullara göre değişen bir su gerilimi altında bulunmaktadır.

Su açığı, bitki gelişimi ile çok yönlü ilişkilere sahiptir. Bitkinin anatomisi, morfolojisi ve fizyolojisi ile biyokimyası üzerinde önemli roller oynamaktadır. Bu etkileri meydana getiren faktörler ve süreçler çok çeşitlidir. Örneğin belirli bir turgor basıncı, hücrelerin çeşitli fizyolojik işlevlerini yerine getirmesini sağlar. Çünkü bitkilerdeki metabolizma olayları, stoma aktiviteleri, bitki kısımlarının çeşitli hareketleri, hatta enzim fonksiyonları için bitkide normal bir turgor sürecinin gerçekleşmesi gerekir. Bilindiği üzere, protoplazmanın görevini yapabilmesi için de belirli bir su içeriğine gereksinim bulunmaktadır. Gerçekten yapılan çeşitli araştırmalar, su açığının artmasıyla fizyolojik süreçlerin yavaşladığını veya durduğunu ortaya çıkarmıştır (Çepel, 1993).

Boydak ve diğ.'leri (2002), Türkiye'nin farklı biyo-iklim bölgelerine ait *Pinus brutia* orijininin çimlenmesinde su stresinin etkileri incelenmiştir. Ozmotik potansiyelin azalması ile çimlenme yüzdesi, çimlenme hızı ve çimlenme değerinin de önemli ölçüde azaldığı anlaşılmıştır.

Bitkinin su açığı, özellikle bazı gelişim aşamalarında etkilidir. Örneğin, tozlaşma ve dölleme devrelerinde önemi daha da artar. Ayrıca bitki yapısında önemli rollere sahiptir. Yaprak genişliği, hücre büyüklüğü, kutikula oluşumu, palisat tabakalarının kalınlığı üzerinde önemli derecede etkili olur. Su açığının fazla olması halinde, sözkonusu bu etkilerle bitkide, kseromorfik bir anatomi ve fizyoloji meydana gelir. Su açığından zarar görme, başka bir anlatımla kuraklığa dayanıklılık bitki cinslerine göre değiştiği gibi, aynı cinsin çeşitli türlerine göre de değişir (Çepel, 1993).

Su açığı hücre bölünmesini, büyümesini, solunumu, protoplazmanın hidratlanmasını, karbonhidrat ve azot metabolizmasını olumsuz yönde etkiler. Gerçekten, bitkide su açığı artınca RNA ve DNA genleri parçalanır; protein azalır; fotosentez düşer. Madde sentezleri ve maddelerin yer değiştirmesi durur. Karbonhidratlar ve proteinler hidroliz olarak parçalanır. Sonunda da protoplazmada dehidratasyon meydana gelir ve buna bağlı olarak da hücre ve dokular ölmeye başlar (Çepel, 1993).

Su stresi, her zaman için zararlı değildir. Orta derecedeki su açığının bazı koşullarda tarımsal ürünlerin niteliğini yükselttiği bildirilmektedir (Çepel, 1993; Kramer'e atfen). Örneğin elma, armut, şeftali ve eriklerin meyve niteliği, buğdayın protein içeriği orta derecedeki su açığı ile artmaktadır.

Su açığı veya su stresinin yararları ormancılıkta da sözkonusudur. Özellikle fidanlık ve ağaçlandırmalarda önemli etkilere sahiptir. Örneğin, su stresi fazındaki bitkilerin genel fonksiyonlarının analiz edilmesinden elde edilen bulgular, su açığının dikime bağlı şok etkisini azaltabileceğini göstermiştir. Gerçekten, su stresi fazında biyolojik fonksiyonlarda bir yavaşlama görülmektedir. Bu aşamada bitkinin kök ve toprak üstü kısımlarının büyümesi yavaşlamakta veya tamamen durmaktadır. Fakat bu devrede köklerde asimilatlar (fotosentez ürünleri) biriktirilmekte ve nem bakımından normal koşullara dönüldüğünde, bu asimilatlar yardımıyla normalin üzerinde bir fotosentetik aktivite ve buna bağlı olarak da hızlı bir kök gelişimi ve yeni kök oluşumu meydana gelmektedir. Böylece, ağaçlandırmalarda, fidan için bu koşulların sağlanması halinde dikim şoku çok kolay atlatılmaktadır. Bu konuda, çöl ve step bitkileri üzerinde yapılan gözlemlerle uzun kuraklık dönemlerinden sonra, yağın kısa süreli yağmurların bitiminde, bir-iki saat içinde birkaç santimetre uzunluğunda kök geliştirebildikleri belirlenmiştir. Bu açıdan, ağaçlandırma çalışmalarında tutma başarısı yüksek olmayan türlere ait fidanların ekim ya da repikaj yastıklarından sökülerek ağaçlandırma sahasına götürülmeden önce belli bir süre su stresi ile koşullandırılması, daha erken ve kuvvetli bir kök yenilemesini sağlamaktadır. Böylece fidanların tutma başarısı güvence altına alınabilmektedir (Çepel, 1993). Benzer şekilde, kuraklık ile koşullandırılan Lübnan sediri fidanlarının, sürekli sulanan fidanlara göre daha erken ve kuvvetli kök rejenere ettikleri belirlenmiştir (Boydak ve Dirik, 1990).

Dirik (1991) tarafından Kızılçamlar üzerinde yapılan kuraklıkla koşullandırılan fidanların, dikimden sonra oldukça yüksek bir tutma başarısı gösterdikleri belirlenmiştir. Bu ve benzeri diğer bulguların bilimsel açıklaması şu şekilde yapılabilir. Fidanların ekim veya repikaj yastıklarından sökülerek dikim alanlarına götürülmesinden önce uygulanan su stresi ile koşullandırma işlemi:

1. Su alımı, fotosentez aktivitesi ve büyüme gibi fizyolojik süreçleri osmoregülasyon ile elverişli hale getirmektedir.
2. Yeni köklerin oluşturulması için gerekli olan karbonhidratların (glusidler) köklerde birikimini sağlamaktadır.

Bu fizyolojik süreçler, elverişli bir ortama dikilen fidanların yeni kök geliştirmesi, mevcut köklerin gelişimi için bir hız ve enerji kaynağı olmaktadır (Çepel, 1993).

Fakat bütün bunlara karşın, su açığının zararlı yönleri ağır basmaktadır. Genel olarak bitkiler ne kadar çok su harcarsalrsa o kadar çok kuru madde (biyolojik kütle) meydana gelmektedir. O nedenle, yeterli besin maddesi ve sıcaklık bulunması koşuluyla, nemli yetiştirme ortamlarında kök yayılışı da optimum ise ürün artar. Bunun tipik örneği daha önce de belirtildiği gibi stepelerde görülür. Stepelerde biyolojik kütle üretiminin yağış miktarıyla sıkı ilişkilere sahip olduğu belirtilmiştir. Bir araştırmaya göre step bölgelerinde 100 mm'lik bir yağış artışı, hektardan 1000 kg daha çok ürün alınmasını sağlamaktadır. Bu husus, hiç kuşkusuz bitkinin optimum su bilançosunda, fizyolojik işlevlerini optimum düzeyde yapabilmesinden kaynaklanmaktadır. Optimum koşullarda bir birim biyolojik kütle üretilebilmesi için 200 – 500 birim suya gereksinim bulunması, bitkisel üretim ile su arasında ne kadar sıkı bir ilişki olduğunu göstermektedir (Çepel, 1993).

Bitkiler, kuraklığa dayanma yeteneklerine, özellikle değişik su ihtiyaçlarına göre ise “Kserofitler” (Xerophyt), “Higrofitler” (Hygrophyt), “Mezofitler” (Mesophyt) ve “Tropofitler” (Tropophyt) olmak üzere dört ana gruba ayrılmıştır. Kserofitler kuraklığa büyük ölçüde uyarlar ve dayanırlar. Higrofitler kuraklığa karşı hassas olan türlerdir. Mezofitler su ihtiyaçları ve kuraklığa dayanma kabiliyetleri bakımından, her iki ekstrem grubun ortasında yer alırlar. Trofitler ise su ihtiyaçları bakımından mevsime (yağmurlu ve kurak devreler, monzun ormanları) göre değişik durumdadırlar. Yani vejetasyon zamanı içinde mezofit karakter gösterir. Buna karşılık, vejetasyon zamanı dışında da soğuk iklimlerde özellikle kışın meydana gelen fizyolojik kuraklığa karşı dayanmak suretiyle, kserofit karakter gösterir. Orman ağaçlarının birçokları bu gruba girmektedir (Saatçioğlu, 1976).

Bu gruplara giren bitkiler habitus, yaprak şekli ile kök sistemi bakımından belirli özelliklere ve özellikle uyuşma şekillerine ve niteliklerine sahiptirler. Genellikle kserofitlerin toprak üstündeki organları daha az bir yüzey gelişmesi gösterirler (Fundalar, Katırtırnakları, Akdeniz'in yağmurca çok fakir yazlarına uyum sağlayan sert, çoğu zaman kalın ve derimsi yapraklara sahip maki çalıları ve benzerleri). Kserofit bitkiler yetiştikleri bölgelerin kuraklık şartlarına uymak için, gömülü veya kapanabilen stomalar veya keçemsi, tüylü organlar veya organlar üzerinde balmumu örtüsü gibi koruma tertibatına sahiptirler. Buna karşılık, higrofit bitkiler çoğu zaman büyük, ince, narin, tüysüz, bileşik yapraklı (örneğin; Dişbudak) olurlar. Bunlarda epidermis çoğu zaman incedir (Saatçioğlu, 1976).

Kserofit bitkiler nem şartlarının elverişsizliği nedeniyle yaşayabilmeleri için derin toprak tabakalarından rutubet almak zorundadırlar. Bu nedenle, genellikle higrofit yahut tropofit bitkilere göre çok daha derine giden kök sistemlerine sahiptirler (örneğin; Pinus) (Saatçioğlu, 1976).

### **2.3. BİTKİ SU POTANSİYELİ**

Su potansiyeli, suyun serbest enerjisi olarak nitelenebilir. Burada sözkonusu olan "Su Potansiyeli", bitki hücresindeki suyun serbest enerjisi, başka bir anlatımla suyun iş görme yeteneği olarak tanımlanabilir. Bitkinin su açığının veya bitki su stresinin karakterize edilebilmesi için, en kullanışlı ve en doğru yaklaşımın "Bitki Su Potansiyeli"nin ölçülmesi olduğu kabul edilmektedir. Su potansiyeli ölçü birimi olarak "Basınç" kabul edilmiştir. Basınç ölçü birimi olarak atmosfer kullanıldığı gibi, bitki ekolojisi araştırmalarında "Megapaskal" deyimini de kullanılmaktadır. 1 megapaskal, yaklaşık olarak 10 atmosfer veya yaklaşık 10 bar olarak kabul edilmektedir (Çepel, 1993).

Bitki su potansiyelini ölçmek amacıyla geliştirilmiş çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bunların başlıcaları;

- Sıvı Dengeleme Yöntemi (liquid equilibration),
- Gravimetrik Yöntem,
- Fizikometrik Yöntemler,

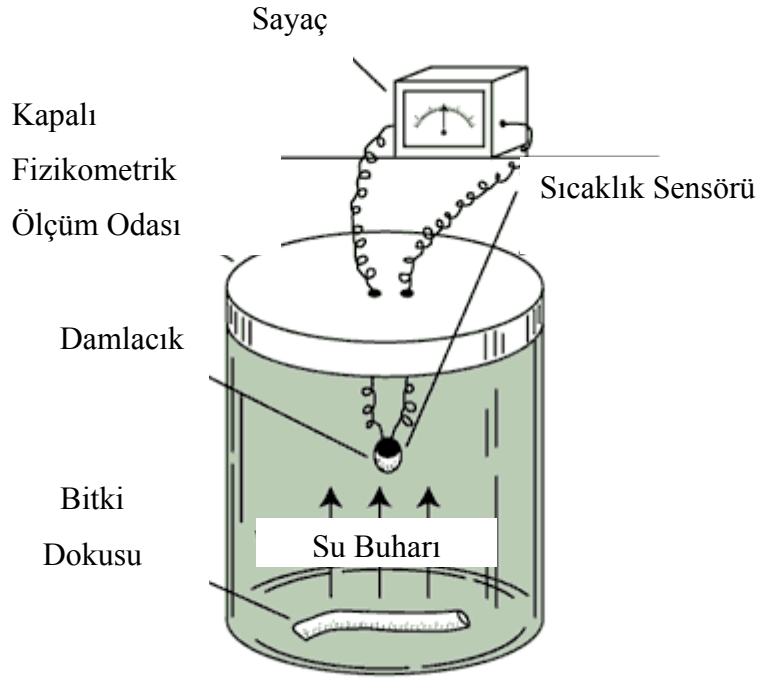
- Yoğunluk (density) Yöntemi,
- Hidrolik Basınç Yöntemi,
- Donma Noktası Gerilimi Yöntemi,
- Basınç Probu Yöntemi,
- Basınç Odası Yöntemi

şeklinde sıralanabilir (Çepel, 1993; Deligöz, 2007; Taiz ve Zeiger, 2006).

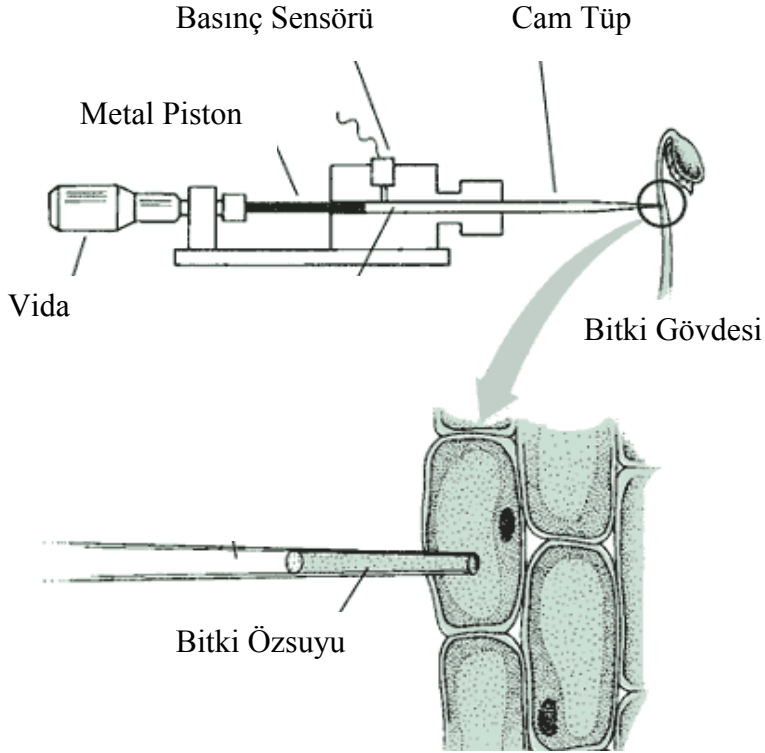
Sıvı dengeleme yöntemi (liquid equilibration), zahmetli ve zaman alıcıdır. Aynı zamanda, güvenilir sonuçlar da vermemektedir. Fizikometrik yöntem ile çok hassas ölçümler yapılabilen; fakat, gelişmiş özel laboratuvar şartlarını gerektirmektedir. Hidrolik basınç yönteminin ise, kullanımı oldukça kolay ve ekonomiktir. Gravimetrik yöntem ile su potansiyeli belirlenmemekte, sadece fidanın su içeriği hakkında bize fikir vermektedir. Yoğunluk (density) yöntemi, ekipmanları taşınabilen, ekonomik ve hızlı bir yöntemdir. Ne elektriğe ne de gaz basıncına ihtiyaç vardır. Fakat, su potansiyeli bileşenlerini bu yöntem ile tahmin etmek mümkün değildir (Deligöz, 2007).

Bir Fizikometrik yöntem olarak bilinen Isopiestic Fizikometri Boyer ve Knipling (1965) tarafından geliştirilmiştir. Bitki dokusu, içerisinde sıcaklık sensörü bulunan kapalı bir oda içerisine yerleştirilir (Şekil 2.1). Oda içerisindeki sıcaklık sensörü, çözünen ve konsantrasyonu bilinen küçük bir damla ile temas halindedir. Oda içerisinde meydana gelen buharlaşma ile soğuma meydana gelmekte ve damlacık vasıtasıyla bu değişim sıcaklık sensörüne iletilmektedir. Bu sayede bitki dokusundaki su potansiyeli belirlenmektedir (Taiz ve Zeiger, 2006).

Bitki hücrelerinin küçük boyutlarda olması nedeniyle, turgor basıncının doğrudan ölçülmesi için uygulanacak yöntemlerin geliştirilmesi uzun zaman almıştır. Almanya'da Ernest Steudle, Ulrich Zimmermann ve arkadaşları (1978) tarafından basınç probu geliştirilmiştir. Basınç probu küçük bir şırıngaya benzer (Şekil 2.2). Bitki gövdesine batırılarak bitki hücresindeki suyun cam tüpe dolması sağlanır. Burada meydana gelen basınç, basınç sensörüyle algılanarak bitki hücresindeki turgor basıncı bulunur (Taiz ve Zeiger, 2006).

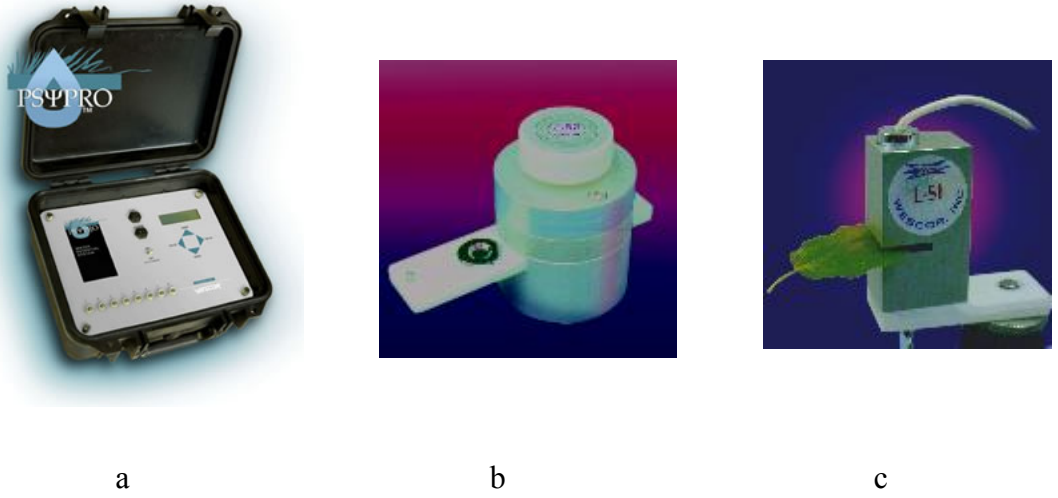


Şekil 2.1 : Isopiestic Fizikometri yöntemiyle su potansiyelinin ölçümü (Taiz ve Zeiger, 2006).



Şekil 2.2 : Basınç Probu yöntemiyle bitki hüresindeki turgor basıncın ölçümü (Taiz ve Zeiger, 2006).

Tüm bu yöntemlere ek olarak, günümüzde bitki su potansiyelinin belirlenmesinde daha teknolojik cihazlar da kullanılmaktadır. Şekil 2.3 a'da Wescor- Psypro cihazında toprak ve bitki fizikometrik sensörü bulunmaktadır. Bu sayede hem toprakta hem de bitkide bulunan su potansiyeli tek bir cihazla bulunabilmektedir. Şekil 2.3 b'de Wescor – C-52 cihazıyla küçük toprak ve yaprak örneklerinin su potansiyelleri ölçülebilmektedir. Şekil 2.3 c'de Wescor – L-51 cihazıyla yaprak su potansiyeli doğrudan bulunabilmektedir (Anonim, 2010 b).



Şekil 2.3 : Bitki su potansiyelinin ölçümünde kullanılan cihazlar (Anonim, 2010 b).

Bitki su durumu, bu yöntemlerin bazılarında, kullanılan gerecin ekranına yansıyan frekans dalgaları halinde, bazılarında ise doğrudan rakam olarak saptanır. Rakam olarak okunan değer bar'dır (Deligöz, 2007).

Fidanların su potansiyelinin belirlenmesinde kullanılan en iyi yöntem ise basınç odası yöntemidir. Basınç odası yöntemi ile basit ve hızlı ölçümler yapılabilmekte ve doğru sonuçlar alınabilmektedir. Bu yöntem; su potansiyeli, osmotik ve turgor potansiyelinin belirlenmesinde, relatif su içeriğinin tespitinde, kök sistemlerinin hidrolik iletkenliğin ölçümünde ve köklerdeki aşırı soğuktan kaynaklanan tahribatların tespitinde kullanılabilir. Ayrıca, söküm ve paketlenme sürecinde oluşan su stresinin belirlenmesinde ve fidanlıklarda sulama programı hazırlamada da tercih edilir (Deligöz, 2007).

Deligöz (2007), Turner'a atfen, basınç odasının yaprak, dal ve az miktarda da olsa köklerde basınç hacim ilişkileri ve toplam su potansiyeli ölçümlerinde, geniş bir kullanım alanına sahip olduğunu belirtmiştir. Çalışmada, basınç odasının kullanımındaki bazı fayda ve önlemler yeniden gözden geçirilmiş ve tartışılmıştır. Basınç odasının, bitkilerin hidrolik dayanıklılığı, ksilemin değişik noktalarındaki su potansiyeli, ksilemde toplanan özsuyu vb. belirlemek için kullanılabilmesine ilişkin açıklamalarda bulunulmuştur.

Basınç Odası Yöntemi ve Fizikometrik Yöntemler aynı zamanda total su potansiyelini bileşenlerine ayırmayı da sağlamaktadır. Basınç Odası Yöntemi, Amerika Birleşik Devletleri'nde Scholander et al tarafından geliştirilmiştir (Çepel, 1993 ve Dirik, 1989). Waring ve Cleary (1967), Basınç Odası Yöntemi'nin çalışma prensibini ve uygulamasını detaylı bir şekilde anlatmışlardır.

Scholander Basınç Odası veya Basınç Bombası genel olarak; basınç odası ve gaz tüpü olmak üzere iki ana parçadan oluşur. Gaz tüpünde kuru gaz olması ve sağlığa zararlı olmaması nedenlerinden, genellikle Azot (N) gazı kullanılır. Gaz tüpü bir hortum ile basınç odasına bağlanır ve basınç odasının yanında oda içindeki basıncı gösteren monometre bulunur (Çepel, 1993).

Dirik'in (1991), yapmış olduğu araştırmada, Kızılcım türünde bazı önemli fidan karakteristikleri ile dikim başarısı arasındaki ilişkiler ortaya konulmuştur. Bu açıdan fizyolojik fidan karakteristikleri kapsamında fidan tazeliği konusu ele alınmıştır. Bunun için kök ve sürgün dokularına ait teorik sınır değerler ve bunun uygulamadaki geçerlilik düzeyleri irdelenmiş ve kritik su potansiyeli değerinin belirlenmesi yoluna gidilmiştir. Scholander Basınç Odası kullanılarak yapılan deneyler sonucunda, bir fidanın dikimi sırasındaki su potansiyeli değerinin, onun tutma şansı ve büyümesi üzerinde belirleyici bir role sahip olduğu anlaşılmıştır.

Yine Dirik (1994 a, 1994 b, 1999, 2000) yapmış olduğu birçok araştırmada fidanların sahip oldukları su potansiyeli değerlerini Scholander Basınç Odası'nı kullanarak belirlemiş ve çalışması kapsamında ilişkilendirmiştir.

Semerci (1994), yapmış olduğu su potansiyeli ölçümleri ile Doğu Ladini fidanlarının söküm, depolama ve şaşırtma işlemlerinin yapılma zamanını saptamıştır. Benzer şekilde Deligöz (2007) de Anadolu Karaçamı fidanlarında söküm, depolama ve dikim zamanını bulmada aynı yöntemi kullanmıştır.

Ülkemizde kuraklığa ilişkin birçok araştırmada, fidanların sahip oldukları su potansiyeli bileşenleri Scholander Basınç Odası yöntemi uygulanarak bulunmuştur (Çalıkoğlu, 2002; Işık ve diğ., 2002; Semerci, 2002; Çalıkoğlu ve Tilki, 2004; Kilis, 2007; Deligöz, 2007; Bilgin, 2008; Bulut, 2008).

Bir bitkinin su potansiyeli farklı bileşenlerden oluşmaktadır. Bir formül ile ifade edilecek olursa, bir bitkinin su potansiyeli değeri ( $\Psi_w$ );

$$\Psi_w = \Psi_p + \Psi_{\Pi} + \Psi_m$$

eşitliği ile belirtilebilir (Ritchie ve Shula, 1984). Burada;

$\Psi_w$  = Toplam su potansiyeli (Mpa veya bar)

$\Psi_p$  = Turgor potansiyeli (Mpa veya bar)

$\Psi_{\Pi}$  = Hücre osmotik potansiyeli (Mpa veya bar)

$\Psi_m$  = Matrikal potansiyel (Mpa veya bar)

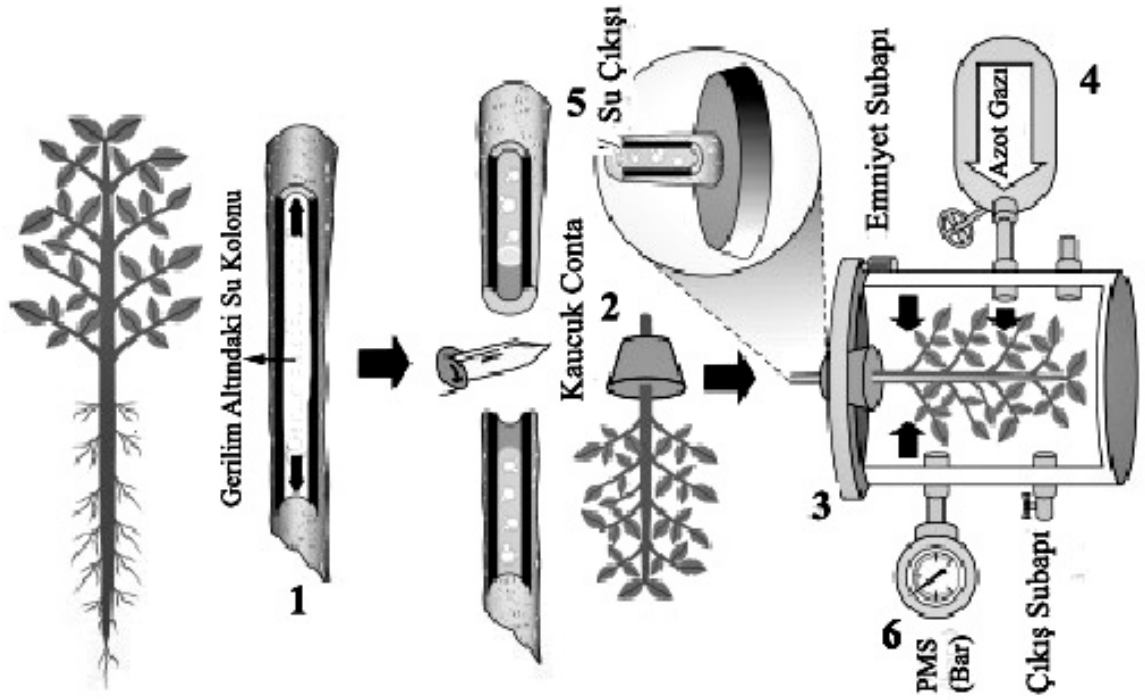
değerlerine karşılık gelmektedir.  $\Psi_m$  çok küçük ve ihmal edilebilir bir değer olduğundan genellikle formül;

$$\Psi_w = \Psi_p + \Psi_{\Pi}$$

şeklinde kullanılmaktadır (Ritchie ve Shula, 1984).

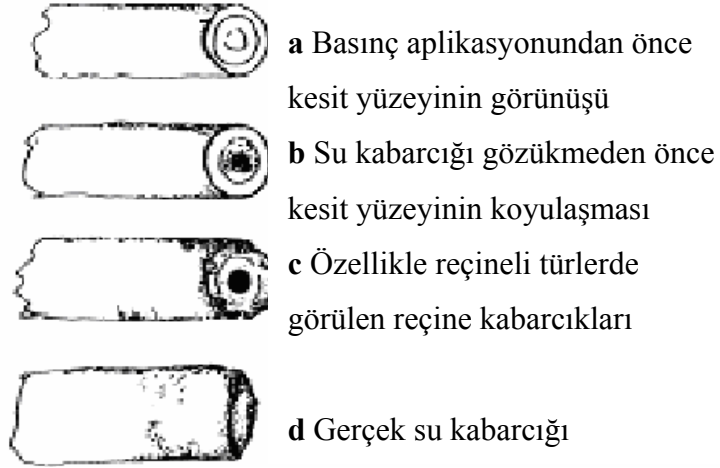
Scholander Basınç Odası Yönteminin uygulanışı şu şekildedir: Basınç odası hacmine uygun yapraklı bir sürgün parçası kesilerek vakit geçirilmeden basınç odasına yerleştirilmesi gerekir. Öncelikle ölçülecek organ bitkiden kesilir. Kesimden önce ksilemdeki su kolonu gerilim altındadır. Organ kesilerek su kolonu bölündüğünde, canlı

hücre etrafındaki ksilemdeki su, osmoz olgusuyla hızla kesim yüzeyinden uzaklaşır. Sonuçta, kesim yüzeyi donuk ve kuru gözüktür. Bitkinin kesilen bu parçası kesim yüzeyi dışarıda kalacak şekilde basınç odasına yerleştirilip, ksilemdeki su kesim yüzeyine geri gelinceye kadar, oda içine yavaş yavaş azot gazı verilir (ksilem kanalı ve canlı hücre arasındaki su dağılıncaya kadar oda içindeki gaz sıkıştırılır). Bir süre sonra, kesim yüzeyi ıslak ve parlak renkte görünür (Şekil 2.4 ve Şekil 2.5). Yüzeye suyu geri getirmek için, gereksinim duyulan bu basınç “denge basıncı” olarak adlandırılır (Deligöz 2007; Taiz ve Zeiger’ e atfen). Bu anda manometreden okunan basınç değeri, ters bir ifade ile bitkinin örnekleme anında sahip olduğu su potansiyeli (ksilem su potansiyeli) olarak kabul edilir.



1- Sürgün 2- Kauçuk conta 3- Basınç odası 4- Tüp 5- Su kabarcığı 6- Manometre.

Şekil 2.4 : Basınç odası gerecinin şematik görünüşü ve basınç odası tekniğinin uygulandığı [Richie ve Landis’e atfen Deligöz (2007)’den].

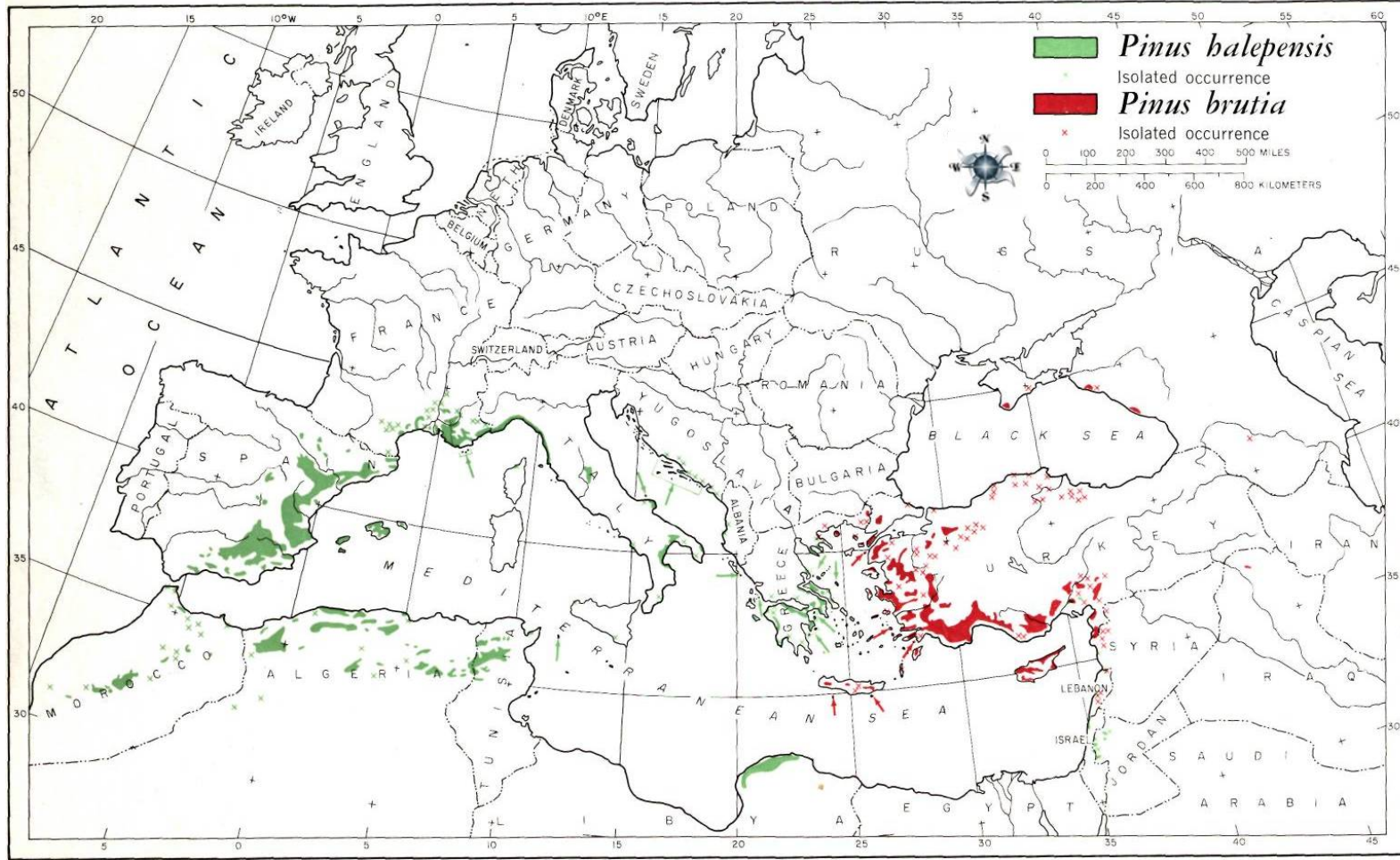


Şekil 2.5 : Basınç altındaki sürgünün kesit yüzeyinde görülen reçine ve su damlaları ile oluşan su bombesi [Cleary ve Zaerr'e atfen Deligöz (2007)'den].

#### 2.4. KIZILÇAMA İLİŞKİN GENEL BİLGİLER

Kızılçam, Akdeniz havzasında gerçekleştirilen ağaçlandırma çalışmalarında, Halepçamı ile birlikte önde gelen ibreli türlerden biridir. Ancak başta kuraklığa dayanıklılık olmak üzere, ekofizyolojik kapsamda gerçekleştirilen araştırmalarda, ağırlıklı olarak Halepçamı üzerinde durulmuştur. Kızılçamın ekofizyolojisi ise, yabancı ülkelerde Halepçamı ile kıyaslamalı birkaç araştırmada, kısmen de ülkemizde gerçekleştirilen bazı araştırmalarda, sınırlı düzeyde ele alınmıştır (Boydak ve diğ., 2006).

Genel görünümü ile Halepçamına benzeyen, bazı botanikçiler tarafından Halepçamının bir varyetesi (*P.halepensis* Mill.var.*brutia* (Ten.) Henry) olarak kabul edilen Kızılçam, birtakım morfolojik ve anatomik özellikleri ile ondan kesin olarak ayrılır (Yaltırık ve Efe, 2000). Genelde Doğu Akdeniz ülkelerinde yayılış yapan Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Akdeniz ikliminin tipik bir ağaç türüdür. Kızılçam, doğal yayılışının büyük bir bölümünü (% 85) Türkiye'de yapar (Şekil 2.6). Ana yayılışını Türkiye'de oluşturması nedeniyle de bilimsel çevrelerde "*Turkish red pine*" olarak da adlandırılmaktadır (Boydak ve diğ., 2006). Türkiye dışındaki yayılış alanları Yunanistan, Suriye, Lübnan, Irak ve Kıbrıs'tır (Nahal, 1986; Quezel, 1986; Critchfield ve Little, 1966; Boydak, 2004; Boydak ve diğ., 2006).

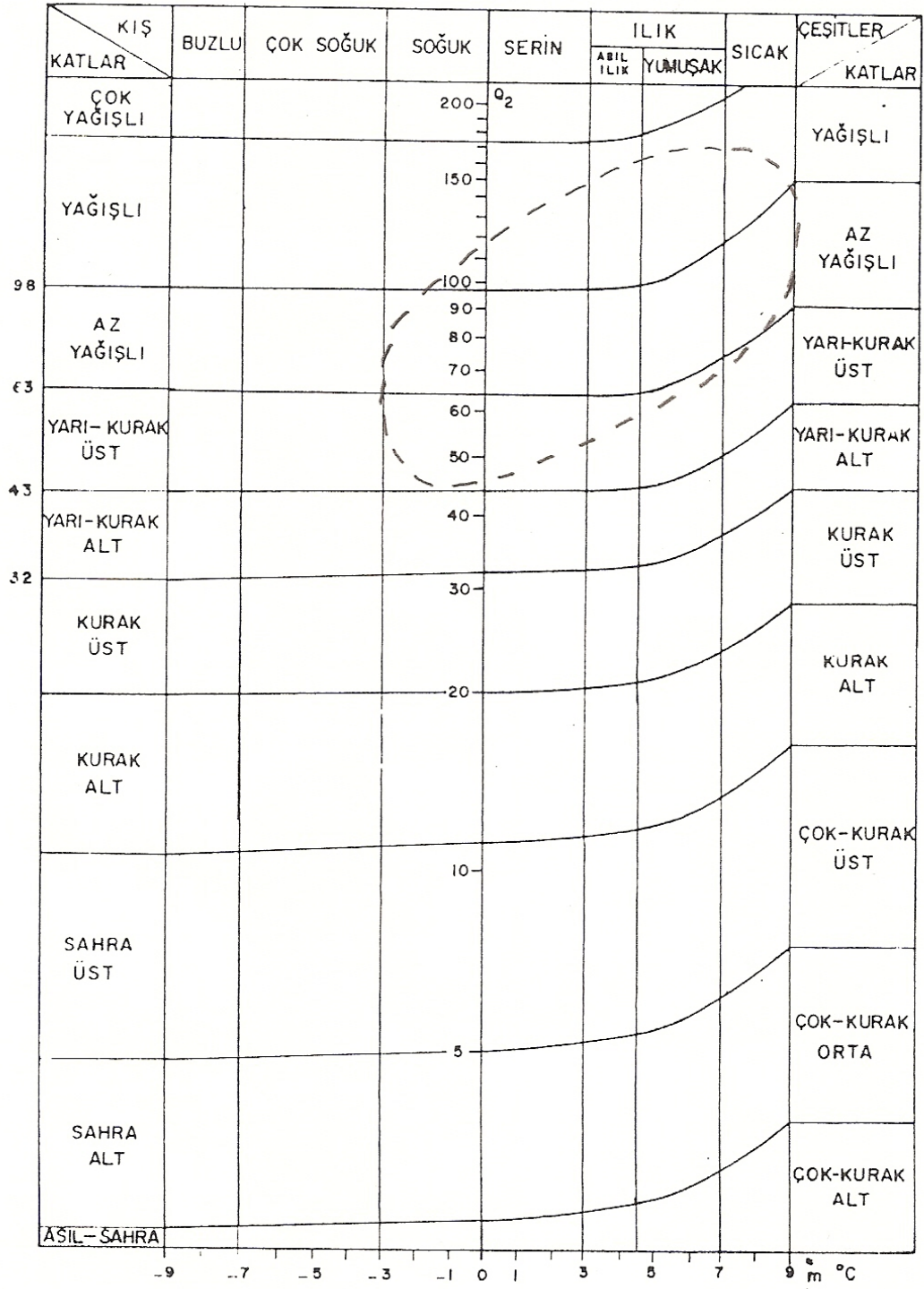


Şekil 2.6 : Kızılcamın doğal yayılış alanları (Critchfield ve Little, 1996).

Kızılçam genel olarak yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı olan Akdeniz iklimi bölgelerinde yayılış göstermektedir. Bu açıdan Kızılçam kurak ve sıcak koşullara uyum sağlamış bir türdür (Boydak, 2004; Boydak ve diğ., 2006). Saatçioğlu (1976) ülkemizdeki Kızılçamın yayılışı ile Akdeniz ikliminin egemen olduğu bölgeler arasında büyük bir benzerlik olduğunu belirtmektedir. Sıcaklık isteği yüksek, donlara hassas ve karasal iklimlerden kaçınmaktadır. (Saatçioğlu ve Pamay, 1962). Sıcak – çok sıcak yazlar ve ılıman kışlar, yıl boyunca ılıman bir deniz havası etkisi, kış aylarında yoğunlaşan mutedil yağış miktarları ile çok kurak yazlar, özellikle yazın güneşli ve az bulutlu havaların uzun süreleri kapsaması, Akdeniz tipi ekosistemlerinin iklim özellikleri arasında yer alır (Leizs, 1982).

Kızılçamın mutlak bağlılık gösterdiği Akdeniz iklimi, değişik yöntemlerle sınıflandırılmış ve nitelendirilmiştir. Bunlardan birisi, Akdeniz iklimini Türkiye koşullarında ve genel kapsamda değerlendiren Erinç yöntemi; diğer bir yöntem ise tüm Akdeniz eko – rejyonu genelinde ve Akdeniz vejetasyonunu da dikkate alarak, daha ayrıntılı bir şekilde ele alan Emberger Biyoiklim Sınıflandırmasıdır (Boydak ve diğ., 2006).

Emberger Biyoiklim Sınıflandırması Yöntemi, özellikle Akdeniz havzasındaki iklim ve vejetasyonu esas alan bilimsel çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Kızılçamın doğal yayılış alanı,  $Q_2$  (yağış – sıcaklık indisi) ve  $m$  (en soğuk ayın ortalama minimum sıcaklığı) katsayılarına göre çizilen “Emberger klimagramı” üzerinde gösterilmiş ve yayılış gösterdiği biyoiklim katları ile varyantları belirtilmiştir (Şekil 2.7). Genel olarak Kızılçam için  $Q$  katsayısı 40 ile 150,  $m$  katsayısı da -5 ile 12 arasında değişmektedir. Düşük  $m$  değerleri özellikle Torosların yüksek ve iç kesimlerindeki yayılış alanları için söz konusudur. Kızılçamın doğal yayılış alanlarının yaz kuraklığı indisi ( $s$ ), ekstrem lokal yayılışlar hariç tutulursa, genel olarak 0.1 ile 3 arasında değerler göstermektedir (Boydak ve diğ. 2006).

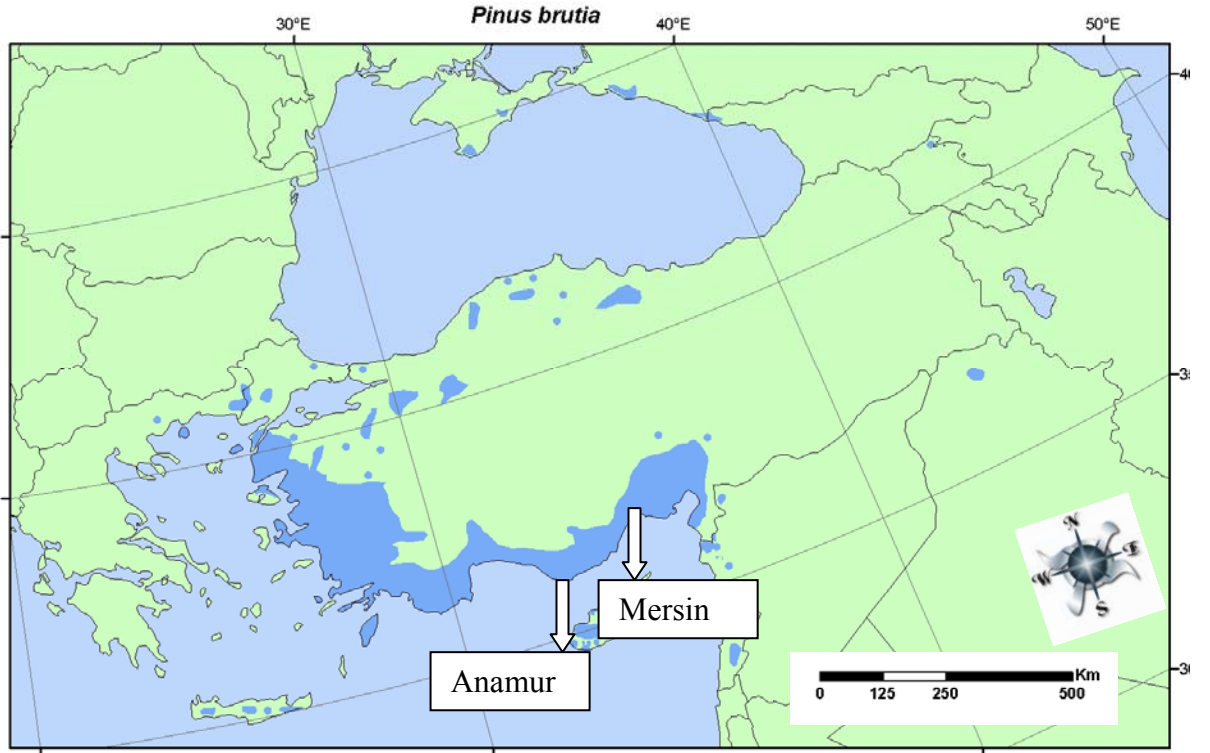


Şekil 2.7 : Emberger klimagramına göre Kızılcım türünün doğal yayılış alanları (-----) (Akman, 1999).

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. MATERYAL

Araştırma kapsamındaki denemeler, 8 farklı Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) orijini üzerinde yürütülmüştür. Mersin ve Anamur yörelerinden 0 – 400 m, 400 – 800 m, 800 – 1200 m ve 1200 m üstü yükselti basamaklarından Kızılcım kozalakları Araş. Gör. Dr. Bilal ÇETİN tarafından toplanmıştır (Şekil 3.1 ve Tablo 3.1).



Şekil 3.1 : Araştırmada kullanılan Kızılcım orijinlerinin Türkiye'deki yerleri (Anonim, 2010 a).

Anamur ve Mersin'den iki kesit halinde ve 4'er yükselti basamağından toplanan Kızılcım kozalaklarından elde edilen tohumlar, İstanbul Bahçeköy Orman Fidanlığı'nda yetiştirilmiştir. Fidanlığın kaplı fidan yetiştirme alanında uygun bir yer ayrılmış ve 28 Mart 2007 tarihinde, çapı 5cm, derinliği 16cm olan Enso (roket) tipi kaplara tohumlar

ekilmiştir. Her kaba fidan oluşumunu garanti altına almak için 5'er adet tohum ekilmiştir. Her bir gözde en sağlıklı 1 adet fide kalacak şekilde, 03 Temmuz 2007 tarihinde fazla olan fideler kesilerek, tekleme işlemi yapılmıştır. Orijinlere eşit yetiştirme koşulları sağlayabilmek amacı ile, Enso (roket) tipi kaplar, fidanlık içerisinde ayrılan alana rastgele dağıtılmıştır.

Kaplı fidanlar 4 Ağustos 2008 tarihine kadar, normal yetiştirme koşullarında fidanlıkta bekletilmiştir. Laboratuvar çalışmaları İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Silvikültür Anabilimdalı Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Araştırmada kullanılan araç, gereç ve sarf malzemeleri; Klima dolabı, Scholander basınç odası, saf su cihazı, kurutma fırını, elektronik hassas terazi, cam petri kapları, filtre kâğıtları ve büyüteçtir.

Araştırmanın yapıldığı iki kesite en yakın Anamur ve Mersin Meteoroloji istasyonlarının, 1975-2008 yılları arasındaki bazı ortalama iklim verileri ve Emberger biyoiklim sınıflandırmasına ilişkin bilgiler tablo 3.2, 3.3 ve 3.4'te belirtilmiştir.

Tablo 3.1 : Anamur ve Mersin kesitlerinde tohumların toplandığı 4'er farklı yükselti kuşağındaki meşcerelere (orijinlere) ait bilgiler (Çetin, 2010).

Orijin No	Kesitler	Yükselti Kuşağı (m)	Kozalak Toplanan Yükseklik (m)	Bakı	Koordinatlar	İşletme Müdürlüğü ve Şefliği
1	Anamur	0-400	100-200	Güney	N:36° 07' 26" E:32° 47' 06"	Anamur, Sarıyayla
2		400-800	450-550	Güney, Güney-Batı	N:36° 08' 29" E:32° 46' 54"	Anamur, Sarıyayla
3		800-1200	850-950	Güney	N:36° 09' 36" E:32° 45' 53"	Anamur, Sarıyayla
4		≥1200	1300-1350	Güney, Güney-Batı	N:36° 14' 12" E:32° 55' 04"	Anamur, Çaltıbüğü
5	Mersin	0-400	100-200	Güney	N:36° 42' 34" E:34° 20' 14"	Erdemli, Alata
6		400-800	450-550	Güney, Güney-Batı	N:37° 07' 36" E:34° 48' 22"	Tarsus-Gülek
7		800-1200	850-950	Güney, Güney-Batı	N:37° 13' 48" E:34° 47' 16"	Tarsus-Gülek
8		≥1200	1250-1350	Güney	N:37° 13' 13" E:34° 39' 10"	Tarsus-Gülek

Tablo 3.2 : Anamur meteoroloji istasyonunun 1975-2008 yılları arasındaki bazı ortalama iklim verileri (Anonim, 2009).

İklim Verisi	AYLAR												Yıllık
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
Ortalama Sıcaklık (°C)	11.3	11.3	13.2	16.6	20.6	24.8	27.8	27.8	24.9	20.9	16.1	12.7	19.0
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	15.6	15.8	18.1	21.2	25.2	29.5	32.7	32.9	30.7	26.8	21.4	17.1	23.9
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	8.1	7.8	9.3	12.2	15.8	19.8	23.0	22.8	20.0	16.7	12.7	9.6	14.8
Ortalama Yağış (mm)	193.4	137.2	88.9	50.6	20.0	4.4	0.2	1.1	8.1	67.2	145.7	199.1	915.9

Tablo 3.3 : Mersin meteoroloji istasyonunun 1975-2008 yılları arasındaki bazı ortalama iklim verileri (Anonim, 2009).

İklim Verisi	AYLAR												Yıllık
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
Ortalama Sıcaklık (°C)	10,5	11.0	13.8	17.7	21.5	25.2	27.9	28.2	25.8	21.4	15.9	11.9	19.2
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	14.8	15.4	17.9	21.4	24.7	27.8	30.5	31.2	29.8	26.7	21.1	16.3	23.1
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	6.9	7.2	9.6	13.5	17.3	21.3	24.4	24.6	21.5	17.1	11.9	8.4	15.3
Ortalama Yağış (mm)	104.5	77.8	51.4	38.8	23.7	8.9	6.6	4.5	7.2	41.4	85.7	132.6	583.1

Tablo 3.4 : Anamur ve Mersin'in Emberger biyoiklim sınıflandırması.

Yer Adı	M (°C)	m (°C)	P (mm)	PE (mm)	Q	S	Biyoklim Kuşağı
Anamur	32.9	7.8	915.9	1.9	124.3	0.1	Yağışlı Akdeniz İklimi-Kışı Sıcak
Mersin	31.2	6.9	583.1	6.7	82.1	0.2	Az Yağışlı Akdeniz İklimi-Kışı Yumuşak

M = En sıcak ayın maksimum sıcaklık ortalaması (C°), m = En soğuk ayın minimum sıcaklık ortalaması (C°), P = Yıllık ortalama yağış miktarı (mm), PE = Yaz yağışı ortalaması (Haziran, Temmuz, Ağustos, mm), Q = Yağış-sıcaklık indisi, S = Yaz kuraklığı indisi.

Anamur ve Mersin yörelerine ait yağış-sıcaklık indisi;

$$Q = \frac{1000P}{(M + m).(M - m)} = \frac{2000P}{M^2 - m^2}$$

şeklindeki formül ile hesaplanmıştır (Dirik, 2005).

Bu formülde;

Q = Yağış – Sıcaklık İndisi

P = Yıllık ortalama yağış miktarı (mm)

M = En sıcak ayın maksimum sıcaklık ortalaması (K)

m = En soğuk ayın minimum sıcaklık ortalaması (K)

1000 = Sabite

değerlerini ifade etmektedir. Uygulamada kullanılan sıcaklık birimi Celcius olduğundan formülün Kelvin sıcaklık biriminden uyarlanmış olan aşağıdaki hali kullanılır (Yavuz, 2005).

$$Q = \frac{2000P}{(M + m + 546.4).(M - m)}$$

Q değerlerine göre Akdeniz iklimi aşağıdaki biyoklimatik katlara ayrılmaktadır (Dirik, 2005; Akman'a atfen):

1.  $Q < 20$  : Çok Kurak Akdeniz İklimi
2.  $Q = 20$  ile 32 : Kurak Akdeniz İklimi
3.  $Q = 32$  ile 63 : Yarı Kurak Akdeniz İklimi
4.  $Q = 63$  ile 98 : Az Yağışlı Akdeniz İklimi
5.  $Q > 98$  : Yağışlı Akdeniz İklimi

İklim varyantları ise klimagramda m değeri yoluyla kestirilmektedir (Dirik, 2005).

Buna göre;

- \*  $m < -10^{\circ}\text{C}$  : Kışın Buzlu
- \*  $-7^{\circ}\text{C} < m < -10^{\circ}\text{C}$  : Kışın Aşırı Soğuk
- \*  $-3^{\circ}\text{C} < m < -7^{\circ}\text{C}$  : Kışın Çok Soğuk
- \*  $0^{\circ}\text{C} < m < -3^{\circ}\text{C}$  : Kışın Soğuk
- \*  $0^{\circ}\text{C} < m < +3^{\circ}\text{C}$  : Kışın Serin
- \*  $+3^{\circ}\text{C} < m < +4.5^{\circ}\text{C}$  : Kışın Ilık
- \*  $+4.5^{\circ}\text{C} < m < +7^{\circ}\text{C}$  : Kışın Yumuşak
- \*  $m > +10^{\circ}\text{C}$  : Kışın Çok Sıcak

Emberger'in Akdeniz İklim sınıflandırmasında, araştırmanın konusu açısından da önemli bir diğer faktör yaz kuraklığı indisidir (Çalikoğlu, 2002).

Bu indis;  $S = \frac{PE}{M}$

formülü ile ifade edilmektedir. Bu formülde;

PE = Yaz ayları (Haziran, Temmuz, Ağustos) yağış ortalaması, (mm)

M = En sıcak ayın maksimum sıcaklık ortalaması ( $^{\circ}\text{C}$ )

değerlerini ifade etmektedir (Çalikoğlu, 2002; Akman'a atfen). S değeri küçüldükçe bir bölgenin yaz kuraklığı şiddetini arttırmaktadır. S değerinin Akdeniz iklimini sınıflama biçimi ise şöyledir (Dirik, 2005):

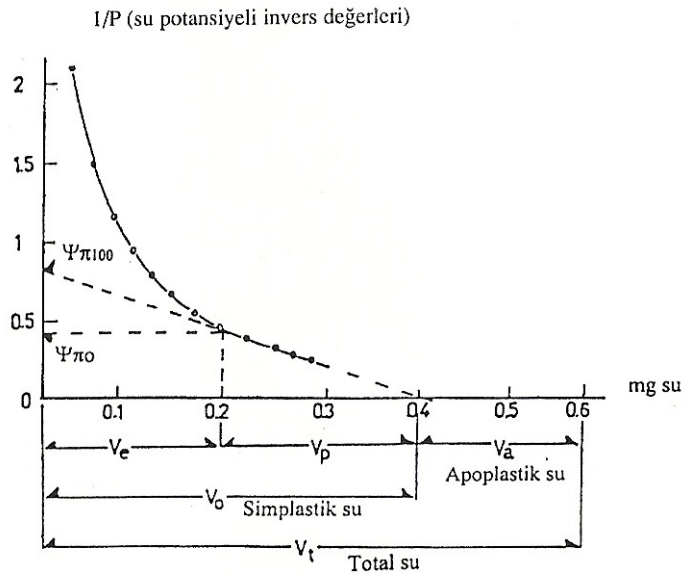
- $S < 5$  ise Akdeniz İklimi
- $S = 5 - 7$  Sub-Akdeniz İklimi
- $S > 7$  ise Akdeniz olmayan (Oseyanik, Karasal,..) İklimi temsil etmiş olur.

### 3.2. YÖNTEM

Araştırmada, kuraklık koşullarının farklı yükseltilerden gelen Kızılcım orijinlerinin bazı fidan karakteristikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla, ilgili orijinlere ait fidanlar üzerinde Scholander Basınç Odası Uygulaması yoluyla Basınç – Hacim Eğrileri ile Transpirasyon Analizleri uygulanmıştır. Belirtilen yöntemler aşağıda açıklanmıştır.

#### 3.2.1. Farklı Kesit ve Yükseltilerdeki Kızılcım Orijinlerinin Scholander Basınç Odası Uygulaması ile Basınç – Hacim Eğrilerinin Belirlenmesi

Basınç – Hacim eğrilerinin oluşturulması ve bu eğrilerin analizi için, bitki örneklerine belirli sürelerle değişik kademelerde basınç uygulanmaktadır. Her basınç kademesinde bitkinin çıkardığı su miktarı saptanmakta, daha sonra Basınç – Çıkan Su Miktarı (ağırlık veya hacim olarak) ilişkisi bir koordinat sistemine taşınarak, Basınç – Hacim eğrisi oluşturulmaktadır. Koordinat sisteminin y eksenini, bitki örneğine uygulanan basıncın invers değerlerini, x eksenini ise her basınç kademesinde bitki örneğinden çıkan kümülatif su miktarını göstermektedir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 : Basınç-hacim eğrisi ve bu analiz yöntemine göre belirlenen parametrelerin şematik olarak gösterilişi (Dirik, 2000).

Şekil 3.2’de de görüldüğü gibi, tam doygun haldeki bir bitki örneğine uygulanan basıncın artışıyla, çıkardığı su miktarı arasında, başlangıçta eğrisel bir ilişki söz konusudur. Basıncın kademe kademe artışıyla, bir noktadan sonra bu ilişki doğrusal bir seyir izlemektedir. Eğrinin doğruya dönüştüğü nokta, plazmolizin (solma noktasının) gerçekleştiği noktadır ( $\Psi_{\pi 0}$ ). Yani bu noktada, bitkinin hücreleri içerisindeki plazma, hücre çeperinden ayrılmaktadır. Hücreler bu durumdan sonra eski hallerine dönememektedir. Plazmoliz noktası bitkinin teorik ölüm sınırıdır.

Plazmoliz noktasından sonra devam eden, Basınç – Hacim eğrisinin doğrusal kısmı, y eksenine doğru ekstrapole edildiğinde (geriye doğru uzatıldığında), y eksenini bir noktada kesmektedir. Bu nokta, bitkinin tam doygun haldeki turgor basıncı değeridir ( $\Psi_{\pi 100}$ ). Yine plazmoliz noktasından, bu defa x eksenine paralel olarak ters yönde bir doğru çizildiğinde, bu doğrunun y eksenini kestiği nokta, bitkinin turgor basıncının sıfıra düştüğü plazmoliz anındaki su potansiyeli değerini vermektedir. Basınç – Hacim eğrisinin, x eksenini kestiği nokta ise, bitki örneğinin sahip olduğu simplastik su miktarını ( $V_o$ ) göstermektedir. Bitki örneği daha sonra kurutulup, tam kuru ağırlığı belirlendiğinde, tam doygun haldeki ağırlığı ile tam kuru ağırlığının farkı alınarak, bitkinin sahip olduğu toplam su ( $V_T$ ) miktarı belirlenmektedir. Toplam su ile simplastik su miktarının farkı da, bitki örneğinin apoplastik su miktarına ( $V_A$ ) karşılık gelmektedir. Bir bitkin tam doygun haldeki sahip olduğu su miktarı, fizyolojik anlamda farklı nitelikteki kısımlardan oluşmaktadır. Bitki hücresinin içerisinde, yani başlıca vakuollerde yer alan su simplastik su olarak adlandırılmaktadır (Dirik, 2000). Simplastik su sayesinde hücre plazması, hücre çeperine bir basınç uygulayabilmektedir (Turgor Basıncı) (Larcher, 1995). Bitkinin yaşamsal önemdeki bütün metabolizma faaliyetleri (hücre bölünmesi, solunum, fotosentez, protein sentezi,...,v.b.), hücre turgor basıncının belli bir sınırının üzerinde gerçekleşebilmektedir. Bu açıdan simplastik su miktarı ve bunun, örneğin; kuraklık etkisi ile kaybı, fizyolojik açıdan büyük önem taşımaktadır (Çalikoğlu, 2002; Slayter’e atfen). Bitki, simplastik nitelikteki suyun haricinde kalan suyu, başta ksilem olmak üzere çeşitli cansız kısımlarda tutmaktadır. Bu suya da apoplastik su adı verilmektedir (Dirik, 2000).

Basınç – Hacim eğrisi ilişkileri, fidan sayısının az olması, orijin sayısının fazla olması ve çalışmanın kurak periyot içerisinde tamamlanabilmesi açısından her Kızılcım



Her basınç kademesinde, fidanın kaybettiği su miktarını bulabilmek için, kurutma kağıtlarından yararlanılmıştır. Bu amaçla daha önceden, yaklaşık aynı boyutlarda kurutma kağıdı parçacıkları kesilerek hazırlanmıştır. Her basınç uygulamasından önce, bir adet kağıt hassas terazide tartılarak, kuru ağırlığı bulunmuştur. Daha sonra, bu kağıtlar fidanın basınç odası dışında kalan gövde kısmına, kesit yüzeyini de saracak şekilde, sıkıca sarılmıştır. Basınç uygulaması süresince, buharlaşma yoluyla su kaybını engellemek için de, kağıda sarılı fidan gövdesi, küçük bir cam tüple kapatılmıştır. Her basınç uygulamasının sonunda, cam tüp ve gövdeye sarılı kurutma kağıdı çıkarılmış ve ıslanmış olan kağıt süratle tartılmıştır. Kurutma kağıdının ıslak ağırlığı ile daha önce bilinen kuru ağırlığı arasındaki fark, o basınç kademesinde fidandan çıkan suyun miktarını vermiştir. Böylece ölçüm sonunda, her basınç kademesinde çıkan su ve bunların birikimli değerleri hesaplanabilmektedir. Son basınç kademesinin uygulanmasının ardından, ölçümü yapılan fidan hassas terazide tartılarak, deney sonu ağırlığı (EW) bulunmuştur. Fidanın tam doygun haldeki ağırlığı (SW) ile deney sonu ağırlığı (EW) arasındaki fark, ölçüm süresince fidanın kaybettiği suyu vermektedir. Son olarak da kurutma fırınında  $105 \pm 1$  °C'de 24 saat kurutularak kuru ağırlığı (DW) bulunmuştur.

Bütün bu işlemler, her orijine ait bir fidanda gerçekleştirilmiş ve her orijinin ölçümü bir gün içerisinde tamamlanmıştır. Bu ölçümlerinin tamamı, yılın en kurak periyodu içerisinde olan 4 Ağustos – 15 Ağustos 2008 döneminde gerçekleştirilmiştir.

Basınç ölçümlerinden sonra, y eksenine uygulanan basıncın invers değeri ( $1/P$ ), x eksenine ise bu değere karşılık olan birikimli su miktarı değeri taşınarak Basınç – Hacim eğrileri çizilmiştir.

Her fidan için Basınç – Hacim eğrisi oluşturulduktan sonra, bu eğrilerden yararlanılarak aşağıdaki parametreler belirlenmiştir:

- Doygun haldeki ozmotik potansiyel değerleri ( $\Psi_{\pi 100}$ ),
- Solma noktasındaki ozmotik potansiyel değerleri ( $\Psi_{\pi 0}$ ),
- Birim kuru ağırlığa düşen simplastik su oranı ( $V_o / D_w$ ),
- Plazmoliz anına kadar kaybedilen simplastik su oranı ( $V_e / V_o$ ),
- Toplam su içerisindeki simplastik su oranı ( $V_o / V_t$ ),

- Solma noktasındaki oransal su içeriği ( $RWC_{zt} = [(V_t - V_e) / V_t] * 100$ )
- Solma noktasındaki serbest su içeriği ( $FWC_{zt} = [(V_o - V_e) / V_o] * 100$ ).

### 3.2.2. Farklı Kesit ve Yükseltilerdeki Kızılçam Orijinlerinin Transpirasyon Tutumlarının Belirlenmesi

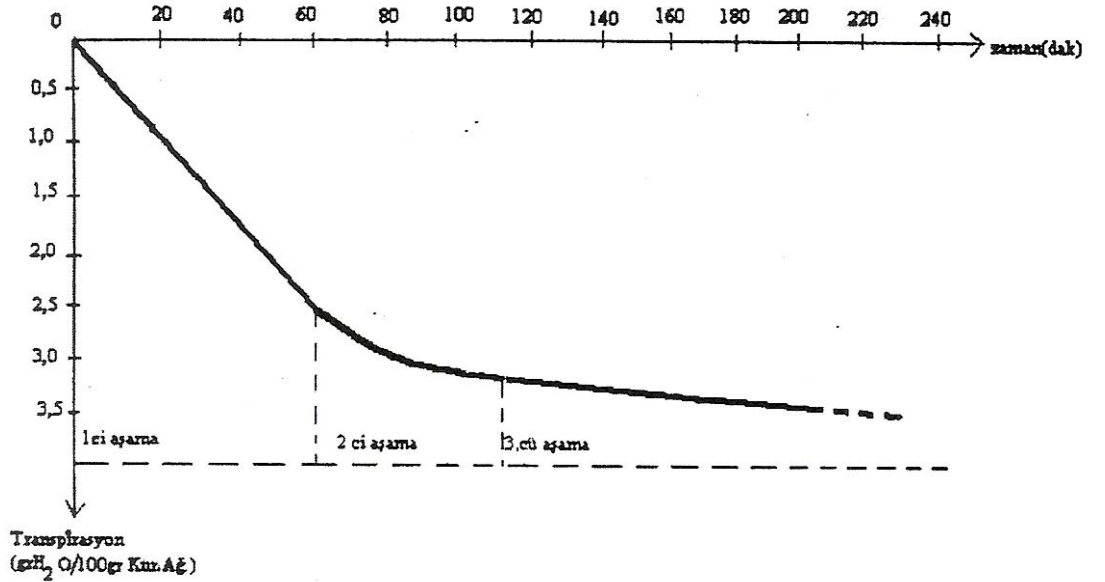
Transpirasyon analizleri, her bir Kızılçam orijinini temsil eden 4'er adet sağlıklı fidan üzerinde yürütülmüştür. Fidan sayısının az olması, orijin sayısının fazla olması ve çalışmanın kurak periyot içerisinde tamamlanabilmesi açısından tekrarlı olarak yapılamamıştır. Öncelikle analizlerden bir gün önce, analizi yapılacak olan orijine ait tüplü fidanlardan 5 adet sağlıklı fidan seçilmiş ve bunlar kök boğazından kesilmişlerdir. Kesilen fidan örnekleri hemen polietilen torbalara konarak korunmuş ve süratle laboratuara getirilerek onbinde bir duyarlılıktaki hassas terazide, taze ağırlıkları bulunmuştur. Daha sonra fidanlar, büyük cam kaplar içerisine alınmış ve cam kaplar saf su ile doldurulmuşlardır. Ağızları kapatılan cam kaplar +4 °C'deki buzdolabına yerleştirilmişlerdir. Böylece fidan örneklerinin tam doymun hale gelmesi sağlanmaya çalışılmıştır. Bu işlemlerin yapıldığı her günün ertesi sabahı, bu cam kaplardan bir fidan örneği alınarak su potansiyeli ölçülmüştür. Su potansiyeli -1 bardan büyük olan fidanların, temsil ettiği örneklerin tam doymun hale geldikleri kabul edilmiştir (Çalikoğlu, 2002; Aussenac'a atfen). Genel olarak tüm orijinlere ait fidanlar, bir gece içerisinde tam doymun hale gelebilmişlerdir.

Daha sonra fidanlar saf su ortamından alınmış ve yüzeysel olarak, kaliteli bir kurutma kağıdı ile süratle kurulanmışlardır. Bu fidanlardan 3 tanesi ayrı ayrı hassas terazide tartılarak, bunların doymun ağırlıkları (SW) bulunmuştur. Bir adet fidan ise su potansiyeli ölçümü için ayrılmıştır.

Bu işlemten sonra 4 adet fidanın tamamı, klima dolabında, programlanan koşullarda transpirasyon ile su kaybına bırakılmışlardır. Klima dolabının koşulları; 30 °C sıcaklık, % 75 bağıl nem ve 1600 lux ışık şiddeti olacak şekilde ayarlanmıştır (Çalikoğlu, 2002; Aussenac'a atfen). Fidanlar bu koşullarda toplam 420 dakika tutulmuşlardır. Fidanlar deneme süresince, belirli aralıklarla klima dolabı dışına çıkarılmış, her defasında 3 adet fidanın ayrı ayrı ağırlıkları bulunmuştur. Daha önce belirtilen 1 adet fidanda da, aynı

anda su potansiyeli ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümler, deneme başlangıcından itibaren 5., 10., 15., 20., 25., 30., 45., 60., 75., 90., 120., 150., 180., 240., 300., 360. ve 420. dakikalarda gerçekleştirilmiştir. Her günkü deneme sonunda, ağırlık ölçümleri yapılan fidanlar, kurutma fırınında  $105 \pm 1$  °C'de 24 saat kurutulmuşlardır. Daha sonra bu fidanlar tartılarak, kuru ağırlıkları (DW) bulunmuştur. Transpirasyon analizine ilişkin denemeler, yılın en kurak dönemi içerisinde olan 04 Ağustos 2008 – 15 Ağustos 2008 tarihleri arasında, her orijin 1 günde analiz edilecek şekilde yapılmıştır. Analizlerin yılın bu devresinde yapılmasının nedeni, bitkilerin yıllık fizyolojik döngüleriyle uyumlu olarak çalışabilmektir. Örneğin; bitkiler kış aylarında ve yazın kurak devrenin başında, hücreleri içerisinde çözünebilir maddelerin oranını arttırarak, kuru ağırlık oranlarını üst düzeye çıkarabilmekte, böylece don ve kuraklık stresine dayanıklılıklarını arttırmaktadırlar (Doi, Morikawa ve Hinckley, 1986).

Ölçümler tamamlandıktan sonra, her bir orijin için, su kaybı sürecinde geçen zaman-birikimli transpirasyon ilişkisini gösteren eğriler çizilmiş ve bu eğrilerdeki fizyolojik göstergeler analitik olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 3.3 : Bir bitkinin zamana bağlı olarak transpirasyonla su kaybının aşamaları [Crafts'a atfen Çalikoğlu (2002)'ndan].

Şekil 3.4'de görüldüğü gibi, x eksenini dakika olarak su kaybı sürecinde geçen zamanı, y eksenini ise birikimli transpirasyon miktarını (gr H<sub>2</sub>O/100 gr Kuru Ağırlık) ifade etmektedir. Bu eğriyi çizebilmek için, her fidanın ölçüm yapılan tüm zaman

dilimlerindeki toplam kaybettiği su miktarı hesaplanmıştır. Bu hesaplama deneme süresince belirli alanlarda tespit edilen fidan ağırlıkları yardımı ile kolayca yapılabilmektedir. Buna göre, belirli bir andaki (n) birikimli transpirasyon ( $Sct_n$ );

$$Sct_n = SW - FW_n$$

formülü ile belirlenmiştir. Burada;

SW = Fidan örneğinin tam doygun haldeki ağırlığı (gr)

$FW_n$  = n. zaman dilimindeki tartı ağırlığıdır. (gr)

Gram cinsinden belirlenen miktarlar, stoma ve kutikula transpirasyonlarını ortaya koyabilmek amacı ile 100 gr kuru ağırlık başına transpirasyon miktarı şeklindeki verilere dönüştürülmüştür.

Oransal su içeriği değerleri;

$RWC = [(FW-DW)/(SW-DW)]*100$  formülü ile belirlenmiştir. Burada;

FW = İlgili andaki fidan tartı ağırlığı (gr)

SW = Fidanın doygun ağırlığı (gr)

DW = Fidanın tam kuru ağırlığı (gr)

Son olarak, her orijin için zaman – birikimli transpirasyon eğrileri çizilmiştir.

Bir bitkinin, zamana bağlı transpirasyonla su kaybında, şekil 3.4’de de belirtildiği gibi 3 aşama ayırt edilebilmektedir (Çalikoğlu, 2002; Crafts’a atfen). Birinci aşamada, bitki önce süratle ve geçen zamanla doğrusal orantılı olarak su kaybetmektedir. Daha sonra bu doğru, bir noktada eğriye dönmektedir. İşte bu dönüş anı, bitkinin su kayıplarına karşı fizyolojik bir düzenleme ve önlem olarak stomalarını kapatmaya başladığı, yani stomatik kontrolün gerçekleştiği andır. Bu andan itibaren 2. transpirasyon aşaması başlamaktadır. Bu aşamada bitki, yavaş yavaş transpirasyonla kaybettiği suyu azaltmakta ve stomaların açıklık düzeyini regüle etmektedir. Transpirasyonun zamana

bağlı eğrisel artışı bir noktada tekrar doğrusal bir trend kazanmaktadır. Bu dönüşüm, stomaların tamamen kapandığı andır. Bu andan sonra bitki sadece kutikula yoluyla su kaybetmektedir (3. aşama). Bu kaybediş, ilk iki aşamadakine göre oldukça yavaş ve yine ilk aşamadaki gibi doğrusal niteliktedir.

Transpirasyon miktarı-zaman ilişkisi eğrilerinden yararlanarak aşağıdaki parametreler belirlenmiştir:

- Stoma kontrolüne kadar geçen süre ( $T_I$ ),
- Stomalar tamamen kapanana kadar geçen süre ( $T_{II}$ ),
- Stoma kontrolü başladığı andaki birikimli transpirasyon ( $Sct_I$ ),
- Stomaların tamamen kapandığı andaki birikimli transpirasyon ( $Sct_{II}$ ),
- Stoma kontrolü başladığı andaki oransal doygunluk ( $RWC_I$ ),
- Stomaların tamamen kapandığı andaki oransal doygunluk ( $RWC_{II}$ ),
- Stoma kontrolü başladığı andaki su potansiyeli ( $\Psi_{w1}$ ),
- Stomaların tamamen kapandığı andaki su potansiyeli ( $\Psi_{w2}$ ),
- Kütikular Transpirasyon ( $Scüt$ ).

## 4. BULGULAR

### 4.1. FARKLI KESİT VE YÜKSELTİLERDEKİ KIZILÇAM ORİJİNLERİNİN BASINÇ – HACİM EĞRİLERİ YOLUYLA KARŞILAŞTIRILMASINA İLİŞKİN BULGULAR

Anamur ve Mersin kesitlerinde farklı yükseltilerdeki Kızılçam orijinlerinin, basınç – hacim eğrilerinden elde edilen çeşitli parametrelere ait değerleri tablo 4.1’de topluca açıklanmıştır. Ayrıca eğrisi Ek şekil 1-8’ de belirtilmiştir.

Tablo 4.1’den de görüleceği gibi, doygun haldeki ozmotik potansiyel değerleri ( $\Psi_{\pi 100}$ ) bakımından orijinler, en yüksek değerden (bar) en düşük değere doğru olmak üzere orijinler; 6 (Mersin, 400-800 m, -18.18 bar), 7 (Mersin, 800-1200 m, -19.23 bar) ve 8 (Mersin, 1200 m ve üstü, -19.23 bar), 4 (Anamur, 1200 m ve üstü, -19.42 bar), 1 (Anamur, 0-400 m, -20.00 bar), 3 (Anamur, 800-1200 m, -20.00 bar), 5 (Mersin, 0-400 m, -20.00 bar) ve son olarak 2 (Anamur, 400-800 m, -20.83 bar) şeklinde sıralanmışlardır. Burada dikkati çeken unsur bu parametre açısından, en büyük değerli orijin ile en küçük değerli orijin arasındaki farkın oldukça az oluşudur.

Solma noktasındaki ozmotik potansiyel değerleri ( $\Psi_{\pi 0}$ ) bakımından orijinler -35.71 bar ile -40.00 bar arasında değerler almaktadır. Bu sonuçlara göre en yüksek değerden (bar) en düşük değere doğru olmak üzere orijinler; 7 (Mersin, 800-1200 m, -35.71 bar), 5 (Mersin, 0-400 m, -36.36 bar), 1 (Anamur, 0-400 m, -37.73 bar), 2 (Anamur, 400-800 m, -38.46 bar) ve 3 (Anamur, 800-1200 m, -38.46 bar), 6 (Mersin, 400-800 m, -39.22 bar), 4 (Anamur, 1200 m ve üstü, -40.00 bar) ve 8 (Mersin, 1200 m ve üstü, -40.00 bar) şeklinde sıralanmışlardır. 2 (Anamur, 400-800 m, -38.46 bar) ve 3 (Anamur, 800-1200 m, -38.46 bar) no’lu orijinlerin solma noktasındaki ozmotik potansiyel değerleri ile 4 (Anamur, 1200 m ve üstü, -40.00 bar) ve 8 (Mersin, 1200 m ve üstü, -40.00 bar) no’lu orijinlerin solma noktasındaki ozmotik potansiyel değerleri ( $\Psi_{\pi 0}$ ) aynı çıkmıştır.

Tablo 4.1 : Farklı Kızılçam orijinlerinin Basınç – Hacim (P – V) Eğrisi analizlerinin sonuçları.

Orijin No	Yükselti Kuşağı (m)	$\Psi_{\pi 100}$ (bar)	$\Psi_{\pi 0}$ (bar)	$V_o / D_w$ (gr/gr)	$V_e / V_o$ (%)	$V_o / V_t$ (%)	RWCzt (%)	FWCzt (%)
<b>ANAMUR</b>								
1	0-400	-20.00	-37.73	1.330	47.8	44.1	78.94	52.20
2	400-800	-20.83	-38.46	1.532	48.1	44.2	78.76	51.93
3	800-1200	-20.00	-38.46	1.370	49.2	51.6	74.62	50.77
4	$\geq 1200$	-19.42	-40.00	0.962	53.7	48.1	74.14	46.28
<b>MERSİN</b>								
5	0-400	-20.00	-36.36	0.774	45.5	42.5	80.68	54.51
6	400-800	-18.18	-39.22	0.514	56.1	26.2	85.30	43.90
7	800-1200	-19.23	-35.71	0.873	45.6	45.8	79.12	54.38
8	$\geq 1200$	-19.23	-40.00	0.790	51.2	37.9	80.62	48.82

- Doymun haldeki ozmotik potansiyel değeri ( $\Psi_{\pi 100}$ ),
- Solma noktasındaki ozmotik potansiyel değeri ( $\Psi_{\pi 0}$ ),
- Birim kuru ağırlığa düşen simplastik su oranı ( $V_o / D_w$ ),
- Plazmoliz anına kadar kaybedilen simplastik su oranı ( $V_e / V_o$ ),
- Toplam su içersindeki simplastik su oranı ( $V_o / V_t$ ),
- Solma noktasındaki oransal su içeriği (RWCzt),
- Solma noktasındaki serbest su içeriği (FWCzt).

Birim kuru ağırlığa düşen simplastik su oranı ( $V_o / D_w$ ) bakımından orijinler 0.514 ile 1.532 arasında değerler almaktadır. En düşük değere (0.514), 6 (Mersin, 400-800 m) no'lu orijin sahip olmuştur. 5 (Mersin, 0-400 m) no'lu orijin (0.774) değeri ile bu orijini izlemektedir. 8 (Mersin, 1200 m ve üstü, 0.790), 7 (Mersin, 800-1200 m, 0.873), 4 (Anamur, 1200 m ve üstü, 0.962) no'lu orijinler bu parametre bakımından orta düzeyde sayılabilecek değerlere sahiptirler. 1 (Anamur, 0-400 m, 1.330), 3 (Anamur, 800-1200 m, 1.370) ve 2 (Anamur, 400-800 m, 1.532) no'lu orijinler birim kuru ağırlık başına en yüksek miktarda simplastik suyu tutan orijinler olmuşlardır.

Plazmoliz anına kadar kaybedilen simplastik su oranı ( $V_e / V_o$ ) bakımından orijinler (%); 5 (Mersin, 0-400 m, 45.5), 7 (Mersin, 800-1200 m, 45.6), 1 (Anamur, 0-400 m, 47.8), 2 (Anamur, 400-800 m, 48.1), 3 (Anamur, 800-1200 m, 49.2), 8 (Mersin, 1200 m ve üstü, 51.2), 4 (Anamur, 1200 m ve üstü, 53.7) ve 6 (Mersin, 400-800 m, 56.1) şeklinde sıralanmışlardır. Yani 5 (Mersin, 0-400 m) no'lu orijin, bu ana kadar en düşük düzeyde simplastik su kaybetmiş, başka bir deyişle, hücreleri içerisinde oransal olarak daha fazla suyu tutabilmiştir. 4 (Anamur, 1200 m ve üstü) ve 6 (Mersin, 400-800 m) no'lu orijinler ise, plazmoliz anına kadar oransal olarak daha fazla simplastik su kaybetmişlerdir.

Toplam su içerisindeki simplastik su oranı ( $V_o / V_t$ ) bakımından orijinler en yüksek değerden en düşük değere (%) doğru olmak üzere (%); 3 (Anamur, 800-1200 m, 51.6), 4 (Anamur, 1200 m ve üstü, 48.1), 7 (Mersin, 800-1200 m, 45.8), 2 (Anamur, 400-800 m, 44.2), 1 (Anamur, 0-400 m, 44.1), 5 (Mersin, 0-400 m, 42.5), 8 (Mersin, 1200 m ve üstü, 37.9) ve 6 (Mersin, 400-800 m, 26.2) şeklinde sıralanmışlardır.

Solma noktasındaki oransal su içeriği (RWCzt) bakımından ise orijinler en yüksek değerden en düşük değere (%) doğru olmak üzere; 6 (Mersin, 400-800 m, 85.30), 5 (Mersin, 0-400 m, 80.68), 8 (Mersin, 1200 m ve üstü, 80.62), 7 (Mersin, 800-1200 m, 79.12), 1 (Anamur, 0-400 m, 78.94), 2 (Anamur, 400-800 m, 78.76), 3 (Anamur, 800-1200 m, 74.62) ve 4 (Anamur, 1200 m ve üstü, 72.14) şeklinde sıralanmışlardır.

Solma noktasındaki serbest su içeriği (FWCzt) bakımından ise orijinler en yüksek değerden en düşük değere (%) doğru olmak üzere; 5 (Mersin, 0-400 m, 54.51), 7

(Mersin, 800-1200 m, 54.38), 1 (Anamur, 0-400 m, 52.20), 2 (Anamur, 400-800 m, 51.93), 3 (Anamur, 800-1200 m, 50.77), 8 (Mersin, 1200 m ve üstü, 48.82), 4 (Anamur, 1200 m ve üstü, 46.28) ve 6 (Mersin, 400-800 m, 43.90) şeklinde sıralanmışlardır.

#### **4.2. FARKLI KESİT VE YÜKSELTİLERDEKİ KIZILÇAM ORİJİNLERİNİN TRANSPIRASYON TUTUMLARININ KARŞILAŞTIRILMASINA İLİŞKİN BULGULAR**

Kızılçam türünün doğal yayılış alanının farklı biyoiklim katmanlarını temsil eden orijinlerinin, transpirasyon tutumlarını ortaya koyan parametrelere ilişkin olarak ortalama değerleri Tablo 4.2.'de gösterilmiştir. Ayrıca eğrisi Ek şekil 9-16' da belirtilmiştir.

Tablo 4.2.'den izlenebileceği gibi, orijinlerin su kayıplarına karşı korunmak amacıyla stomalarını kapatmaya başladıkları noktaya kadar yani, stoma kontrolüne kadar geçen süre ( $T_I$ ), bakımından orijinler arasında bir farklılık saptanmamış ve 1 (Anamur, 0-400 m), 2 (Anamur, 400-800 m), 3 (Anamur, 800-1200 m), 4 (Anamur, 1200 m ve üstü), 5 (Mersin, 0-400 m), 6 (Mersin, 400-800 m), 7 (Mersin, 800-1200 m) ve 8 (Mersin, 1200 m ve üstü) no'lu orijinlerinin tamamı 30. dakikada stomalarını kapatmaya başlamışlardır.

Buna paralel olarak stomalar tamamen kapanana kadar geçen süre ( $T_{II}$ ), bakımından da orijinler arasında bir farklılık saptanmamış ve 1 (Anamur, 0-400 m), 2 (Anamur, 400-800 m), 3 (Anamur, 800-1200 m), 4 (Anamur, 1200 m ve üstü), 5 (Mersin, 0-400 m), 6 (Mersin, 400-800 m), 7 (Mersin, 800-1200 m) ve 8 (Mersin, 1200 m ve üstü) no'lu orijinlerinin tamamı 300. dakikada stomalarını tamamen kapatmışlardır.

Orijinlerin su kayıplarını gösteren birikimli transpirasyon değerleri açısından gelişim seyri incelendiğinde, birinci aşama sonunda, stoma kontrolü başladığı andaki birikimli transpirasyon ( $S_{ctI}$ ), bakımından orijinler, en küçük değerden en büyük değere doğru, ( $grH_2O/100$  gr Kuru Ağırlık) birimiyle; 7 (Mersin, 800-1200 m, 28.76), 3 (Anamur, 800-1200 m, 29.23), 4 (Anamur, 1200 m ve üstü, 29.93), 8 (Mersin, 1200 m ve üstü, 35.26), 5 (Mersin, 0-400 m, 35.96), 2 (Anamur, 400-800 m, 42.45), 1 (Anamur, 0-400 m, 43.22) ve 6 (Mersin, 400-800 m, 48.46) şeklinde sıralanmışlardır.

Tablo 4.2 : Farklı Kızılcım orijinlerinin Transpirasyon analizlerinin sonuçları.

Orijinler	Yükselti Kuşağı (m)	T <sub>I</sub> (dakika)	T <sub>II</sub> (dakika)	Sct <sub>I</sub> (grH <sub>2</sub> O/100 gr Kuru Ağ.)	Sct <sub>II</sub> (grH <sub>2</sub> O/100 gr Kuru Ağ.)	S <sub>cüt</sub>	RWC <sub>I</sub> (%)	RWC <sub>II</sub> (%)	Ψ <sub>w1</sub> (bar)	Ψ <sub>w2</sub> (bar)
<b>ANAMUR</b>										
1	0-400	30	300	43.22	94.66	0.045	81.75	60.04	-11.8	-25.7
2	400-800	30	300	42.45	113.39	0.035	83.77	56.65	-10.5	-27.9
3	800-1200	30	300	29.23	58.10	0.022	77.21	54.70	-14.7	-29.2
4	≥1200	30	300	29.93	59.27	0.024	76.51	53.47	-15.1	-30.0
<b>MERSİN</b>										
5	0-400	30	300	35.96	72.44	0.034	83.19	66.15	-10.8	-21.8
6	400-800	30	300	48.46	100.86	0.030	80.04	58.46	-12.9	-26.8
7	800-1200	30	300	28.76	65.70	0.024	87.10	70.53	-8.3	-19.0
8	≥1200	30	300	35.26	73.58	0.023	82.99	64.49	-11.0	-22.9

- Stoma kontrolüne kadar geçen süre (T<sub>I</sub>),
- Stomalar tamamen kapanana kadar geçen süre (T<sub>II</sub>),
- Stoma kontrolü başladığı andaki birikimli transpirasyon (Sct<sub>I</sub>),
- Stomaların tamamen kapandığı andaki birikimli transpirasyon (Sct<sub>II</sub>),
- Stoma kontrolü başladığı andaki oransal doyumluk (RWC<sub>I</sub>),
- Stomaların tamamen kapandığı andaki oransal doyumluk (RWC<sub>II</sub>),
- Stoma kontrolü başladığı andaki su potansiyeli (Ψ<sub>w1</sub>),
- Stomaların tamamen kapandığı andaki su potansiyeli (Ψ<sub>w2</sub>),
- Kütikular Transpirasyon (S<sub>cüt</sub>).

İkinci aşama sonunda, stomaların tamamen kapandığı andaki birikimli transpirasyon ( $Sct_{II}$ ), bakımından orijinler, en küçük değerden en büyük değere doğru, ( $grH_2O/100$  gr Kuru Ağırlık) birimiyle; 3 (Anamur, 800-1200 m, 58.10), 4 (Anamur, 1200 m ve üstü, 59.27), 7 (Mersin, 800-1200 m, 65.70), 5 (Mersin, 0-400 m, 72.44), 8 (Mersin, 1200 m ve üstü, 73.58), 1 (Anamur, 0-400 m, 94.66), 6 (Mersin, 400-800 m, 100.86) ve 2 (Anamur, 400-800 m, 113.39) şeklinde sıralanmışlardır.

Türlerin içsel su durumlarını yansıtan oransal doyumluk değerleri bakımından gelişim seyri irdelendiğinde, stoma kontrolü başladığı andaki oransal doyumluk ( $RWC_I$ ), bakımından orijinler, en küçük değerden en büyük değere doğru; 4 (% 76.51), 3 (% 77.21), 6 (% 80.04), 1 (Anamur, 0-400 m, % 81.75), 8 (Mersin, 1200 m ve üstü, % 82.99), 5 (Mersin, 0-400 m, % 83.19), 2 (% 83.77) ve 7 (Mersin, 800-1200 m, % 87.10), şeklinde sıralanmışlardır.

İkinci aşama sonunda, stomaların tamamen kapandığı andaki oransal doyumluk ( $RWC_{II}$ ), bakımından orijinler, en küçük değerden en büyük değere doğru; 4 (Anamur, 1200 m ve üstü, % 53.47), 3 (% 54.70), 2 (Anamur, 400-800 m, % 56.65), 6 (Mersin, 400-800 m, % 58.46), 1 (Anamur, 0-400 m, % 60.04), 8 (Mersin, 1200 m ve üstü, % 64.49), 5 (Mersin, 0-400 m, % 66.15) ve 7 (Mersin, 800-1200 m, % 70.53) şeklinde sıralanmaktadır.

Orijinlerin su potansiyeli değerleri bakımından, su kayıplarını azaltmaya yönelik olarak stoma kontrolü başladığı andaki su potansiyeli ( $\Psi_{W1}$ ), bakımından orijinler, en küçük değerden en büyük değere doğru; 4 (Anamur, 1200 m ve üstü, -15.1 bar), 3 (Anamur, 800-1200 m, -14.7 bar), 6 (Mersin, 400-800 m, -12.9 bar), 1 (Anamur, 0-400 m, -11.8 bar), 8 (Mersin, 1200 m ve üstü, -11.0 bar), 5 (Mersin, 0-400 m, -10.8 bar), 2 (Anamur, 400-800 m, -10.5 bar) ve 7 (Mersin, 800-1200 m, -8.3 bar) şeklinde sıralanmışlardır.

Devam eden su kayıplarına karşı stomaların tamamen kapandığı andaki su potansiyeli ( $\Psi_{W2}$ ), bakımından orijinler en küçük değerden en büyük değere doğru; 4 (Anamur, 1200 m ve üstü, -30.0 bar), 3 (Anamur, 800-1200 m, -29.2 bar), 2 (Anamur, 400-800 m, -27.9 bar), 6 (Mersin, 400-800 m, -26.8 bar), 1 (Anamur, 0-400 m, -25.7 bar), 8

(Mersin, 1200 m ve üstü, -22.9 bar), 5 (Mersin, 0-400 m, -21.8 bar) ve 7 (Mersin, 800-1200 m, -19.0 bar) şeklinde sıralanmışlardır.

Stomaların tamamen kapandığı andan, deneme süresi sonuna kadar devam eden ve ölçülen kütikular transpirasyon (Scüt), bakımından orijinler en küçük değerden en büyük değere doğru (grH<sub>2</sub>O/100 gr kuru ağırlık/dakika) birimiyle; 3 (Anamur, 800-1200 m, 0.022), 8 (Mersin, 1200 m ve üstü, 0.023), 4 (Anamur, 1200 m ve üstü, 0.024), 7 (Mersin, 800-1200 m, 0.024), 6 (Mersin, 400-800 m, 0.030), 5 (Mersin, 0-400 m, 0.034), 2 (Anamur, 400-800 m, 0.035), ve 1 (Anamur, 0-400 m, 0.045) şeklinde sıralanmışlardır.

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

### 5.1. FARKLI KESİT VE YÜKSELTİLERDEKİ KIZILÇAM ORİJİNLERİNİN BASINÇ – HACİM EĞRİSİ ANALİZLERİ İŞİĞİNDA KURAKLIĞA DAYANIKLILIKLARI

Bulunan parametreler içinde kuraklıkla ilişkisi bakımından önemli olan solma noktasındaki ozmotik potansiyel ve yaz kuraklığı indisi ile ilgili tartışma aşağıda belirtilmiştir.

#### 5.1.1. Solma Noktasındaki Ozmotik Potansiyel Açısından İrdeleme

Araştırmadan elde edilen bulgular, solma noktasındaki ozmotik potansiyelin ( $\Psi_{\pi 0}$ ) incelenen orijinlere göre -35.71 bar ile -40.00 bar arasında değiştiğini ortaya koymaktadır. Bu sonuçlara göre, en düşük ( $\Psi_{\pi 0}$ ) değerine sahip orijinler 4 (Anamur, 1200 m ve üstü) ve 8 (Mersin, 1200 m ve üstü) no'lu orijinler (-40.00 bar) ile 6 (Mersin, 400-800 m) nolu orijin (-39.22 bar), en yüksek değere sahip orijinler ise 7 (Mersin, 800-1200 m) nolu orijin (-35.71 bar) ile 5 (Mersin, 0-400 m) no'lu orijin (-36.36 bar) olduğu ortaya çıkmıştır. Dreyer ve diğ. (1990), solma noktasındaki ozmotik potansiyel değerini *Quercus ilex* için -41.4 bar ve *Quercus pubescens* için ise -21.8 bar olarak bulmuştur. Epron ve diğ. (1993), *Quercus cerris*, *Quercus petraea* ve *Quercus rubra*'da aynı parametreye ilişkin değerleri sırasıyla -21.4, -16.1 ve -17.1 bar olarak bulmuştur. Bulut (2008) ise, Sarıçamda bu parametrenin değerini -26.84 bar ile -43.20 bar arasında değiştiğini bulmuştur.

Çalışmamızda solma noktasındaki ozmotik potansiyel değerleri açısından Kızılçam orijinleri arasında en yüksek değerli orijin ile en düşük değerli orijin arasında 4.29 bar'lık bir fark vardır. Diğer bir deyişle  $\Psi_{\pi 0}$  değeri bakımından varyasyon genişliği 4.29 bar olarak ortaya çıkmıştır. Dirik (2000), farklı biyoiklim kuşaklarını temsil eden Kızılçam orijinlerinde  $\Psi_{\pi 0}$  değeri için varyasyon genişliğini 5.59 bar olarak bulmuştur.

Bu bağlamda çalışmamıza konu olan Kızılcım orijinlerinin  $\Psi_{\pi 0}$  değeri için varyasyon genişliği daha dar bulunmuştur. Çalikoğlu (2002), değişik Anadolu Karaçamı orijinlerinde aynı değerin varyasyon genişliğini 2.32 bar olarak tespit ederken, Kilis (2007) ise yine Anadolu Karaçamı orijinlerinde aynı değerin varyasyon genişliğini, 8.34 bar olarak bulmuştur.

Dirik (2000), orman ağacı türleri üzerinde yapılan çeşitli araştırmalara değinerek,  $\Psi_{\pi 0}$  değerini, su kaybı sürecindeki bir hücrede, çeper ile hücre zarının birbirinden ayrılarak plazmolizin gerçekleştiği su potansiyeli düzeyi olduğunu, bir başka anlatımla hücrenin su kayıpları bakımından geri dönüşü olmayan düzeyini gösterdiğini, ölüm ya da kurumunun başladığı sınırı oluşturduğunu belirtmiştir. Yine  $\Psi_{\pi 0}$  değerinin yıl içinde mevsimsel bir değişim seyri izlediğini ve yılın özellikle en soğuk (kış ortası) ve de kurak (yaz ortası) dönemlerinde en düşük düzeylerine indiğini belirtmiştir. Gerek soğuk, gerekse kurak dönemlerde  $\Psi_{\pi 0}$  değerinin yıl içindeki en düşük düzeylerine inmesi, bitkinin don ve kuraklık zararlarına karşı direnç kazanmak için, gerçekleştirdiği bir ozmotik düzenlemenin sonucu olduğunu vurgulamıştır. Ayrıca  $\Psi_{\pi 0}$  değerinin en düşük olduğu dönem, fidanların söküm, depolama ve dikim için en uygun zamanı göstermesi yönüyle, fidanlık çalışmaları bakımından son derece önemlidir (Semerci, 1994; Deligöz, 2007; Bulut, 2008).

Bu açıklamalar ışığında, çalışmamız açısından kurak dönemlerde  $\Psi_{\pi 0}$  değeri ne kadar düşük olursa, incelenen orijinlerin kuraklık etkilerine direncinin o ölçüde yüksek olması söz konusu olacaktır. 4 (Anamur, 1200 m ve üstü) ve 8 (Mersin, 1200 m ve üstü) no'lu orijinler aynı değere sahip en düşük  $\Psi_{\pi 0}$  değerine sahip olarak kuraklığa en dayanıklı orijinler olmuşlardır. 4 (Anamur, 1200 m ve üstü) ve 8 (Mersin, 1200 m ve üstü) no'lu orijinleri kuraklığa dayanıklılık açısından sırasıyla 6 (Mersin, 400-800 m), 2 (Anamur, 400-800 m) ve 3 (Anamur, 800-1200 m) ( $\Psi_{\pi 0}$  değerleri eşit), 1 (Anamur, 0-400 m), 5 (Mersin, 0-400 m) ve son olarak 7 (Mersin, 800-1200 m) no'lu orijin izlemektedir. 7 (Mersin, 800-1200 m) no'lu orijin diğer orijinlere göre kuraklığa karşı en dayanıksız orijin olduğu ortaya çıkmıştır.

### 5.1.2. Diğer Parametreler Açısından İrdeleme

Doygun haldeki ozmotik potansiyel değerleri ( $\Psi_{\pi 100}$ ) bakımından orijinler, -18.18 bar ile -20.83 bar arasında değişim göstermektedir. Orijinler arasında en düşük  $\Psi_{\pi 100}$  değerine sahip orijinler 2 (Anamur, 400-800 m) no'lu orijin (-20.83) ile 1 (Anamur, 0-400 m), 3 (Anamur, 800-1200 m) ve 5 (Mersin, 0-400 m) no'lu (-20.00) orijinlerdir. En yüksek  $\Psi_{\pi 100}$  değerine sahip orijinler ise 6 (Mersin, 400-800 m) no'lu orijin (-18.18) ile 7 (Mersin, 800-1200 m) ve 8 (Mersin, 1200 m ve üstü) no'lu (-19.23) orijinlerdir.  $\Psi_{\pi 100}$  değeri bakımından varyasyon genişliği 2.65 bar olarak ortaya çıkmıştır. Dirik (2000), farklı biyoiklim kuşaklarını temsil eden Kızılçam orijinlerinde  $\Psi_{\pi 100}$  değeri için varyasyon genişliği 3.86 bar olarak saptanmıştır. Anadolu Karaçamı orijinlerinde yapılan iki çalışmada ise bu değerler Çalikoğlu (2002) tarafından 2.80 bar, Kilis (2007) tarafından da 2.82 bar gibi birbirlerine çok yakın değerler bulunmuştur.

Doygun (tam turgor) haldeki ozmotik potansiyel değerleri, solma noktasındaki ozmotik potansiyel değerlerinden ortalama 15 – 20 bar daha yüksek olmaktadır. Dirik (2000), yapmış olduğu çalışmada, bu iki değer arasındaki farkı yaklaşık olarak 15 bar bulmuştur. Bulut (2008) da, sarıçam fidanlarında aynı parametreler arasındaki farkı 14 bar kadar bularak, Dirik (2000)'in bulduğu değere çok yakın bir değer bulmuştur. Semerci (1994) ise, Doğu Ladini fidanlarında doygun haldeki ozmotik potansiyel değerlerini, solma noktasındaki ozmotik potansiyel değerlerinden 10 bar kadar büyük olduğunu belirlemiştir.

Birim kuru ağırlığa düşen simplastik su oranı ( $V_o / D_w$ ) bakımından orijinler 0.514 ile 1.532 arasında değişen değerler almaktadır. Deligöz (2007), Anadolu Karaçamında bu değeri 0.350 ile 1.300 arasında, Çalikoğlu (2002) ise aynı türde bu değeri 0.772 ile 0.968 arasında bulmuştur. Birim kuru ağırlığa düşen simplastik su miktarının yıl içerisinde mevsimsel bir değişim gösterdiği belirtilmektedir (Bulut, 2008; Deligöz, 2007; Kilis, 2007; Semerci, 1994). Bulut (2008), Sarıçamda bu değerlerin özellikle büyümenin devam ettiği dönem boyunca giderek artan değerler aldığını belirtmektedir. Dirik (2000), Doi ve arkadaşlarına atfen, bu artışın hücre hacminin, büyüme döneminde uyku dönemine oranla daha büyük; hücre kuru ağırlığının ise daha küçük olmasına bağlı olabileceğini belirtmektedir. Dirik (2000), Kızılçamda bu değeri genel olarak solma

noktasındaki ozmotik potansiyel ( $\Psi_{\pi 0}$ ) değeri düşük belirlenen orijinlerde daha yüksek bulunmuştur. Çalışmamız bu açıdan değerlendirildiğinde,  $\Psi_{\pi 0}$  değeri düşük belirlenen orijinlerde  $V_o / D_w$  değeri yüksek bulunmayıp, ara değerlerde bulunmuştur. Dirik (2000)'in de belirttiği gibi; araştırma bulgularının, birim kuru ağırlığa düşen simplastik su oranı değerinin su potansiyeli ile ilgili diğer parametrelerle ya da kurak dönemdeki diğer fizyolojik değişimlerle anlamlı bir ilişkisinin olduğunu ileri sürmek için yeterli olmayacağı ifadesi ortaya çıkmıştır.

Araştırma kapsamında, plazmoliz anına kadar kaybedilen simplastik su oranı ( $V_e / V_o$ ), toplam su içersindeki simplastik su oranı ( $V_o / V_t$ ) ile solma noktasındaki oransal su içeriği (RWCzt) ve yine solma noktasındaki serbest su içeriği (FWCzt) değerleri de belirlenmiştir. Yapılan bazı araştırmalar (Bulut, 2008; Deligöz, 2007; Semerci, 1994), solma noktasındaki oransal su içeriği (RWCzt) ile serbest su içeriği (FWCzt) değerlerinin yıl içinde mevsimsel bir değişim göstermediğini ortaya koymuştur. Bu nedenle Dirik (2000)'in de belirttiği gibi RWCzt ile FWCzt değerleri yıllık döngü içinde soğuk-sıcak veya kurak-nemli mevsimlere göre anlamlı bir değişim seyri göstermediğinden, kuraklığa reaksiyon konusunda tür içi varyasyonun ortaya konulmasında da belirleyici bir role sahip olmadığını belirtmek mümkündür. Plazmoliz anına kadar kaybedilen simplastik su oranı ( $V_e / V_o$ ) ve toplam su içersindeki simplastik su oranı ( $V_o / V_t$ ) değerleri açısından da orijinlerin kuraklığa dayanıklılıklarının ortaya konulmasında anlamlı ilişkiler bulunamamıştır.

### 5.1.3. Yaz Kuraklığı İndisi Açısından İrdeleme

Anamur yöresi Yağışlı Akdeniz İklimi – Kışı Sıcak biyoiklim kuşağında yer alırken, Mersin yöresi ise Az Yağışlı Akdeniz İklimi - Kışı Yumuşak biyoiklim kuşağında yer almaktadır. Anamur yöresine ait 1 (0-400 m) no'lu orijinin  $\Psi_{\pi 0}$  değeri -37.73 bar ve Mersin yöresine ait 5 (0-400 m) no'lu orijinin  $\Psi_{\pi 0}$  değeri ise -36.36 bar olarak ortaya çıkmaktadır. Bu sonuçlara göre, Kızılçam'ın yağışlı iklim özelliğine sahip orijinin kuraklığa daha dayanıklı şeklinde çelişkili kabul edilecek bir sonuçla karşılaşmaktadır. Ancak, Dirik (2000)'in de belirttiği gibi, kuraklığa dayanıklılık konusunda doğru yargıya varmak için yıllık ortalama iklim verilerine dayanan genel iklim özellikleri yerine, Akdeniz ikliminin tipik karakteristiği olan yaz kuraklığını esas almak daha

doğru olacaktır. Bu açıdan incelenen orijinlerin Emberger Biyoiklim Sınıflandırmasına göre, belirlenen yaz kuraklığı indisleri (S) dikkate alındığında, Anamur'un yaz kuraklığı indisi 0.1 iken, Mersin'in yaz kuraklığı indisi 0.2 değerindedir. S değerinin küçük olması, yaz kuraklığı etkisinin daha fazla olduğunu gösterdiğinden, Anamur'da yaz kuraklığı Mersin'e göre daha fazladır. Bu sonuçlara göre, yaz kuraklığı fazla olan Anamur yöresine ait 1 (0-400 m) no'lu orijinin  $\Psi_{\pi 0}$  değeri de dşuk olmaktadır. Diğer bir değişle Dirik (2000) tarafından da belirtildiği üzere, Kızılçam orijinlerinde kurak dönemde belirlenen solma noktasındaki ozmotik potansiyel ( $\Psi_{\pi 0}$ ) değerleri ile bu orijinlerin doğal ortamlarının yaz kuraklığı indisleri (S) arasında anlamlı ilişkiler olduğu söylenebilir.

Anamur ve Mersin yörelerinin kendi içerindeki yükselti basamakları kapsamında,  $\Psi_{\pi 0}$  değeri açısından incelendiğinde hem Anamur hem de Mesin yörelerine ait 1200 m ve üstü yükselti kuşağını temsil eden orijinlerin (4 ve 8 no'lu orijinler) en dşuk  $\Psi_{\pi 0}$  değerine sahip olarak kuraklığa en dayanıklı orijin oldukları anlaşılmaktadır. Anamur ve Mersin'in diğer yükselti basamakları ise, birbirleriyle aynı paralelliği göstermemektedir.

Anamur yöresine ait orijinlerde kuraklığa en dayanıklı orijinden en dayanıksız orijine doğru bir sıralama yapıldığında 1200 m ve üstü yükselti kuşağını temsil eden orijin (4 no'lu orijin), 400-800 m ve 800-1200 m yükselti kuşağını temsil eden orijinler (2 ve 3 no'lu orijinler aynı değere sahip) ve son olarak 0-400 m yükselti kuşağını temsil eden orijin (1 no'lu orijin) şeklinde sıralama olmaktadır. Bu bulgulara göre, Anamur kesitinde  $\Psi_{\pi 0}$  değerleri genel olarak yükselti arttıca düşmektedir. Bu bulgular da deniz yüzeyinde ykseldice kuraklığa dayanıklılığın arttığına işaret etmektedir.

Mersin yöresine ait orijinlerde, kuraklığa en dayanıklı orijinden en dayanıksız orijine doğru bir sıralama yapıldığında, 1200 m ve üstü yükselti kuşağını temsil eden orijin (8 no'lu orijin), 400-800 m yükselti kuşağını temsil eden orijin (6 no'lu orijin), 0-400 m yükselti kuşağını temsil eden orijin (5 no'lu orijin), 800-1200 m yükselti kuşağını temsil eden orijin (7 no'lu orijin) şeklinde sıralama olmaktadır. Bu sonuçlara göre 0-400 m yükselti ile 800-1200 m yükselti arasında kuraklığa dayanıklılık bakımından çelişkili bir durum sözkonusudur. Ancak bunların  $\Psi_{\pi 0}$  değerleri sırayla -36.36 bar ve -35.71 bar olarak birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Ayrıca 0-400 m yükselti

basamağındaki meşcerenin Mersin kesitindeki aşağı kuşaktaki orman tahribatı nedeniyle diğer 3 yükselti kuşağından batıda ve uzakta olması da (Çetin, 2010) bu sonuç üzerinde etkili olabilir.

## **5.2. FARKLI KESİT VE YÜKSELTİLERDEKİ KIZILÇAM ORJİNLERİNİN TRANSPİRASYON ANALİZLERİ İŞİĞİNDA KURAKLIĞA DAYANIKLILIKLARI**

### **5.2.1. Orijinlerin Toplu Olarak İrdelenmesi**

Orijinlerin transpirasyon analizinde, su kayıplarını azaltmaya yönelik olarak stoma kontrolüne kadar geçen süre ( $T_I$ ) açısından orijinler arasında bir farklılık bulunmamıştır. Tüm orijinler 30. dakikada stoma kontrolüne başlamışlardır. Aynı şekilde stomaların tümüyle kapatılması ( $T_{II}$ ) bakımından da tüm orijinlerde aynı süre ortaya çıkmış ve 300. dakikada stomaların kapanması gerçekleşmiştir. Dirik (1994 a), Düzlerçamı-Antalya orijinli Kızılçam sürgünlerinde stoma kontrolünün 45. dakikada başladığını ve 180. dakikada da stomaların tamamen kapandığını tespit etmiştir. Bu açıdan çalışmamızda stoma kontrolü biraz daha erken başlamış, fakat stomaların tamamen kapanması ise daha geç sürede gerçekleşmiştir.

Stoma kontrolünün başladığı andaki su potansiyeli ( $\Psi_{w1}$ ), açısından orijinler -15.1 bar ile -8.3 bar arasında değerler almaktadır. Yine stoma kontrolünün başladığı andaki oransal doygunluk ( $RWC_I$ ) bakımından, % 76.51 ile % 87.10 arasında değerler almaktadır. Dirik (1994 a), Kızılçamda stoma kontrolünün başladığı andaki su potansiyeli değerini -8 bar ve yine aynı andaki oransal doygunluk değerini ise % 90.06 olarak bulmuştur.

Birikimli transpirasyon değerleri bakımından, birinci aşama sonunda, stoma kontrolü başladığı andaki birikimli transpirasyon ( $Sct_I$ ) 28.76 ile 48.46 grH<sub>2</sub>O/100 gr kuru ağırlık arasında; ikinci aşama sonunda stomaların tamamen kapandığı andaki birikimli transpirasyon ( $Sct_{II}$ ) ise 58.10 ile 113.39 grH<sub>2</sub>O/100 gr kuru ağırlık arasında bulunmuştur. Ayrıca stomaların tamamen kapandığı andan, deneme süresi sonuna kadar devam eden kütikular transpirasyon ( $Sc_{üt}$ ), 0.022 ile 0.045 grH<sub>2</sub>O/100 gr kuru

ağırlık/dakika arasında değerler almıştır. Dirik (1994 a), Kızılcımda stoma kontrolü başladığı andaki birikimli transpirasyonu ( $S_{ctI}$ ) 20.19 grH<sub>2</sub>O/100 gr kuru ağırlık, stomaların tamamen kapandığı andaki birikimli transpirasyonu ( $S_{ctII}$ ) 36.83 grH<sub>2</sub>O/100 gr kuru ağırlık ve kütikular transpirasyon ( $S_{cüt}$ ) değerini 0.030 grH<sub>2</sub>O/100 gr kuru ağırlık/dakika olarak bulmuştur. Bu açıdan çalışmamızda stoma kontrolü başladığı andaki birikimli transpirasyon ile stomaların tamamen kapandığı andaki birikimli transpirasyon değerleri yüksek bulunurken, kütikular transpirasyon değeri ise biraz daha yakın bulunmuştur.

Araştırmadan elde edilen bulgular, stomaların tamamen kapandığı andaki oransal doyumluk ( $RWC_{II}$ ), değerleri bakımından orijinlerin % 70.53 ile % 53.47 arasında değiştiğini ortaya koymaktadır. Bu sonuçlara göre, en yüksek ( $RWC_{II}$ ) değerine sahip orijinlerin 7 (Mersin, 800-1200 m) no'lu orijin (% 70.53) ile 5 (Mersin, 0-400 m) no'lu orijin (% 66.15), en düşük değere sahip orijinlerin ise 3 (Anamur, 800-1200 m) no'lu orijin (% 54.70) ile 4 (Anamur, 1200 m ve üstü) no'lu orijin (% 53.47) olduğu ortaya çıkmıştır. Dirik (1994 a), yapılan çeşitli çalışmalara göre, türlerin su stresi sürecindeki transpirasyon seyirlerinin ekofizyolojik açıdan yorumlanmasında, stomaların tamamen kapandığı andaki içsel su durumunun, yani oransal doyumluk ( $RWC_{II}$ ) ile su potansiyeli ( $\Psi_{w2}$ ) parametrelerinin kuraklığa dayanıklılık konusunda iyi bir gösterge olduğunu belirtmiştir. Oransal doyumluk ( $RWC_{II}$ ) ile su potansiyeli ( $\Psi_{w2}$ ) parametrelerinin yüksek olması ölçüsünde ele alınan türlerin kuraklığa karşı dayanıklı olduklarını belirtmiştir. Araştırma kapsamında incelenen orijinler stomaların tamamen kapandığı andaki oransal doyumluk ( $RWC_{II}$ ), bakımından 7 (Mersin, 800-1200 m) no'lu orijinin kuraklığa en dayanıklı orijin olduğu ortaya çıkmaktadır. Kuraklığa dayanıklılık bakımından 7 (Mersin, 800-1200 m) no'lu orijini sırasıyla 5 (Mersin, 0-400 m), 8 (Mersin, 1200 m ve üstü), 1 (Anamur, 0-400 m), 6 (Mersin, 400-800 m), 2 (Anamur, 400-800 m), 3 (Anamur, 800-1200 m) ve 4 (Anamur, 1200 m ve üstü) no'lu orijinler takip etmektedir.

Devam eden su kayıplarına karşı stomaların tamamen kapandığı andaki su potansiyeli ( $\Psi_{w2}$ ), bakımından elde edilen bulgulara göre orijinler -19.0 bar ile -30.0 bar arasında değerler almaktadır. Dirik (1994 a), Kızılcım, Anadolu Karaçamı ve Fıstıkçamında yapmış olduğu çalışmada aynı değeri sırasıyla -22 bar, -25 bar ve -30 bar olarak

bulmuştur. Çalıkoğlu (2000), Anadolu Karaçamı orijinlerinde aynı değeri -27.0 bar ile -34.5 bar arasında bulmuştur. Yine Anadolu Karaçamı orijininde Aussenac (1980) bu değeri -20 bar olarak tespit etmiştir. Çalıkoğlu ve Tilki (2004) ise, aynı değeri Lübnan Meşesinde -11 bar, Macar Meşesinde ise -47 bar olarak saptanmıştır. Çalışmamızda en yüksek su potansiyeline sahip 7 (Mersin, 800-1200 m) no'lu orijin (-19.0 bar) ile 5 (Mersin, 0-400 m) no'lu orijin (-21.8 bar), en düşük değere sahip orijinler ise 3 (Anamur, 800-1200 m) no'lu orijin (-29.2 bar) ile 4 (Anamur, 1200 m ve üstü) no'lu orijin (-30.0 bar) olduğu ortaya çıkmıştır. Devam eden su kayıplarına karşı, stomaların tamamen kapandığı andaki su potansiyeli ( $\Psi_{w2}$ ), değerinin yüksek olması, kuraklığa daha dayanıklı olacağını göstermektedir. Bu açıdan araştırma kapsamında incelenen orijinler içerisinde 7 (Mersin, 800-1200 m) no'lu orijinin kuraklığa en dayanıklı orijin olduğu ortaya çıkmaktadır. 7 (Mersin, 800-1200 m) no'lu orijini sırasıyla 5 (Mersin, 0-400 m), 8 (Mersin, 1200 m ve üstü), 1 (Anamur, 0-400 m), 6 (Mersin, 400-800 m), 2 (Anamur, 400-800 m), 3 (Anamur, 800-1200 m) ve 4 (Anamur, 1200 m ve üstü) no'lu orijinler takip etmektedir.

Yukarıda belirtildiği üzere, stomaların tamamen kapandığı andaki oransal doyumluk ( $RWC_{II}$ ) ile devam eden su kayıplarına karşı stomaların tamamen kapandığı andaki su potansiyeli ( $\Psi_{w2}$ ) parametreleri açısından, aynı sıralamalar ortaya çıkmıştır.

### **5.2.2. Orijinlerin Kesitlere ve Yükseltiye Göre İrdelenmesi**

Anamur ve Mersin yörelerinin kendi içlerindeki yükselti basamakları kapsamında, orijinlerin kıyaslanması, stomaların tamamen kapandığı andaki oransal doyumluk ( $RWC_{II}$ ) ile devam eden su kayıplarına karşı stomaların tamamen kapandığı andaki su potansiyeli ( $\Psi_{w2}$ ) parametreleri açılarından incelenmiştir. Anamur yöresine ait orijinlerde yükselti basamaklarının artmasıyla kuraklığa dayanıklılığın azaldığı görülmektedir. Mersin yöresinde ise, yükselti basamaklarına ilişkin olarak kendi içerisinde farklı bir sıralama ortaya çıkmaktadır. Mersin yöresine ait orijinlerde kuraklığa en dayanıklı orijinden en dayanıksız orijine doğru bir sıralama yapıldığında; 7 no'lu orijin (800-1200 m), 5 no'lu orijin (0-400 m), 8 no'lu orijin (1200 m ve üstü) ve 6 no'lu orijin (400-800 m) şeklinde sıralama olmaktadır.

Basınç odası ve transpirasyon analizlerine göre elde edilen sonuçlar arasında çelişkiler bulunmaktadır. Fakat analizlerde kullanılan fidan sayısı baz alındığında, transpirasyon analizi sonuçları ön plana çıkmaktadır. Basınç odası yöntemindeki verilerin değerlendirilmesine göre Anamur kesitinde denizden yükseldikçe genel olarak populasyonların kuraklığa dayanıklılığı artmaktadır (Bölüm 5.1.3.). Buna karşılık transpirasyon analizi sonuçlarına göre Anamur kesitleri için tersi bir durum ortaya çıkmıştır. Bu çelişki Çalikoğlu (2002)'nin yapmış olduğu araştırmada da yer almıştır. Basınç – hacim eğrisi analizlerinde fidanlara yaklaşık olarak 2,5 saat süresince 60 bara kadar kademeli olarak basınç uygulanmıştır. Bu süre içerisinde fidanlar sahip oldukları simplastik suyu transpirasyon analizine göre daha fazla kaybetmişlerdir. Çünkü transpirasyon analizinde fidanlar belirli bir atmosferik koşulda serbest bir şekilde su kaybına uğramışlardır. Bu bakımdan her iki analizin sonuçları kendi çerçeveleri içerisinde değerlendirilmeli veya bu konudaki araştırmaların yaygınlaştırılması daha net sonuçlar bakımından uygun olacaktır.

## KAYNAKLAR

- AKKEMİK, Ü., DALFES, N., KÖSE, N., 2005 a, Anadolu'nun İklim Tarihinin Son 500 Yılı: Dendroklimatolojik İlk Sonuçlar, *Türkiye Kuvaterner Sempozyumu (2 – 5 Haziran 2005)*, İ.T.Ü. Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, s. 136-142.
- AKKEMİK, Ü., DALFES, N., KÖSE, N., 2005 b, Anadolu'nun Son 350 Yılında Yaşanan Önemli Kurak ve Yağışlı Yıllar, *Türkiye Kuvaterner Sempozyumu (2 – 5 Haziran 2005)*, İ.T.Ü. Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, s. 129-135.
- AKMAN, Y., 1999, *İklim ve Biyoiklim (Biyoiklim Metodları ve Türkiye İklimleri)*, Ankara, 350 s.
- ANONİM, 2001, *Sektörün Tanıtımı – Yapısı ve Özellikleri, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Ormancılık Özel İhtisas Komisyonu Raporu*, Devlet Planlama Teşkilatı Yayını, Ankara, Yayın No: 2531, ÖİK: 547, ISBN: 975-19-2555-X (Basılı Nüsha), s. 1-26.
- ANONİM, 2006, *Orman Varlığımız*, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, 160 s.
- ANONİM, 2007, *Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007- 2013), Ormancılık Özel İhtisas Komisyonu Raporu*, Devlet Planlama Teşkilatı Yayını, Ankara, Yayın No: 2712, ÖİK: 665, ISBN: 978-975-19-4031-5 (Basılı Nüsha), s. 1-2.
- ANONİM, 2009, İnternet Sitesi, <http://www.dmi.gov.tr>, Kuraklık ve Sınıflandırması, [Ziyaret Tarihi: 01 Eylül 2009].
- ANONİM, 2010 a, İnternet Sitesi, <http://www.euforgen.org>, 2010 European Forest Genetic Resources Programme, [Ziyaret Tarihi: 12 Şubat 2010].
- ANONİM, 2010 b, İnternet Sitesi, <http://www.water.wescor.com>, Wescor Inc., Elitechgroup, Medicine-Science [Ziyaret Tarihi: 14 Mart 2010].
- AUSSENAC, G., 1980, Comportement Hydrique de Rameaux Excises de Quelques Especies de Sapins et de Pins Noirs en Phase de Dessiccation, *Ann. Sci. Forest*, 37 (3), s. 201-215.
- BİLGİN, S., 2008, *Fıstıkçamı (Pinus pinea L.)'nın Tohum – Fidan İlişkileri ve Fidanlıkta Fidan Yetiştirme Teknikleri*, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

- BOYDAK, M., 2004, Silvicultural Characteristics and Naturel Regeneration of *Pinus Brutia* Ten., *Plant Ecology*, *Kluwer Academic Publishers*, 171: s. 153 – 163.
- BOYDAK, M., DİRİK, H., 1990, Lübnan Sediri (*Cedrus libani* A.Rich) Fidanlarında Su Stresi İle Koşullandırmanın Dikim sonrasındaki Su Durumu Ve Kök Rejenerasyonuna Etkileri, Uluslararası Sedir Sempozyumu (Antalya), 22-27 Ekim 1990, s. 193-202.
- BOYDAK, M., DİRİK, H. ve ÇALIKOĞLU, M., 2006, *Kızılçamın (Pinus brutia Ten.) Biyolojisi ve Silvikültürü*, Ormancılığı Geliştirme ve Orman Yangınları İle Mücadele Hizmetlerini Destekleme Vakfı, Ankara, 975-93943-4-0, 364 s.
- BOYDAK, M., DİRİK, H., TILKI, F. ve ÇALIKOĞLU, M., 2002, Effects of Water Stress on Germination in Six Provenances of *Pinus brutia* Seeds from Different Bioclimatic Zones in Turkey, *Turk J. Agric for*, Tübitak, s. 91 – 97.
- BULUT, B., 2008, *Kılıçkaya Orijinli Sarıçam (Pinus sylvestris L.) Fidanlarına Ait Bazı Temel Morfolojik ve Fizyolojik Özelliklerin Mevsimsel Olarak Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon,
- CRITCHFIELD, W.B., LITTLE, E.L., 1966, *Geographic Distribution of the Pines of the World*, U.S. Department of Agriculture, Washington.
- ÇALIKOĞLU, M., 2002, *Anadolu Karaçamı (Pinus nigra Arnold ssp.pallasiana Lamb.Holmboe) Orijinlerinin Kuraklığa Karşı Reaksiyonlarının Ekofizyolojik Analizi*, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- ÇALIKOĞLU, M. ve TILKI, F., 2004, Lübnan Meşesi (*Quercus libani* Olivier) ve Macar Meşesi (*Q. frainetto* Ten.) Fidanlarında Kurak Dönemdeki Transpirasyon Analizi, *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Seri A, Cilt 54, Sayı 1, s. 133 – 142.
- ÇEPEL, N., 1988, Orman Ekolojisi (üçüncü baskı), İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, No: 399/3518, İstanbul.
- ÇEPEL, N., 1993, *Toprak – Su – Bitki İlişkileri*, İ.Ü. Orman Fakültesi, İstanbul, İ.Ü. Yayın No: 3794, Enstitü Yayın No: 5, ISBN: 975-404-320-5.
- ÇETİN, B., 2010, *Mersin Yöresinde Kızılçam (Pinus brutia Ten.) Kozalak ve Tohumuna Ait Bazı Özelliklerin Yükseltiye Bağlı Değişimi*, Doktora Tezi, İ.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- DELİGÖZ, A., 2007, *Anadolu Karaçamı [Pinus nigra Arn.subsp.pallasiana (Lamb.) Holmboe] Fidanlarına Ait Bazı Temel Morfolojik ve Eko-Fizyolojik Özelliklerin Dikim Başarısına Etkisi*, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- DİRİK, H., 1989, Bitki Su Potansiyeli ve Fidan Tazeliğinin Belirlenmesi, *Orman Mühendisliği*, Sayı 2, s. 11 – 14.

- DİRİK, H., 1991, *Kızılçam (Pinus brutia Ten.)'da Bazı Önemli Fidan Karakteristikleri İle Dikim Başarısı Arasındaki İlişkiler*, Doktora Tezi, İ.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- DİRİK, H., 1994 a, Üç Yerli Çam Türünün (*Pinus brutia* Ten., *Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* Lamb. Holmboe, *Pinus pinea* L.) Kurak Peryottaki Transpirasyon Tutumlarının Ekofizyolojik Analizi, *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Seri A, Cilt 44, Sayı 1, s. 111 – 121.
- DİRİK, H., 1994 b, Anadolu Karaçamında (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* Lamb. Holmboe) Fidan Tazeliğinin Dikim başarısı Üzerindeki Etkileri, *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Seri A, Cilt 44, Sayı 1, s. 23 – 27.
- DİRİK, H., 1999, Dikim Mevsiminde Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. ssp. *pallasiana* Lamb. Holmboe) Fidanlarındaki Fizyolojik Değişimler ve Bunun Dikim Başarısı Üzerindeki Etkileri, *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Seri A, Cilt 49, Sayı 2, s. 59 – 70.
- DİRİK, H., 2000, Farklı Biyoiklim Kuşaklarını Temsil Eden Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Orijinlerinin Kurak Dönemdeki Su Potansiyellerinin Basınç – Hacim (P – V) Eğrisi Yöntemi İle Analizi, *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Seri A, Cilt 50, Sayı 2, s. 93 – 103.
- DİRİK, H., 2005, *Kırsal Peyzaj (Planlama ve Uygulama İlkeleri)*, İstanbul Üniversitesi Yayın No: 4559, Orman Fakültesi Yayın No: 486, ISBN: 975-404-749-9, İstanbul, 453 s.
- DOI, K., MORIKAWA, Y., HINCKLEY, M., 1986, Seasonal Trends of Several Water Relation Parameters in *Cryptomeria Japonica* Seedlings. *Can. J. For. Res.* 16: p.74-77
- DRAYER, E., BOUSQUET, F., DUCREY, M., 1990, Use of Pressure Volume Curves in Water Relation Analysis on Woody Shoots: Influence of Rehydration and Comparison of Four European oak Species, *Ann. Sci. for* 47, s. 285-297.
- EPRON, D., DREYER, E., AUSSINAC, G., 1993, A Comparison of Photosynthetic Responses to Water Stress in Seedlings From 3 oak Species: *Quercus petraea* (Matt) Liebi, *Quercus rubra* L. and *Quercus cerris* L., *Ann. Sci. for* 50, s. 48-60.
- IRMAK, A., 1951, Türkiye’de Kuraklık Meselesi ve Kurak Sahalarımızda Yapılması Gereken Toprak Araştırmaları, *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Seri B, Cilt I, Sayı II, s. 3 – 7.
- İŞİK, F., KESKİN, S., SABUNCU, R., ŞAHİN, M., BAŞ, N., KAYA, Z., 2002, Kızılçamda (*Pinus brutia* Ten.) Farklı Populasyonlara Ait Fidanların Kuraklık Stresine Morfolojik ve Fenolojik Tepkileri Bakımından Genetik Çesitlilik, *T.C. Orman Bakanlığı Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Yayını*, Orman Bakanlığı Yayın No: 159, Müdürlük Yayın No: 017, ISSN: 1302-3624, 37 s.

- KALEFETOĞLU, T. ve EKMEKÇİ, Y., 2005, Bitkilerde Kuraklık Stresinin Etkileri ve Dayanıklılık Mekanizmaları, *G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, 18(4). s. 723 – 740.
- KİLİS, 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, Isparta.
- KONUĞU, M., 2001, *Ormanlar ve Ormancılığımız "Faydaları, İstatistik Gerçekler Anayasa Kalkınma Planları, Hükümet Programları ve Yıllık Programlarda Ormancılık" (Genişletilmiş İkinci Baskı)*, Devlet Planlama Teşkilatı Yayını, Ankara, Yayın No: 2630, 238 s.
- LARCHER, W., 1995, *Physiological Plant Ecology*, Third Edition, Springer-Verlag, ISBN 0-387-09795-3, New York.
- LEİSZ, D., R., 1982, Concerns And Costs Of Managing Mediterranean-Type Ecosystems, *Proceedings Of The Symposium On Dynamics And Mediterranean-Type Ecosystems (22-26 June 1981, San Diego-California)*, pp. 3-5, USDA Forest Service, General Technical Report PSW-58.
- NAHAL, İ., 1986, *Taxonomie Et Aire Geographique Des Pines Du Groupe Halepensis, Option Mediterranennes, Le Pin D'Alep Et Brutia Dans La Sylviculture Mediterranenne*, C.I.H.E.A.M., pp.1-9.
- ÖZYUVACI, N., 1999, *Meteoroloji ve Klimatoloji*, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul, Rektörlük No: 4196, Fakülte No: 460, ISMN: 975-404-544-5.
- QUEZEL, P. 1986, The Forest Vegetation Of Turkey, *Proceedings Of The Royal Society*, Edinburgh, 89B:113-122.
- RITCHIE, G.A., SHULA, R.G., 1984, Seasonal Changes Tissue Water Relations in Shoots and Root Systems Douglas-fir Seedlings, *For. Sci.* 30(2):538-547.
- SAATÇIOĞLU, F., 1976, *Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri (Silvikültür I)*, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını, İstanbul, 2187-222, 423 s.
- SAATÇIOĞLU, F., PAMAY, B., 1962, Adana Bölgesinin Kalınmasında Kızılçamın (*Pinus brutia* Ten.) Önemi ve Silvikültürü, *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Seri A, Cilt XII, Sayı 2, s. 88 – 101. İstanbul.
- SEMERCİ, A., 1994, *Doğu Ladini (Picea orientalis (L.) Link.) Fidanlarında Su Potansiyeli Bileşenlerinde Oluşan Dönemsel Değişmeler*, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- SEMERCİ, 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 Dergisi*, Teknik Bülten No: 279, 142 s.

SIRDAŞ, S. ve ŞEN, Z., 2003, Meteorolojik Kuraklık Modellemesi ve Türkiye Uygulaması, *İ.T.Ü. Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, İ.T.Ü. Dergisi/d Mühendislik, Cilt 2, Sayı 2, s. 95 – 103.*

TAIZ, L. ve ZEIGER, E., 2006, Plant Physiology, Fourth Edition Online, Sinauer Yayınevi, 764 s.

ULUOCAK, N., 1974, Kuraklık ve Kurak Bölgelerin Özellikleri, *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Seri B, Cilt XXIV, Sayı II, s. 135 – 156.

ÜRGENÇ, S., 1998, *Ağaçlandırma Tekniği (Yenilenmiş ve Genişletilmiş İkinci Baskı)*, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını, İstanbul, İ.Ü. Rektörlüğü Yayın No: 3994, Orman Fakültesi Yayın No: 441, ISBN: 975-404-446-5, 600 s.

WARING, R. H., CLEARY, B. D., 1967, Plant Moisture Stress: Evaluation by Pressure Bomb, *Science*, Vol. 155, No: 3767, s. 1248 – 1254.

YALTIRIK, F. ve EFE, A., 2000, *Dendroloji Ders Kitabı, Gymnospermae – Angiospermae*, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını, İstanbul, Üniversite Yayın No: 4265, Fakülte Yayın No: 465, ISBN: 975-404-594-1, 382 s.

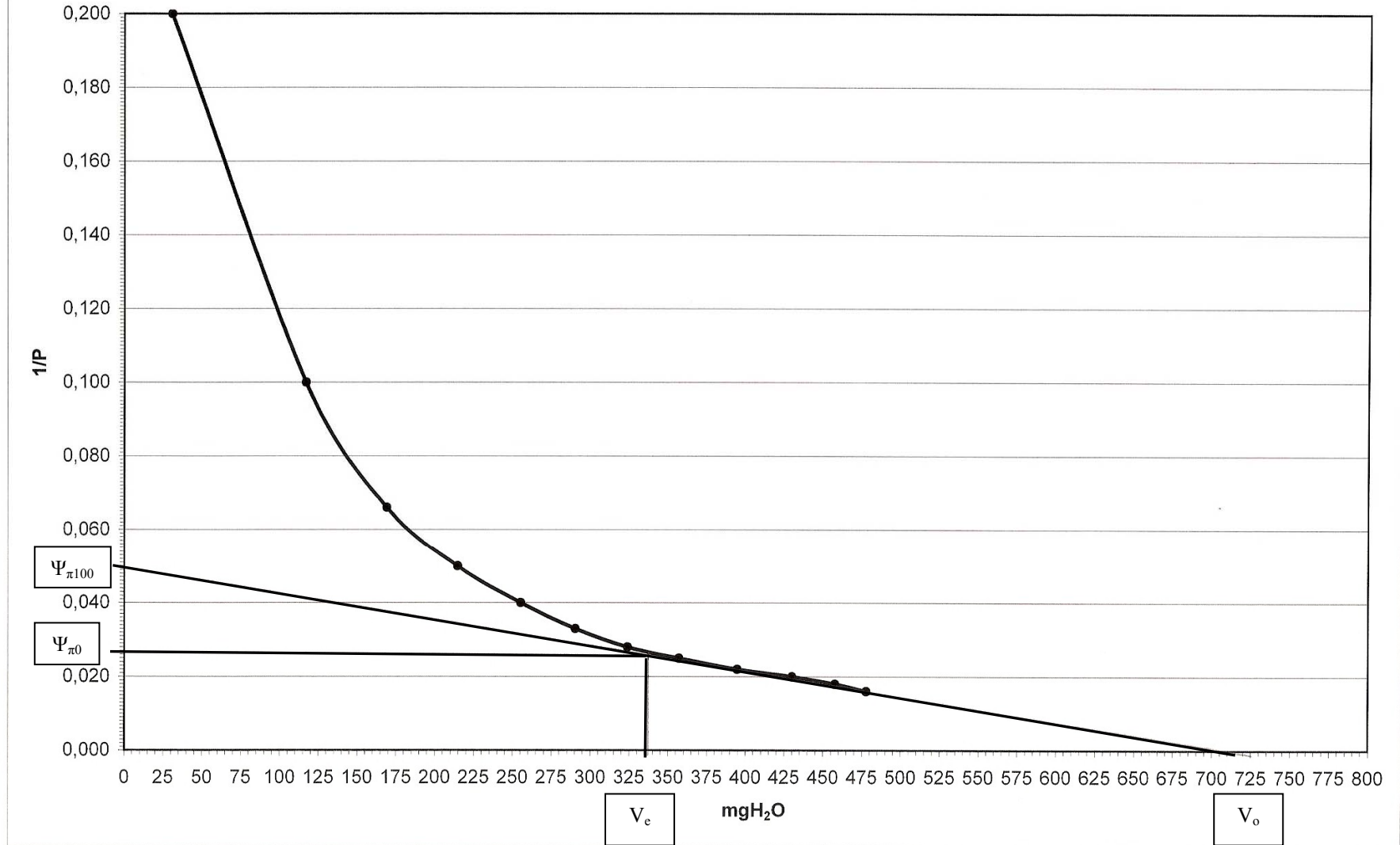
YAVUZ, M., 2005, *Pamukkale Likenleri Üzerinde Taksonomik ve Ekolojik Bir Çalışma*, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Bilimsel Araştırma Projesi, Proje No: Fen-102/020603, s. 21-22.

YILDIZ, O., 2008, Standart Yağış İndisi (SYİ) Metodu İle Kırıkkale İlinde Kuraklık Analizi, *21. Yüzyılın Başında II. Kırıkkale Sempozyumu (13 – 14 Mart 2008)*, Kırıkkale Üniversitesi, Kızılırmak Araştırma Merkezi, Kırıkkale, s. 1 – 8

**EKLER**

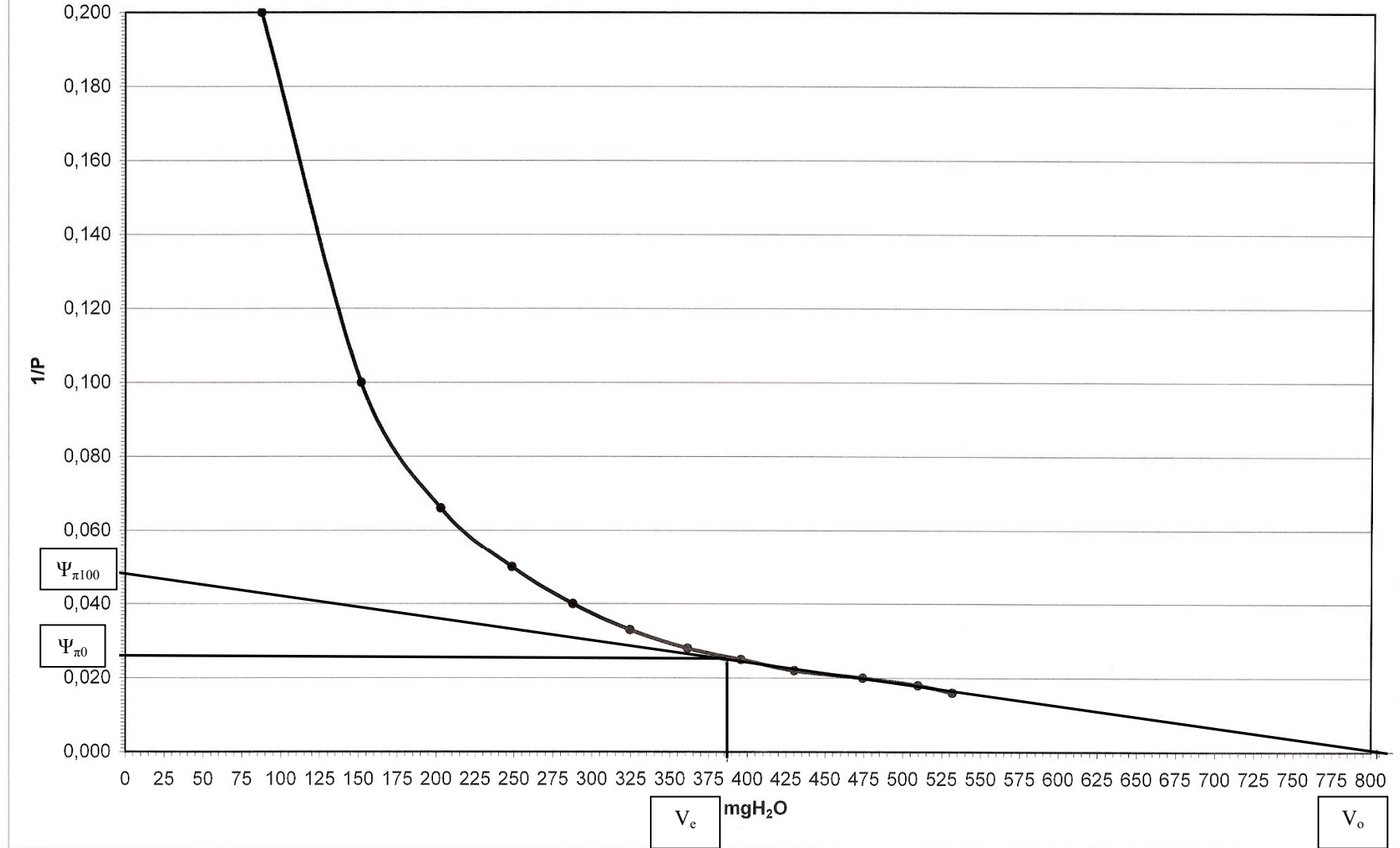
- Ek Şekil 1 : 1 no'lu (Anamur 0-400 m) orijine ait basınç-hacim eğrisi.
- Ek Şekil 2 : 2 no'lu (Anamur 400-800 m) orijine ait basınç-hacim eğrisi.
- Ek Şekil 3 : 3 no'lu (Anamur 800-1200 m) orijine ait basınç-hacim eğrisi.
- Ek Şekil 4 : 4 no'lu (Anamur 1200 m ve üstü) orijine ait basınç-hacim eğrisi.
- Ek Şekil 5 : 5 no'lu (Mersin 0-400 m) orijine ait basınç-hacim eğrisi.
- Ek Şekil 6 : 6 no'lu (Mersin 400-800 m) orijine ait basınç-hacim eğrisi.
- Ek Şekil 7 : 7 no'lu (Mersin 800-1200 m) orijine ait basınç-hacim eğrisi.
- Ek Şekil 8 : 8 no'lu (Mersin 1200 m ve üstü) orijine ait basınç-hacim eğrisi.
- Ek Şekil 9 : 1 no'lu (Anamur 0-400 m) orijine ait transpirasyon eğrisi.
- Ek Şekil 10 : 2 no'lu (Anamur 400-800 m) orijine ait transpirasyon eğrisi.
- Ek Şekil 11 : 3 no'lu (Anamur 800-1200 m) orijine ait transpirasyon eğrisi.
- Ek Şekil 12 : 4 no'lu (Anamur 1200 m ve üstü) orijine ait transpirasyon eğrisi.
- Ek Şekil 13 : 5 no'lu (Mersin 0-400 m) orijine ait transpirasyon eğrisi.
- Ek Şekil 14 : 6 no'lu (Mersin 400-800 m) orijine ait transpirasyon eğrisi.
- Ek Şekil 15 : 7 no'lu (Mersin 800-1200 m) orijine ait transpirasyon eğrisi.
- Ek Şekil 16 : 8 no'lu (Mersin 1200 m ve üstü) orijine ait transpirasyon eğrisi.

## 1. ORİJİN



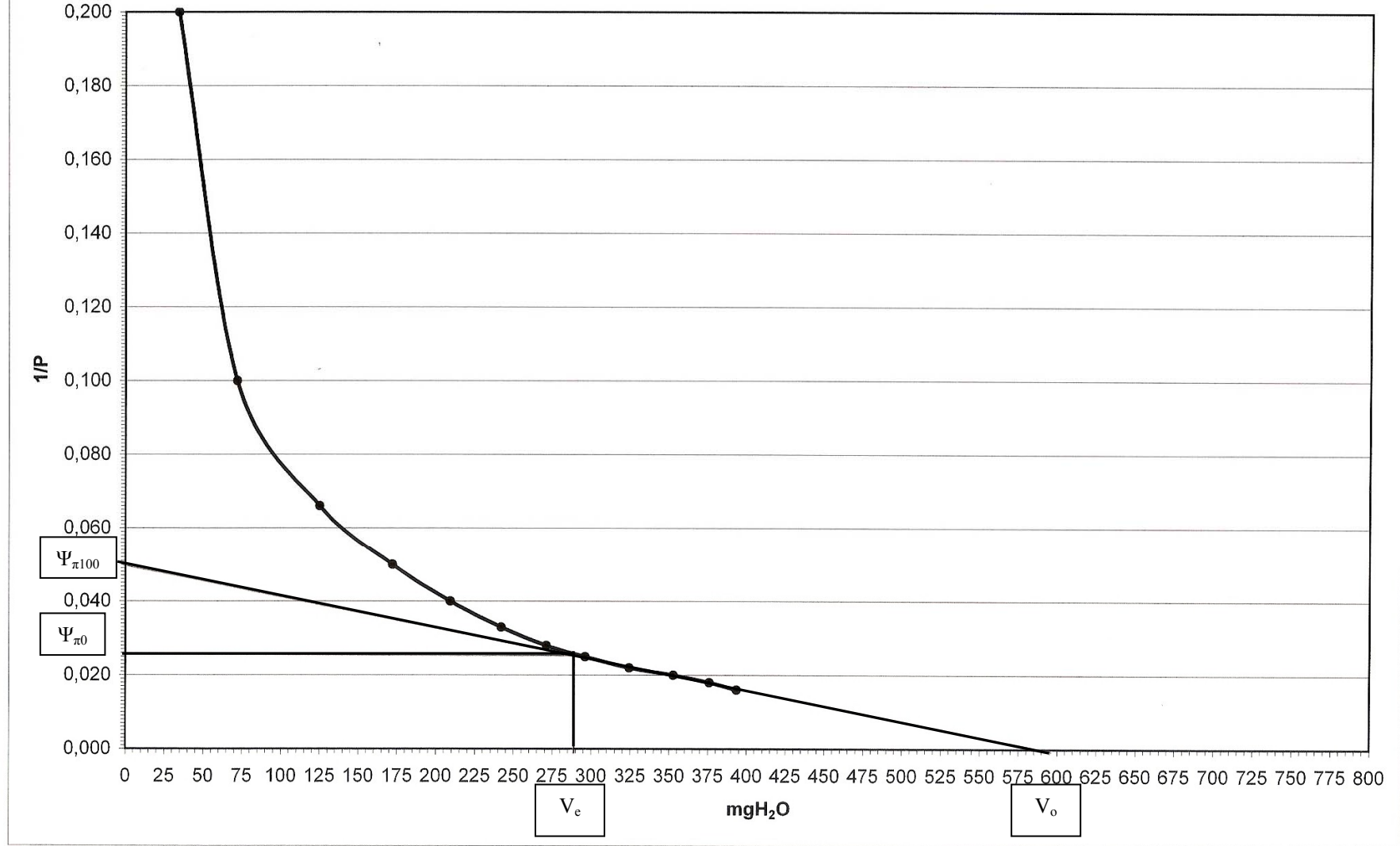
Ek Şekil 1 : 1 no'lu (Anamur 0-400 m) orijine ait basınç-hacim eğrisi.

## 2. ORİJİN



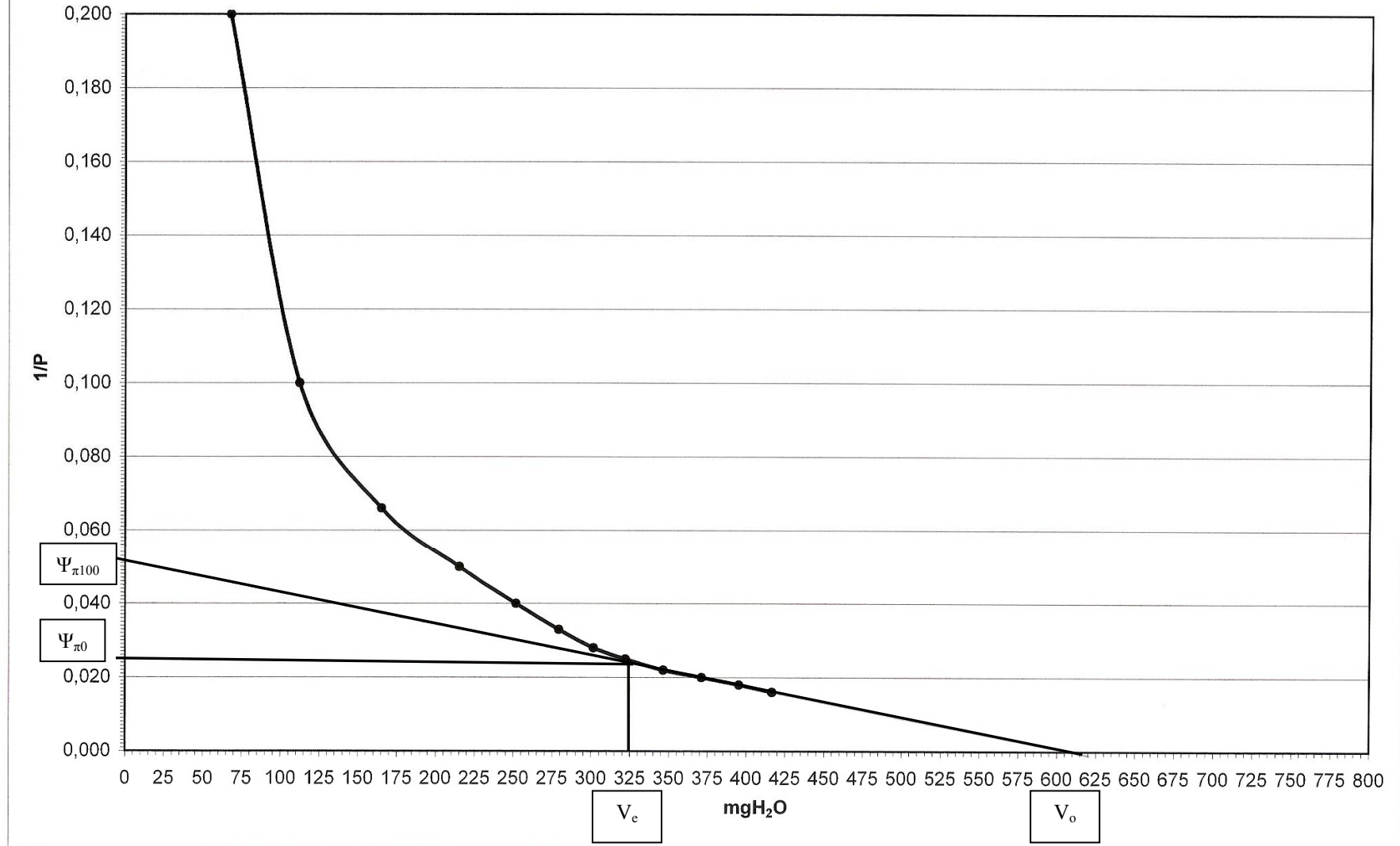
Ek Şekil 2 : 2 no'lu (Anamur 400-800 m) orijine ait basınç-hacim eğrisi.

### 3. ORİJİN



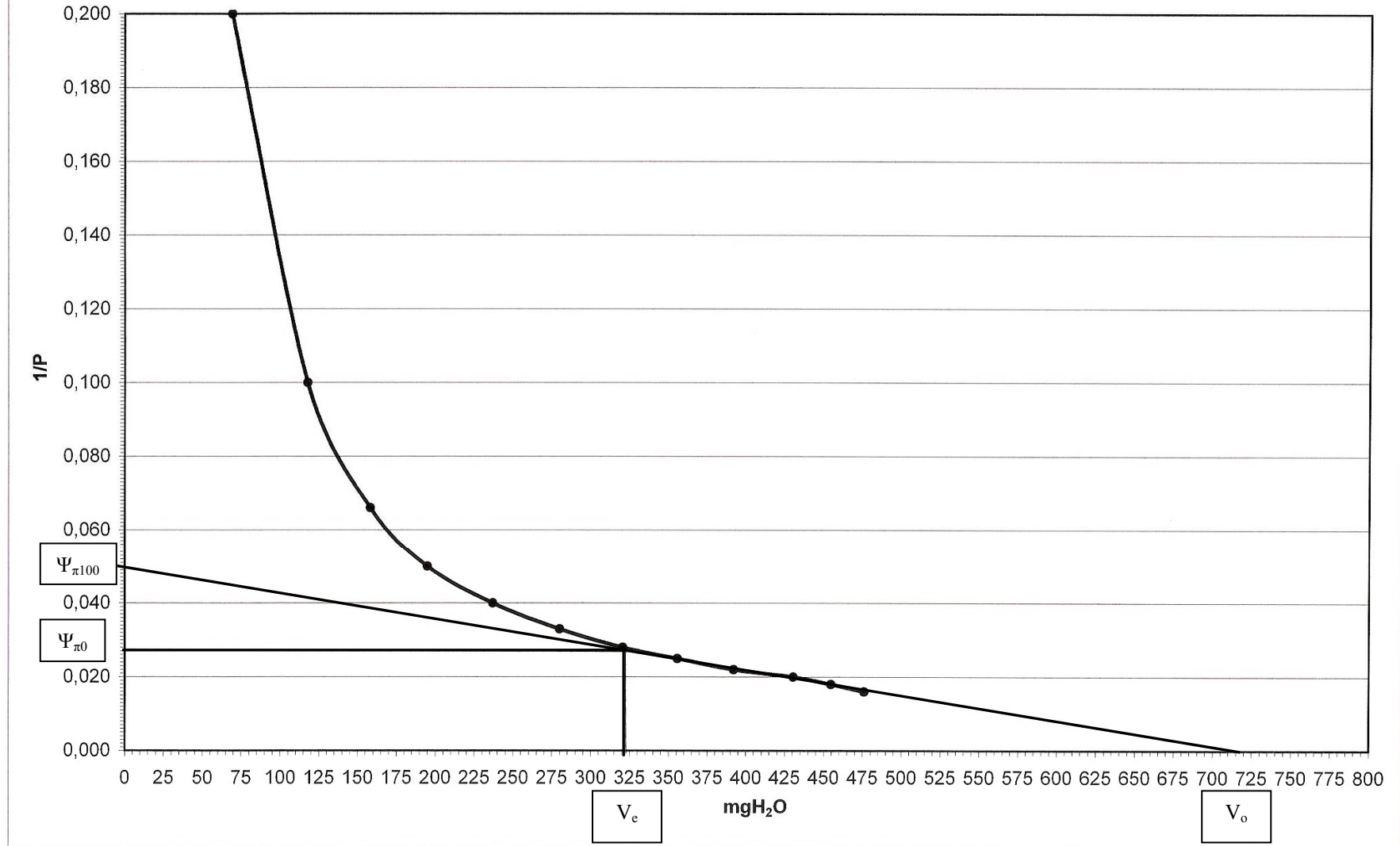
Ek Şekil 3 : 3 no'lu (Anamur 800-1200 m) orijine ait basınç-hacim eğrisi

## 4. ORİJİN



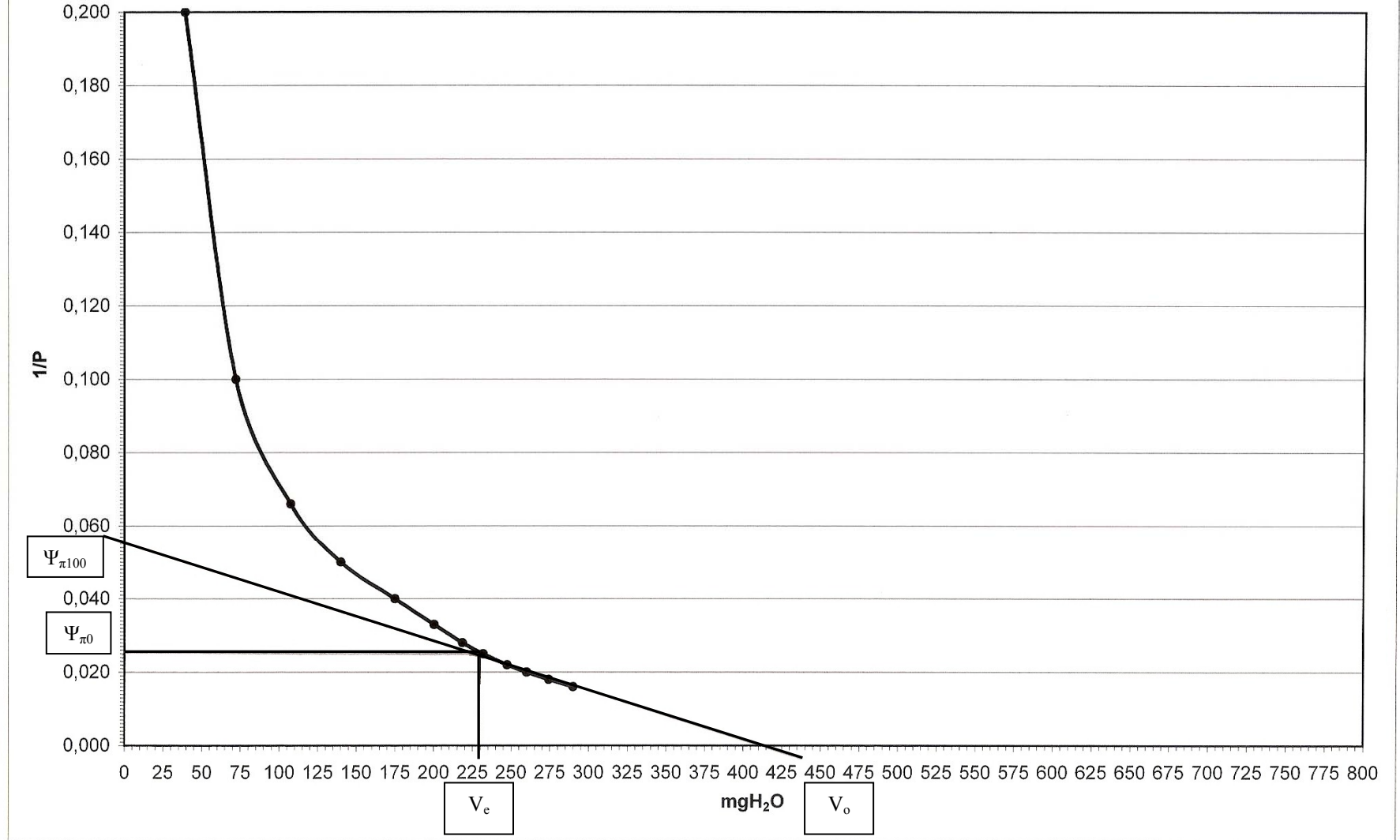
Ek Şekil 4 : 4 no'lu (Anamur 1200 m ve üstü) orijine ait basınç-hacim eğrisi.

## 5. ORİJİN



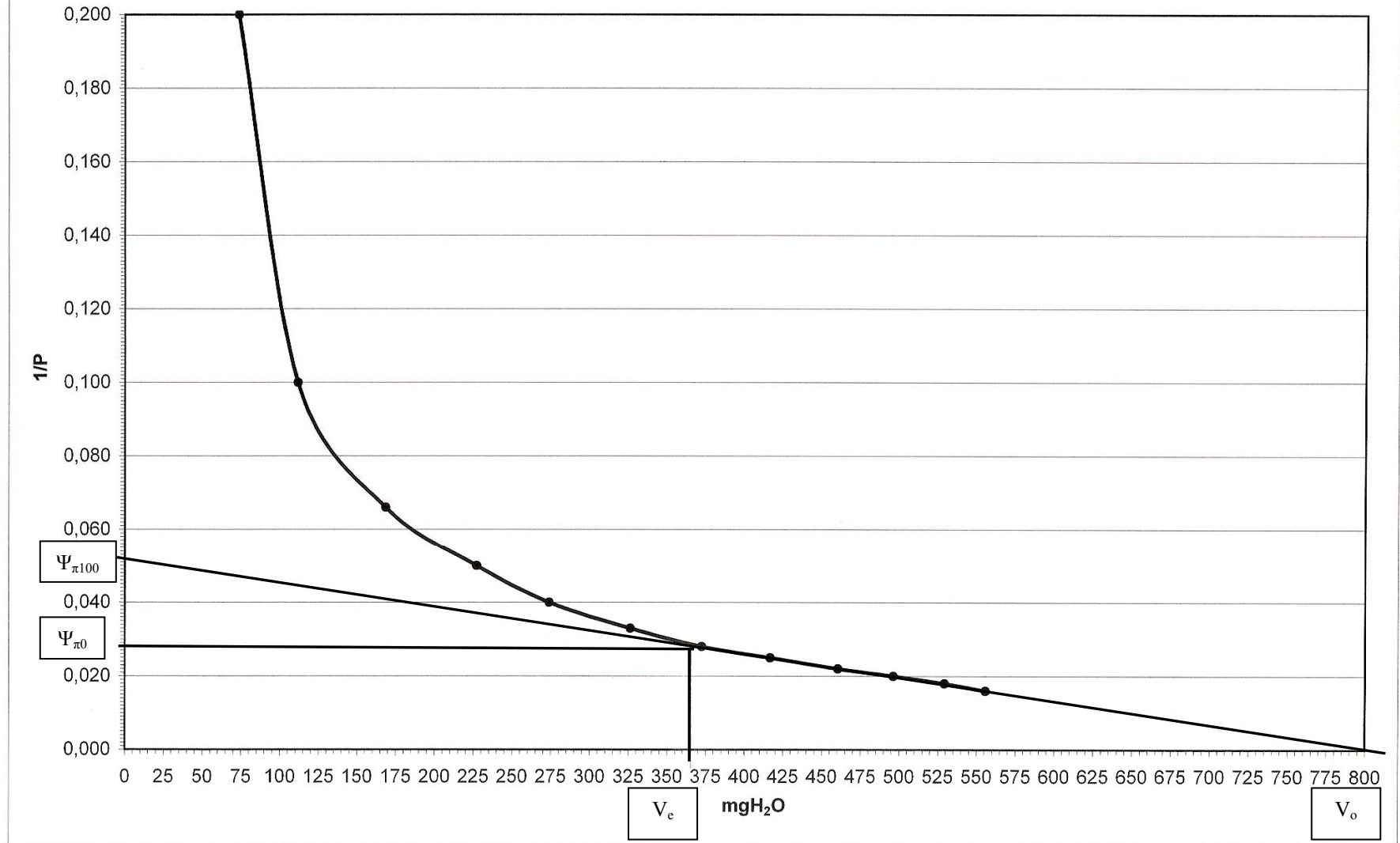
Ek Şekil 5 : 5 no'lu (Mersin 0-400 m) orijine ait basınç-hacim eğrisi.

## 6. ORİJİN



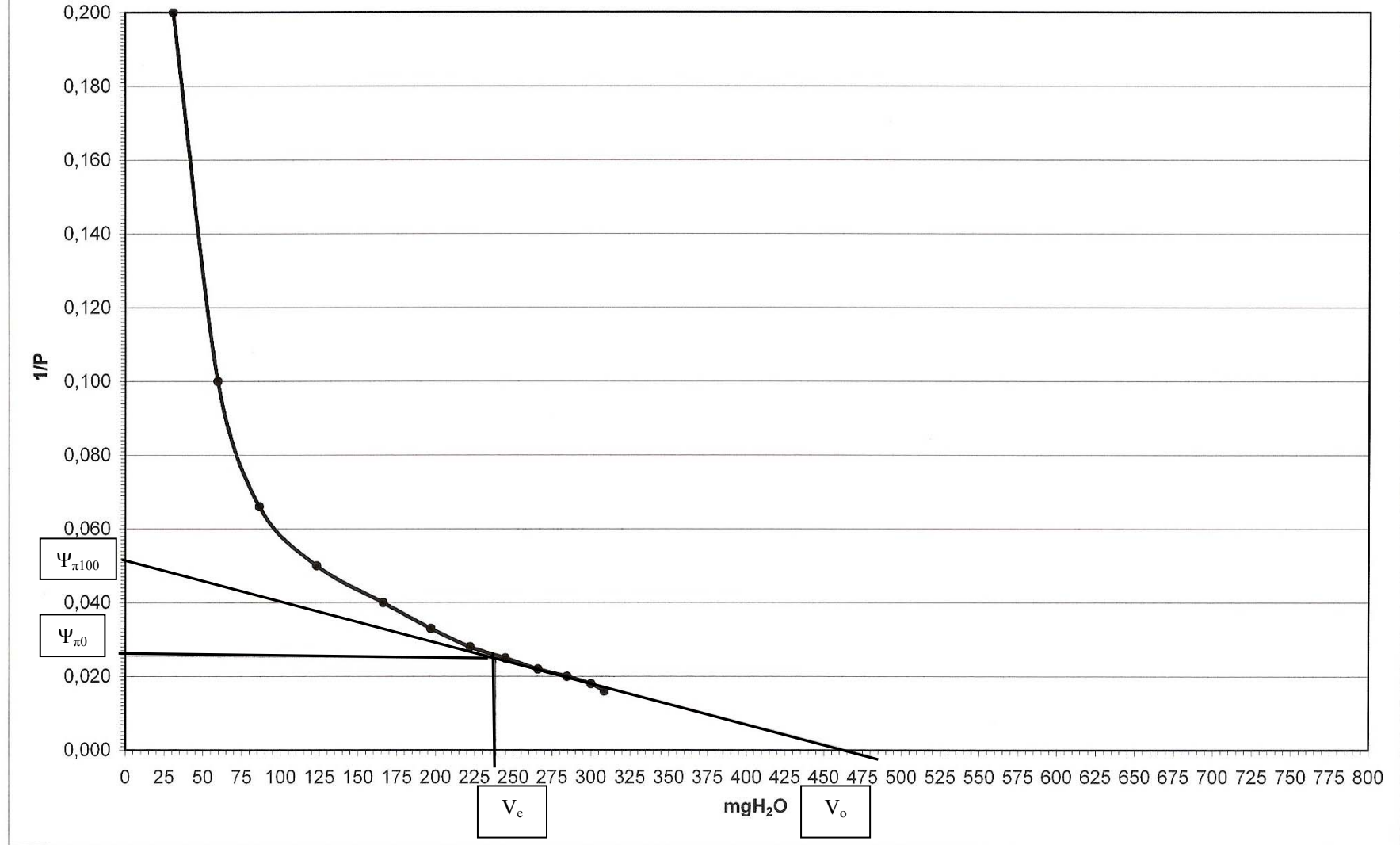
Ek Şekil 6 : 6 no'lu (Mersin 400-800 m) orijine ait basınç-hacim eğrisi.

## 7. ORİJİN

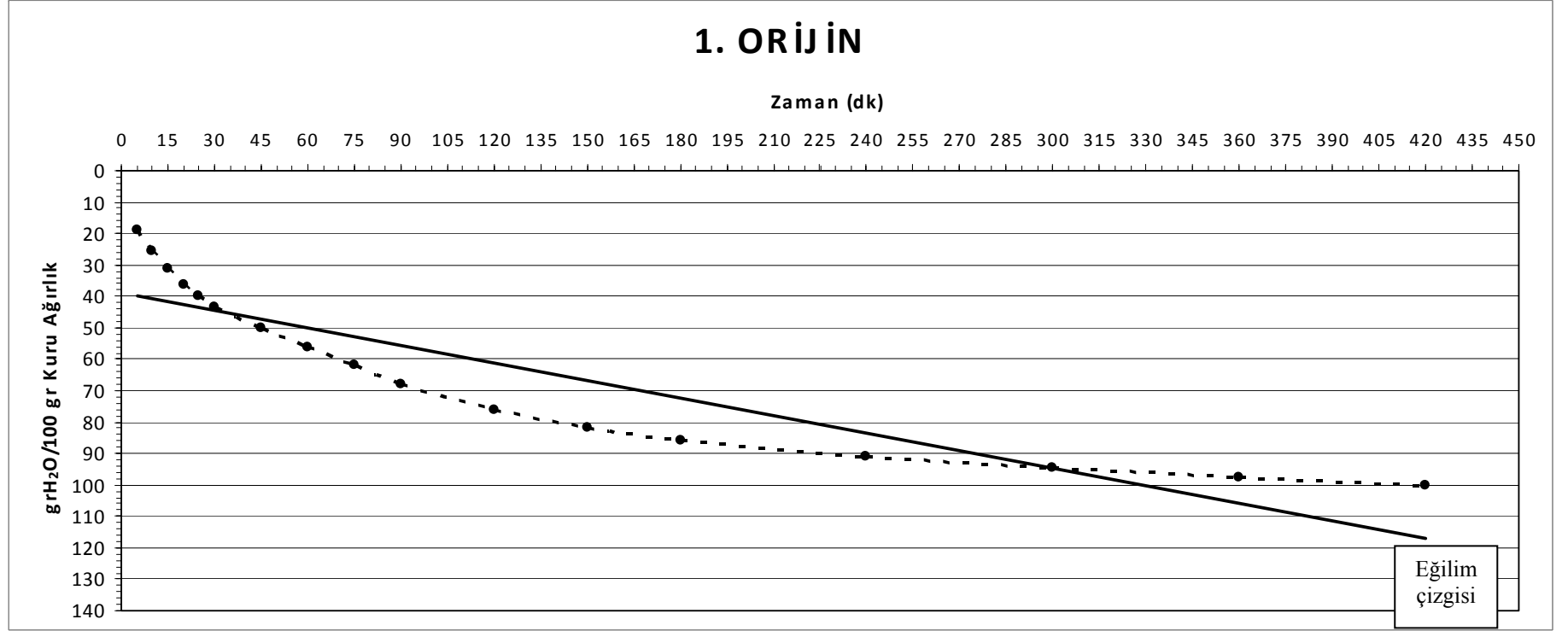


Ek Şekil 7 : 7 no'lu (Mersin 800-1200 m) orijine ait basınç-hacim eğrisi

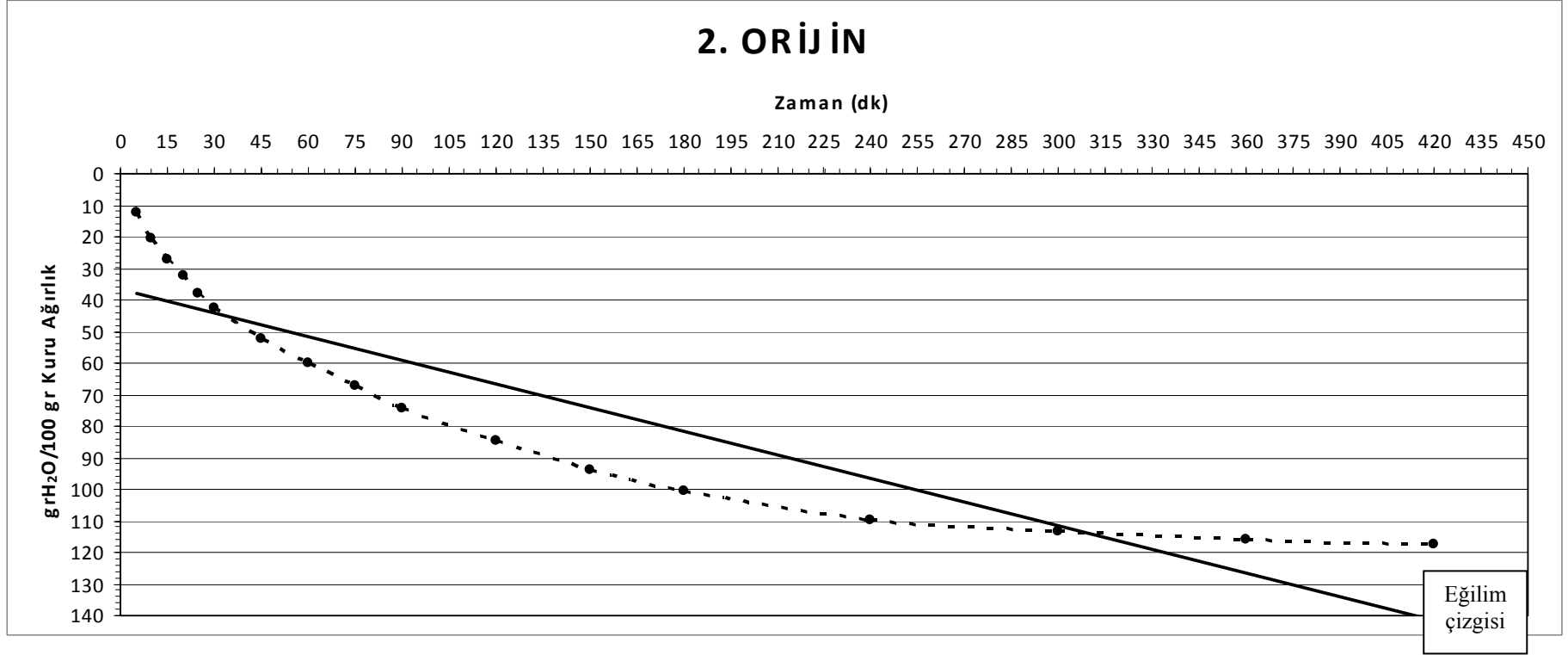
## 8. ORİJİN



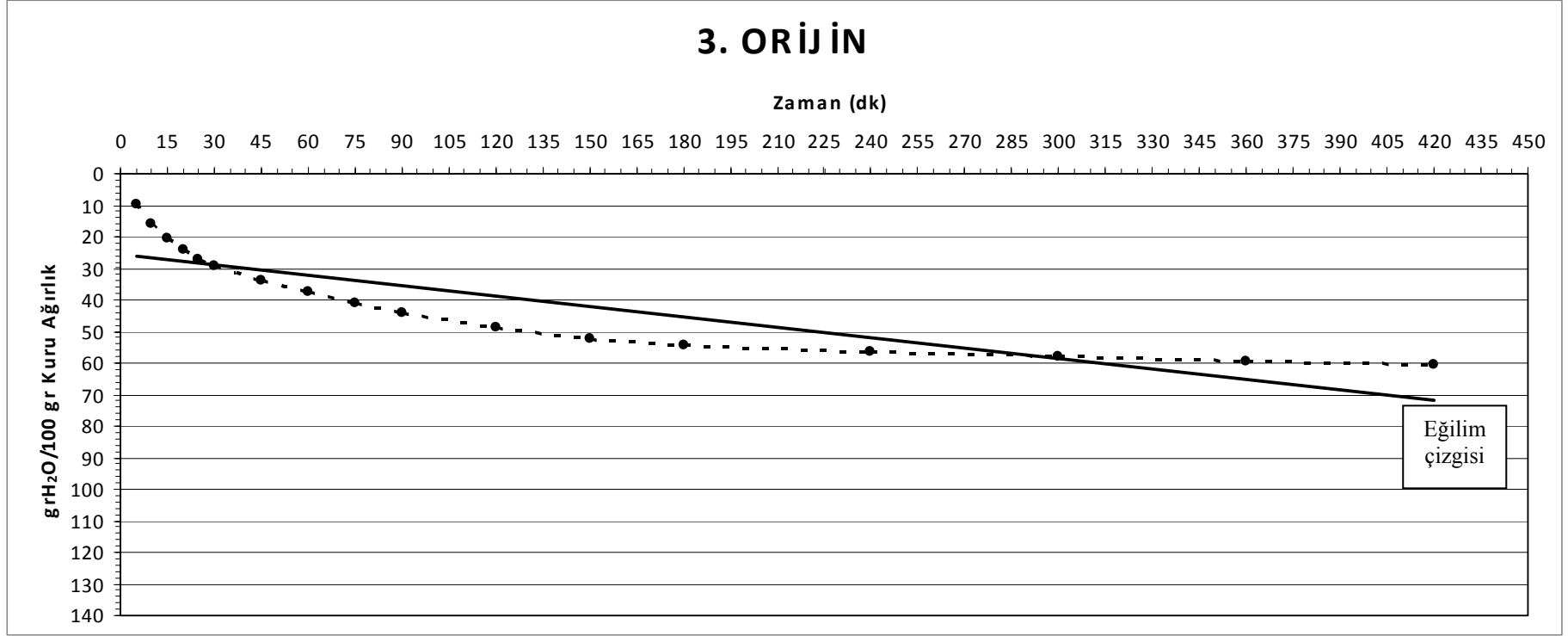
Ek Şekil 8 : 8 no'lu (Mersin 1200 m ve üstü) orijine ait basınç-hacim eğrisi.



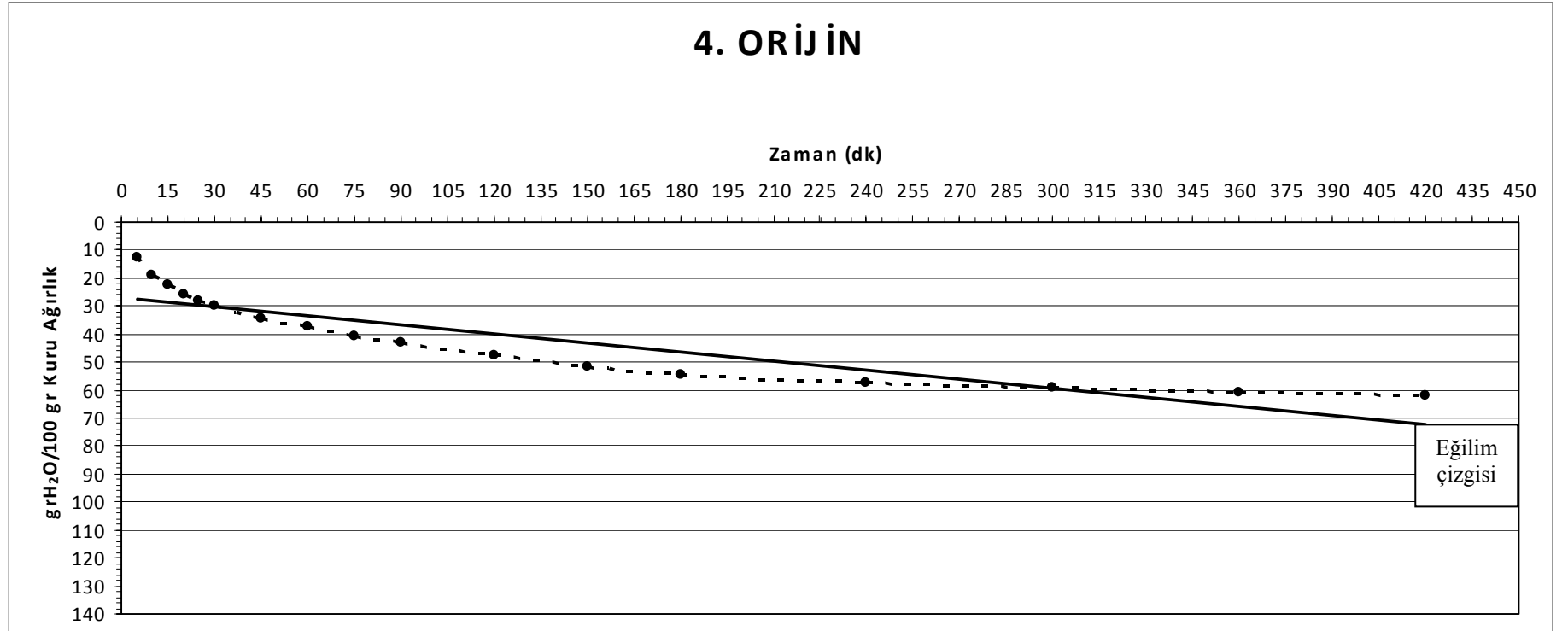
Ek Şekil 9 : 1 no'lu (Anamur 0-400 m) orijine ait transpirasyon eğrisi.



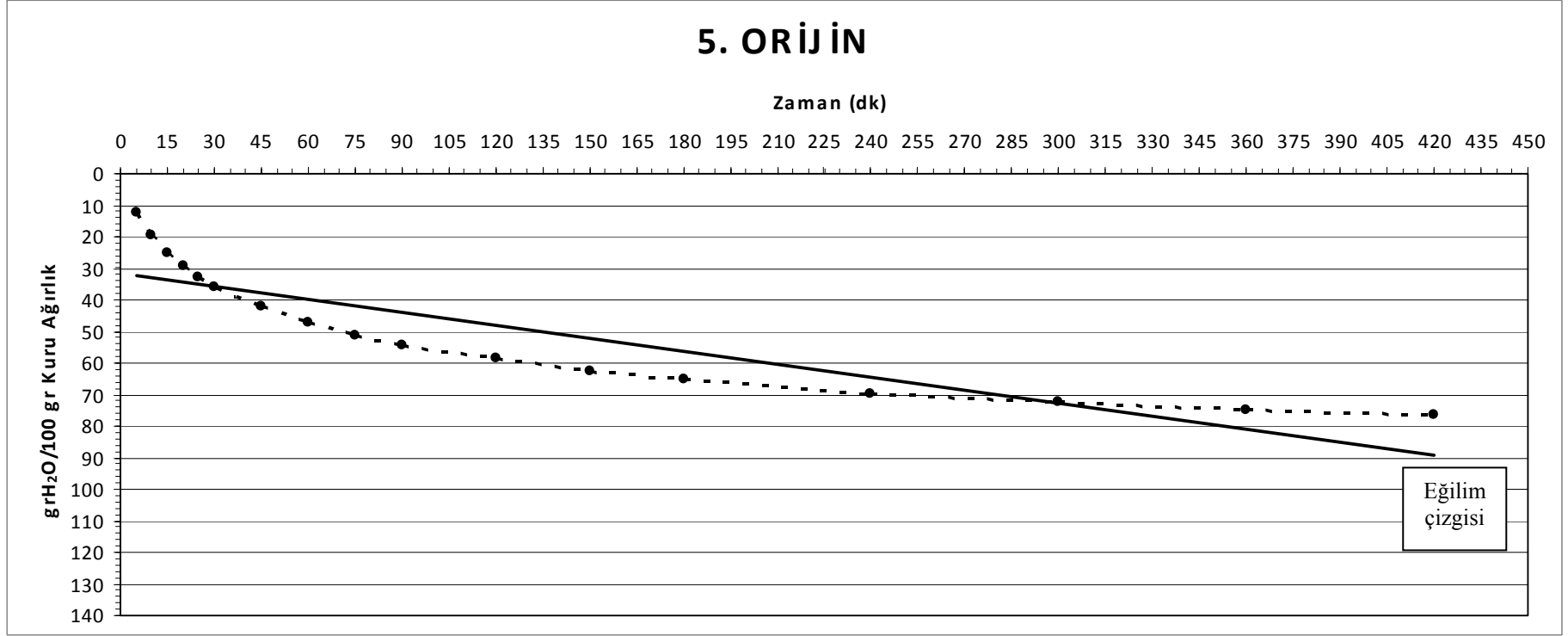
Ek Şekil 10 : 2 no'lu (Anamur 400-800 m) orijine ait transpirasyon eğrisi.



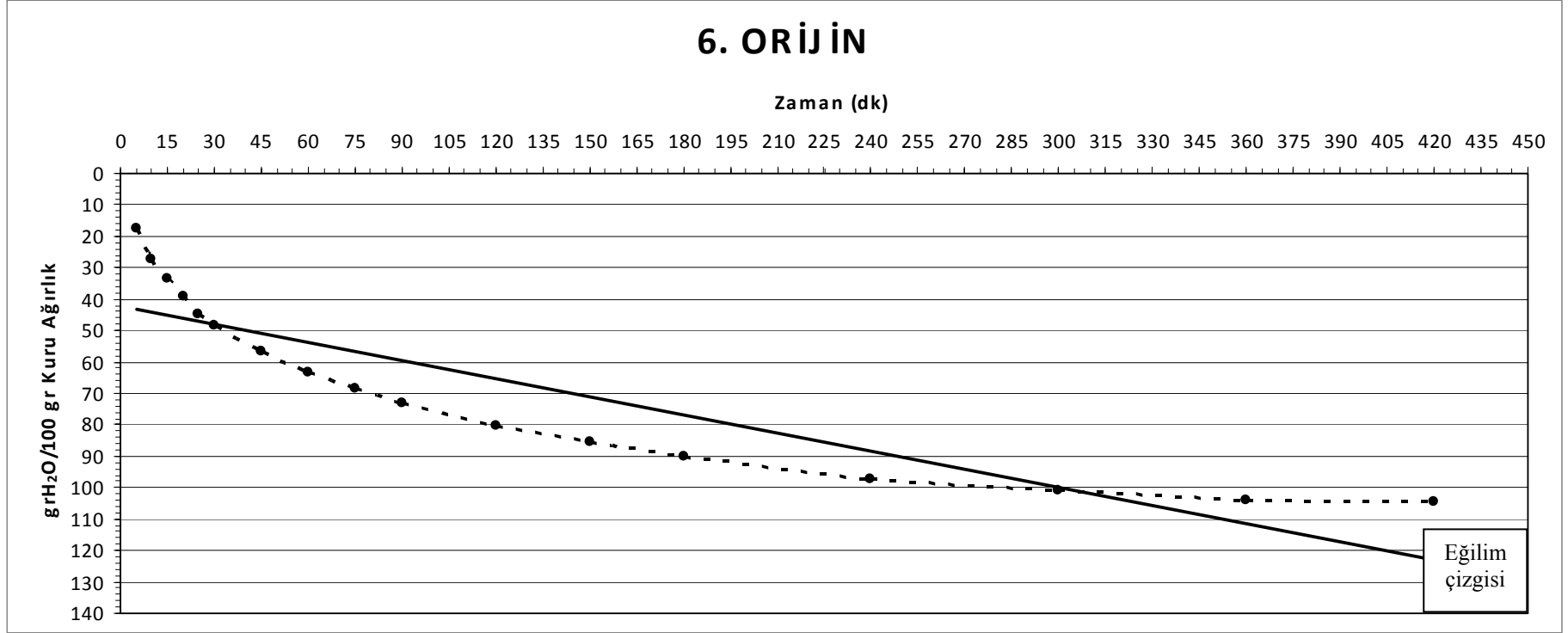
Ek Şekil 11 : 3 no'lu (Anamur 800-1200 m) orijine ait transpirasyon eğrisi.



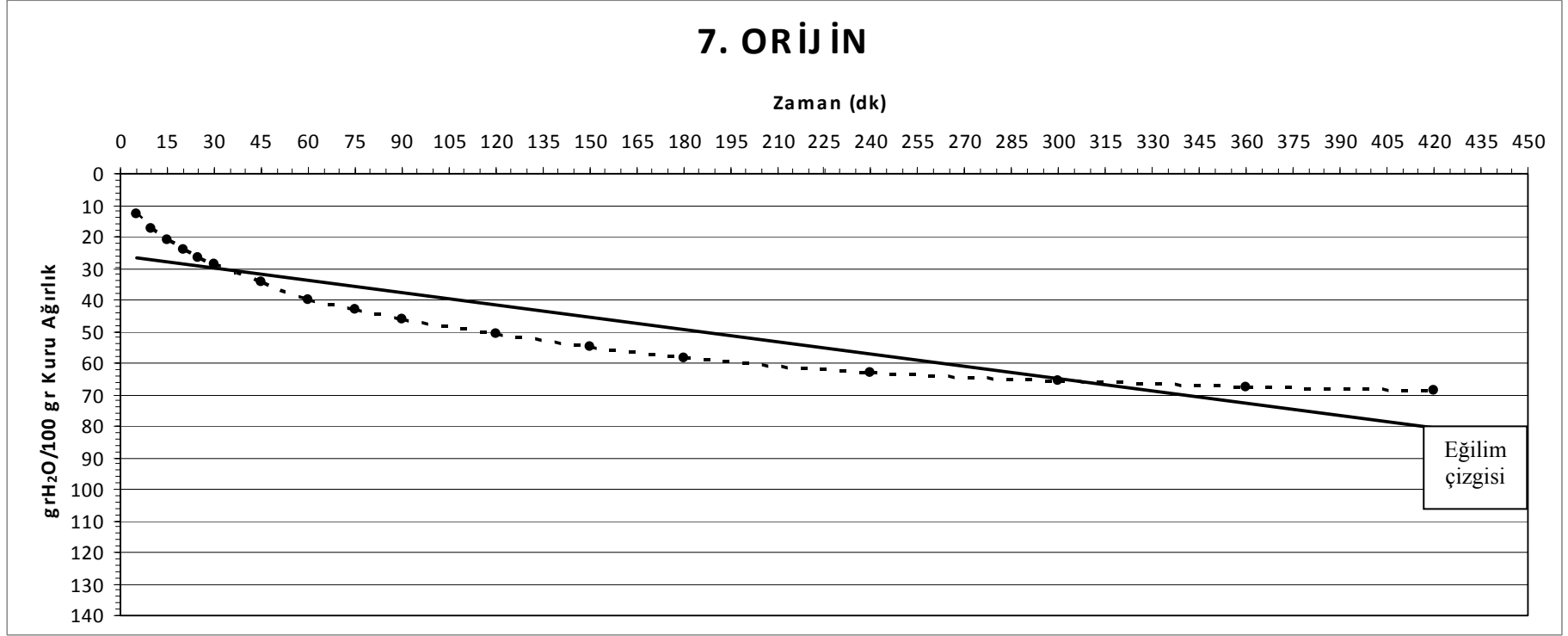
Ek Şekil 12 : 4 no'lu (Anamur 1200 m ve üstü) orijine ait transpirasyon eğrisi.



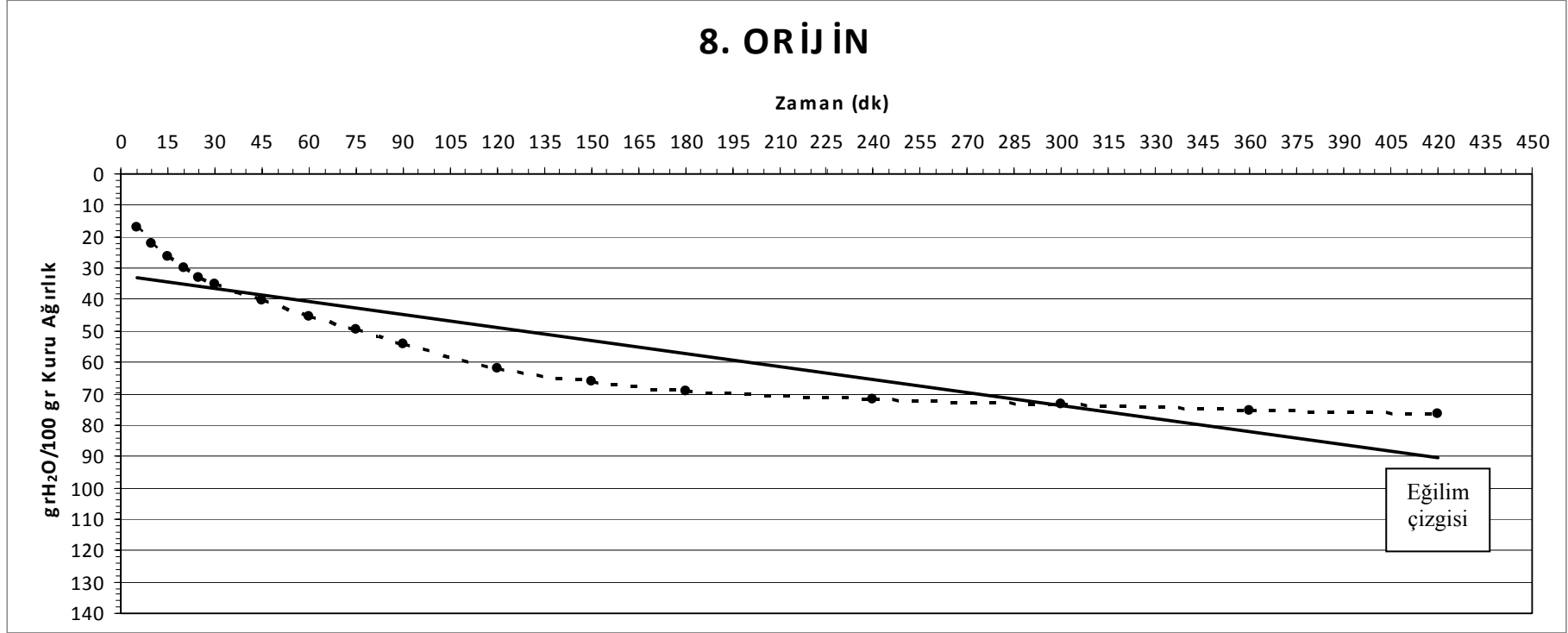
Ek Şekil 13 : 5 no'lu (Mersin 0-400 m) orijine ait transpirasyon eğrisi.



Ek Şekil 14 : 6 no'lu (Mersin 400-800 m) orijine ait transpirasyon eğrisi.



Ek Şekil 15 : 7 no'lu (Mersin 800-1200 m) orijine ait transpirasyon eğrisi.



Ek Şekil 16 : 8 no'lu (Mersin 1200 m ve üstü) orijine ait transpirasyon eğrisi.

## **ÖZGEÇMİŞ**

Engin GÜNGÖR, 08.04.1983 tarihinde İstanbul'da doğdu. 1994'te Küçükyalı Merkez İlkokulu'nu, 1997'de Hasan Şadoğlu Ortaokulu'nu, 2002'de Hayrullah Kefoğlu Süper Lisesi'ni ve 2006 yılında İ.Ü. Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü'nü Bölüm İkindiliği ile bitirdi. 2006 yılında İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Yüksek Lisans Eğitimine başladı. Bildiği yabancı dil İngilizce'dir.