

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KILIÇKAYA ORJİNLI SARIÇAM (*Pinus sylvestris* L.) FİDANLARINA AİT BAZI  
TEMEL MORFOLOJİK VE FİZYOLOJİK ÖZELLİKLERİN MEVSİMSEL  
OLARAK ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Burçak BULUT**

**EKİM 2008**

**TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KILIÇKAYA ORJİNLI SARIÇAM (*Pinus sylvestris* L.) FİDANLARINA AIT BAZI  
TEMEL MORFOLOJİK VE FİZYOLOJİK ÖZELLİKLERİN MEVSİMSEL  
OLARAK ARAŞTIRILMASI**

**Orm. Müh. Burçak BULUT**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde  
“Orman Yüksek Mühendisi”  
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 26.08.2008  
Tezin Savunma Tarihi : 09.10.2008**

**Tez Danışması : Doç Dr. İbrahim TURNA  
Jüri üyesi : Prof. Dr. Zeki YAHYAOĞLU  
Jüri üyesi : Doç. Dr. Cengiz ACAR**

**Enstitü Müdürü: Prof. Dr. Salih TERZİOĞLU**

**Trabzon 2008**

## ÖNSÖZ

“Kılıçkaya Orijinli Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Fidanlarına Ait Bazı Temel Morfolojik ve Fizyolojik Özelliklerin Mevsimsel Olarak Araştırılması” adlı bu çalışma, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek lisans tezinin bilimsel danışmanlığını üstlenerek, gerek konunun seçiminde gerekse hazırlanması sırasında desteğini gördüğüm sayın hocam Doç. Dr. İbrahim TURNA’ya teşekkür ederim.

Değerli görüş ve fikirlerinden yararlandığım, ayrıca bu çalışma için kaynak temin etmeme yardımcı olan değerli hocalarım, sayın Prof. Dr. Zeki YAHYAOĞLU ve Prof. Dr. Ahmet Faik AYAZ’a teşekkürü bir görev biliyorum.

Çalışmaların başlangıcından sonuçlandırılmasına kadar yapılan laboratuvar çalışmalarının yürütülmesi, kaynakların temin edilmesi, tezin yazım aşamalarının yürütülmesi ve istatistik çalışmalarının yapılması ve yorumlanmasında değerli görüş ve fikirlerinden yararlandığım, sayın hocam Arş. Gör. Deniz GÜNEY’e teşekkür ederim.

Çalışmaların sonuna kadar yapılan fidanlık ve laboratuvar çalışmalarında desteğini gördüğüm, sayın Arş. Gör. Şemsettin KULAÇ’a teşekkür ederim.

Ayrıca tezin hazırlanması sırasında her zaman yardım ve desteğini gördüğüm çok değerli aileme ve arkadaşlarım İsmail ERDEN, Mümin BAYRAM, Erhan SEYİS, İsmail KOÇ, Esra AYAR ve Eser BULUT’a teşekkür ederim.

Burçak BULUT  
Trabzon 2008

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER .....	III
ÖZET.....	V
SUMMARY.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
TABLolar DİZİNİ .....	IX
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XI
1. GENEL BİLGİLER .....	1
1.1. Giriş .....	1
1.2. Sarıçam ( <i>Pinus sylvestris</i> )'ın Genel Özelliklerinin İrdelenmesi .....	5
1.3. Sarıçam ( <i>Pinus sylvestris</i> )'la İlgili Genel Literatür Özeti.....	7
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR .....	14
2.1. Tohumların Elde Edildiği Deneme Alanı .....	14
2.2. Denemelerde Kullanılan Materyal.....	14
2.3. Yöntem.....	18
2.3.1. Ksilem Su Potansiyelinde Oluşan Dönemsel Değişmelerin Tespiti.....	18
2.3.1.1. Basınç Odası Yöntemi ve Uygulanışı.....	18
2.3.1.2. Su Potansiyelinde Oluşan Dönemsel Değişmelerin Tespiti.....	22
2.3.2. Su Potansiyeli ve Bileşenlerinde Oluşan Dönemsel Değişimlerin Tespiti .....	22
2.3.3. Klorofil Ölçümlerinin Yapılması .....	27
2.3.4. Toplam Çözünebilir Karbonhidrat Tayini .....	29
2.3.5. Morfolojik Ölçümlerinin Yapılması.....	31
3. BULGULAR .....	33
3.1. Fizyolojik Fidan Özelliklerine İlişkin Bulgular .....	33
3.1.1. Su Potansiyeli İlişkilerinin İncelenmesi.....	33
3.1.1.1. Ekstrem Bitki Su Gerilimi Değerlerinin ve Morfolojik Özelliklerin Gelişme Dönemi İçindeki Periyodik Değişimi .....	33
3.1.2. Toplam Su Potansiyeli ve Bileşenleri.....	41
3.1.2.1. Toplam Su Potansiyeli Bileşenleri Arasındaki İlişkiler.....	43
3.1.2.2. Sürekli Solma Noktasındaki Su Potansiyelinin Dönemsel Değişimi .....	44



3.1.2.3.	Doygun Haldeki Su Potansiyelinin Dönemsel Değişimi .....	46
3.1.2.4.	Solma Noktasındaki Serbest Su İçeriğinin Dönemsel Değişimi .....	47
3.1.2.5.	Solma Noktasındaki Nispi Su İçeriğinin Dönemsel Değişimi .....	47
3.1.2.6.	Kuru Ağırlık Oranının Dönemsel Değişimi .....	48
3.1.2.7.	Birim Kuru Ağırlığa Düşen Simplastik Su Miktarının Dönemsel Değişimi ..	49
3.1.2.8.	Solma Noktasındaki Relatif Su İçeriğini Dönemsel Değişimi .....	50
3.2.	Toplam Karbonhidrata İlişkin Bulgular .....	51
3.3.	Toplam Klorofil Bileşenlerine İlişkin Bulgular .....	53
3.4.	Morfolojik Fidan Özelliklerine İlişkin Bulgular .....	56
4.	SONUÇLAR VE TARTIŞMA .....	60
4.1.	Fizyolojik Fidan Özelliklerine İlişkin Tartışma ve Sonuç .....	60
4.1.1.	Ekstrem Bitki Su Gerilimi Değerlerinin Gelişme Dönemindeki Dönemsel Değişimi .....	60
4.1.1.1.	Şafak Öncesi Bitki Su Gerilimi Değişimi .....	60
4.1.1.2.	Gün Ortası Bitki Su Gerilimi Değişimi .....	64
4.1.1.3.	Su Potansiyeli ve Bileşenlerindeki Dönemsel Değişmeler ve Stres Etmenlerine Dayanıklılık .....	66
4.3.	Toplam Karbonhidrat ve Toplam Klorofil Bileşenlerine İlişkin Tartışma ve Sonuç .....	71
5.	ÖNERİLER .....	73
6.	KAYNAKLAR .....	77
7.	EKLER .....	86

ÖZGEÇMİŞ

## ÖZET

Bu çalışma kapsamında; asli orman ağacı türlerimizden Sarıçam fidanlarında fizyolojik özelliklere ilişkin su stresi durumu ile toplam su potansiyeli bileşenleri incelenmiştir. Bunun için şafak öncesi ve gün ortası bitki su gerilimine ait ölçümler mevsimsel olarak yapılmış ve buna göre ekstrem bitki su gerilimi değerleri incelenmiş ve morfolojik özellikler ile karşılaştırılmıştır. Basınç-Hacim (P-V) eğrisi yöntemi kullanılarak, toplam su potansiyeli bileşenleri hesaplanmış ve dönemsel değişimleri ortaya konulmuştur. Bunun yanında toplam karbonhidrat ve toplam klorofil bileşenleri dönemsel olarak incelenmiş ve farklılık gösterip göstermediği ortaya konulmuştur. Morfolojik fidan özelliklerinden fidan boyu, kök boğazı çapı ve yan dal sayısı yine dönemsel olarak ölçülmüş ve fizyolojik özellikler ile ilişkiye getirilmiştir.

Ölçüm sonuçlarına göre Eylül ayının ortasından Kasım ayının ortalarına kadar sarıçam için en uygun söküm zamanı olduğu belirlenmiştir. Bu tarihler arasında solma noktasındaki su potansiyeli minimum değerlerini almış yani fidanların solmaya karşı dirençleri en yüksek bulunmuştur. Ayrıca en geç Mayıs ayının ortasından itibaren, bitki su gerilimini 8 barı geçmesine bağlı olarak sulama programına başlanılmalı ve şafak öncesi BSG 8 bardan yüksek olduğu sürece sulama devam ettirilmelidir.

Toplam karbonhidrat miktarının özellikle vejetasyonun yoğun olduğu, hava sıcaklıklarının dolayısıyla bitki su geriliminin yüksek çıktığı dönemlerde yükseldiği belirlenmiştir. Bu dönemlerdeki toplam karbonhidrat miktarlarındaki yükselmeler bitkinin strese karşı aldığı önlem olarak ortaya çıkmaktadır. Toplam karbonhidrat ve toplam klorofil değerlerine ilişkin yapılan varyans analizi sonucunda bu değerlerin mevsimsel olarak değiştikleri belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler :** Sarıçam, Basınç-hacim grafiği, Su stresi, Kuraklık, Fizyoloji

## SUMMARY

### **Investigation of Seasonal Changes in Some Morphological and Physiological Parameter in Seedlings of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Provenance Kılıçkaya**

This study investigates the water stress related to physiological features and the total water potential contents of Scotch pine saplings which is one of the main forest species of Turkey. We measured the seasonal plant water stress values predawn and in midday, then analyzed and compared the extreme plant water stress values. Using pressure-volume (P-V) curve method, we calculated the total water potential contents and depicted the seasonal trends. Also, we examined periodical total carbohydrate and total chlorophyll contents to find out if any differences among those values. We determined some morphological features including seedling length, root collar diameter and branch number in relation with physiological features.

Measurements revealed the period between mid-September and mid-November as most appropriate uprooting period for Scotch pine saplings. In this period, water potential in wilting point values are minimal which refers to the maximal resistance of saplings against the wilting. At the latest, irrigation program should be started in mid-May when plant water tension values are above 8 bars. This program should be continued as long as the water tension value before dawn is above 8 bars.

Total carbohydrate quantity is high particularly when vegetation period is dry and air temperatures and accordingly plant water tension are high. The increase in total carbohydrate quantity is a precaution of plants against the stress. Variance analyzes on total carbohydrate and total chlorophyll values revealed the seasonal differences.

**Key Words:** Scots pine, Pressure-volume (p-v) curve, Water stress, Drought, Physiology

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Sarıçamın dünya üzerindeki (a) ve Türkiye'deki yayılışı (b).....	6
Şekil 2. Araştırmada kullanılması için yetiştirilen sarıçam fidanları.....	15
Şekil 3. Basınç odası tekniğinin uygulanması için fidanın hazırlanması.....	19
Şekil 4. Basınç odası cihazının görünüşü ve basınç odası tekniğinin uygulanışı.....	20
Şekil 5. Nem ve sıcaklık ölçer aletiyle (T-300 moisture-temperature meter) toprak sıcaklığı ve neminin ölçülmesi.....	22
Şekil 6. Su potansiyeli bileşenlerinin tespitinde basınç odası tekniği ve uygulanışı.....	24
Şekil 7. B-H eğrisi ve toplam su bileşenleri .....	25
Şekil 8. Klorofil ölçümünün yapılması .....	28
Şekil 9. Toplam karbonhidrat ölçümü için numunenin hazırlanması .....	30
Şekil 10. Toplam karbonhidrat ölçümünün yapılması.....	31
Şekil 11. Fidanlarda yapılan morfolojik ölçümler .....	32
Şekil 12. Şafak öncesi bitki su gerilimi değerleri ile toprak sıcaklığı ve toprak neminin dönemsel değişimi .....	35
Şekil 13. Şafak öncesi bitki su gerilimi değerleri ile fidan boyu, tomurcuk boyu, kök boğazı çapı ve yan dal sayısının dönemsel değişimi .....	36
Şekil 14. Gün ortası bitki su gerilimi değerleri ile toprak sıcaklığı ve toprak neminin dönemsel değişimi .....	39
Şekil 15. Ekstrem su potansiyeli değerlerinde yıl içinde olan periyodik değişimler .....	40
Şekil 16. Gün ortası bitki su gerilimi değerleri ile fidan boyu, tomurcuk boyu, kök boğazı çapı ve yan dal sayısının dönemsel değişimi .....	40
Şekil 17. 5 nolu fidanda yapılan grafiksel basınç-hacim eğrisi.....	41
Şekil 18. Toplam su potansiyeli bileşenlerinin grafiksel durumu .....	42
Şekil 19. Sürekli solma noktası ve doymuş haldeki su potansiyeline ilişkin grafik .....	44
Şekil 20. Toplam karbonhidrat miktarlarının dönemsel değişimi .....	53
Şekil 21. Klorofil bileşenlerinin zamana bağlı olarak nasıl değişimi .....	54
Şekil 22. Kök boğazı çapı, fidan boyu, sürgün boyu ve yan dal sayılarının aylara göre ortalama değerleri.....	56
Ek Şekil 1. 23.04.07, 07.05.07 ve 21.05.07 Tarihli Basınç-Hacim (P-V) eğrileri .....	86
Ek Şekil 2. 04.06.07, 18.06.07 ve 02.07.07 Tarihli Basınç-Hacim (P-V) eğrileri .....	87
Ek Şekil 3. 16.07.07, 13.08.07 ve 27.08.07 Tarihli Basınç-Hacim (P-V) eğrileri .....	88

Ek Şekil 4. 10.09.07, 24.09.07 ve 08.10.07 Tarihli Basınç-Hacim (P-V) eğrileri .....	89
Ek Şekil 5. 22.10.07, 05.11.07 ve 19.11.07 Tarihli Basınç-Hacim (P-V) eğrileri .....	90

## TABLolar DİZİNİ

### Sayfa No

Tablo 1.	Araştırmada kullanılan sarıçam tohumlarının toplandığı Kılıçkaya orijinine ilişkin bilgiler .....	14
Tablo 2.	Trabzon Havalimanı Meteoroloji istasyonundan elde edilen 2007 yılına ait günlük ortalama sıcaklık (C°) değerleri.....	16
Tablo 3.	Trabzon Havalimanı Meteoroloji istasyonundan elde edilen 2007 yılına ait günlük ortalama yağış (mm) değerleri.....	17
Tablo 4.	2007 yılı gelişme dönemi içerisinde belirlenen periyodik ortalama asgari (şafak öncesi) bitki su gerilimi değerleri, toprak sıcaklığı, toprak nemi, fidan boyu, tomurcuk boyu, kök boğazı çapı ve yan dal sayısı değerleri.....	34
Tablo 5.	2007 yılı gelişme dönemi içerisinde belirlenen periyodik ortalama azami (gün ortası) bitki su gerilimi değerleri, toprak sıcaklığı, toprak nemi, fidan boyu, tomurcuk boyu, kök boğazı çapı ve yan dal sayısı değerleri.....	37
Tablo 6.	Su potansiyeli parametrelerine ait ortalama değerler .....	42
Tablo 7.	Su potansiyeli bileşenleri, toprak sıcaklığı ve toprak nemi arasındaki ilişkilere ait korelasyon analizi sonuçları .....	43
Tablo 8.	Sürekli solma noktasındaki su potansiyeline (SSP) ilişkin varyans analizi ve Duncan testi sonuçları.....	45
Tablo 9.	Doygun haldeki su potansiyeline (DSP) ilişkin varyans analizi ve Duncan testi sonuçları.....	46
Tablo 10.	Solma noktasındaki serbest su içeriğine (FWC <sub>ZT</sub> ) ilişkin varyans analizi sonuçları.....	47
Tablo 11.	Solma noktasındaki nispi su içeriğine (RWC <sub>ZT</sub> ) ilişkin varyans analizi sonuçları.....	47
Tablo 12.	Kuru ağırlık oranına (KAO) ilişkin varyans analizi ve Duncan testi sonuçları.....	49
Tablo 13.	Birim kuru ağırlığa düşen simplastik su miktarına (Vo/DM) varyans analizi ve Duncan testi sonuçları.....	50
Tablo 14.	Solma noktasındaki relatif su içeriğine (RWC) ilişkin varyans analizi ve Duncan testi sonuçları.....	51
Tablo 15.	Toplam karbonhidrat miktarına ilişkin varyans analizi ve Duncan testi sonuçları.....	53
Tablo 16.	Klorofil bileşenlerine ilişkin varyans analizi .....	54
Tablo 17.	Klorofil bileşenlerine ilişkin Duncan testi sonuçları.....	55
Tablo 18.	Morfolojik özelliklere ilişkin varyans analizi.....	57
Tablo 19.	Morfolojik özelliklere ilişkin Duncan testi sonuçları.....	

Tablo 20. Morfolojik özellikler, toplam karbonhidrat ve klorofil bileşenleri arasındaki ilişkilere ait korelasyon analizi sonuçları.....	58
--	----

## SEMBOLLER DİZİNİ

BSG	: Bitki su gerilimi
BSP	: Bitki su potansiyeli
B-H (P-V)	: Basınç-Hacim
DoA	: Doygun ağırlık
DSP ( $\Psi\pi_0$ )	: Tam doygun haldeki su potansiyeli
FB	: Fidan boyu
FWC <sub>ZT</sub>	: Solma noktasındaki serbest su içeriği
KAO	: Kuru ağırlık oranı
KBÇ	: Kök boğazı çapı
KuA	: Fırın kurusu ağırlık
Mpa	: Megapaskal
nm	: Nanometre
RWC	: Relatif su içeriği
RWC <sub>ZT</sub>	: Solma noktasındaki nispi su içeriği
SSP ( $\Psi\pi_{zt}$ )	: Sürekli solma noktasındaki su potansiyeli
SoA	: Ölçüm sonrası ağırlık
Ta	: Taze Ağırlık
TB	: Tomurcuk boyu
Va	: Apoplastik su miktarı
Ve	: Dokulardan solma noktasına ulaşıncaya kadar preslenen su miktarı
Vo	: Simplastik su miktarı
Vo/DM	: Birim kuru ağırlığa düşen simplastik su miktarı
Vp	: Solma noktasında dokularda kalan serbest su miktarı
Vt	: Dokulardaki toplam su miktarı
YDS	: Yan dal sayısı



## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Ülkemiz ormanca pek zengin sayılmayan bir kuşak içinde yer almaktadır. Ülkemiz ormanlık alanları son dönemde yapılan envanter çalışmalarına göre 21.188.747 hektar olup ülke yüzeyinin % 27.2'sini oluşturmaktadır. Ormanlık alanın % 50'si verimli iken, % 50'si ise bozuk vasıflıdır [1,2].

Dünyada olduğu gibi Türkiye'de de ormanların büyük bir bölümü bugüne değin çeşitli şekillerde tahribata uğramış olduğundan, gerek nitelik, gerekse nicelik yönünden kendisinden beklenen yararları sağlayamayacak bir durumdadır. Bir yandan nüfusun hızlı bir şekilde artması, bir yandan da orman alanlarının daraltılması, gelecekte odun hammaddesine olan gereksinimi daha da artıracaktır. Böylece karşımıza çıkan odun hammaddesi açığını gidermek yanında, sanayileşmenin sonucu olarak ortaya çıkan kara ve su kirliliğinin giderilmesi için de daha çok yeşile, daha çok ormana, daha çok ağaçlandırmaya gerek duyulmaktadır. Bu durum, ülkemizde, özellikle son 25 yıldan bu yana yapay olarak orman kurma çalışmalarının yoğunluk kazanmasına neden olmuştur [3,4,5].

Kuraklık, bir bölgede buharlaşma yoluyla kaybedilen suyun, yağışlarla sağlanan sudan daha fazla olması şeklinde bir tanımlamayla ifade edilmektedir [6]. Kuraklık denilince öncelikle yağış ve su yetersizliği anlaşılmaktadır. Bir bölgeye "kurak bölge" diyebilmek için de, o bölgede yağış azlığı ve su yetersizliğinin bulunması ve bu olgunun sürekli olması gerekmektedir [7]. Kuraklık olgusu su açığının tekrarlama şekline göre ikiye ayrılmaktadır. Buharlaşma yoluyla kaybedilen suyun yağış miktarını geçmesi durumu, yıl içerisinde belirli devrelerde oluşuyorsa, düzenli kuraklık olarak ifade edilmelidir. Bu kuraklık şeklinde bitkiler iklim koşullarına kendilerini uyarlayabilirler. Bir diğer kuraklık şekli ise, belirsiz zamanlarda meydana gelen bitkilerin gelişmesine ve yetişmesine olumsuz etkiler yapacak derecede şiddetli olan su kıtlığıdır. Bu nitelikteki bir kuraklık durumu, "geçici kuraklık" olarak ifade edilir. Bitkilerin geçici kuraklıktan büyük çapta etkilenmeleri söz konusu olabilir [8].

Bir bölgenin veya yörenin, kurak olarak tanımlanabilmesi için, genel olarak en belirgin yaklaşım şöyledir. Goor ve Barney (1968), dünya üzerindeki yıllık 300 mm'den daha az yağış alan bölgeleri "kurak bölgeler" olarak tanımlamaktadır. Yıllık yağış miktarı

300 ile 600 mm arasında değişen bu bölgeler, “yarı kurak alanlar” olarak tanımlanmaktadır [9].

Kuraklık olgusu, söz konusu olduğu yöre ve bölgelerdeki vejetasyon yapısını da önemli ölçüde etkilemektedir. Kurak ve yarı kurak alanlardaki vejetasyon tipleri, dünyanın çok farklı yerlerinde olsalar bile bu alanlardaki su yetersizliği, söz konusu vejetasyon tipleri için çok karakteristik bazı ortak yönler ortaya çıkarmaktadır. Bu alanlardaki bitkiler, genel olarak kurak dönemi dormant olarak geçiren, sıcaklığa bağlı protoplastik stabilitesi ve viskozitesi yüksek olan, kuru ağırlık oranı çok fazla, yüksek miktarda glikoz içeren ve düşük osmotik potansiyel değerine sahip bitkilerden oluşmaktadır [10].

Su, tüm canlılar için olduğu gibi, bitkiler için de yaşamsal öneme sahip temel maddelerin başında gelmektedir [11,12]. Su eksikliği veya yetersizliği, bitkiler üzerinde doğrudan veya dolaylı olarak, çeşitli olumsuz etkilerde bulunmaktadır. Kuraklığın neden olduğu su kayıplarının bitkiler üzerindeki doğrudan etkileri, genel olarak; bitki hücrelerinin turgor durumlarının kaybolmaya başlaması (dokuların pörsümeye başlaması) ile hücre uzaması ve bölünmesinin yavaşlaması ve durması, çeşitli metabolik faaliyetlerin azalıp durma noktasına gelmesi, hücre çeperlerinde mekanik deformasyonların oluşması ve protoplazmanın hücre çeperinde ayrılması olarak sıralanabilir. Kuraklığın dolaylı zararları olarak da; stomaların kapanması nedeniyle azalan CO<sub>2</sub> konsantrasyonuna paralel olarak fotosentez yoluyla madde üretiminin azalması, birçok enzimin inaktif hale gelmesi, fosfor gibi çeşitli besin maddelerinin hücre içerisinde alımının yavaşlaması ve proteinlerin ayrışmaya başlaması olarak özetlenebilir [13,14].

Esasen kuraklık, su yetersizliğinin bitkilerin optimal yaşam faaliyetlerini azaltması veya sekteye uğratması dolayısıyla, bir stres türü olarak ele alınabilir. Gerek su yetersizliğinin, gerekse su fazlalığının bitkiler üzerinde bir stres oluşturabileceği belirtilmekle beraber, genel olarak su yetersizliğinin neden olduğu stres durumu ön planda dikkate alınmakta ve bu durum “kuraklık stresi” olarak adlandırılmaktadır. Levitt (1972), kuraklık stresi olgusunu çeşitli bileşenlerine ayırarak tanımlamış; bitkilerin yeterli su almama durumunu “su stresi” bitki dokularının ozmotik yönden kendilerinininkinden daha yoğun bir ortamda su kaybetmeleri durumunu da “ozmotik stres” olarak isimlendirmiştir [13].

Kuraklık da, diğer düşük sıcaklık, yüksek sıcaklık veya radyasyon gibi bitkiler üzerinde stres yaratan bir stres türüdür. Bitkiler kuraklık stresinin belirli derecelerine kadar dayanabilirler. Stres faktörü ortadan kalktığında, azalan veya aksayan metabolik

faaliyetlerini tekrar normal düzeye getirebilir. Bu duruma bitkilerin “elastik büyüme zorlanması” denir. Fakat kuraklık stresinin derecesi veya süresi arttıkça bitkilerde, geriye dönülemez zararlar ortaya çıkmaktadır. Bu sınırın genişliğine de, “bitkinin plastik büyüme zorlanması” denir [15].

Kuraklık stresi bitki populasyonları üzerinde olumlu etki yapabilmektedir. Örneğin kurak alanlarda yer alan doğal bitki populasyonlarının, binlerce yıl süren doğal seleksiyonun etkisi ile bu koşullara ileri derecede uyum sağlayabilme yeteneğine kavuşabildiklerini belirtmektedir [16].

Ayrıca orman ağaçlarının orman sınırına yakın populasyonları, bu alanlardaki ekstrem koşullara uyum sağlamak ve daha iyi yetişme ortamlarındaki populasyonlardan bu açıdan farklı bir genetik yapıya sahip olmaktadır [17]. Ayrıca yabancı orijinli orman ağacı populasyonlarının da, yetiştirildikleri bölgenin sub-optimal koşullarının (kuraklık gibi) etkisiyle, bir idare süresi boyunca etkili bir seleksiyona maruz kalabileceği ve bu süre sonunda, söz konusu koşullara olan adaptasyon durumlarını geliştirebileceği (stres teorisi) belirtilmektedir [18].

Kuraklık stresi her ne kadar bitki gelişimine ve yetiştirilmesine engel olsa da kurak ve yarı kurak alanlar, ormancılık çalışmaları için önemli bir potansiyel taşımaktadır. Bu alanların, insanların ormanlardan beklediği çeşitli madde ve hizmetlerin üretimi için büyük bir öneme sahip olduğu belirtilmektedir. Ülkemizdeki kuraklığın etkisi altındaki alanların giderek büyümesi, kuraklık stresinin de birçok stres türü gibi, insan aktivitelerinin doğrudan ya da dolaylı bir sonucu oluşu, bu potansiyel alanları ormancılık yönünden oldukça önemli kılmaktadır. Önümüzdeki yıllarda ormancılar için yeni faaliyet alanları, iyi yetişme ortamlarından çok, ekstrem yetişme ortamlarını kapsayan alanlar olacaktır. Çünkü verimli alanların kullanımı için ormancılığın, kentleşme, sanayileşme ve tarım gibi diğer sektörler karşısında fazla bir rekabet yeteneği olduğu görülmemektedir [19].

Bir türde orijinlerin kuraklığa toleransı (solma noktasının daha düşük ozmotik potansiyel değerinde gerçekleşmesi) ile temsil ettikleri yörelerin yaz kuraklığı şiddeti arasında bir ilişkinin varlığından söz edilmektedir [20]. Ayrıca ağaç türlerine ait orijinlerin kuraklığa dayanıklılıkları ile, temsil ettikleri doğal yayılış alanlarındaki iklimin kuraklık derecesi arasında bir paralelliğin var olduğu anlaşılmaktadır [15].

Kuraklık stresi ile orijinlerin bu strese dayanıklılıkları irdelenirken, herhangi bir orijinin kuraklığa olan dayanıklılığı ile temsil ettiği rejonun iklimi arasında bir ilişki kurmak yanında, o orijinin kuraklığa dayanıklılığının niteliğini de ortaya koymak

önemlidir. Bir tür veya orijin, ya kuraklıktan sakınarak ya da kuraklığı tolere ederek, kuraklık stresini tolere edebilir. Bu iki nitelik aynı tür veya orijinde eşit oranda yer alabileceği gibi, farklı tür veya orijinlerde ayrı ayrı da önem kazanabilir. Bu konuda bir diğer önemli husus ise kuraklığın şeklidir. Bir bölgenin iklimi, genel olarak kurak olabilir. Örneğin, yıllık yağışı belli sınırların altında olabilir. Fakat bir başka bölgede, aynı kritere göre oldukça nemli gözüke de, yaz kuraklığının şiddeti bakımından yağışı az olan bölgeden daha önde yer alabilir [15].

Bir ağaç türüne ait orijinlerin kuraklığa karşı dayanıklılığının kıyaslanması, gelecekteki tohum transferi ve ıslah çalışmaları için de büyük önem taşımaktadır. Çünkü herhangi bir lokal orijinin bugünkü dış koşullara adaptasyon durumu geçmişteki seleksiyon etkilerinin sonucudur [20]. Günümüzde çevresel koşullar çok hızlı değişmekte küresel ısınma sonucu bitkiler üzerindeki kuraklık stresi etkisi giderek artmaktadır.

Çevresel koşulların değişim hızı, orman popülasyonlarının bu değişime ayak uydurma hızından daha fazla olmaktadır [21]. Su yetersizliğinin, bugüne kadar ağaç türlerinin gelişimini önemli ölçüde etkilemediği bölge veya rejyonlarda bile, yakın gelecekte kuraklık stresinin yaratacağı problemlerle karşılaşılabilir. O halde, aynı iklimik rejyonlardaki popülasyonların dahi, kuraklık stresine göre dayanıklılıklarının kıyaslanması önem kazanmaktadır. Bu yaklaşım aynı zamanda, belirsiz bir gelecek için aktif gen korumanın da altyapısını oluşturmada önemli bir işlev görecektir [22]. Bu yüzden lokal orijinlerin güvencesi kesin olmayıp, nispeten kuraklığa dayanıklı orijinlerin de tespit edilmesi gelecekteki ağaçlandırma stratejilerinin oluşturulması bakımından oldukça önemlidir [15].

Ülkemizde teknik ormancılıkta esas amaç, devamlılığın sağlanması olup, bu amaca ulaşmada orijini belli, üstün nitelikli tohumlardan elde edilen, kaliteli fidanlarla yapılan ağaçlandırmaların büyük önemi bulunmaktadır. Bu bakımdan, ağaçlandırma çalışmalarındaki başarının temelini, tohum ve fidan üretimi oluşturmaktadır. Bu amaca ulaşabilmek için orman yetiştiricisi, kullanacağı tohumun kalitatif özelliklerini ve verim kabiliyetlerini önceden bilmeli ve üretimde daima çok iyi özelliklere sahip tohumlardan elde edilen fidanları kullanmalıdır. O halde ülkemizde yapacak olduğumuz ağaçlandırma çalışmalarında dikkat edilmesi gereken en önemli husus, iyi irsel nitelikli, yüksek artım sağlayan tohumlardan elde edilen kaliteli fidanları kullanmak olmalıdır. Bu güne kadar ülkemizde bu özelliklere sahip fidanlar daha çok morfolojik özellikler dikkate alınarak

belirlenmektedir. Son yıllarda daha çok ilgi görmeye başlayan tohumlarda ve fidanlardaki fizyolojik özelliklerle fidan kalitesi daha kısa sürede belirlenmektedir.

Bu çalışmada asli orman ağacı türlerimizden Sarıçam fidanlarında; fizyolojik özelliklerden biri olan şafak öncesi ve gün ortası bitki su gerilimine ait ölçümlerine bağlı olarak su stresi durumu, Basınç-Hacim (P-V) eğrisi yöntemi kullanılarak toplam su potansiyeli bileşenlerinin belirlenmesi ve fidanlardaki klorofil ve şeker (toplam karbonhidrat) içeriği tespit edilerek bunun vejetasyon dönemi içindeki zamansal değişim ve farklılığını belirlemek amaçlanmıştır. Ayrıca morfolojik özelliklerde mevsimsel olarak belirlenerek değişim ortaya konulmuş ve fizyolojik özellikler ile ilişkiye getirilmiştir. Bu amaçla Artvin-Kılıçkaya orijinli tohumlardan yetiştirilen fidanlar kullanılmıştır. Bu orijinden elde edilen fidanlarda adı geçen ölçüm ve deneylerdeki farklılığa bağlı olarak kuraklığa dayanıklı ağaçlandırmalar gerçekleştirmek amacıyla; fidan söküm zamanı, araziye taşınması, dikim zamanı ve sulama programı gibi özellikleri belirlemek hedeflenmiştir.

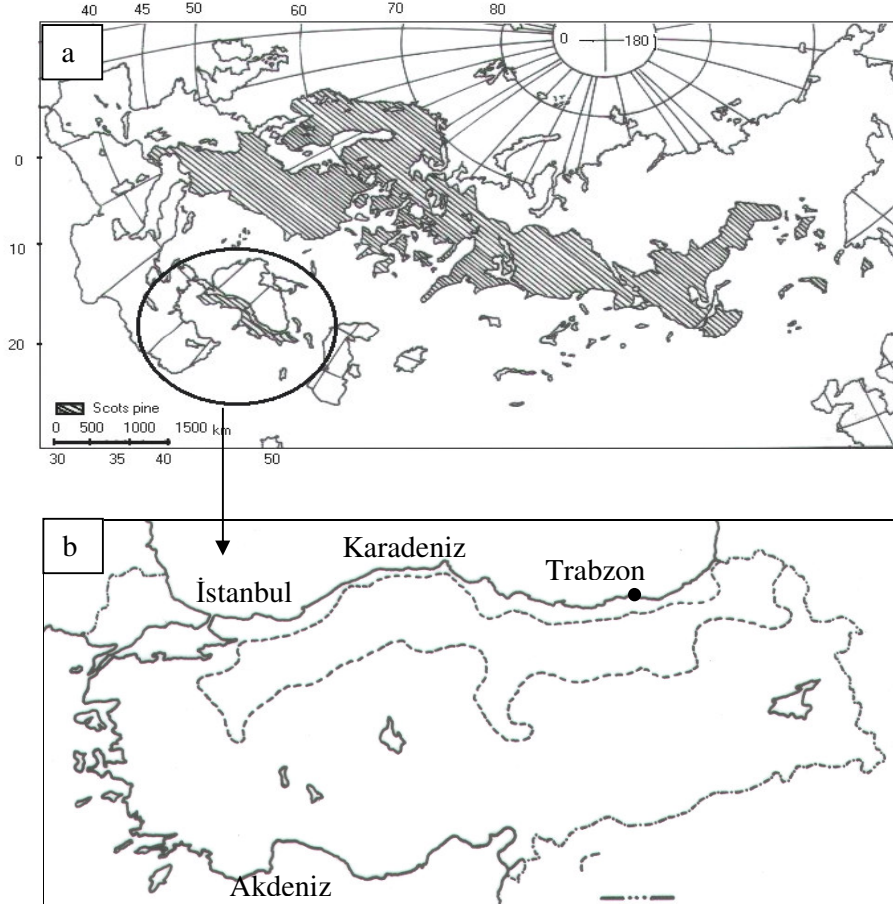
## 1.2. Sarıçam (*Pinus sylvestris*)’in Genel Özelliklerinin İrdelenmesi

Sarıçam (*Pinus sylvestris*) ülkemizde doğuda Sarıkamış ve Kağızman’dan başlayıp Eskişehir’in batısında Yeşildağ’a kadar güneyde ise Kayseri-Pınarbaşı’na kadar doğal olarak yayılış göstermektedir [23, 24, 25, 26, 27, 28, 29].

Mevcut çam türleri içerisinde en geniş coğrafi yayılışı olan Sarıçam, Avrupa ve Asya’da yaklaşık 3700 km eninde ve 14700 km uzunluğunda (37° –70° N ve 7° –137° E) çok geniş doğal yayılış alanına sahiptir. Kuzey sınırı İskoçya, Norveç, İsveç ve Finlandiya’nın kuzeyinde 70. enlem derecesine kadar olan yerlerde, Sibiryaya steplerinde Sibiryaya melezi ile birlikte iğne yapraklıların orman sınırını oluşturur. Güney sınırı ise İspanya’da Pirene dağlarının yüksek kesimlerinde, Alp’lerde, Karpat’larda, serpilmiş durumda Yugoslavya ve Bulgaristan ile Anadolu, Kırım ve Kafkas’larda bulunmaktadır. Sarıçamın Türkiye ve Dünya üzerindeki doğal yayılışı Şekil 1’de gösterilmiştir [23, 24, 25, 26, 27, 28, 29].

Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)’ın, *P. sylvestris* L. ssp. *sylvestris*, *P. sylvestris* L. ssp. *hamata* (Steven) Fomin, *P. sylvestris* L. ssp. *lapponica* Fries, *P. sylvestris* L. ssp. *sibirica* Ledeb, *P. sylvestris* L. ssp. *kulundensis* Sukaczew olmak üzere beş alt tür vardır [23, 24].

*Pinus sylvestris* L. ssp. *hamata* (Steven) Fomin, ülkemizde doğal olarak saf yada karışık ormanlar kurmaktadır. Yurdumuzda Eskişehir'in batısındaki Yeşildağ'dan başlayıp doğuya doğru Kuzey Anadolu dağlarının yüksek kesimlerini kaplayarak Sarıkamış üzerinden Kafkas'lara geçen Sarıçam,  $38^{\circ} 34' - 41^{\circ} 48'$  kuzey enlemleri ( Pınarbaşı - Ayancık hattı) ile  $28^{\circ} 00' - 43^{\circ} 05'$  (Orhaneli – Kağızman hattı) doğu boylamları arasında doğal yayılışa sahiptir. Sarıçam'ın güneye indiği en son yer Kayseri-Pınarbaşı'dır. Ülkemizde bu kadar geniş bir yayılışa sahip olan Sarıçam dikey yayılışı Sürmene ve Arhavi yakınlarında deniz seviyesinden (Çamburnu), Sarıkamış'ta 2700 metreye (Ziyarettepe) kadar çıkmakta ise de, ortalama olarak 1000–2500 metreler arasında saf ve diğer türlerle karışık olarak yayılış gösterir (Şekil 1-b). Ülkemizdeki toplam orman alanının % 5.5'ini kaplayan ve 738 192 ha olan saf Sarıçam orman alanının 475 219 ha'lık bölümü normal kuru, geri kalan 262 973 ha'lık bölümü de bozuk korudur [23, 24, 25, 26, 27, 28].



Şekil 1. Sarıçamın dünya üzerindeki (a) ve Türkiye'deki yayılışı (b)

Sarıçam, ortamlarına göre 20-40 metre boylarında narin gövdeli, sivri tepeli ve ince dallı yada dolgun ve düzgün gövdeli, yayvan tepeli ve kalın dallı herdem yeşil bir ağaçtır. Kabuk genç bireylerde ve yaşlı ağaçların üst kesimlerinde tilki sarısı, kirli sarımsı kırmızı ya da kırmızımsı kahverengi bir renktedir. Genç sürgünleri yeşilimsi bir renktedir. İkinci yıldan itibaren bu renk gri kahverengine dönüşür. Odunlarının kullanım alanları çok çeşitli olup, değerli odunları vardır [23, 24, 25, 27].

Genellikle sağlam ve kuvvetli kazık kökleri olup, fırtınalara karşı dayanıklıdır ve donlardan etkilenmezler. Ancak, böcek ve mantar zararlıları çoktur. Hafif kumlu toprakların ağacıdır. Mineral madde ve nem istekleri yüksek değildir. Kurak, fakir ve kayalık yerlerde bile yetişebilmektedir. Ancak, yumuşak ve kumlu derin toprakları çok sever [23, 24].

Gerek dünya üzerindeki yatay ve gerekse Türkiye'deki dikey yayılışından anlaşılacağı gibi sarıçam sıcak yazlara, kuraklığa ve çok soğuk kışlara dayanabilen bir türdür. Başka bir deyimle Sarıçam kara iklimine ve bu iklimin gerek serince kuzey, gerekse sıcakça güney sahalarına uymuş bir ağaç türüdür. Ilıman iklimden kaçınır. Akdeniz iklimi bu türün isteklerine uymaz. Tipik bir ışık ağacı olup ve ışık isteği yetişme ortamının fakirleşmesi oranında artar [23, 24, 27, 28].

Doğal Sarıçam meşcereleri yüksek boylar yaparak çok sık ve sıkışık büyürler. Ekstrem ve ekstreme yakın iklim (tipik kara iklimi) ve toprak koşulları (sığ, kuru, iskeletçe zengin ve genellikle fakir) altında saf ormanlar oluştururlar. Karışık sarıçam ormanları ise iklim bakımından Gökmar (Abies ssp.), Kayın (Fagus ssp.), Ladin (Picea ssp.), Karaçam (Pinus nigra) ve Meşe'nin (Quercus ssp.) daha elverişli olduğu yörelerde bulunur. Titrek kavak ve birçok ağaççık ve çalı türleri de sarıçam meşcerelerini tür bakımından zenginleştirir. Işık ağacı olarak Sarıçam, karışık meşcerelerin kurulmasına uygundur. Ancak gençlikte hızlı büyümesi ve bazı orijinleri itibariyle kötü şekiller (azman) geliştirme özelliğinde oluşu zorluklar yaratabilir [23, 24, 27, 28].

### 1.3. Sarıçam (*Pinus sylvestris*)'la İlgili Genel Literatür Özeti

Sarıçam, gerek dünyadaki ve gerek Türkiye'deki geniş yayılış alanı gerekse odununun değerli oluşu bakımından son derece önemli bir orman ağacı olup, çok sayıda araştırmaya konu olmuştur. Çalışmamıza ışık tutması açısından konuyla direkt ilişkisi olan bazı araştırmalara kısaca değinmekte yarar vardır. Bu çalışmalar özetlenirken, öncelikli

olarak Sarıçamla ilgili yapılan çalışmalar ele alınmış daha sonra kuraklık stersi konularıyla ilgili diğer türlerde yapılan çalışmalar özet olarak gösterilmiştir.

Türkiye Sarıçam'larında (*Pinus sylvestris* L.) morfojenetik araştırmalara yer verilen bir çalışmada, sarıçamda iğne yaprak, odun, polen, kozalak, tohum, tohum kanadı ve kotiledon sayısı gibi morfolojik karakterlere ait özellikler incelenmiştir. Araştırmada kullanılan materyal Eskişehir-Çatacık, Yozgat-Akdağmadeni, Kayseri-Pınarbaşı-Melikgazi, Bolu-Seben, Kars-Sarıkamış, Giresun-Bicik ve Hopa'dan alınmış olup, incelenen özelliklere ilişkin değişik varyasyonların olduğu saptanmıştır [25].

Yapılan diğer bir çalışmada, optimal ve sınırlı olmak üzere iki su seviyesi ve iki farklı sıcaklık derecesinin Sarıçam fidanlarında biyomas ve büyümesindeki genotipik yapı ve genetik parametreleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Analizler sonucunda, ölçülen özelliklere ilişkin ağaç-sıcaklık ve ağaç-sıcaklık-su etkileşimleri anlamlı bulunurken, ağaç-su etkileşimi ve ağaç etkileri anlamsız bulunmuştur [30].

Kurak koşullar altında, Sarıçam fidanlarının morfolojisinin ve fizyolojisinin incelendiği bir çalışmada, 12 farklı orijinden alınan sarıçamlarda, fidanların kuraklığa dayanıklılığına ilişkin varyasyonlar araştırılmıştır. Çalışmada, sera koşullarında gerçekleştirilen deneylerde 3 farklı kuraklık döngüsü üzerinden araştırma gerçekleştirilmiştir. Çalışmada sabah öncesi saatlerde ibrelerdeki su potansiyeli ve anlık kullanılan su etkinliği ölçülmüştür. Çalışma sonucunda, fidanların hayatta kalma potansiyelleri, büyümeleri, köklerin biyolojik kütleleri ve karbon izotop oranları ölçüldü. Genel olarak Avrupa orijinli tohumlardan elde edilen fidanlar, Asya orijinli tohumlardan elde edilen fidanlara göre daha yavaş büyüdüğü fakat kurak koşullar altında daha uzun süre hayatta kalma başarısı gösterdiği tespit edilmiş ve farklı orijinlere ait sarıçamlarda morfolojik karakterlere ilişkin varyasyonların olduğu ortaya konulmuştur [31].

Diğer bir araştırmada, Sarıçam'ın plus ağaç klonları arasındaki fenolojik varyasyon araştırılmıştır. 18 Sarıçam plus ağaç klonunun soğuğa olan dayanıklıkları, iğne yapraklar üzerinde yapay dondurucular kullanılarak karşılaştırılmıştır. Dondurucu zararlarına, iğne yaprakların dokuları üzerindeki renk değişikliklerine bakılarak görsel olarak karar verilmiştir. İğne yapraklarını soğuğa olan dayanıklılığının varyasyonu, yazın uygulanan iki dondurucu test hariç bütün testlerde anlamlı bulunmuştur [32].

Türkiye'de Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Tohumu Üzerine Teknolojik Araştırmalar adlı bir çalışmada; Sarıçam tohumunun çimlenmesi üzerinde farklı ışık ve sıcaklık koşullarının etkisi, tohum gücünün belirlenmesi, farklı biyoklimatik zonlara ait



tohumların çimlenmeleri üzerinde ozmotik stresin etkileri, ozmotik stres ile koşullandırmanın çimlenme üzerine etkileri, olgunlaşmadan toplanan tohumların çimlenme özellikleri ile bu tohumların çimlenebilme özelliklerini iyileştirmeye yönelik düşük sıcaklıkta saklama ve polietilen glikol ile koşullandırmanın etkileri, polietilen glikol ile koşullandırmanın fidan yüzdesi ve morfolojisi üzerine etkisi ve hızlandırılmış yaşlandırmanın çimlenme üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, ozmotik stres düzeyi arttıkça çimlenme parametrelerindeki düşüşlerin orijinlere göre önemli farklılıklar ortaya konmuştur. Ozmotik stres ile koşullandırmanın çimlenme üzerine etkileri belirlendiğinde yine farklılıklar ortaya çıkmıştır[33].

Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Tohumu Üzerine Teknolojik Araştırmalar adlı bir çalışmada; polietilen glikol ile koşullandırmanın fidan yüzdesi ve fidan morfolojisine etkisi araştırıldığında ise özellikle gövde uzunluğu, gövde taze ağırlığı ve kök kuru ağırlığı/gövde kuru ağırlığı koşullandırma işlemi sonucu önemli oranda artmıştır. Yine hızlandırılmış yaşlandırmaya karşı orijinlerin ve bireylerin farklı bir tutum gösterdikleri ortaya çıkmıştır [33].

Bu kısımdan itibaren çalışmaya ışık tutması açısından, Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) dışındaki türlerde kuraklık stresi ile ilgili yapılmış olan çalışmalar özetlenmiştir.

Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) tohumlarında ozmotik stres ile koşullandırmanın çimlenme üzerine etkileri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, osmotik stres ile koşullandırmanın tohumların çimlenme yüzdesi ve çimlenme değerini artırdığı ortaya konmuştur. Bununla birlikte tohumların iç uyku hallerinin giderilmesinde, araştırmada denenen koşullandırma işlemleri klasik katlama yöntemi kadar etkili bulunmamıştır [34].

Orman Ağacı Tohumlarında Çimlenme-Su Stresi İlişkisi adlı diğer bir çalışmada, Su stresine karşı ağaç türlerine ait tohumların göstermiş olduğu tutumların farklı olduğu vurgulanmakta, farklı ağaç türleri ile yapılan çalışmalar sonucu yağışlı bölgeleri temsil eden tür veya orijinlere ait tohumların su stresine karşı daha az dayanıklı oldukları belirlenmiştir [35].

Lübnan Meşesi (*Quercus libani* Oliver) ve Macar Meşesi (*Quercus frainetto* Ten.) Fidanlarında Kurak Dönemdeki Transprasyon Analizi adlı çalışmada bu türlere ait 1 yaşındaki fidanlarda kurak dönemde (Ağustos ayı) transprasyon analizi yapılmıştır. Çalışma sonucunda Lübnan meşesinin transprasyonla su kabına daha dayanıklı olduğu anlaşılmıştır [36].

Diğer bir çalışmada Doğu Karadeniz Göknarı tohumlarının çimlenmesi üzerinde katlama, ışık ve çimlendirme sıcaklığının etkisi araştırılmış ve araştırma sonucunda ışığın çimlenme yüzdesi üzerinde etkisinin olmadığı ortaya konmuştur. Bu çalışma sonucunda tohumların 6-9 hafta katlama işlemini takiben erken ilkbaharda ekilmesinin uygun olacağı vurgulanmıştır [37].

Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L).Link.) Fidanlarında Su potansiyeli Bileşenlerinde Oluşan Dönemsel Değişmeler adlı bir başka çalışmada, P-V eğrisi yöntemi ile 5 Ekim 1993 ile 2 Mayıs 1994 tarihleri arasında araştırma yapılmıştır. Bu çalışmada beş adet su potansiyeli bileşeninin dönemsel değişimi incelenmiştir. Bunlar Solma noktasındaki su potansiyeli, tam doymuş haldeki su potansiyeli, solma noktasındaki nispi su içeriği, solma noktasındaki serbest su içeriği ve birim kuru ağırlığına düşen simplastik su miktarıdır. Birim kuru ağırlığa düşen simplastik su miktarı kış boyunca hemen hemen değişmezken, tomurcukların patlaması ile aniden yükseldiği tespit edilmiştir. Solma noktasındaki su potansiyeli fidan tazeliğini belirlemede kritik bir değer olarak kabul edilmektedir. Solma noktası dikim sırasında kullanılacak en büyük bitki su gerilimi düzeyidir. Çalışmada bu veriler kullanılarak Yorma Fidanlığı'nda Doğu ladini fidanlarının söküm, depolama ve şaşırtmasının Şubatın üçüncü haftası ile Martın üçüncü haftası arasında yapılması tavsiye edilmiştir [38].

Toros Sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) Fidanlarına Ait Bazı Morfolojik ve Fizyolojik Karakteristikleri ile İç Anadolu'daki Dikim Başarısı Arasındaki İlişkiler adlı bir diğer çalışmada, Fidan boyunun, kök boğazı çapının, bazı fizyolojik fidan karakteristiklerinin (dormansi, fidan su potansiyeli, yapraklardaki glikoz konsantrasyonu gibi) Toros sedirinin dikim başarısı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Dikilebilir bir Isparta orijinli Toros sediri fidanlarının, su potansiyeli düzeyi ve söküm-dikim için en uygun zaman periyodu araştırılmıştır. Fidan boyu ile tutma başarısı arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Ancak kök boğazı çapı ile tutma başarısı arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Yarı kurak bölgelerde kısa boylu fidanların tutma başarısı daha yüksek yarı nemli bölgelerde uzun boylu fidanların tutma başarısı daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca çıplak köklü sedir fidanlarının dikilebilmesi için su potansiyellerinin -10 bar'ın üzerinde olması gerekir. Kök geliştirme potansiyelinin en yüksek olduğu dönem ilkbahardır. İç Anadolu bölgesi için en uygun söküm-dikim zamanının erken ilkbahar olduğu belirlenmiştir [39].

Şaşırtılmamış ve sonbaharda, ilkbaharda ve yaz ortasında şaşırtılmış dört yaşındaki çıplak köklü Doğu ladini fidanları ile tüpe ekim 1+0 Toros sediri, 2+0 Anadolu karaçamı,

1+0 Boylu ardıç, 1+0 diken ardıç ve ilkbaharda tüpe şaşırılmış 1+1 kokulu ardıç fidanlarının, söküm-dikim sürecinde ve dikim sonrası oluşan stres etmenlerine karşı dayanma yetenekleri araştırılmış ve türler arası karşılaştırma yapılmıştır. Sonuçta şaşırılmış doğu ladini fidanlarının, şaşırılmamış fidanlara kıyasla, stres koşullarına daha dayanıklı olduğu ileri sürülmüştür. Akdeniz kökenli türler arasında, strese en dayanıklı tür boylu ardıç olduğu belirtilmiştir [40].

İzmir yöresinde yetiştirilen Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) fidanlarında değişik sulama miktarlarında oluşan fizyolojik değişiklikler araştırılmış ve kızılçam fidanlarında oluşabilecek içsel oksin, absisik asit, ve prolin içeriklerinin büyüme ile ilişkisinin belirlenmesi amacı ile yapılan bu çalışmada sonucunda, fidanlardaki büyümenin uygulanan sulama miktarına ve bununla bağıntılı olarak bitki bünyesinde değişen endogen hormon miktarı değişimleriyle ilişkili olduğu görülmüştür [41].

Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold ssp. *pallasiana* Lamb. Holmboe) Orijinlerinin Kuraklıklara Karşı Reaksiyonlarını Ekofizyolojik Analizi adlı bir başka çalışmada kuraklık koşullarının değişik biyoklimatik rejyonları temsil eden Anadolu Karaçamı orijinlerinin bazı tohum ve fizyolojik fidan karakteristikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Su stresi koşullarındaki çimlenme yüzdesi ve çimlenme değeri bakımından, Anadolu Karaçamı orijinlerinin aralarında istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Orijin x stres etkileşimi bakımından da anlamlı farklılıklar bulunmuştur [15].

Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link.) Fidanlarına Ait Bazı Morfolojik ve Fizyolojik Özelliklerle Dikim Başarısı Arasındaki İlişkiler adlı bir diğer çalışmada ise Çataldere-Maden orijinli doğu ladini fidanları kullanılmış ve birçok husus araştırılmıştır. Bu hususlar. 1. Önemli morfolojik özellikler bazında, şaşırma ve şaşırma zamanının etkileri, 2. İşlemler (kontrol, sonbahar ilkbahar ve yaz şaşırılmaları) bazında belirlenen morfolojik özellikler arasındaki karşılıklı ilişkiler, 3. Dört işleme ait ortalama fidan boyu ve kök boğazı çapı kriterleri esas alınarak, işlemler bazında oluşturulan fidan kalite sınıflarının dikim başarıları, 4. İşlem-solma noktasındaki su potansiyeli etkileşimleri, 5. Yazın şaşırılan fidanlarda su potansiyelinde oluşan periyodik değişimler, 6. İlkbaharda şaşırılan fidanlarda sökümden sonra sulamanın ve dikim öncesinde açık alan koşullarında bırakmanın fidanların su potansiyeli, toplam glikoz içerikleri ve gelişimleri üzerindeki etkileri ve 7. ksilem su potansiyelinde, tomurcuk durumunda ve kuru ağırlık oranında oluşan periyodik değişimlere göre dormansi halinin değişmesi gibi birçok konuda araştırma yapılmış ve birçok farklılıklar ortaya konmuştur [42].

8 Farklı Avrupa Orijinli *Pinus halepensis* Mill. Fidanlarının Su Stresine Karşı Direnci adlı Avrupa'da yapılan bir çalışmada 8 farklı Avrupa orijinli *Pinus halepensis* (Mill.)'in 24 haftalık fidanlarındaki basınç-hacim eğrileri, bir haftalık su stresinden sonraki performansları ölçülmüştür. *P. halepensis* orijinleri arasında farklılık olmasına rağmen su stresine karşı bir osmotik denge göstermiştir. Apoplastik su yavaşlayarak durma noktasına gelmiştir. Elastikiyet oldukça azalmıştır. Su eksikliği ile plazmoliz başlıyor ve su içeriğinin azalması ile stres artışı görülmüştür [43].

*Fagus sylvatica* L. ve *Quercus petraea* türlerinde gerek şafak öncesi gerekse gün ortası yapraklarda yapılan ölçümler sonucunda, şafak öncesi su potansiyeli değerleri, temmuz ayı sonuna kadar yüksek bulunmuştur. Ağustos ayının başından itibaren azalmaya başlayan bitki su potansiyeli değerleri, asgari değerlerine (-0.81±0.03 ve - 0.75±0.06 MPa sırayla) eylül ortasında ulaşmıştır [44].

*Quercus ilex* ve *Phillyrea latifolia* L.'da yapılan bir çalışmada benzer sonuçlar ortaya konulmuştur. Bu çalışmada sürgün su ilişkilerindeki mevsimsel değişime bağlı olarak iki türde de toprak nem içeriği ile şafak öncesi bitki su potansiyeli arasında yakın ilişkiler tespit etmişlerdir [45].

Knops ve Koenig tarafından gerçekleştirilen başka bir çalışmada, *Quercus lobata*, *Q. douglasii* ve *Q. agrifolia* türlerinde 6 yıl süreyle yaz sonunda şafak öncesi, gündüz ve geceleyin ksilem su potansiyeli ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm sonuçlarına göre şafak öncesi ksilem su potansiyeli ile bir önceki yılın yağış miktarı arasında pozitif korelasyon bulunmuştur [46].

Douglas fidanlarında sulama programının çıkarılmasına ilişkin olarak yapılan diğer bir çalışmada, 2+0 yaşındaki douglas fidanlarına şafak öncesi bitki su potansiyeli değerleri ıslak (5 bar), orta (8 bar) ve kuru (15 bar) olacak şekilde üç farklı sulama seviyesi uygulanmıştır. Büyüklük ve uyku haline geçiş bakımından en uygun fidanlar, şafak öncesi BSG değeri 8 bar iken yapılan sulamalarla elde edilmiştir [47].

Cleary ve Zaerr tarafından 1+0 yaşındaki Douglas fidanlarında yapılan çalışmaya göre; BSG 8 bar olduğunda ideal bir büyüme gerçekleşmektedir, sınırlayıcı herhangi bir faktör yoktur, BSG 9-12 bar olduğunda floemdeki transport, boylanma ve çap artımı sınırlanmıştır, BSG 13-20 bar olduğunda fotosentez yavaşlamıştır, gelişmenin devamı için sulama zorunludur, BSG 20-40 bar olduğunda büyüme yavaş yavaş azalır, bitkinin dinçliğindeki ve canlılığındaki azalma sulama ile giderilebilir, BSG 40-50 bar olduğunda fidanlar ve genç bitkiler ölür denilmektedir.[48]

Dirik'in Dikim Mevsiminde Karaçam (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamp.) Holmboe) Fidanlarındaki Fizyolojik Değişiklikler ve Bunun Dikim Başarısı Üzerindeki Etkileri adlı çalışmada, solma noktasındaki su potansiyeli değerinin kasım ayından itibaren ocak ayı ortasına kadar azalarak en düşük düzeye ulaştığını (-32.78 bar), şubat ayında tekrar yükselişe geçerek, mart ortasında en yüksek düzeyine (-26.66 bar) geldiğini, benzer seyrin doymuş haldeki osmotik basınç değerleri içinde geçerli olduğunu belirtmektedir [49].

Yine, *Picea glauca* fidanlarında yapılan başka bir çalışmada, çıplak köklü fidanların 1995 yılında 30 Marttan 11 Mayıs'a kadar sürgün su ilişkileri, gaz değişimi, karbonhidrat içeriği ve bileşimi araştırılmıştır [50].

Bongarten ve Teskey, kurak ve nemli koşullarda yetiştirilen 1+0 yaşındaki *Pinus taeda* fidanlarında su potansiyeli ve bileşenlerini B-H eğrisi yöntemiyle belirlemiştir. Kurak koşullarda yetişen bireylerin doymuş haldeki osmotik potansiyeli, solma noktasındaki osmotik potansiyeli ve solma noktasındaki relatif su içeriği değerlerinin nemli koşullarda yetişen bireylerden önemli şekilde farklılık gösterdiği tespit edilmiştir [51].

Şimşek çalışmada, Douglas orijinlerinin don zararlarına karşı hassasiyetlerinin fidanlık devresinde erkenden tespit edilmesinde, osmotik basınç değerlerinin erken bir teşhis metodu olabileceği sonucuna varmıştır [52].

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. Tohumların Elde Edildiği Deneme Alanı

Araştırma kapsamında Artvin-Kılıçkaya orijinli tohumlardan elde edilen 1+0 yaşındaki sarıçam fidanları kullanılmıştır. Tohumların elde edildiği Kılıçkaya orijinine ait genel bilgiler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Araştırmada kullanılan sarıçam tohumlarının toplandığı Kılıçkaya orijinine ilişkin bilgiler

Tohum Stok Merkezi	Üretim yılı	Rakım (m)	Orijin
Trabzon	2004	2050	Kılıçkaya

### 2.2. Denemelerde Kullanılan Materyal

Tablo 1’de bazı özellikleri gösterilen Kılıçkaya orijinli tohumlar Orman Ağaçları Tohumları ve Islah Araştırma Müdürlüğü’nden sağlanmıştır. Bu tohumlar ağzı sıkıca kapatılmış ve hava alması engellenmiş kavanozlar içerisinde + 4 °C de buzdolabında araştırma aşamalarının gerçekleştirilmesine kadar bekletilmektedir. Bitki su potansiyeli ölçümlerinin gerçekleştirileceği araştırma safhalarında (basınç-hacim eğrisi analizi vb.) da, bu tohumlardan yetiştirilen 1+0 yaşındaki fidanlar kullanılmıştır.

Denemelerde kullanılacak fidan materyali K.T.Ü. Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Serasının dışında hazırlanan ekim parsellerine ekilen tohumlardan elde edilmiştir. Bu amaçla tohumlar 2006 yılı Nisan ayında söz konusu ekim parseline ekilmiştir. Hazırlanan ekim parselinde harç olarak % 40 Fin turbası, % 40 orman toprağı ve % 20 köpük kullanılmıştır. Hazırlanan ekim parseline, daha sonra yapılacak ölçüm ve deneylerde kullanılacak yeterli fidan sayısı hesaplanarak ve daha sonra fidanların bir kısmının zayi olabileceği düşünülerek yeterli sayıda tohum ekilmiştir. Ekilen tohumlardan elde edilen fidanlar sera dışındaki doğal ortam koşullarında yetiştirilmiş olup, fidanlara herhangi bir sulama işlemi uygulanmamıştır. Yalnızca fidanların doğal koşullar altında yetişebilmelerini sağlamak için yabancı ot mücadelesi, zararlılara karşı koruma gibi

önlemler alınmıştır. Şekil 2’de ölçümlerde kullanılan sarıçam fidanlarının genel bir görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2. Araştırmada kullanılması için yetiştirilen sarıçam fidanları (Foto: B. BULUT).

Gerek ekstrem bitki su gerilimi değerlerinin şafak öncesi ve gün ortası değerlerinin değişimi, gerekse toplam su potansiyeli ve bileşenlerinin değişimini incelerken gerekli karşılaştırmaları yapabilmek için iklim verileri Tablo 2 ve Tablo 3’te verilmiştir. Bu veriler araştırma alanı olan K.T.Ü. Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Serasına en yakın olan T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Devlet Meteoroloji İstasyonu İşleri Genel Müdürlüğü, Trabzon Havalimanı Meteoroloji istasyonundan temin edilmiştir. Meteoroloji verileri ölçümün yapıldığı yıl olan 2007 yılının her ayına ve bu aylardaki her güne ilişkin ortalama sıcaklık ve yağış verileridir. Trabzon Havalimanı Meteoroloji istasyonu, fidanların yetiştirildiği K.T.Ü. Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Serasına çok yakın bir yerde olduğu (100 m. mesafede ve 5 m. yükselti farkında) ve veriler günlük ortalamalar olarak alındığı için bu veriler çalışmamızda hassas bir şekilde kullanılma imkânı bulmuştur.

Tablo 2. Trabzon Havalimanı Meteoroloji istasyonundan elde edilen 2007 yılına ait günlük ortalama sıcaklık (C°) değerleri

Günler	2007 yılına ilişkin aylara ve günlere bağlı ortalama sıcaklık (C°)											
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağus.	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1	5.4	3.3	8.4	8.8	13.6	21.6	22.5	27.4	24.6	21.4	14.0	9.6
2	6.0	10.0	7.5	8.4	13.9	21.2	23.5	26.9	25.5	21.5	15.1	7.4
3	13.8	5.8	14.7	7.0	11.8	20.2	23.4	24.2	26.0	21.0	11.0	6.8
4	12.7	5.4	9.2	10.1	11.2	20.2	23.8	24.7	25.8	20.8	10.3	12.9
5	8.0	4.0	7.8	11.6	12.8	21.4	24.6	25.4	26.1	21.8	14.0	13.6
6	6.4	4.4	7.1	10.6	14.4	22.4	25.9	26.2	26.7	19.7	13.0	16.3
7	5.4	5.4	6.6	8.8	17.6	23.0	19.8	27.2	25.9	20.0	10.3	12.8
8	7.5	6.2	7.3	8.4	20.9	20.9	21.6	25.1	25.8	20.0	11.9	10.9
9	7.8	6.2	7.6	9.3	17.0	21.2	22.2	24.1	20.8	19.9	11.4	9.6
10	7.8	6.8	7.3	9.2	17.2	21.6	22.5	24.8	20.4	20.0	11.5	16.8
11	5.9	7.7	7.3	10.2	14.8	21.1	23.4	26.0	22.5	20.6	12.0	12.8
12	5.2	8.6	7.2	11.0	14.2	19.8	24.3	25.8	21.8	19.6	9.9	13.2
13	8.6	11.2	5.8	10.4	15.2	21.5	25.0	26.5	22.7	20.1	15.8	10.8
14	8.2	10.6	6.1	8.0	14.6	22.6	23.2	25.9	20.4	20.2	11.3	8.0
15	10.0	11.8	6.4	8.6	16.0	22.8	20.2	24.6	19.6	13.8	16.2	7.2
16	6.9	8.9	6.6	8.0	16.8	23.8	19.7	25.1	20.6	10.6	19.0	7.4
17	10.0	8.0	5.7	8.6	18.2	23.9	23.6	24.1	18.3	13.4	13.3	7.6
18	6.6	6.5	9.3	9.2	21.6	24.5	23.6	24	20.1	15.0	12.0	3.6
19	11.6	5.0	8.2	7.3	24.0	23.1	24.2	24.7	21.2	14.4	13.6	3.2
20	9.4	7.2	10.2	7.8	21.6	23.0	24.5	25.3	20.4	18.6	14.4	6.7
21	6.0	7.8	13.8	12.5	19.8	22.2	25.2	26.7	22.2	17.2	13.2	7.1
22	8.8	6.8	17.0	12.9	19.4	20.6	24.8	26.8	21	19.5	10.0	6.4
23	10.6	8.2	13.5	8.2	18.6	21.8	26.0	24.4	21.2	22.2	7.0	5.4
24	12.4	2.5	11.2	8.8	19.2	25.3	26.2	25.0	20.9	20.4	8.1	5.4
25	14.0	1.4	10.0	10.6	22.6	23.2	27.0	25.8	19.2	19.3	7.8	6.4
26	12.6	3.1	7.8	11.4	20.7	22.6	27.2	25.3	19.9	15.6	8.4	5.2
27	17.4	3.6	6.2	11.5	21.2	22.9	27.5	25.1	20.4	15.2	12.3	5.3
28	6.9	9.2	7.1	11.8	21.5	24.1	25.9	24.8	20.7	15.1	3.7	6.3
29	1.4		6.2	10.8	22.4	25.4	26.7	24.5	20.2	15.4	5.8	5.6
30	6.0		7.4	11.0	21.8	23.3	25.5	24.4	20.4	15.7	7.2	4.4
31	1.6		9.6		21.8		27.4	24.8		14.6		4.1
Ort.	8.4	6.6	8.6	9.7	18.0	22.4	24.2	25.3	22.0	18.2	11.4	8.4



Tablo 3. Trabzon Havalimanı Meteoroloji istasyonundan elde edilen 2007 yılına ait günlük ortalama yağış (mm) değerleri

Günler	2007 yılına ilişkin aylara ve günlere bağlı ortalama yağış (mm)											
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağus.	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1	1.0●	10.8*●	-	0.6●	-	-	-	-	-	-	0.2●	-
2	-	-	2.1●	10.5●	0●	-	-	-	-	2.3●	-	12.8●
3	-	7.8●	0●	2.3●	12.8●	-	-	0●	-	0●	17.6●	5.8●
4	-	1.3●	4.0●	2.7●	3.5●	-	-	-	-	-	27.2●	-
5	0.2●	1.7●	0.5●	0.2●	0●	-	-	-	0●	-	0.3●	-
6	21.8●	9.2●	27.1●	6.0●	0●	-	-	0.1●	-	4.1●	9.0●	-
7	2.0●	6.3●	6.3●	5.2●	0●	0.4●	1.5●	-	-	0●	49.7●	0.5●
8	-	0.2●	-	-	-	3.2●	13●	-	-	-	14.6●	0.5●
9	-	-	-	-	2.1●	-	-	14.5●	1.8●	0.1□	0.5●	0●
10	-	-	-	-	-	-	-	0●	28.8●	-	7.8●	-
11	-	-	-	-	-	1.3●	-	-	-	-	-	-
12	-	-	0.6●	-	-	7.0●	-	-	-	-	17.3●	0.2●
13	-	-	7.5●	-	0.5●	-	-	-	-	-	-	1.2●
14	0.2●	-	3.5●	0.6●	-	-	-	-	9.5●	-	9.4●	13.6●
15	2.2●	-	0.4●	-	-	-	4.2●	-	0●	7.1●	14.6●	3.1●
16	1.5●	-	11.5●	0.4●	-	-	9.4●	1.2●	3.5●	45.4●	-	0.1□
17	7.0●	4.2●	2.0●	-	-	-	16.2●	-	2.8●	19.7●	-	3.2●
18	-	4.0●	-	0.1●	-	-	0.6●	1.2●	-	0.6●	0.1□	2.5●
19	-	0.8●	4.5●	0.7●	-	-	-	0.9●	-	-	0.2□	9.2*●
20	-	0.8●	-	5.2●	-	-	-	-	-	-	-	0.7*●
21	8.3●	-	-	0.8●	-	2.0●	-	-	-	-	1.7●	-
22	0.2●	-	-	-	-	0.3●	-	-	3.0●	-	0.6●	0.2●
23	-	1.0●	-	1.0●	-	-	-	0●	0.4●	-	0.8●	0●
24	-	2.8●	-	9.0●	-	-	-	3.7●	0.6●	-	-	-
25	-	2.1●	9.6●	1.4●	-	-	-	0.4●	2.4●	22.4●	-	-
26	-	-	9.5●	-	2.2●	-	-	0●	1.2●	4.1●	-	-
27	-	-	0.1●	-	0●	-	-	0.8●	-	-	0.3●	-
28	-	-	0.4●	-	0.1●	-	-	6.3●	-	-	28.2●	-
29	12.2*●	-	0●	-	-	-	-	-	-	-	23.0*●	-
30	0.8*	-	-	8.7●	-	-	-	0.6●	-	-	-	-
31	4.3*●	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4●	-	-
Top	61.7	59.8	89.6	55.4	21.2	14.2	44.9	29.7	54.0	106.2	223.1	53.6

●:Yağmur, \* :Kar, \*●:Karla karışık yağmur, □ : Çiğ

## 2.3. Yöntem

### 2.3.1. Ksilem Su Potansiyelinde Oluşan Dönemsel Değişmelerin Tespiti

#### 2.3.1.1. Basınç Odası Yöntemi ve Uygulanışı

Fidanların su durumu, genellikle bitki su gerilimi (BSG - *PMS*) veya bitki su potansiyeli (BSP - *PWP*) olarak belirlenir [53]. Su potansiyeli deyince, bir sistemdeki (toprak, bitki dokusu) suyun serbest enerjisi ile aynı sıcaklık ve basınçtaki suyun serbest enerjisi arasındaki fark anlaşılır [54, 55]

Fidarlarda su içeriğini belirlemek için çeşitli teknikler kullanılmaktadır. Sıvı dengeleme yöntemi (liquid equilibration), fizikometrik yöntem, gravimetrik yöntem, yoğunluk (density) yöntemi, hidrolik basınç yöntemi, donma noktası gerilimi yöntemi ve basınç odası yöntemi, bunlardan bazılarıdır [56, 57, 58, 59, 60]. Bitki su durumu, bu yöntemlerin bazılarında, kullanılan cihazın ekranına yansıyan frekans dalgaları halinde, bazılarında ise doğrudan rakam olarak saptanır ve rakam olarak okunan değer bar'dır [54].

Sıvı dengeleme yöntemi (liquid equilibration), zahmetli ve zaman alıcıdır. Aynı zamanda, güvenilir sonuçlar da vermemektedir. Fizikometrik yöntem ile çok hassas ölçümler yapılabilmekte; 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 [56, 57, 61].

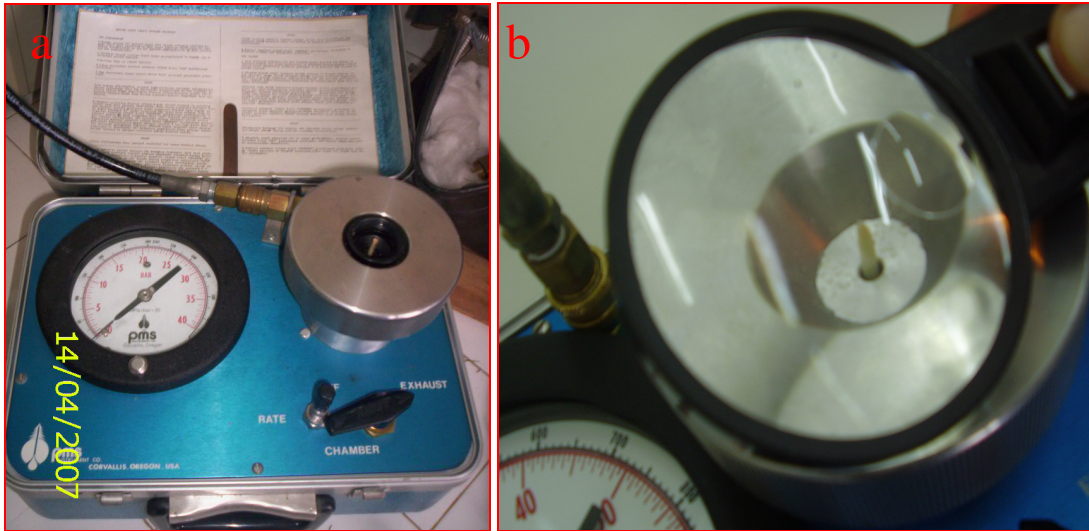
Fidanlık çalışmaları için en iyi yöntem ise basınç odası tekniğidir. Basınç odası tekniği ile basit ve hızlı ölçümler yapılabilmekte ve doğru sonuçlar alınabilmektedir. Bu teknik; su potansiyelinin, osmotik ve turgor potansiyellerinin belirlenmesinde, relatif su içeriğinin tespitinde, kök sistemlerinin hidrolik iletkenliğin ölçümünde ve köklerdeki aşırı soğuktan kaynaklanan tahribatların tespitinde kullanılabilir. Ayrıca, söküm ve paketleme sürecinde oluşan su stresinin belirlenmesinde ve fidanlıklarda sulama programı hazırlamada da tercih edilir [57].

Sıralanan bu temel sebepler dikkate alınarak, çalışmamızda, sürgün ksilem su potansiyelinin belirlenmesinde basınç odası tekniği; bu bağlamda, Scholander vd. (1965) tarafından geliştirilmiş olan, basınç odası cihazı kullanılmıştır. Basınç odası tekniği temelde; basınç odası, içerisinde azot gazı bulunan bir adet tüp ve yardımcı ekipmanlardan (lastik conta, örneğin lastik conta içerisine girmesini sağlayan içi boş metal çubuk ve ışıklı el büyüteci) oluşmaktadır (Şekil 3). Bu teknik ile otsu ve koniferlerin de dahil olduğu odunsu bitkilerde yaprak, ibre, sürgün, bazı kök ve meyvelerde su içeriği ve su potansiyeline ilişkin çalışmalar yapılabilmektedir [62, 63, 64, 65, 66, 67, 68].



Şekil 3. Basınç odası tekniğinin uygulanması için fidanın hazırlanması, a) Fidanın ölçüm için hazırlanması b) Fidanın ölçüm için kauçuk contaya yerleştirilmesi c,d) Fidanın basınç odası cihazına yerleştirilmesi (Foto: B. BULUT)

Basınç odası tekniğini kısaca açıklarsak; 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 üzerinde verilen basıncın etkisiyle halkalar oluşmaya başlar. Basınç artırıldıkça en içteki halka koyu kahverengi renk alır ve kesim yüzeyindeki su zerrecikleri köpürmeye başlar. (Şekil 4). Bu anda yüzeye suyu geri getirmek için ihtiyaç duyulan bu basınç "denge basıncı" olarak adlandırılır [69]. Bu anda manometreden okunan basınç değeri, başka bir ifade ile bitkinin örnekleme anında sahip olduğu su potansiyeli (ksilem su potansiyeli) olarak kabul edilir.



Şekil 4. Basınç odası cihazının görünüşü ve basınç odası tekniğinin uygulanışı, a) Basınç aleti ile fidanın kesim yüzeyinde kabarcık oluşuncaya kadar basınç verilmesi, b) Basınç verildikten sonra fidanda su kabarcığının oluşmaya başlaması ve basınç değerinin okunması (Foto: B. BULUT)

Su potansiyeli basınç birimleriyle ifade edilmektedir. Bitki su geriliminin ifade edilmesinde Bar veya Mpa (megapaskal) kullanılmaktadır. BSP daima negatif bir sayı

\*Biyoloji biliminde osmoz terimi ile kastedilen, suyun az yoğun ortamdan çok yoğun ortama enerji harcanmadan geçişidir.

alırken, BSG pozitif sayılar almaktadır. Örneğin, BSP -1.5 MPa iken BSG 1.5 MPa dır. 1 MPa = 10 bars ~ 10 atm ~ 150 psi'dir [56, 57, 70].

### 2.3.1.2. Su Potansiyelinde Oluşan Dönemsel Değişmelerin Tespiti

Su potansiyelinde oluşan dönemsel değişmelerin belirlenmesi çalışmalarına 14 Nisan 2007 tarihinde başlanmış, 17 Kasım 2007 tarihine kadar devam edilmiştir. Bu amaçla, KTÜ Orman Fakültesi Serasına ait fidanlıkta yetiştirilen l+0 yaşındaki sarıçam fidanları kullanılmıştır. BSG ölçümlerinde, fidanı temsilen son yıla ait yan sürgünler kullanılmakla birlikte [55, 71]; çalışmamızda, Cleary ve Zaerr'in [48] belirttiği ve Genç'in [42] ve Deligöz'ün [60] doktora çalışmalarında kullandığı gibi, kök boğazından kesilmiş bütün fidanda çalışılmış ve bitkinin gövde ksilemindeki su içeriği belirlenmiştir.

Mevcut (aktüel) ksilem su potansiyelini belirlemek amacıyla ekim yastığından rastgele alınan 5 fidanda ölçümler yapılmıştır. Fidanlar, ekim yastığından badama makası ile kök boğazı hizasından kesilerek, kesilen her fidan ayrı ayrı numaralandırılıp nemli bir beze sarılarak su kaybetmeleri engellenmiş ve laboratuvar ortamına getirilmişlerdir. Laboratuvara getirilen fidanlar, kök boğazı hizasının üst kısmından ölçüm yapılabilecek şekilde keskin bir bıçakla, pürüzsüz ve hafif bir eğimle kesilmiştir. Bu kesim yüzeyinden geriye doğru yaklaşık 4-5 cm lik kısım iğne yapraklardan temizlenmiş ve ardından yine kesim yüzeyinden geriye doğru 2-3 cm lik kısımdaki kabuk soyularak ksilem açığa çıkarılmıştır. Bitki hemen cihaza yerleştirilerek tüpün vanası açılmış, kesim yüzeyinde su belirinceye kadar cihazın odacığına basınç dolması sağlanmıştır. Kesim yüzeyi el büyüteci ile gözlenirken su çıktığı anda cihazın subapı kapatılarak monometreden oda içindeki basınç okunmuştur. Okunan bu değer, ölçümü istenen, gövde ksilemi su potansiyeline, yani örnekleme anındaki mevcut bitki su gerilimine eşittir. Gelişme dönemi başlangıcından itibaren şafak ölçümleri ve gün ortası ölçümleri her hafta tekrarlanmıştır. Dönemsel olarak gün ortası (azami) ve şafak öncesi (asgari) saatlerde yapılan ölçümlerde, her ölçüm öncesinde, ölçüm için kesim yapılan fidanın bulunduğu noktanın toprak sıcaklığı ve toprak nemi, kesim anında nem ve sıcaklık ölçer aletiyle (T-300 moisture-temperature meter) belirlenmiştir. Ayrıca; fizyolojik özellikler ile karşılaştırılabilmesi için fidan boyu, kök boğazı çapı ve yan dal sayısı gibi morfolojik özellikler, ölçüm yapılacak her bir fidanda ölçüm öncesinde ayrı ayrı ölçülmüştür.





Şekil 5. Nem ve sıcaklık ölçer aletiyle (T-300 moisture-temperature meter) toprak sıcaklığı ve neminin ölçülmesi (Foto: B. BULUT).

### 2.3.2. Su Potansiyeli ve Bileşenlerinde Oluşan Dönemsel Değişimlerin Tespiti

Su potansiyeli ve bileşenlerinde oluşan dönemsel değişimin belirlenmesi için, aylık tekrarlarla yapılan örneklemlerden yararlanılmaktadır [63, 72, 73, 74]. Cleary ve Zaerr [48], bitki su geriliminin hızla değiştiği zamanlarda (kuraklık, çiçeklenme, dormansi, vb.) 15 günlük aralarla örnekleme yapılmasını önermektedir.

Bu görüşlerin ışığında, 1+0 yaşındaki sarıçam fidanlarında her 15 günde bir, tam doygun haldeki fidan örnekleri ile çalışılmış ve asgari 3 adet B-H eğrisi elde edilmiştir. B-H eğrisini oluşturmak için rastgele örneklenen 5 adet fidanda, sırasıyla şu işlemler uygulanmıştır:

- Ekim yastığından kesilen 5 adet örnek fidan, ıslak beze sarılıp laboratuvar ortamına getirilerek, temizlenip kurulandıktan sonra her biri kök boğazı hizasından kesilmiş ve 0.0001 gr duyarlılıkta taze ağırlık (TaA) değerleri belirlenmiştir [56].
- Ölçüm yapılacak fidanlar tam doygun hale getirmek için, kesim yerinden itibaren yaklaşık 4-5 cm'lik kısmı iğne yapraklardan temizlenerek, yaklaşık 3 cm'lik kısımdaki kabuğu soyulmuştur. Ardından oda sıcaklığında saf su içine koyulan fidanlar karanlık bir

ortamda 48 saat bekletilmiş ve doygun haldeki ağırlıkları (DoA) tespit edilmiştir [55, 56]. Bu işlem süresi 2-3 saat kadar kısa olabileceği gibi birkaç gün kadar uzun da olabilmektedir [65]. Bu çalışmada sarıçam fidanlarının doygun hale gelmesi için en 48 saatlik sürenin gerektiği belirlenmiştir.

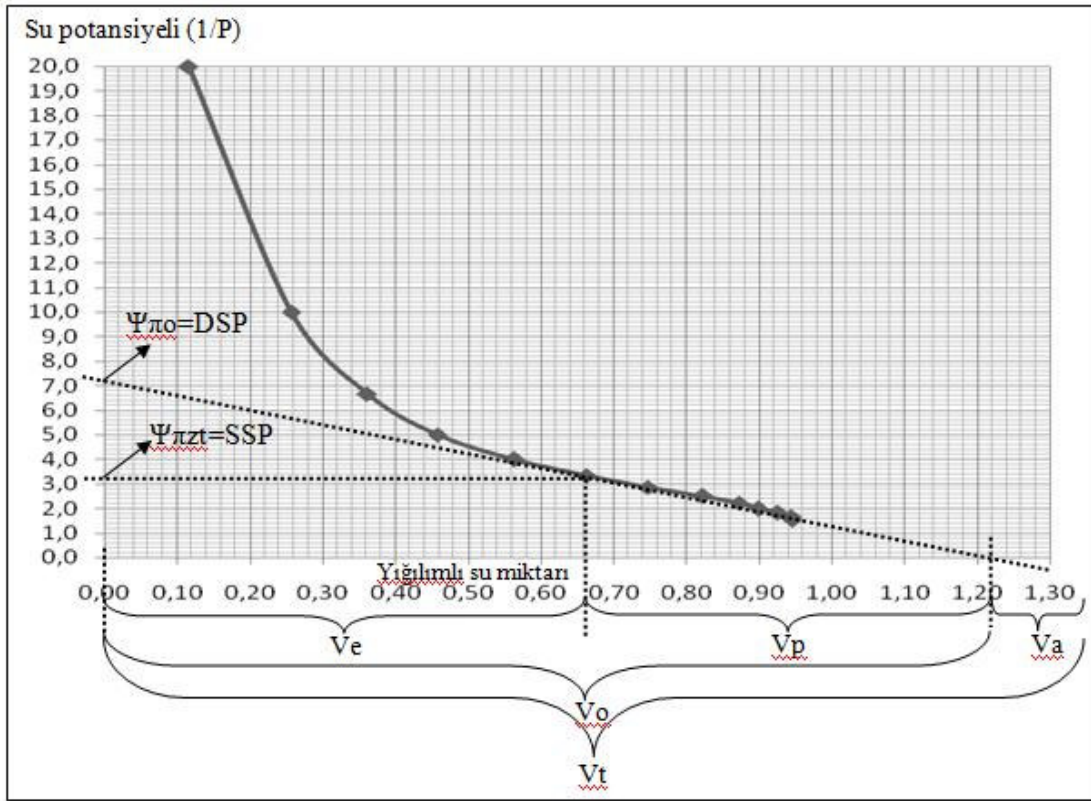
- Bitki hemen cihaza yerleştirilmiş ve tüpün vanası açılarak kesim yüzeyinde su belirinceye kadar cihazın odacığına basınç dolması sağlanmıştır.
- Kesim yüzeyi ışıklı el büyüteci ile gözlenirken, su çıktığı anda cihazın supabı kapatılarak manometreden oda içindeki havanın basıncı okunmuş ve bu ilk değer ilgili denge basıncı olup ilgili tabloya kaydedilmiştir.
- Çalışmaya başlamadan önce, içerisine filtre kağıdı yerleştirilerek başlangıç ağırlığı (darası) 0.0001 gr hassasiyetindeki terazide tartılıp çizelgeye kaydedilen plastik tüpçük, doygun haldeki su içeriği ölçülen örneğin kesim yüzeyine temas edecek şekilde yerleştirilmiştir.
- Öncelikle oda basıncı sıfır bar olan cihaz ilk aşamada 5 bar seviyesine çıkarılarak 10 dakika bekletilmiş ve bundan sonraki her aşamada oda basıncı 5'er bar artırılarak kademeli bir şekilde ölçüme devam edilmiştir. Her 10 dakika sonunda, tüpçük içine yerleştirilen filtre kağıdı yardımıyla toplanan preslenmiş suyun miktarını saptamak için, plastik tüpçük 0.0001 gr hassasiyetindeki terazide tartılmış ve okunan değer ilgili tabloya kaydedilmiştir.
- Örneğin özsuğunu kesim yüzeyinden uzaklaştırıp, içsel su gerilimini düzenlenmek amacıyla, oda içindeki basınç ortalama 5 bar düşürülmüş ve iki dakika beklenmiştir.
- İki dakika sonunda, içine filtre kağıdı yerleştirilmiş bir başka plastik tüpçüğün ağırlığı tartılarak tablodaki ilgili kısma kaydedildikten sonra kesim yüzeyine yerleştirilmiştir. Çalışma 5'er barlık basınç kademeleri cihazın oda basıncı 70 bar oluncaya kadar aynı işlemlerle sürdürülmüştür. B-H eğrisinin tamamlanabilmesi için yaklaşık 4-4,5 saatlik bir süreye ihtiyaç bulunduğu belirtilmektedir [61, 71]. Nitekim, çalışmamızda, bir B-H eğrisinin çıkarılması 4-5 saati bulmuştur. Bu B-H eğrileri 3 tekrarlı olarak yapılmış ve ortalama değerler kullanılmıştır.
- Ölçüm sonunda, örneğin ölçüm sonu ağırlığı tartılmış (SoA), daha sonra 24 saat 105 °C de kurutma fırınında bırakılarak, fırın kurusu ağırlığı (KuA) belirlenmiştir



Şekil 6. Su potansiyeli bileşenlerinin tespitinde basınç odası tekniği ve uygulaması, a) filtre kağıdı yerleştirilmiş plastik tüpçüğün ölçüm öncesi kuru ağırlığının belirlenmesi, b-c) bar kademelerini artırarak ölçümün yapılması, d) filtre kağıdı yardımıyla toplanan preslenmiş suyun miktarını saptamak amacıyla plastik tüpçüğün ağırlığının belirlenmesi

Bir koordinat sistemi üzerinde uygulanan basınç (b) kademelerinin tersi bar olarak düşey eksene, bunların karşılığında dışarıya preslenen yığılmalı su miktarı da mg cinsinden yatay eksene işaretlenerek B-H eğrisi oluşturulmuştur (Şekil 7). Gross ve Koch'a atfen, basınç-hacim eğrisinin doğru çizilebilmesi için, eğrinin doğruya dönüştüğü noktadan itibaren en az 5 adet basınç kademesine ait ölçüm değerinin bulunması ilkesine sadık kalınmıştır [75].





Şekil 7. B-H eğrisi ve toplam su bileşenleri (Çizen: B. BULUT)

Şekil 7’de yer alan  $\Psi_{\pi zt}$  (SSP), solma noktasındaki su potansiyelini;  $\Psi_{\pi 0}$  (DSP), tam doygun haldeki su potansiyelini;  $V_e$ , dokulardan solma noktasına ulaşmaya kadar preslenen su miktarını;  $V_p$ , solma noktasında dokularda kalan serbest su miktarını;  $V_a$ , apoplastik su miktarını (hücre duvarı, ksilem);  $V_o$ , simplastik su miktarını (protoplazma ve bütün hücre vakoulu);  $V_t$  ise dokulardaki toplam su miktarını göstermektedir [55, 63, 65, 66, 72, 76].

B-H eğrisi Şekil 7’den de görüldüğü gibi eğrisel ve doğrusal olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Tam doygun haldeki bitki örneğinin kendisine uygulanan basıncın artması ile çıkardığı su miktarı arasında başlangıçta eğrisel bir ilişki söz konusudur. Fakat, bir noktadan sonra bu ilişki doğrusal bir seyir izlemektedir. Eğrinin doğruya dönüştüğü bu nokta, plazmolizin başladığı an olan sıfır turgor<sup>†</sup>, solma noktasıdır. Yani bu noktada, bitki hücresi içindeki plazma, hücre çeperinden ayrılmakta ve bu noktadan sonra hücre eski durumuna dönememektedir. Solma noktasından X eksenine paralel olarak

<sup>†</sup> Turgor basıncı ya da turgor, bitki hücrelerinin saf suya konmasıyla içine su alarak, şişmesi ve hücrenin çeperine basıncı yapması olayına denir.

ters yönde bir doğru çizildiğinde bu doğrunun Y eksenini kestiği nokta, bitkinin turgor basıncının sıfıra düştüğü solma noktasındaki su potansiyelini ( $\Psi\pi_{zt}$ ) vermektedir. Solma noktasından sonraki basınç-hacim eğrisinin doğrusal kısmı Y eksenine doğru geriye uzatıldığında Y eksenini kestiği nokta, bitkinin tam doygun haldeki su potansiyelini ( $\Psi\pi_o$ ) vermektedir.  $\Psi\pi_{zt}$  ve  $\Psi\pi_o$ 'nın değeri grafik yardımıyla kolayca bulunabilmektedir. Diğer su potansiyeli bileşenleri çeşitli formüller kullanılarak bulunmaktadıdır. Bunlar;

- Solma noktasındaki serbest su içeriği (%),

$$FWC_{zt} = [(V_o - V_e) / V_o] * 100 \quad (1)$$

- Sürgündeki toplam su,

$$V_t = D_o A - K_u A \quad (2)$$

- Solma noktasındaki nisbi su içeriği (%)

$$RWC_{zt} = [(V_t - V_e) / V_t] * 100 \quad (3)$$

- Birim kuru ağırlığa düşen simplastik su oranı,

$$V_o / DM = V_o / K_u A \quad (4)$$

( $K_u A$ : Örneğin 105 °C de 24 saat bekletilmesi ile elde edilen kuru ağırlığıdır)

- Relatif su içeriği (%),

$$RWC = [(T_a A - K_u A) / (D_o A - K_u A)] * 100 \quad (5)$$

- Kuru ağırlık oranının hesabında ise,

$$KAO = K_u A / D_o A \quad (6)$$

formülü kullanılmıştır [38, 42, 75, 77, 78, 45].

Ölçüm sonucunda elde edilen verilerin değerlendirilmesi ve özellikle hesaplamaların doğru bir biçimde yapılması için bilgisayarda Excel programından yararlanılmış, verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi için ise SPSS 11.5 paket programından yararlanılmıştır.

### 2.3.3. Klorofil Ölçümlerinin Yapılması

Pigment ekstraksiyonu için aseton çözeltisi hazırlanması; 400 ml'lik asetona 100 ml saf su eklenerek % 80'lik aseton elde edilmiştir. Daha sonra bu aseton manyetik karıştırıcıda yaklaşık 5 dakika boyunca karıştırılarak homojen hale getirilmiştir.

Örneklerin hazırlanması; Kök boğazı çapından kesilen 5 adet sarıçam fidanının ibreleri makasla tamamen kesilerek iyice karıştırılmış ve jilette yaklaşık 0.5 gr. yaş numune doğranmıştır. Daha sonra ibre örnekleri üç tekrarlı olmak üzere, 0.1 gr olacak şekilde hassas terazide tartılmıştır. Bu tartılan 0.1 gr'lık ibre örnekleri eppendorf tüpleri içerisine koyulup üzerine, daha önce hazırlanan % 80'lik 1 ml aseton eklenerek bu işlem 3 tekrarlı olarak yapılmıştır. Hazırlanan eppendorf tüpleri 48 saat boyunca +4 °C'de bekletilerek ölçüme hazır hale gelmesi sağlanmıştır.

Ölçümün yapılması; 10 ml'lik cam tüplere aktarılan örnekler, %80'lik asetonla 5 kat seyreltilmiştir. Daha sonra seyreltilmiş çözelti vorteks'te yaklaşık 5-10 saniye karıştırılarak homojen hale getirilmiştir. Ardından örnek 1 ml'lik küvetlere aktararak spektrofotometrede 450, 645 ve 663 nm dalga boylarında ölçümleri yapılmıştır.



Şekil 8. Klorofil ölçümünün yapılması, a) Örneklerin eppendorf tüplerinden cam tüplere aktarılması, b) Örneklerin 5 kat seyreltilmesi, c) Seyreltilmiş beş tekrarlı numuneler, d) Örneklerin küvetlere aktarılması, e) Küvetlerin spektrofotometreye yerleştirilmesi, f) Spektrofotometreye yerleştirilen küvetlerdeki örneklerin ölçümünün yapılması (Foto: B. BULUT)

### 2.3.4. Toplam Çözünebilir Karbonhidrat Tayini

Glikoz çözeltisinin hazırlığı; 20 mg/ml glikoz için 0.02 gr glikoz tartılıp 1 litre saf suyla tamamlanır. Daha sonra bu karışım manyetik karıştırıcıda yaklaşık 10 dakika boyunca karıştırılarak homojen hale getirilmiştir.

%5'lik Fenol çözeltisi hazırlığı; 5 gr fenol tartılıp 100 ml saf su ile tamamlanarak %5'lik fenol hazırlanır.

Kör hazırlığı; 1 ml saf H<sub>2</sub>O+ 1 ml %5'lik Fenol+5 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> hazırlanıp önce 1 ml saf H<sub>2</sub>O+ 1 ml %5'lik Fenol vorteks ile karıştırılıp daha sonra 5 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> eklendikten sonra tekrar vorteks ile karıştırıldıktan sonra 15 dakika soğumaya bırakılarak kör ölçüme hazır hale getirilir. Kör 2 adet olmalıdır.

Standart hazırlığı; 1 ml glikoz (20mg/ml) + 1 ml %5'lik fenol vorteks ile karıştırıldıktan sonra 5 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> eklenerek tekrar vorteks ile karıştırıldıktan sonra 15 dakika soğumaya bırakılarak ölçüme hazır hale getirilir.

Örnek hazırlığı; Kök boğazı çapından kesilen 5 adet sarıçam fidanının ibreleri, makasla tamamen kesilip iyice karıştırıldıktan sonra kese kağıdına konularak, kurutma fırınında 60 °C'de 48 saat boyunca kurutulur. Kurutulan ibre örnekleri çift katlı alüminyum folyo'ye sarılarak etiketlenir ve ağzı kapalı poşetlere konularak -20 °C'de ölçüm zamanına kadar (2-3 gün) bekletilir. Daha sonra bu kuru ibre örneklerinde 0.1'er gr olacak şekilde 5 adet örnek hassas terazide tartılıp porselen havan içerisinde yaklaşık 2 gr cam kırığı ile birlikte öğütülür. Öğütülmüş numune üzerine 5 ml % 80'lik etanol eklenir ve karıştırılır. Daha sonra bu örnekler küçük cam huniler yardımıyla vida kapaklı cam tüpler içerisine aktarılır. Bu işlemin ardından kapaklı cam tüpler içerisindeki örnekler 5000 rpm'de 5 dakika santrifüj edildikten sonra camlarından arınmış çözelti (süpernatant) eppendorf tüpler içerisine aktarılır. Böylece 5 tekrarlı olarak hazırlanan süpernatantlar (örnek çözeltileri) ölçüme hazır hale gelmiş olur.

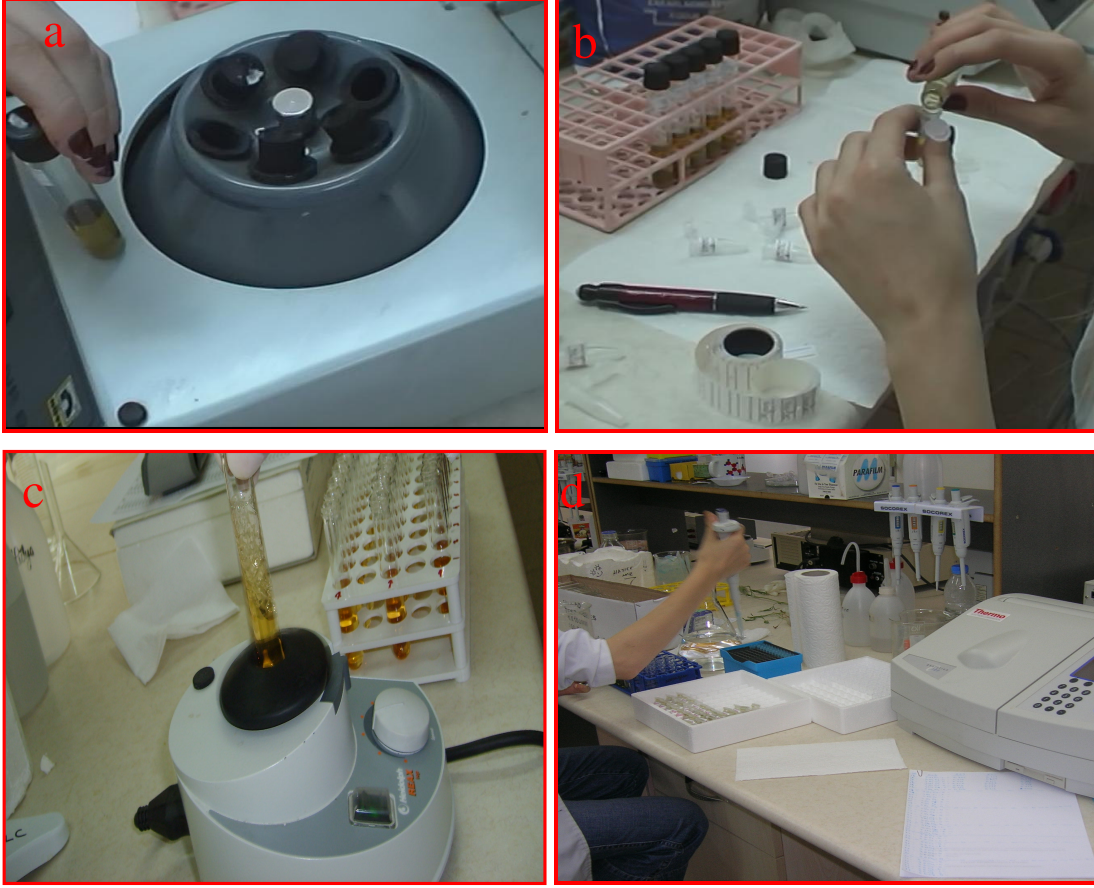
Ölçümün yapılması; Süpernatantlardan 50 şer ml alınır. Üzerine 950 ml saf su ilave edilir ve vortekste karıştırılarak 1 ml lik örnek hazırlanır. Bu 1 ml'lik örnek üzerine 1 ml fenol (%5'lik) eklenerek tekrar vorteksle karıştırılır. Daha sonra bu örnek üzerine 5 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> eklenir ve tekrar karıştırıldıktan sonra 15 dakika soğumaya bırakılır. Spektrofotometre'ye yukarıda açıklandığı gibi hazırlanan körler konularak 490 nm'de makine sıfırlanır. Daha sonra yine yukarıda açıklandığı gibi hazırlanan standart çözeltileri

ölçülerek hesaplamalarda kullanılmak üzere kaydedilir. Son olarak soğuyan örnekler 3 ml'lik küvetlerde 490 nm'de spektrofotometre cihazında ölçülür ve kaydedilir.



Şekil 9. Toplam karbonhidrat ölçümü için numunenin hazırlanması, a) Kuru ibre örneklerinin hassas terazi ile 0.1 gr tartılması, b) Kuru ibre örneklerinin cam kırıkları ile birlikte porselen havanda öğütülmesi, c) Öğütülmüş kuru ibre örneklerine etanol ilave edilmesi, d) Etanol eklenmiş öğütülmüş ibre örneklerinin vida kapaklı cam tüplere aktarılması

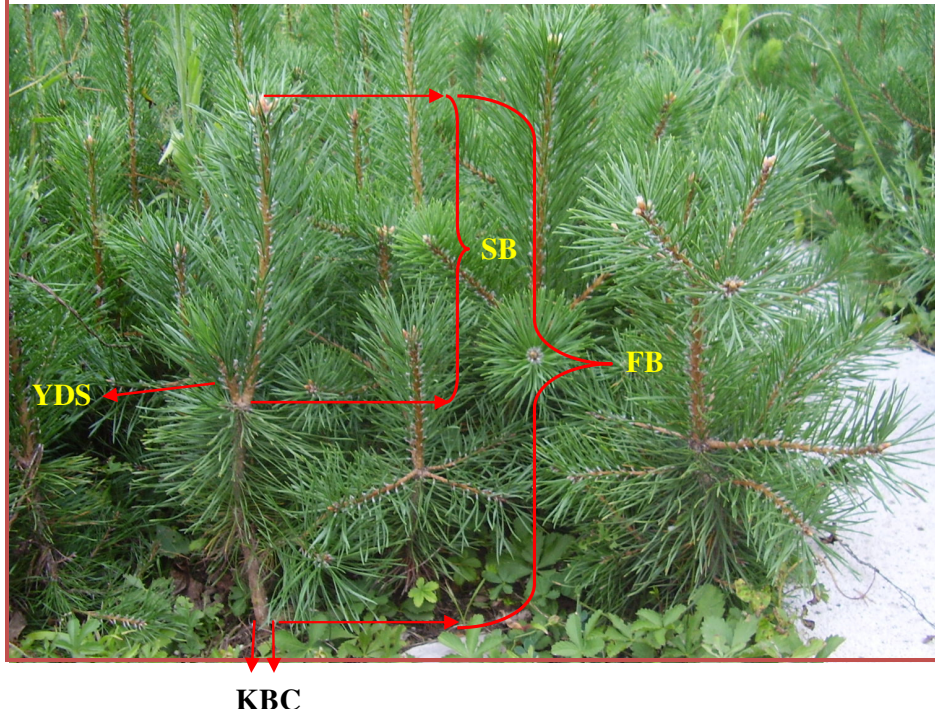




Şekil 10. Toplam karbonhidrat ölçümünün yapılması, a) Hazırlanan örneklerin 5 dakika boyunca santrifüje edilmesi, b) Santrifüje edilmiş örneklerin eppendorf tüplerine aktarılması (süpernatant), c) Süpernatantlara fenol ve  $H_2SO_4$  eklendikten sonra vortekste karıştırılması, d) Hazırlanan ve küvetlere konulan örneklerin spektrofotometrede ölçülmesi

### 2.3.5. Morfolojik Ölçümlerinin Yapılması

Sarıçam fidanlarında Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında olmak üzere vejetasyon dönemi boyunca her ay ortalama 30 fidan üzerinde fidan boyu, tomurcuk boyu, kök boğazı çapı ve yan dal sayısı gibi bazı morfolojik ölçümler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 11. Fidanlarda yapılan morfolojik ölçümler (Foto: B.BULUT)

Fidanlarda kök boğazı çapı fidanın toprakla birleştiği yerden elektronik çap ölçer ile 0.01 mm hassasiyetle, fidan boyu fidanın toprakla birleştiği kısımdan tepe tomurcuğunun ucuna kadar mm hassasiyetle, sürgün boyu ise sürgünün büyümeye başladığı kısımdan tepe tomurcuğunun ucuna kadar yine mm hassasiyetle ölçülmüştür.



### **3. BULGULAR**

#### **3.1. Fizyolojik Fidan Özelliklerine İlişkin Bulgular**

Bu başlık altında, ekstrem bitki su potansiyeli değerlerinin ve morfolojik özelliklerin gelişme dönemi içerisindeki periyodik değişimi, toplam su potansiyeli ve bileşenleri incelenecektir.

##### **3.1.1. Su Potansiyeli İlişkilerinin İncelenmesi**

###### **3.1.1.1. Ekstrem Bitki Su Gerilimi Değerlerinin ve Morfolojik Özelliklerin Gelişme Dönemi İçindeki Periyodik Değişimi**

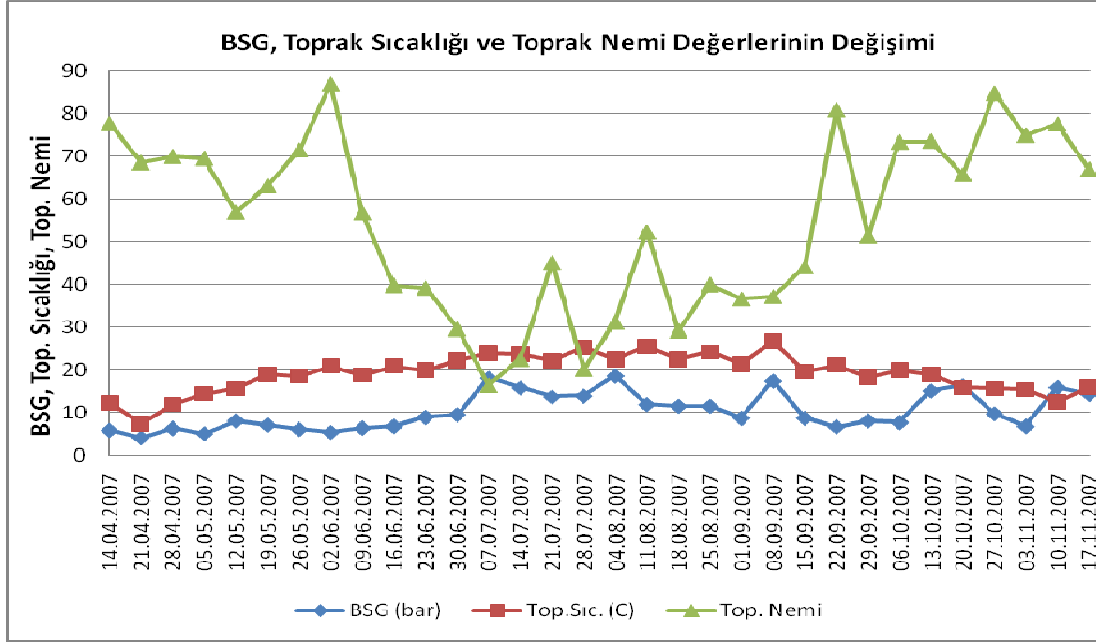
Kılıçkaya orijinli 1+0 yaşındaki sarıçam fidanlarında 14.04.2007-17.11.2007 tarihleri arasında belirlenen asgari (şafak öncesi) bitki su gerilimine ait değerler ile ölçüm yapılan fidanların söküldüğü kısımdaki toprak sıcaklığı, toprak nemi ve su potansiyeli ölçümü yapılan fidanların boyu, kök boğazı çapı, yan dal sayısına ait değerler Tablo 4'te verilmiştir. Tablo 4'te verilen değerler her bir tarihte en az 5 fidanda yapılan ölçümlerden elde edilen sonuçların ortalaması alınarak verilmiştir. Tablo 4'ten te görülebileceği gibi, şafak öncesi bitki su gerilimi değerlerinin 4.2 bar ile 18.7 bar arasında değiştiği görülmektedir.

Tablo 4. 2007 yılı gelişme dönemi içerisinde belirlenen periyodik ortalama asgari (şafak öncesi) bitki su gerilimi değerleri, toprak sıcaklığı, toprak nemi, fidan boyu, tomurcuk boyu, kök boğazı çapı ve yan dal sayısı değerleri

Tarih	BSG (bar)	KBÇ (mm)	TB (cm)	FB (cm)	YDS (adet)	Toprak Sıc. (°C)	Toprak Nemi
14.04.2007	6.00	4.28	1.15	11.48	3.70	12.22	77.67
21.04.2007	4.20	4.42	1.84	12.68	4.20	7.33	68.60
28.04.2007	6.40	4.73	2.70	14.22	3.80	11.94	70.00
05.05.2007	5.20	4.60	6.84	17.00	2.00	14.44	69.60
12.05.2007	8.20	4.81	10.74	19.96	5.80	15.67	57.00
19.05.2007	7.20	4.62	10.96	18.94	3.80	19.00	63.20
26.05.2007	6.20	4.61	11.44	20.04	5.00	18.66	71.60
02.06.2007	5.50	4.76	11.00	20.24	3.40	21.00	87.00
09.06.2007	6.50	5.56	13.50	24.90	4.20	18.89	56.80
16.06.2007	6.90	4.26	10.10	21.50	3.00	21.00	39.80
23.06.2007	9.00	5.27	11.84	22.40	4.60	20.00	39.20
30.06.2007	9.60	4.06	9.66	18.62	2.20	22.33	29.60
07.07.2007	18.20	4.41	10.40	21.30	3.20	23.89	16.40
14.07.2007	15.90	4.09	7.78	15.90	3.20	23.67	22.60
21.07.2007	13.80	4.77	10.92	21.02	2.00	22.22	45.20
28.07.2007	14.00	4.81	9.74	17.86	3.20	25.34	20.20
04.08.2007	18.70	4.45	12.08	21.88	3.00	22.56	31.20
11.08.2007	12.00	4.28	9.94	17.72	4.20	25.56	52.40
18.08.2007	11.60	5.15	11.68	22.38	3.60	22.56	29.20
25.08.2007	11.60	4.81	12.20	20.60	2.60	24.33	40.00
01.09.2007	8.80	5.42	12.88	24.22	3.00	21.34	36.60
08.09.2007	17.50	4.45	11.00	21.50	3.40	26.78	37.20
15.09.2007	8.80	5.39	11.62	21.22	3.20	19.66	44.20
22.09.2007	6.80	6.50	14.36	22.94	2.00	21.22	81.00
29.09.2007	8.20	6.39	14.04	24.32	3.20	18.33	51.40
06.10.2007	7.80	5.46	13.50	22.96	2.40	20.00	73.40
13.10.2007	15.20	5.26	11.30	19.96	2.80	19.00	73.60
20.10.2007	16.40	6.47	11.90	20.90	3.60	15.89	65.80
27.10.2007	9.80	6.72	10.38	19.44	5.20	15.67	84.80
03.11.2007	6.90	5.55	12.10	20.64	2.60	15.45	75.00
10.11.2007	16.00	4.70	15.40	23.60	2.60	12.56	77.60
17.11.2007	14.40	5.94	11.28	21.42	3.20	16.00	67.00

2007 yılı gelişme dönemi içerisindeki dönemsel bitki su gerilimi değerleri ile toprak sıcaklığı ve toprak neminin nasıl bir değişim gösterdiği Şekil 12’de verilmiştir. Gerek Tablo 4’ten gerekse Şekil 12’den anlaşılacağı gibi şafak öncesi bitki su gerilimi değerlerinin vejetasyon başlangıcı olan Nisan ve Mayıs aylarında düşük değerlerde çıktığı görülmektedir. Hava sıcaklıklarının giderek arttığı Haziran ayından sonra ise şafak öncesi

bitki su gerilimi değerlerinin genel olarak arttığı, Eylül ayının ortasında ise düşüğe geçtiği görülmektedir. Bu tarihten sonra birkaç kez nispeten yükselişe geçmişse de genel olarak şafak öncesi su potansiyeli sonuçlarının düşük değerler aldığı anlaşılmaktadır. Eylül ayının ortasında sonra bitki su gerilimindeki düşük çıkan değerler dışındaki bu yükselmelerin, o tarihte hava sıcaklıklarının artışına bağlı olduğu söylenebilir.

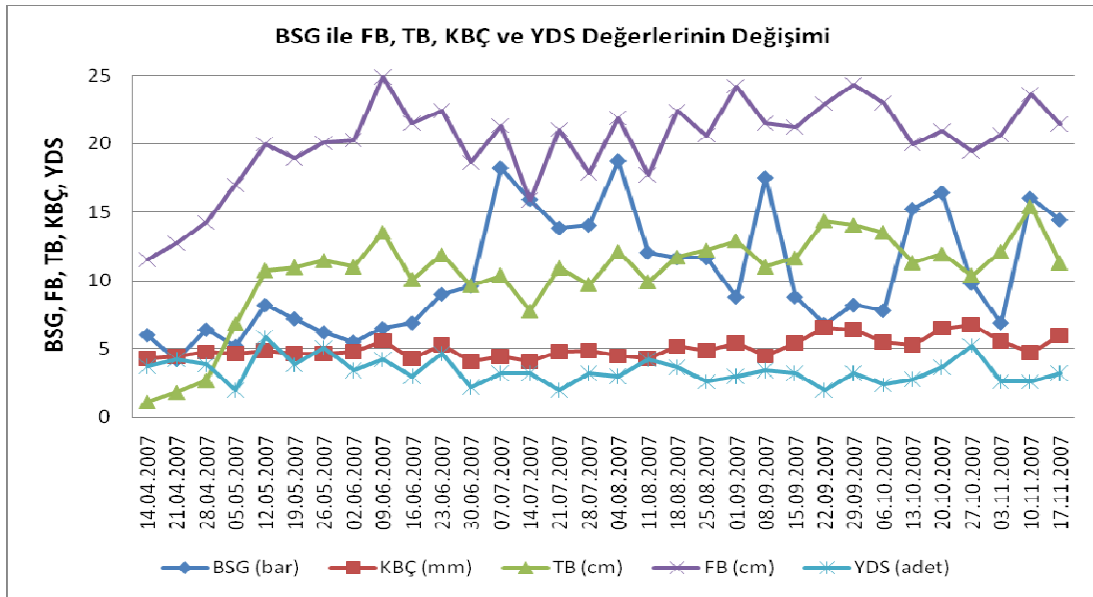


Şekil 12. Şafak öncesi bitki su gerilimi değerleri ile toprak sıcaklığı ve toprak neminin dönemsel değişimi

Şekil 12 incelendiğinde şafak öncesi bitki su gerilimi değerlerinin ölçüm yapılan fidanın söküldüğü andaki toprak sıcaklığı değerleri ile doğru, toprak nemi değerleri ile ise ters orantılı bir seyir izlediği görülmektedir. Ölçümün başladığı tarih olan 14 Nisan ile 30 Haziran tarihleri arasında şafak öncesi bitki su gerilimi değerleri 4.20 ile 9.6 bar arasında değişmekte iken bir sonraki ölçüm tarihi olan 7 Temmuz tarihinde bu değer 18.2 bara çıkmıştır. Bu tarihte şafak öncesi ölçüm anındaki toprak sıcaklığı değeri 23.89 °C iken toprak nemi ise % 16.4 olduğu görülmektedir. Şafak öncesi bitki su gerilimi değerinin yüksek çıktığı bu tarihte toprak sıcaklığı bu tarihe kadar ölçülen en yüksek değer, toprak nemi ise bu tarihe kadar ölçülmüş en düşük değer olarak ölçülmüştür. Meteoroloji istasyonunun verilerine baktığımızda 7 Temmuz'daki günün ortalama sıcaklığının düşük olduğu bu günde yağışın olduğu ancak öğleden sonra başlayan yağışın şafak öncesi bitki su

gerilimine etkisi olmadığı anlaşılmaktadır. 7 Temmuz'da şafak öncesinde toprak sıcaklığının yüksek toprak neminin ise düşük çıkmasının nedeni bir önceki gün olan 6 Temmuz'da yağışın olmaması ve günün ortalama sıcaklığının  $25.9\text{ C}^{\circ}$  ile bu ayın en sıcak günlerinden biri olmasına bağlanabilir. Bu bulgular toprak nemi ve sıcaklığı ile bitki su gerilimi değerleri arasındaki yukarıda açıklanan orantının daha iyi anlaşılmasını sağlamaktadır. Ölçüm tarihi sonuna kadar bahsedilen orantı genel olarak bu şekilde seyretmiştir.

Şafak öncesi bitki su gerilimi değerleri ile ölçüm yapılan fidanlarda fidan boyu, tomurcuk boyu, kök boğazı çapı ve yan dal sayısı gibi morfolojik özelliklerin gelişme dönemlerine bağlı olarak nasıl bir değişim gösterdiği Şekil 13'te görülmektedir.



Şekil 13. Şafak öncesi bitki su gerilimi değerleri ile fidan boyu, tomurcuk boyu, kök boğazı çapı ve yan dal sayısının dönemsel değişimi

Şekil 13'e bakıldığında şafak öncesi bitki su gerilimi değerleri ile fidanlardaki morfolojik değerler arasında genel olarak belirgin bir orantı görülmemektedir. Ancak şekilden de görülebileceği gibi fidan boyu değerleri ile kök boğazı çapı değerleri düştükçe su gerilimi değerlerinin yükseldiği söylenebilir. Buna bağlı olarak gelişimi iyi olmayan fidanların daha çabuk strese girdiği ortaya çıkmaktadır.

Sarıçam fidanlarında 14 Nisan–24 Kasım 2007 tarihleri arasında belirlenen azami (gün ortası) bitki su gerilimine ait değerler ile toprak sıcaklığı, toprak nemi değerleri Tablo

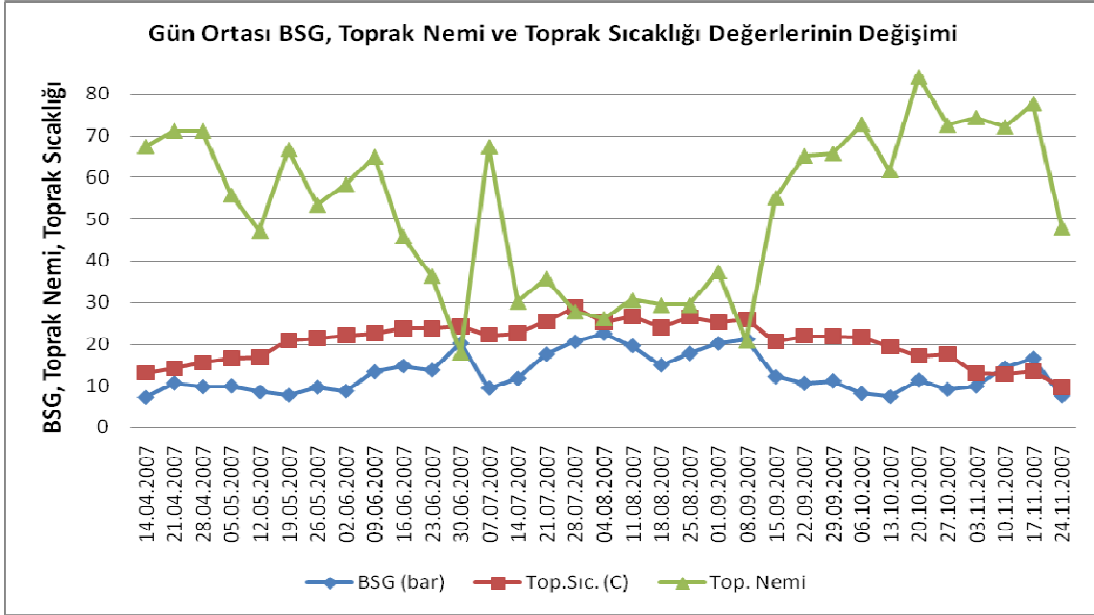
5'te verilmiştir. Bu tabloda su potansiyeli ölçümü yapılan fidanların boyu, kök boğazı çapı, yan dal sayısına ait değerler de yer almaktadır. Tablo 5'te verilen değerler şafak öncesi fidanlarda yapılan ölçümlerde olduğu gibi her bir tarihte en az 5 fidanda yapılan ölçümlerin ortalaması alınarak verilmiştir.

Tablo 5. 2007 yılı gelişme dönemi içerisinde belirlenen periyodik ortalama azami (gün ortası) bitki su gerilimi değerleri, toprak sıcaklığı, toprak nemi, fidan boyu, tomurcuk boyu, kök boğazı çapı ve yan dal sayısı değerleri

Tarih	BSG (bar)	KBÇ (mm)	TB (cm)	FB (cm)	YDS (adet)	Toprak Sıc. (°C)	Toprak Nemi
14.04.2007	7.25	3.83	1.03	11.10	4.00	13.15	67.50
21.04.2007	10.70	4.10	1.82	12.50	3.40	14.33	71.20
28.04.2007	9.80	4.73	3.14	14.82	4.00	15.56	71.20
05.05.2007	10.00	4.59	4.20	16.10	5.40	16.67	55.80
12.05.2007	8.60	4.73	10.16	20.20	4.80	16.89	47.20
19.05.2007	7.80	4.44	10.74	23.92	5.40	20.89	66.80
26.05.2007	9.70	4.85	11.84	21.90	3.40	21.45	53.40
02.06.2007	8.80	4.59	13.54	24.20	4.20	22.11	58.40
09.06.2007	13.40	4.20	12.88	22.62	5.00	22.56	65.00
16.06.2007	14.80	4.18	8.36	18.18	2.40	23.89	45.80
23.06.2007	13.80	4.15	11.80	24.30	4.40	23.78	36.40
30.06.2007	20.20	4.22	8.48	16.86	2.20	24.33	18.00
07.07.2007	9.50	4.45	12.04	21.74	2.40	22.22	67.40
14.07.2007	11.80	4.59	10.90	16.10	4.20	22.56	30.20
21.07.2007	17.60	4.57	12.84	21.34	4.00	25.44	35.80
28.07.2007	20.60	5.12	9.40	19.32	3.80	28.89	27.80
04.08.2007	22.60	4.56	10.26	19.54	3.40	25.22	26.20
11.08.2007	19.60	4.84	8.64	20.76	4.60	26.67	30.60
18.08.2007	15.00	4.63	9.90	20.20	3.00	24.00	29.40
25.08.2007	17.80	4.90	9.50	19.72	4.40	26.56	29.40
01.09.2007	20.20	5.62	10.22	42.74	4.80	25.22	37.40
08.09.2007	21.20	4.96	10.80	20.60	3.20	26.00	20.80
15.09.2007	12.20	6.16	10.64	20.30	3.20	20.78	55.20
22.09.2007	10.60	6.08	12.34	23.70	3.40	22.00	65.20
29.09.2007	11.20	6.45	13.36	21.80	4.40	21.89	65.80
06.10.2007	8.20	5.97	11.28	20.80	3.60	21.67	72.80
13.10.2007	7.40	6.39	12.28	20.46	2.40	19.44	61.60
20.10.2007	11.40	6.11	12.58	21.14	3.80	17.22	84.20
27.10.2007	9.20	5.36	10.42	18.52	2.40	17.67	72.60
03.11.2007	10.00	5.98	11.30	21.20	2.80	13.00	74.40
10.11.2007	14.40	5.44	10.70	18.44	2.00	12.89	72.20
17.11.2007	16.60	5.38	34.30	21.44	4.40	13.55	77.80
24.11.2007	7.60	5.78	9.78	19.38	3.40	9.67	48.00

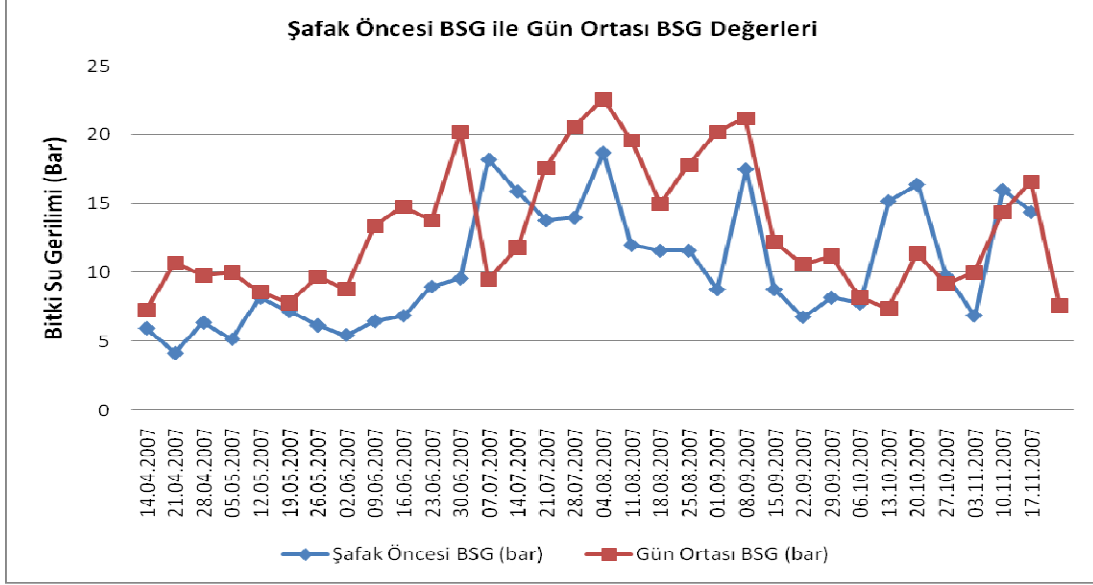
Tablo 5'ten de görülebileceği gibi, gün ortası bitki su gerilimi değerlerinin 7.25 bar ile 22.60 bar arasında değiştiği görülmektedir. Şekil 14'te gelişme dönemi içerisindeki dönemsel gün ortası bitki su gerilimi değerleri ile toprak sıcaklığı ve toprak neminin nasıl bir değişim gösterdiği verilmiştir.

Şekil 14'ten de anlaşılacağı gibi gün ortası bitki su gerilimi değerlerinin, şafak öncesi bitki su gerilimi değerlerinde olduğu gibi vejetasyon başlangıcı olan Nisan ve Mayıs aylarında düşük değerlerde çıktığı görülmektedir. Haziran ayının sonunda yükselişe geçen gün ortası bitki su gerilimi değerlerinin genel olarak arttığı ve 15 Eylül'den sonra ise düşüşe geçtiği anlaşılmaktadır. Haziran ayından Eylül ayının ortasına kadar yükselen bir grafik şeklinde ilerleyen su gerilimi değerleri 7 Temmuz ve 18 Ağustos'ta 2 kez ani düşüşler göstermiştir. Bunun nedeni 7 Temmuz'da öğleden sonra başlayan ve devam eden yoğun yağmur nedeniyle toprak neminin yüksek çıkması ve yağışla birlikte hava sıcaklığının azalması olarak gösterilebilir. Nitekim meteoroloji istasyonun günlük verilerine baktığımızda Temmuz ayında sadece 6 gün yağışlı olan günlerden birinin de 7 Temmuz olduğu ve öğleden sonra başlayan yağışın ortalama 1.5 mm olarak kaydedildiği görülmektedir. Aynı şekilde meteoroloji istasyonu verilerinde 7 Temmuz'daki günlük ortalama hava sıcaklığının 19.8 C° bu ayın en düşük sıcaklığa sahip günlerinden biri olduğu anlaşılmaktadır. Aynı şekilde meteoroloji istasyonun verilerine bakıldığında 18 Ağustos tarihinin 1.2 mm günlük ortalama yağış miktarı ile bu aydaki nadir yağış alan günlerden biri olduğu, bu gündeki ortalama sıcaklığın ise 24 C° ile Ağustos ayının en düşük sıcaklığa sahip günü olduğu görülmektedir. Bu verilere bağlı olarak 18 Ağustos'ta yükselen su gerilimi değerlerinde meydana gelen düşüşün nedeni anlaşılmaktadır. Özellikle Temmuz (7 Temmuz) ayında şafak öncesi ölçümünde, önceki gün havanın sıcak olmasıyla kuruyan toprağın etkisiyle şafak öncesi bitki su geriliminin yüksek çıkması ve öğlede başlayıp şiddetini artırarak devam eden yağmurla birlikte gün ortası bitki su geriliminin düşmesi, gün içerisindeki koşullara bağlı olarak bitki su geriliminin farklılık gösterebildiğini ortaya koymaktadır. Eylül ayından sonra düşüş gösteren gün ortası bitki su gerilimi değerleri, 17 Kasım dışında ölçüm sonuna kadar aynı seyri izlemiştir.



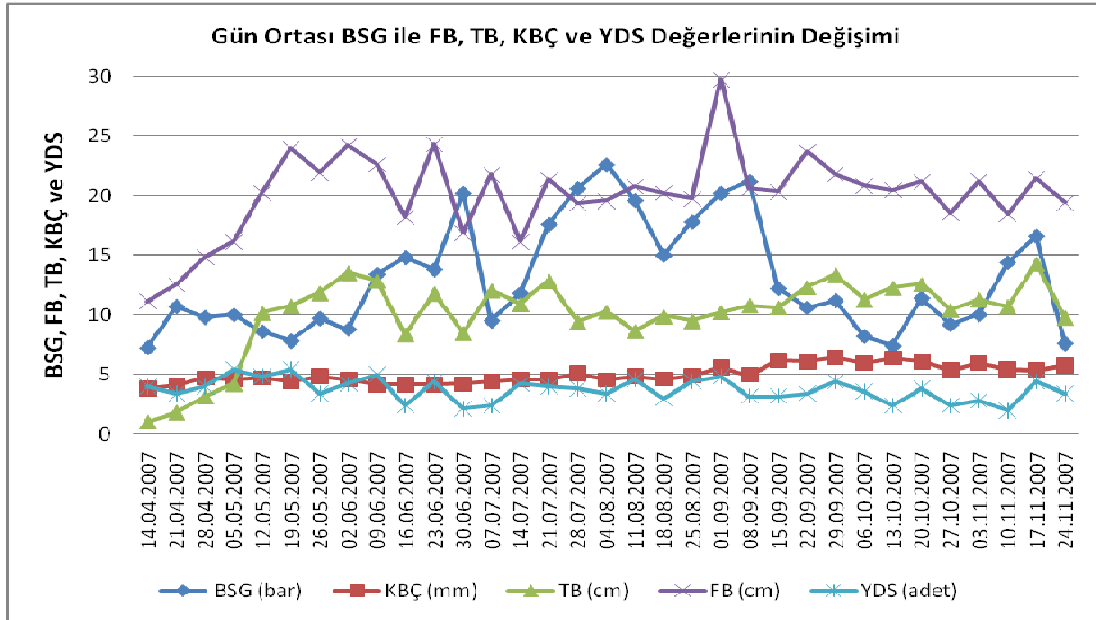
Şekil 14. Gün ortası bitki su gerilimi değerleri ile toprak sıcaklığı ve toprak neminin dönemsel değişimi

Şekil 14'e baktığımızda gün ortası bitki su gerilimi değerlerinin, şafak öncesi bitki su gerilimi değerlerinde olduğu gibi toprak sıcaklığı değerleri ile doğru, toprak nemi değerleri ile ise ters orantılı olarak değiştiği anlaşılmaktadır. 14 Nisan ile 23 Haziran tarihleri arasında gün ortası bitki su gerilimi değerleri 7.25 ile 13.80 bar arasında değişmekte iken bir sonraki ölçüm tarihi olan 30 Haziran tarihinde bu değer 20.20 bara çıkmıştır. 30 Haziran'daki toprak sıcaklığı o tarihe kadar ölçülen en yüksek değer olan 24.33 °C iken toprak nemi ise en düşük değer olan % 18 olarak ölçülmüştür. 30 Haziran'daki gün ortası bitki su gerilimi değerinin yüksek çıkmasını bu ölçüm sonuçlarına bağlayabiliriz. 30 Haziran'dan 8 Eylül'e kadar gün ortası bitki su gerilimi ölçüm sonuçları, şafak öncesi bitki su gerilimi ölçüm sonuçlarında olduğu gibi yüksek değerler almıştır. Ancak 7 Temmuz tarihindeki gün ortası bitki su gerilimi ölçüm sonucu, şafak öncesi bitki su gerilimi ölçüm sonucundan farklı olarak ani bir düşüş göstermiştir. Bu durum yukarıda da belirtildiği gibi 7 Temmuz tarihinde yağın yağmurun öğleden sonra başlamış olması ve bunun sonucu olarak gün ortası bitki su gerilimi ölçüm sonucunu düşürmesi şeklinde açıklanabilir. Bunun dışında şafak öncesi ile gün ortası bitki su gerilimi değerlerinin yaklaşık olarak orantılı bir seyir izlediği Şekil 15'ten de görülebilmektedir.



Şekil 15. Ekstrem su potansiyeli değerlerinde yıl içinde olan periyodik değişimler

Gün ortası bitki su gerilimi değerleri ile fidan boyu, tomurcuk boyu, kök boğazı çapı ve yan dal sayısı gibi morfolojik özelliklerin gelişme dönemi içerisinde tarihlere bağlı olarak nasıl bir değişim izlediği Şekil 16'da verilmiştir.



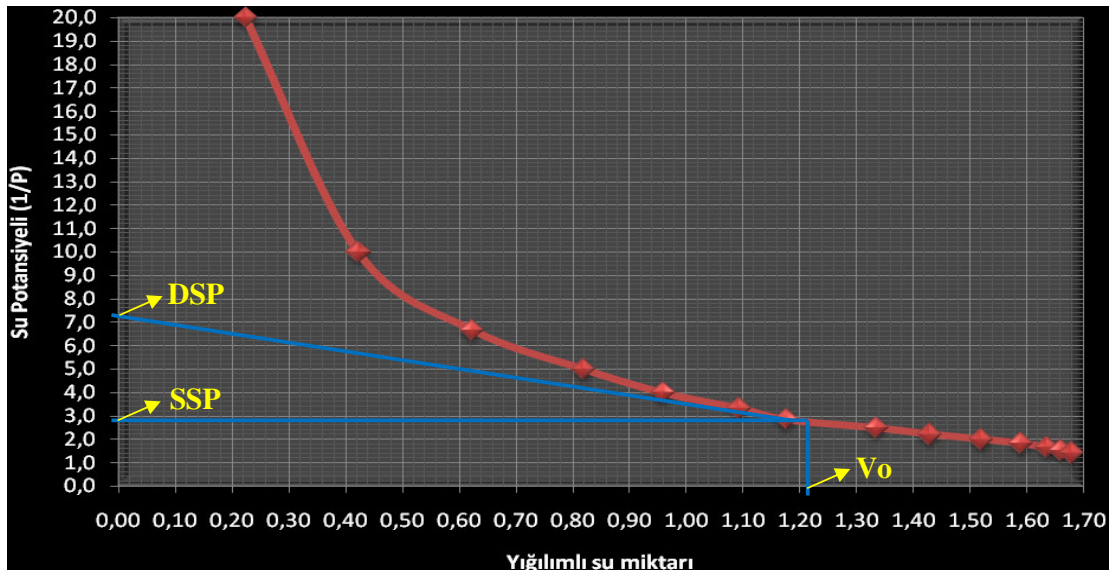
Şekil 16. Gün ortası bitki su gerilimi değerleri ile fidan boyu, tomurcuk boyu, kök boğazı çapı ve yan dal sayısının dönemsel değişimi



Şekil 16 incelendiğinde gün ortası bitki su gerilimi değerlerinin, şafak öncesi bitki su gerilimi değerlerinde olduğu gibi fidanlardaki morfolojik karakterler ile belirgin bir ilişki göstermediği söylenebilir. Bununla birlikte gün ortası bitki su gerilimi değerlerinin bazı tarihlerde ortalama fidan boyu fazla olan bireylerde düşük çıkması boylu fidanların strese daha dayanıklı olduğu sonucunu ortaya çıkarmaktadır.

### 3.1.2. Toplam Su Potansiyeli ve Bileşenleri

Basınç-Hacim (P-V) eğrisi yöntemiyle su potansiyeli bileşenlerine ait orijinal hesap ve ölçüm değerleri belirlenmiş ve sonuçlar Tablo 6'da verilmiştir. Ölçümler 23.04.2007 ile 19.11.2007 tarihleri arasında ortalama 15 gün arayla ve her ölçüm döneminde üç yinelemeli olarak 16 defa yapılmıştır. Buna bağlı olarak toplam 48 fidanda (16 ölçüm $\times$ 3 tekrar) yapılan grafiksel basınç-hacim eğrisine ilişkin örneklerden biri Şekil 17'de verilmiş olup, 15 günde bir 16 kez üç tekrarlı olarak yapılan basınç-hacim eğrilerine ilişkin her güne ait bir adet P-V eğrisi ek şekillerde verilmiştir. Ayrıca su potansiyeli bileşenlerine ait hesap ve ölçüm değerlerinin grafiksel görünümü Şekil 17'de görülmektedir.



Şekil 17. 5 nolu fidanda yapılan grafiksel basınç-hacim eğrisi

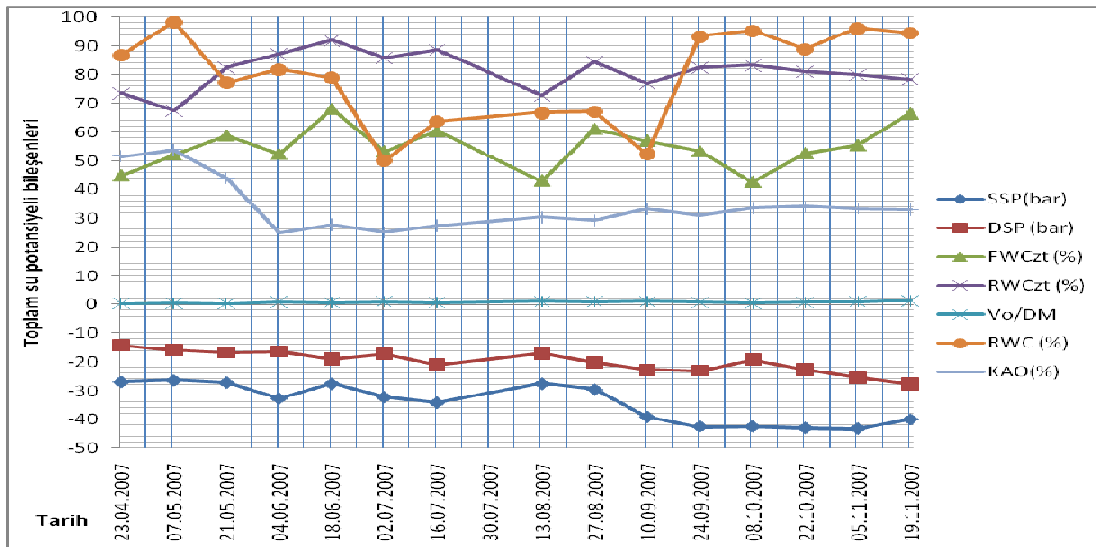
Tablo 6'da sürekli solma noktasındaki su potansiyeli (SSP), tam doymun haldeki su potansiyeli (DSP), solma noktasındaki serbest su içeriği ( $FWC_{ZT}$ ), solma noktasındaki

nispi su içeriği ( $RWC_{ZT}$ ), birim kuru ağırlığa düşen simplastik su miktarı ( $Vo/DM$ ), relatif su içeriği ( $RWC$ ) ve kuru ağırlık oranı ( $KAO$ ) verilmiştir.

Tablo 6. Su potansiyeli parametrelerine ait ortalama değerler

TARİH	SSP (BAR)	DSP (BAR)	FWC <sub>ZT</sub> (%)	RWC <sub>ZT</sub> (%)	Vo/DM	RWC (%)	KAO (%)
23.04.2007	-26,89	-14,17	44,92	73,60	0,44	86,82	51,58
07.05.2007	-26,35	-15,93	52,21	67,48	0,57	98,41	53,68
21.05.2007	-27,11	-16,61	58,85	82,46	0,55	77,33	43,93
04.06.2007	-32,70	-16,32	52,35	87,17	0,87	81,85	24,98
18.06.2007	-27,52	-18,95	67,99	91,97	0,66	78,99	27,73
02.07.2007	-32,23	-17,17	53,31	85,92	0,88	50,18	25,20
16.07.2007	-34,17	-20,98	60,38	88,70	0,75	63,83	27,44
13.08.2007	-27,50	-17,06	43,10	72,79	1,13	66,82	30,42
27.08.2007	-29,50	-20,22	61,05	84,39	0,95	67,19	29,33
10.09.2007	-39,19	-22,74	56,98	76,97	1,09	52,48	33,31
24.09.2007	-42,53	-23,13	53,41	82,47	0,82	93,37	31,21
08.10.2007	-42,51	-19,21	42,69	83,24	0,57	95,28	33,57
22.10.2007	-43,00	-22,69	52,70	81,19	0,79	88,93	34,09
05.11.2007	-43,20	-25,64	55,43	80,00	0,89	96,05	33,47
19.11.2007	-40,00	-27,78	66,52	78,41	1,31	94,59	33,06

SSP:Sürekli solma noktasındaki su potansiyeli, DSP:Tam doymun haldeki su potansiyeli, FWC<sub>ZT</sub>:Solma noktasındaki serbest su içeriği, RWC<sub>ZT</sub>:Solma noktasındaki nispi su içeriği, Vo/DM:Birim kuru ağırlığa düşen simplastik su miktarı, RWC:Relatif su içeriği, KAO:Kuru ağırlık oranı



Şekil 18. Toplam su potansiyeli bileşenlerinin grafiksel durumu

### 3.1.2.1. Toplam Su Potansiyeli Bileşenleri Arasındaki İlişkiler

Su potansiyeli bileşenleri ve toprak sıcaklığı ile nemi arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla yapılan korelasyon analizi sonuçları Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Su potansiyeli bileşenleri, toprak sıcaklığı ve toprak nemi arasındaki ilişkilere ait korelasyon analizi sonuçları

	SSP (bar)	DSP (bar)	FWC <sub>ZT</sub> (%)	RWC <sub>ZT</sub> (%)	V <sub>o</sub> /DM	RWC (%)	KAO (%)	Toprak Sıc.	Toprak Nemi
SSP (bar)	1	.784**	.021 <sup>NS</sup>	-.138 <sup>NS</sup>	-.322 <sup>NS</sup>	-.294 <sup>NS</sup>	.331 <sup>NS</sup>	.214 <sup>NS</sup>	-.341 <sup>NS</sup>
DSP (bar)		1	-.473 <sup>NS</sup>	-.125 <sup>NS</sup>	-.616*	-.200 <sup>NS</sup>	.353 <sup>NS</sup>	.133 <sup>NS</sup>	-.266 <sup>NS</sup>
FWC <sub>ZT</sub> (%)			1	.474 <sup>NS</sup>	.284 <sup>NS</sup>	-.127 <sup>NS</sup>	-.279 <sup>NS</sup>	.186 <sup>NS</sup>	-.036 <sup>NS</sup>
RWC <sub>ZT</sub> (%)				1	-.045 <sup>NS</sup>	-.271 <sup>NS</sup>	-.733**	.414 <sup>NS</sup>	-.219 <sup>NS</sup>
V <sub>o</sub> /DM					1	-.294 <sup>NS</sup>	-.544*	.221 <sup>NS</sup>	-.172 <sup>NS</sup>
RWC (%)						1	.444 <sup>NS</sup>	-.693**	.910**
KAO (%)							1	-.577*	.386 <sup>NS</sup>
Toprak Sıc.								1	-.755**
Toprak Nemi									1

\*\* :0.01; \* :0.05 Düzeyinde anlamlı, NS:İstatistiksel açıdan farklı değil, SSP:Sürekli solma noktasındaki su potansiyeli, DSP:Tam doymun haldeki su potansiyeli, FWC<sub>ZT</sub>:Solma noktasındaki serbest su içeriği, RWC<sub>ZT</sub>:Solma noktasındaki nispi su içeriği, V<sub>o</sub>/DM:Birim kuru ağırlığa düşen simplastik su miktarı, RWC:Relatif su içeriği, KAO:Kuru ağırlık oranı

Tablo 7’den de görüleceği gibi, SSP ile DSP arasında (% 99 güven düzeyi ile); V<sub>o</sub>/DM ile DSP, KAO arasında (% 95 güven düzeyi ile); RWC<sub>ZT</sub> ile KAO arasında (% 99 güven düzeyi ile); RWC ile toprak nemi, toprak sıcaklığı arasında (% 99 güven düzeyi ile), toprak nemi ile toprak sıcaklığı, KAO arasında (% 99 güven düzeyi ile) önemli ilişkiler bulunmuştur.

Tablodan da anlaşılacağı gibi su potansiyeli bileşenleri arasında önemli ilişkiler bulunmuştur. Özellikle korelasyon katsayılarının; toprak sıcaklığı ve RWC arasında -0.693, toprak nemi ve RWC arasında 0.910 gibi yüksek oranlarda çıkması toprak

özelliklerinin ve buna bağlı olarak iklim koşullarının relatif su içeriğini önemli oranda etkilediğini ortaya koymaktadır.

Ölçümü hem zor olan hem de zaman alan SSP ve DSP değerleri, yapılan regresyon analizleri sonucunda ölçümü daha kolay olan KAO değeri ile tahmin edilebilir. Buna göre yapılan regresyon analizi sonucunda önem düzeyinin 0.05'ten küçük çıkmasıyla anlamlı ilişkiler veren ve  $r^2$ 'si en yüksek olan ve quadratic (parabolik) ilişki gösterdiği belirlenen KAO ile SSP ve DSP'ye ilişkin regresyon analizleri aşağıda verilmiştir.

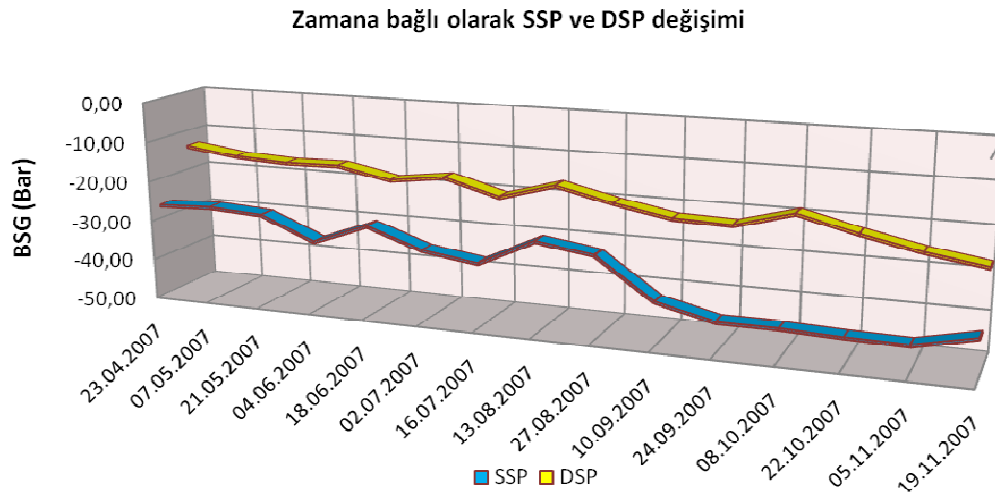
$$SSP = -3.58 + 2.25 \text{ KAO} - 0.03 \text{ KAO}^2 \quad (r^2 = 0.316, F = 7.40, \text{Önem düzeyi} = 0.002) \quad (7)$$

$$DSP = -6.55 + 1.54 \text{ KAO} - 0.02 \text{ KAO}^2 \quad (r^2 = 0.348, F = 8.54, \text{Önem düzeyi} = 0.001) \quad (8)$$

### 3.1.2.2. Sürekli Solma Noktasındaki Su Potansiyelinin Dönemsel Değişimi

Sürekli solma noktasındaki su potansiyeline (SSP) ait ortalama değerler Tablo 6'da görülebilir. Ayrıca sürekli solma noktasındaki su potansiyeli ile tam doymun haldeki su potansiyeline ait ortalama değerlerine ilişkin grafiksel görünüm Şekil 19'da verilmiştir.

Buna göre, sürekli solma noktasındaki su potansiyeli en düşük değerini (-43.20 bar) 5 Kasım 2007 tarihinde, en yüksek değerini (-26.35 bar) ile 7 Mayıs 2007 tarihinde almıştır. Şekil 19'dan da görülebileceği gibi sürekli solma noktası su potansiyeli, gelişme döneminin başından sonuna doğru genel olarak azalan bir eğri şeklinde ilerlemekte ve 5 Kasım 2007 tarihinde en düşük değerini alıp tekrar küçük bir yükseliş göstermektedir.



Şekil 19. Sürekli solma noktası ve doymun haldeki su potansiyeline ilişkin grafik

Solma noktasındaki su potansiyelinin en düşük olduğu dönem, söküm, depolama ve dikim için en uygun zamanı göstermesi yönüyle, fidanlık çalışmaları bakımından son derece önemlidir. Bu nedenle, dönemsel SSP değerleri arasındaki dönemsel olarak farklılık olup olmadığını belirlemek amacıyla varyans analizi ve gruplandırma için Duncan testi yapılmış ve sonuçlar Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Sürekli solma noktasındaki su potansiyeline (SSP) ilişkin varyans analizi ve Duncan testi sonuçları

Tarih	Ortalama SSP değerleri (-bar)	Standart Sapmalar	Homojen Gruplar	F Değeri	Önem Düzeyi (P)
23.04.2007	26.8925	5.01565	a	5.765	<0.01
07.05.2007	26.3500	1.81248	a		
21.05.2007	27.1067	2.59116	a		
04.06.2007	32.6967	5.16505	ab		
18.06.2007	27.5150	3.55675	a		
02.07.2007	32.2300	8.81055	ab		
16.07.2007	34.1650	1.18087	abc		
13.08.2007	27.5000	3.53553	a		
27.08.2007	29.5000	0.70711	a		
10.09.2007	39.1900	8.28729	bc		
24.09.2007	42.5250	3.57089	c		
08.10.2007	42.5050	3.54260	c		
22.10.2007	43.0000	4.24264	c		
05.11.2007	43.2000	0.14142	c		
19.11.2007	40.0000	0.14142	bc		

Tablo 8’e baktığımızda sürekli solma noktasındaki su potansiyeline ilişkin yapılan varyans analizi sonucunda, örnekleminin yapıldığı tarihler arasında % 99 güven düzeyi ile önemli farklar bulunduğu belirlenmiştir. SSP değerleri için benzer ve farklı dönemleri belirlemek için Duncan testi uygulanmıştır. Yine Tablo 8’de, yapılan Duncan testi sonucunda sürekli solma noktasındaki su potansiyeli bakımından 5 farklı grup olduğu görülmektedir. Buna göre 23 Nisan, 7 Mayıs, 21 Mayıs, 18 Haziran, 13 Ağustos ve 27 Ağustos’ta elde edilen SSP değerleri istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Bununla birlikte SSP değerlerinin zamana bağlı olarak düşük değerler aldığı 24 Eylül, 8 Ekim, 22 Ekim ve 5 Kasım değerleri de istatistiksel açıdan farksız oldukları belirlenirken bu zaman aralığının başlangıcı olan 10 Eylül ve sonu olan 19 Kasım tarihleri de bu gruba yakın değerler alan diğer bir grubu oluşturmuştur.

### 3.1.2.3. Doymun Haldeki Su Potansiyelinin Dönemsel Değişimi

Doymun haldeki su potansiyeli (DSP) değerleri – 14.17 bar (23 Nisan) ile – 27.78 bar (19 Kasım) arasında değişmektedir. Tablo 6’ dan da görülebileceği gibi doymun haldeki su potansiyeli değerleri, solma noktasındaki su potansiyeli değerlerinden ortalama 14 bar daha fazla çıktığı belirlenmiştir. Doymun haldeki su potansiyeli değerlerinin zamana bağlı olarak farklılık gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla varyans analizi ve gruplandırma için Duncan testi yapılmış ve sonuçlar Tablo 9’ da verilmiştir.

Tablo 9. Doymun haldeki su potansiyeline (DSP) ilişkin varyans analizi ve Duncan testi sonuçları

Tarih	Ortalama DSP değerleri (-bar)	Standart Sapmalar	Homojen Gruplar	F Değeri	Önem Düzeyi (P)
23.04.2007	14.1650	1.16806	a	5.796	<0.01
07.05.2007	15.9333	1.80976	ab		
21.05.2007	16.6133	2.33470	ab		
04.06.2007	16.3200	2.25646	ab		
18.06.2007	18.9450	1.49200	abcd		
02.07.2007	17.1700	4.58205	abc		
16.07.2007	20.9800	0.80610	bcde		
13.08.2007	17.0600	0.55154	abc		
27.08.2007	20.2200	0.86267	bcde		
10.09.2007	22.7400	0.73539	cdef		
24.09.2007	23.1250	5.50836	def		
08.10.2007	19.2050	3.58503	abcd		
22.10.2007	22.6850	5.14067	cdef		
05.11.2007	25.6400	0.05657	ef		
19.11.2007	27.7800	0.05657	f		

Tablo 9 incelendiğinde varyans analizi sonucunda önem düzeyinin 0.01’den küçük çıktığı görülmektedir. Bu sonuca bağlı olarak 0.01 yanılma payıyla doymun haldeki su potansiyelinin zamana bağlı olarak farklılık gösterdiği söylenebilir. Bu farklılığın zamana göre nasıl gruplandırma meydana getirdiğini belirlemek amacıyla Duncan testi yapılmıştır. Tablo 9’ dan da görülebileceği gibi ilk dört ölçümün yapıldığı 23 Nisan ile 4 Haziran 2007 tarihleri arasındaki ölçüm sonuçlarında çıkan DSP sonuçları birbirine yakın çıkmış ve buradaki ilk ölçüm sonucu dışındaki üç ölçüm sonucu aynı grup içinde çıkmıştır.

### 3.1.2.4. Solma Noktasındaki Serbest Su İçeriğinin Dönemsel Değişimi

Yapılan ölçümler sonucunda dönemsel olarak  $FWC_{ZT}$  değerlerinin % 42.69 (8 Ekim 2007) ile % 67.99 (18 Haziran 2007) arasında değiştiği belirlenmiştir.  $FWC_{ZT}$ 'ye ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10. Solma noktasındaki serbest su içeriğine ( $FWC_{ZT}$ ) ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (P)
Gruplar arası	1823.109	14	130.222	1.128	0.393
Gruplar içi	2308.555	20	115.428		
Toplam	4131.664	34			

Tarihe bağlı olarak solma noktasındaki serbest su içeriğinin farklılık gösterip göstermediğini ortaya koymak için yapılan varyans analizi sonucunda önem düzeyi 0.05'ten büyük çıkmıştır (Tablo 10). Bu sonuca bağlı olarak solma noktasındaki serbest su içeriğinin istatistiksel olarak zamana bağlı bir değişim göstermediği söylenebilir.  $FWC_{ZT}$  değerleri arasında istatistiksel bir fark çıkmadığı için Duncan testi ile bir gruptandırma yapılmamıştır.

### 3.1.2.5. Solma Noktasındaki Nispi Su İçeriğinin Dönemsel Değişimi

Solma noktasındaki nispi su içeriğinin ( $RWC_{ZT}$ ) dönemsel değişimine ait ortalama değerler Tablo 6'da verilmiştir. Buna göre  $RWC_{ZT}$  % 67.48 (7 Mayıs 2007) ile % 91.97 (18 Haziran 2007) arasında değerler almıştır. Yıl içi  $RWC_{ZT}$  değerleri arasındaki farklılıkların istatistiksel önemi, varyans analiziyle denetlenmiş ve sonuçlar Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11. Solma noktasındaki nispi su içeriğine ( $RWC_{ZT}$ ) ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (P)
Gruplar arası	1507.576	14	107.684	1.898	0.093
Gruplar içi	1134.962	20	56.748		
Toplam	2642.538	34			

Tablo 11'e bakıldığında, solma noktasındaki nispi su içeriğinin zamana bağlı olarak farklılık gösterip göstermediğini ortaya koymak için yapılan varyans analizi sonucunda önem düzeyi 0.05'ten büyük çıktığı görülmektedir. Buna göre solma noktasındaki nispi su içeriğinin istatistiksel olarak mevsimsel bir değişim göstermediği söylenebilir.  $RWC_{ZT}$  değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark çıkmasa da,  $RWC_{ZT}$ 'nin en düşük değeri aldığı 07.05.2007 tarihi ile en yüksek değeri aldığı 18.06.2007 tarihinin farklı grupları oluşturdukları söylenebilir.

### 3.1.2.6. Kuru Ağırlık Oranının Dönemsel Değişimi

23.04.2007 ile 19.11.2007 tarihleri arasında, her dönemde üç yinelemeli olarak ortalama 15 gün aralarla 24 defa yapılan, kuru ağırlık oranı (KAO) tespitlerine ait değerler Tablo 6'da verilmiştir. KAO, en düşük değerini 4 Haziran tarihinde (% 24.98), en yüksek değerini ise 7 Mayıs 2007 tarihinde (% 53.68) almıştır. Kuru ağırlık oranlarının zamana bağlı değişiminde farklılıkları belirlemek amacıyla varyans analizi ve gruplandırma için Duncan testi yapılmış ve sonuçlar Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 12. Kuru ağırlık oranına (KAO) ilişkin varyans analizi ve Duncan testi sonuçları

Tarih	Ortalama KAO değerleri (%)	Standart Sapmalar	Homojen Gruplar	F Değeri	Önem Düzeyi (P)
23.04.2007	51.5825	2.32069	e	27.533	<0.01
07.05.2007	53.6833	6.94884	e		
21.05.2007	43.9233	1.24941	d		
04.06.2007	24.9800	0.68695	a		
18.06.2007	27.7300	1.86676	abc		
02.07.2007	25.1950	1.95869	a		
16.07.2007	27.4450	1.74655	ab		
13.08.2007	30.4150	5.42351	abc		
27.08.2007	29.3250	0.16263	abc		
10.09.2007	33.3100	1.55563	bc		
24.09.2007	31.2050	2.89207	abc		
08.10.2007	33.5700	0.24042	bc		
22.10.2007	34.0900	0.73539	c		
05.11.2007	33.4750	0.00707	bc		
19.11.2007	33.0650	0.06364	bc		



Yapılan varyans analizi sonucunda önem düzeyinin 0.01'den küçük çıktığı Tablo 12'de görülmektedir. Bu sonuca bağlı olarak 0.01 yanılma payıyla kuru ağırlık oranının zamana bağlı olarak farklılık gösterdiği söylenebilir. Bu farklılığın zamana göre nasıl gruplandırma meydana getirdiğini belirlemek amacıyla Duncan testi yapılmıştır. Tablo 12'den de görüleceği gibi kuru ağırlık oranı tarihe bağlı olarak 7 farklı grup oluşmuş ve ilk iki ölçüm tarihinin (23.04.2007 ve 07.05.2007) kuru ağırlık oranı bakımından ortalama değerleri en yüksek çıkarak aynı grup içinde yer almışlardır. Bu ortalama değerleri tek başına bir grup oluşturan üçüncü ölçüm tarihi olan 21.05.2007 tarihindeki ölçüm sonucu takip etmiştir. En düşük değeri 04.06.2007 tarihindeki ölçüm sonucu almış ve bu sonuçla tek başına bir grupta yer alırken diğer üç farklı grup Tablo 12'de görülmektedir. 10.09.2007, 08.10.2007, 05.11.2007, 19.11.2007 tarihleri KAO bakımından aynı grup içinde yer almışlardır. Dolayısıyla Eylül ayının ortalarından Kasım ayının ortalarına kadar, toprağın çok ıslak veya donmamış olduğu günler, KAO değerleri bağlamında, sökülme için uygun olabilir.

### **3.1.2.7. Birim Kuru Ağırlığa Düşen Simplastik Su Miktarının Dönemsel Değişimi**

Birim kuru ağırlığa düşen simplastik su miktarına ( $V_o/DM$ ) ait ortalama değerler 0.44 (23 Nisan 2007) ile 1.31 (19 Kasım 2007) arasında değişmektedir (Tablo 6). Zamana bağlı olarak birim kuru ağırlığa düşen simplastik su miktarındaki farklılıkları ortaya koymak amacıyla varyans analizi ve gruplandırma için Duncan testi yapılmış ve sonuçlar Tablo 13'de verilmiştir.

Tablo 13'e bakıldığında yapılan varyans analizi sonucunda önem düzeyinin 0.05'ten küçük çıkması, birim kuru ağırlığa düşen simplastik su miktarının istatistiksel olarak % 95 güvenle tarihe bağlı olarak farklılık gösterdiği anlamına gelmektedir. Farklılık olduğu belirlendikten sonra birim kuru ağırlığa düşen simplastik su miktarı bakımından hangi tarihlerin birbirine yakın değerler aldığını belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi sonuçları Tablo 13'de verilmiştir. Tablodan da görüleceği gibi birim kuru ağırlığa düşen simplastik su miktarı bakımından zamana bağlı olarak 5 farklı grup oluşmuştur. Tablo 6'da da verildiği gibi  $V_o/DM$  değerleri vejetasyonun başlangıcından sonra büyümenin hızlı devam ettiği dönemlerde gittikçe arttığı görülmektedir. Tablo 13'de yapılan Duncan testi sonucunda yüksek çıkan bu değerlerin bulunduğu tarihlerin aynı grupta yer aldığı görülecektir.

Tablo 13. Birim kuru ağırlığa düşen simplastik su miktarına (Vo/DM) ilişkin varyans analizi ve Duncan testi sonuçları

Tarih	Ortalama Vo/DM değerleri	Standart Sapmalar	Homojen Gruplar	F Değeri	Önem Düzeyi (P)
23.04.2007	0.4425	0.12038	a	2.893	0.015
07.05.2007	0.5700	0.12530	a		
21.05.2007	0.5500	0.28583	a		
04.06.2007	0.8733	0.44501	abc		
18.06.2007	0.6600	0.18385	ab		
02.07.2007	0.8850	0.12021	abc		
16.07.2007	0.7450	0.28991	ab		
13.08.2007	1.1350	0.19092	bc		
27.08.2007	0.9500	0.22627	abc		
10.09.2007	1.0950	0.09192	bc		
24.09.2007	0.8250	0.23335	abc		
08.10.2007	0.5700	0.14142	a		
22.10.2007	0.7900	0.22627	ab		
05.11.2007	0.8900	0.00000	abc		
19.11.2007	1.3050	0.00707	c		

### 3.1.2.8. Solma Noktasındaki Relatif Su İçeriğini Dönemsel Değişimi

Solma noktasındaki relatif su içeriğinin dönemsel değişimine ait Tablo 6 incelendiğinde görülebileceği gibi, RWC değerleri % 50.18 (2 Temmuz 2007) ile % 98.41 (7 Mayıs 2007) arasında değişmektedir. RWC değerlerinin zamana bağlı olarak farklı olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizi ve gruplandırma için Duncan testi sonuçları Tablo 14’te verilmiştir.

Tablo 14’e bakıldığında, varyans analizi sonucunda önem düzeyinin 0.05’den küçük çıktığı görülmektedir. Bu sonuca bağlı olarak % 95 güven düzeyi ile solma noktasındaki relatif su içeriğinin zamana bağlı olarak farklılık gösterdiği söylenebilir. Bu farklılığın zamana göre nasıl gruplandırma meydana getirdiğini belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi sonuçları Tablo 14’te verilmiştir.

Tablo 14’den de görülebileceği gibi solma noktasındaki relatif su içeriği bakımından 3 farklı grup meydana gelmiştir. Buna göre 23.04.2007, 07.05.2007, 24.09.2007, 08.10.2007, 22.10.2007, 05.11.2007 ve 19.11.2007 tarihinde ölçülen RWC değerleri en yüksek değeri alırken aynı grup içinde yer almışlardır. 21.05.2007, 04.06.2007, 18.06.2007, 16.07.2007, 13.08.2007 ve 27.08.2007 tarihinde ölçülen RWC

değerleri ise yine aynı grup içinde yer alıp değer bakımından orta sırada yer almışlardır. RWC bakımından en düşük ortalamaya sahip 02.07.2007 ve 10.09.2007 tarihleri ise diğer grubu oluşturmuştur.

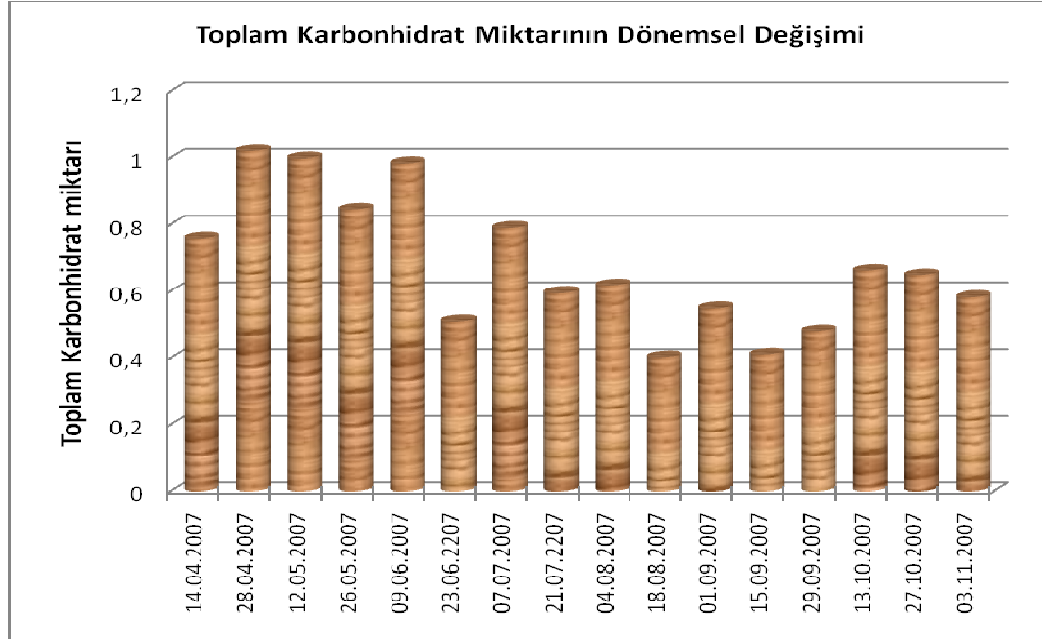
Tablo 14. Solma noktasındaki relatif su içeriğine (RWC) ilişkin varyans analizi ve Duncan testi sonuçları

Tarih	Ortalama RWC değerleri (%)	Standart Sapmalar	Homojen Gruplar	F Değeri	Önem Düzeyi (P)
23.04.2007	86.8225	5.60966	b	2.436	0.034
07.05.2007	98.4100	19.96514	b		
21.05.2007	77.3267	13.54307	ab		
04.06.2007	81.8433	6.53156	ab		
18.06.2007	78.9950	3.98101	ab		
02.07.2007	50.1750	34.17447	a		
16.07.2007	63.8300	24.87602	ab		
13.08.2007	66.8150	1.60513	ab		
27.08.2007	67.1850	10.10456	ab		
10.09.2007	52.4800	34.91693	a		
24.09.2007	93.3750	2.96278	b		
08.10.2007	95.2800	1.40007	b		
22.10.2007	88.9350	2.24153	b		
05.11.2007	96.0550	0.04950	b		
19.11.2007	94.5950	0.00707	b		

### 3.2. Toplam Karbonhidrata İlişkin Bulgular

Toplam karbonhidrat (toplam şeker) miktarları, 14 Nisan 2007 tarihinden 3 Kasım 2007 tarihine kadar 15 günde bir olmak üzere 5 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Toplam karbonhidrat miktarlarının zamana bağlı olarak nasıl değiştiğini Şekil 20’de görebiliriz. Şekilden de görülebileceği gibi toplam karbonhidrat miktarı, vejetasyon başlangıcı olan Nisan ayının başından Ağustos ayına kadar 23 Haziran tarihi dışında, büyüme döneminin en hızlı olduğu dönemde en yüksek değerleri almaktadır. Bu dönemden sonra, Ağustos ayını takiben vejetasyonun duraklamaya geçip daha sonra bittiği Eylül, Ekim ve Kasım aylarında toplam karbonhidrat miktarları daha düşük değerler almaktadır. Vejetasyonun yoğun olduğu Nisan, Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında toplam karbonhidrat miktarlarının yüksek çıkması, bu dönemde hava sıcaklıklarının yüksek olması ve buna

bağlı olarak toprak sıcaklığının artıp nemin azalması ve buna bağlı olarak bitkide stresin artması sonucu, su kaybını önlemek için toplam karbonhidrat miktarını artırması olarak açıklanabilir.



Şekil 20. Toplam karbonhidrat miktarlarının dönemsel değişimi

Toplam karbonhidrat miktarları bakımından Şekil 20’de verilen zamansal değişimlerin istatistiksel olarak bir farklılık gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla varyans analizi yapılmış ve bu farklılığın zamana göre nasıl gruplandırma meydana getirdiğini belirlemek amacıyla Duncan testi yapılmış ve sonuçlar Tablo 15’de verilmiştir.

Tablo 15 incelendiğinde, varyans analizi sonucunda önem düzeyinin 0.01’den küçük çıktığı görülmektedir. Bu sonuca bağlı olarak 0.01 yanılma payı ile toplam karbonhidrat miktarının zamana bağlı olarak farklılık gösterdiği söylenebilir. Duncan testi sonucunda toplam karbonhidrat miktarları zamansal olarak 10 farklı gruba ayrılmış olup, genel olarak vejetasyon dönemi içindeki tarihler aynı grup içinde çıktığı Tablo 15’ de görülmektedir.

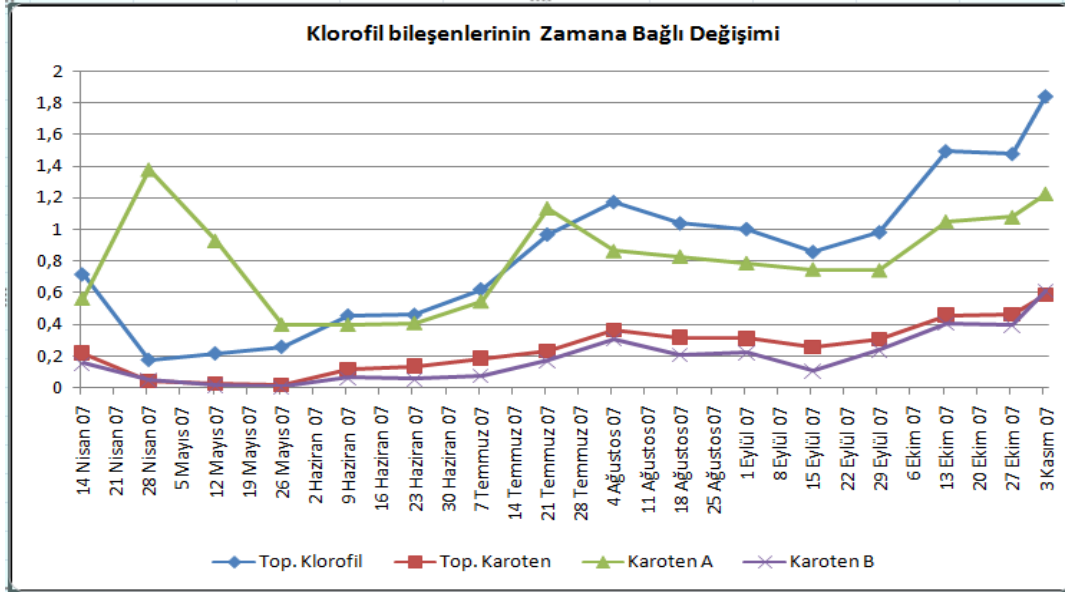
Tablo 15. Toplam karbonhidrat miktarına ilişkin varyans analizi ve Duncan testi sonuçları

Tarih	Ortalama T. Karbonhidrat Değerleri	Standart Sapmalar	Homojen Gruplar	F Değeri	Önem Düzeyi (P)
14.04.2007	0.7590	0.01473	g	165.802	<0.01
28.04.2007	1.0204	0.03831	ı		
12.05.2007	0.9982	0.02541	ı		
26.05.2007	0.8447	0.05008	h		
09.06.2007	0.9835	0.04119	ı		
23.06.2207	0.5088	0.00327	bc		
07.07.2007	0.7902	0.02796	g		
21.07.2207	0.5950	0.03011	de		
04.08.2007	0.6176	0.04921	ef		
18.08.2007	0.4020	0.02872	a		
01.09.2007	0.5498	0.01109	cd		
15.09.2007	0.4106	0.03996	a		
29.09.2007	0.4800	0.04731	b		
13.10.2007	0.6616	0.02589	f		
27.10.2007	0.6472	0.02058	f		
03.11.2007	0.5825	0.03604	de		

### 3.3. Toplam Klorofil Bileşenlerine İlişkin Bulgular

14 Nisan 2007 tarihinden 3 Kasım 2007 tarihine kadar 15 günde bir 5 tekrarlı olarak klorofil miktarları Arnon (1949)'a göre belirlenerek formüle edilmiş ve buna bağlı olarak karoten A, karoten B, toplam karoten ve toplam klorofil değerleri tespit edilmiştir. Klorofil bileşenlerinin zamana bağlı olarak nasıl değiştiğini Şekil 21'de görebiliriz.

Şekil 21'den de görülebileceği toplam klorofil, toplam karoten, karoten A ve karoten B değerlerinin zaman bağlı olarak gösterdiği değişim birbiriyle orantılı olarak seyretmektedir.



Şekil 21. Klorofil bileşenlerinin zamana bağlı olarak nasıl değişimi

Toplam klorofil, toplam karoten, karoten A ve karoten B değerlerinin zamana bağlı olarak istatistiksel anlamda farklılık gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 16'da verilmiştir.

Tablo 16. Klorofil bileşenlerine ilişkin varyans analizi

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F değeri	Önem Düzeyi (P)
<b>Toplam Klorofil</b>					
Gruplar arası	10.696	15	0.713	698.627	<0.01
Gruplar içi	0.033	32	0.001		
Toplam	10.728	47			
<b>Toplam Karoten</b>					
Gruplar arası	1.234	15	0.082	196.160	<0.01
Gruplar içi	0.013	32	0.000		
Toplam	1.247	47			
<b>Karoten A</b>					
Gruplar arası	4.187	15	0.279	115.921	<0.01
Gruplar içi	0.077	32	0.002		
Toplam	4.264	47			
<b>Karoten B</b>					
Gruplar arası	1.286	15	0.086	267.451	<0.01
Gruplar içi	0.010	32	0.000		
Toplam	1.296	47			

Tablo 16'ya bakıldığında toplam klorofil, toplam karoten, karoten A ve karoten B için zamana bağlı olarak ortalamaların değişip değişmediğini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi sonucunda her bir bileşen için önem düzeyinin 0.01'den küçük çıktığı görülmektedir. Buna göre % 99 güven düzeyi ile klorofil bileşenlerinin zamana bağlı olarak farklılık gösterdiği söylenebilir. Bu farklılığın zamana göre nasıl gruplandırma meydana getirdiğini belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi sonuçları Tablo 17'de verilmiştir.

Tablo 17. Klorofil bileşenlerine ilişkin Duncan testi sonuçları

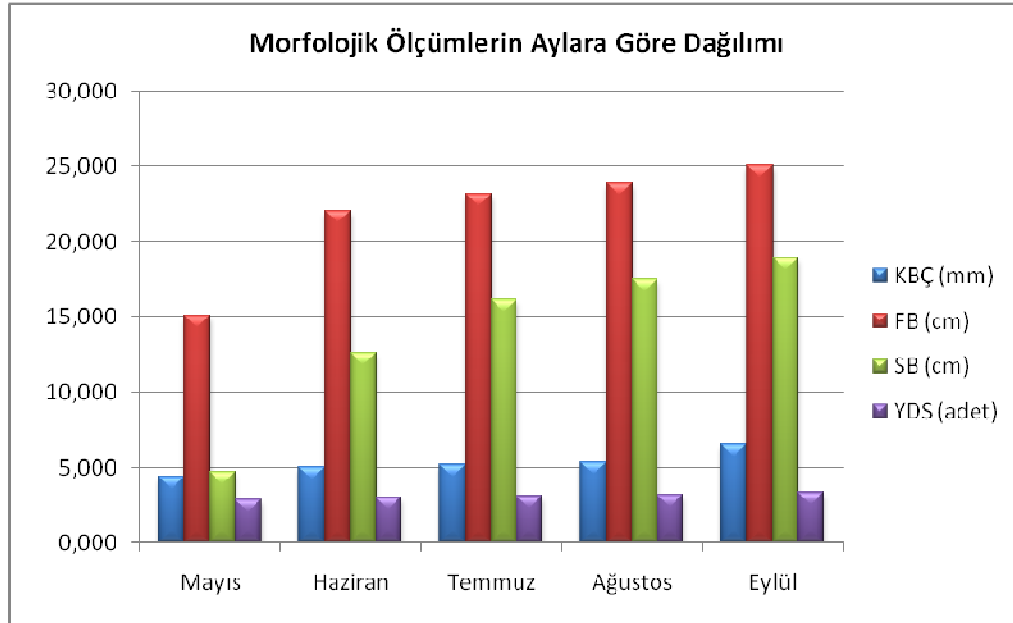
Tarih	T. Karbonhidrat ± SS	Gruplar	T. Karoten ± SS	Gruplar	Kar. A ± SS	Gruplar	Kar. B ± SS	Gruplar
14.04.2007	0.716±0.024	e	0.222±0.008	cd	0.563±0.016	b	0.152±0.008	d
28.04.2007	0.175±0.039	a	0.043±0.015	a	1.381±0.129	h	0.049±0.029	b
12.05.2007	0.216±0.003	ab	0.025±0.001	a	0.929±0.109	e	0.016±0.001	a
26.05.2007	0.258±0.002	b	0.021±0.001	a	0.398±0.016	a	0.006±0.000	a
09.06.2007	0.455±0.012	c	0.117±0.036	b	0.397±0.008	a	0.060±0.004	b
23.06.2007	0.460±0.046	c	0.139±0.014	b	0.408±0.037	a	0.052±0.009	b
07.07.2007	0.621±0.031	d	0.188±0.010	c	0.545±0.025	b	0.076±0.006	b
21.07.2007	0.967±0.004	g	0.236±0.056	de	1.136±0.004	f	0.168±0.007	d
04.08.2007	1.172±0.032	k	0.368±0.011	g	0.864±0.007	de	0.308±0.025	f
18.08.2007	1.038±0.034	h	0.320±0.010	f	0.829±0.028	cd	0.209±0.006	e
01.09.2007	1.002±0.045	gh	0.314±0.020	f	0.788±0.037	cd	0.224±0.026	e
15.09.2007	0.857±0.003	f	0.259±0.001	e	0.748±0.002	c	0.109±0.002	c
29.09.2007	0.982±0.024	g	0.306±0.007	f	0.742±0.024	c	0.240±0.006	e
13.10.2007	1.494±0.039	l	0.460±0.023	h	1.052±0.052	f	0.409±0.021	g
27.10.2007	1.476±0.058	l	0.464±0.019	h	1.079±0.038	f	0.398±0.021	g
03.11.2007	1.840±0.036	m	0.588±0.014	k	1.228±0.024	g	0.613±0.042	h

SS: Standart Sapma

Duncan testi sonucunda, zamana bağlı olarak toplam klorofil ortalamaları 13 homojen grup, toplam karoten ortalamaları 10 homojen grup, karoten A ortalamaları 9 homojen grup ve karoten B ortalamaları ise 8 homojen grup oluşturmuşlardır.

### 3.4. Morfolojik Fidan Özelliklerine İlişkin Bulgular

Sarıçam fidanlarında Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında olmak üzere 5 defa fidan boyu ölçümleri yapılmıştır. Vejetasyon dönemi başından sonuna kadar aylık olarak yapılan bu morfolojik ölçümlerin ortalama değerlerinin nasıl bir değişim gösterdiği grafiksel olarak Şekil 22’de verilmiştir.



Şekil 22. Kök boğazı çapı, fidan boyu, sürgün boyu ve yan dal sayılarının aylara göre ortalama değerleri

Şekil 22’den de görülebileceği gibi sürgün boyu ve dolayısıyla fidan boyu bakımında en büyük artım Mayıs ayı içerisinde gerçekleşirken kök boğazı çapı bakımından artımın en fazla olduğu zamanın Ağustos ayı olduğu anlaşılmaktadır. Bu dönemler içerisinde ise yan dal sayısı bakımından belirgin bir değişiklik olmamıştır.

Ölçülen bu morfolojik özelliklerin zamana bağlı olarak istatistiksel anlamda değişiklik gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla yapılan Anova testi sonuçları Tablo 24’te verilmiştir.



Tablo 18. Morfolojik özelliklere ilişkin varyans analizi

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (P)
Kök boğazı çapı					
Gruplar arası	63.392	4	15.848	19.786	<0.01
Gruplar içi	100.120	125	.801		
Toplam	163.512	129			
Fidan boyu					
Gruplar arası	1383.108	4	345.777	24.989	<0.01
Gruplar içi	1729.649	125	13.837		
Toplam	3112.757	129			
Sürgün boyu					
Gruplar arası	2902.555	4	725.639	4.326	<0.01
Gruplar içi	20969.315	125	167.755		
Toplam	23871.870	129			
Yan dal sayısı					
Gruplar arası	2.494	4	.623	0.311	0.870
Gruplar içi	250.283	125	2.002		
Toplam	252.777	129			

Tablo 18 incelendiğinde; kök boğazı çapı, fidan boyu ve sürgün boyu bakımından önem düzeyinin 0.01'den küçük çıktığı görülmektedir. Bu sonuca bağlı olarak adı geçen bu morfolojik özelliklerin vejetasyon dönemi içerisinde ölçüm yapılan zamanlara göre % 99 güven düzeyi ile farklılık gösterdiği söylenebilir. Yan dal sayısı bakımından ise önem düzeyinin 0.05'ten büyük çıkması bu morfolojik özelliğin zamana bağlı olarak istatistiksel anlamda değişmediğini ortaya koymaktadır.

Varyans analizi sonucunda ortalama değerleri arasında farklılık olduğu belirlenen kök boğazı çapı, fidan boyu ve sürgün boyunun zamana bağlı olarak nasıl bir gruplandırma içerisinde olacağını belirlemek amacıyla Duncan testi yapılarak sonuçlar Tablo 19'da verilmiştir.

Tablo 19. Morfolojik özelliklere ilişkin Duncan testi sonuçları

Tarih	KBÇ (mm) ± SS	Gruplar	FB (cm) ± SS	Gruplar	SB (cm) ± SS	Gruplar
Mayıs	4,384±0,82	a	15,070±2,76	a	4,735±2,58	a
Haziran	5,030±0,53	b	22,025±5,63	b	12,635±4,36	b
Temmuz	5,164±0,76	b	23,160±4,22	bc	16,143±20,86	b
Ağustos	5,366±0,75	b	23,920±3,43	bc	17,473±16,28	b
Eylül	6,530±1,30	c	25,103±2,09	c	18,940±2,44	b

SS: Standart Sapma

Tablo 19'dan da görülebileceği gibi kök boğazı çapı bakımından zamana göre 3 farklı grup meydana gelmiş Haziran, Temmuz ve Ağustos ayları aynı grupta yer alırken Mayıs ve Eylül ayları diğer iki grubu oluşturmuştur. Fidan boyu bakımından ise 4 farklı grup oluşurken, Temmuz ve Ağustos ayı aynı grupta yer almış diğer 3 grubu Mayıs, Haziran ve Eylül ayları tek başlarına oluşturmuşlardır. Sürgün boyu bakımından ise oluşan 2 grupta Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları ilk grubu oluştururken en fazla büyümenin olduğu Mayıs ayı ise tek başına diğer grubu meydana getirmiştir. Morfolojik özellikler, toplam karbonhidrat ve klorofil bileşenleri arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla yapılan korelasyon analizinin sonuçları Tablo 20'de verilmiştir.

Tablo 20. Morfolojik özellikler, toplam karbonhidrat ve klorofil bileşenleri arasındaki ilişkilere ait korelasyon analizi sonuçları

	KBÇ (mm)	FB (cm)	SB (cm)	YDS (adet)	Top. karoten	Karoten A	Karoten B	Top. klorofil	Top. Karbhd.
KBÇ (mm)	1	.000 <sup>NS</sup>	-.024 <sup>NS</sup>	.178*	.289*	.058 <sup>NS</sup>	.272 <sup>NS</sup>	.324*	-.208 <sup>NS</sup>
FB (cm)		1	.061 <sup>NS</sup>	-.011 <sup>NS</sup>	.576**	.098 <sup>NS</sup>	.551**	.562**	-.169 <sup>NS</sup>
SB (cm)			1	-.028 <sup>NS</sup>	.455**	.235 <sup>NS</sup>	.508**	.454**	-.305**
YDS (adet)				1	-.046 <sup>NS</sup>	.199	-.004 <sup>NS</sup>	-.025 <sup>NS</sup>	.085 <sup>NS</sup>
Top. karoten					1	.421**	.95**	.989**	-.809**
Karoten A						1	.527**	.436**	-.347*
Karoten B							1	.960**	-.774**
Top. klorofil								1	-.781**
Top. Karbhd.									1

\*\* : 0.01; \* : 0.05 Düzeyinde anlamlı, NS: İstatistiksel açıdan farklı değil

Yapılan korelasyon analizi sonucunda; toplam karbonhidrat ile sürgün boyu, toplam karoten, karoten B, toplam klorofil (% 99 güven düzeyi ile negatif yönde) ve karoten A arasında (% 99 güven düzeyi ile negatif yönde) istatistiksel olarak anlamlı korelasyon olduğu belirlenmiştir.

Toplam klorofil ile kök boğazı çapı (% 95 güven düzeyi ile pozitif yönde), fidan boyu, sürgün boyu, toplam karoten, karoten A ve Karoten B arasında (% 99 güven düzeyi ile pozitif yönde) istatistiksel olarak anlamlı korelasyon olduğu belirlenmiştir.

Karoten B ile fidan boyu, sürgün boyu, toplam karoten ve karoten A arasında (% 99 güven düzeyi ile pozitif yönde) istatistiksel olarak anlamlı korelasyon olduğu belirlenmiştir.

Karoten A ile toplam karoten arasında (% 99 güven düzeyi ile pozitif yönde) istatistiksel olarak anlamlı korelasyon olduğu belirlenmiştir.

Toplam karoten ile kök boğazı çapı (% 95 güven düzeyi ile pozitif yönde), fidan boyu ve sürgün boyu arasında (% 99 güven düzeyi ile pozitif yönde) istatistiksel olarak anlamlı korelasyon olduğu belirlenmiştir.

Yan dal sayısı ile kök boğazı çapı arasında (% 95 güven düzeyi ile pozitif yönde) istatistiksel olarak anlamlı korelasyon olduğu belirlenmiştir.

## 4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Fizyolojik Fidan Özelliklerine İlişkin Tartışma ve Sonuç

#### 4.1.1. Ekstrem Bitki Su Gerilimi Değerlerinin Gelişme Dönemindeki Dönemsel Değişimi

Su potansiyelinde oluşan periyodik değişimlerin belirlenmesi ve yetiştirilen sarıçam fidanlarına ilişkin bir sulama programının hazırlanması için 14.04.2007 tarihinden 17.11.2007 tarihine kadar haftalık şafak öncesi ve gün ortası bitki su gerilimi ölçümleri yapılmıştır. Aşağıda bu ölçümler yorumlanmış ve KTÜ Orman Fakültesi araştırma serasında yetiştirilen sarıçam fidanları için uygun bir sulama programı hazırlanmaya çalışılmıştır.

##### 4.1.1.1. Şafak Öncesi Bitki Su Gerilimi Değişimi

Şafak öncesi yapılan ölçüm sonuçlarına göre, sabaha karşı bitki su geriliminin en düşük değerleri aldığı ve ölçüm sonuçlarının genellikle benzer olduğu görülmüştür. Cleary ve Zaerr'de [48] şafak öncesi ölçümlerinde, bitki su geriliminin yavaş bir değişim gösterdiği için ölçüm sonuçlarının genellikle benzer olduğunu ve bu zamanda bitki su geriliminin asgari değerlerini aldığı belirtilmektedir. Çünkü güneş ışınlarının artışına bağlı olarak stomalar açılmış olsa bile, sabahleyin su potansiyeli henüz önemli derecede azalmamıştır [79].

Şafak öncesi bitki su gerilimi değerleri birbirine yakın değerler almakla birlikte ölçüm yapılan fidanın söküldüğü andaki toprak sıcaklığı, toprak nemi ve hava hallerine bağlı olarak yükseldiği veya düştüğü tarihler de olduğu görülmektedir. Ölçümün başladığı tarih olan 14 Nisan ile 30 Haziran tarihleri arasında 4.20 ile 9.6 bar arasında değişen bitki su gerilimi değerleri bir sonraki ölçüm tarihi olan 7 Temmuz tarihinde 18.2 bara çıkmıştır. Havanın yağışlı geçtiği bu tarihteki toprak sıcaklığı değeri 23.89 °C ile yüksek bir değerde toprak nemi ise % 16.4 ile düşük bir değerde olması toprak nemi ve sıcaklığı ile bitki su gerilimi değerleri arasındaki orantıyı ortaya koymaktadır. Çünkü bir bütün olarak bitkinin veya bitki hücresinin su miktarı başlıca transpirasyon (terleme) ve su absorpsiyonu hızları ile kontrol edilmektedir [80]. Dolayısıyla bitki su gerilimi, toprak nem içeriğine ve fidanın

bunu absorblama yeteneğine atmosferik buharlaşmaya (sıcaklık, nem vb) ve stomaların kapanarak nem kaybını kontrol edebilme yeteneğine bağlıdır [47]. *Fagus sylvatica* L. ve *Quercus petraea* türlerinde gerek şafak öncesi gerekse gün ortası yapraklarda yapılan ölçümler sonucunda, şafak öncesi su potansiyeli değerleri, Temmuz ayı sonuna kadar yüksek bulunmuştur. Ağustos ayının başından itibaren azalmaya başlayan bitki su potansiyeli değerleri, asgari değerlerine ( $-0.81 \pm 0.03$  ve  $-0.75 \pm 0.06$  MPa sırayla) Eylül ortasında ulaşmıştır [44].

Bitkiler kökleri aracılığıyla topraktan suyu alır, toprak üstü organlarıyla da suyu kaybeder [79]. Gün içinde stomalar açıkken çevrede oluşan düşük nem içeriği yapraklardan nemin çekilmesine neden olur. Transpirasyon ile su absorpsiyonu arasında yaratılan bu dengesizlik bitki su geriliminin artmasına neden olur [58]. Turgor halindeki yaprak hücrelerinden su kaybolduğu zaman, örneğin sabahın erken saatlerinde stomaların açılmasıyla, transpirasyon oluşmakta ve onların su potansiyeli azalmaktadır. Bu azalış, ksilemden yaprak hücrelerine, kök hücrelerinden ksileme ve sonunda topraktan kök hücrelerine su akışına neden olmaktadır [79]. Böylece, yapraklardan suyun evaporasyonla buharlaşması ile yüksek bitkilerin ksilem kanal ve trahe ve traheidlerinde oluşturulan yüksek gerilim nedeniyle su yukarı doğru çekilmektedir [81, 82].

Su absorpsiyon hızı ise topraktaki su oranına bağlıdır [80]. Bitkinin topraktan su alması üzerinde yalnız toprağın su miktarı değil, transpirasyonu etkileyen iç ve dış faktörler de etkilidir. Bu konuda, türden türe fark eden köklerin geliştirdiği osmotik basınç, iletim boru sistemleri, yaprak özellikleri, atmosferin nem açığı, hava hareketleri, sıcaklık vb. koşullarda önemli derecede rol oynamaktadır. Bu nedenle toprağın su ekonomisi ve buna bağlı olarak bitkisel üretim de bir seri faktörlerin etkisi altındadır [83]. Kısaca, bitki su gerilimi, toprak koşulları, atmosferik koşullar ve bitkinin fizyolojik işleyişi ile ilişkilidir. Bu etmenler sürekli değişiklik gösterdiğinden bitki su gerilimi de bunlara bağlı olarak değişmektedir. Böylece, bitki su gerilimi hem gün içinde hem de yıl boyunca mevsimlere göre değişiklik göstermektedir [54, 84].

Sarıçam fidanlarında aylık olarak yapılan morfolojik fidan özelliklerine bakıldığında, Mayıs ayından Haziran ayına kadar olan fidan boy büyümesinin, gelişme dönemi içerisindeki en büyük artıma sahip olduğu görülecektir. Büyümenin hızla gerçekleştiği bu dönemde şafak öncesi bitki su gerilimi değerlerinin düştüğü göze çarpmaktadır. Genç'in [42] çalışmasında tomurcuk patlaması ve oluşumuna rastlayan tarihlerde fidanların belli bir gerilimde olduğu, boy büyümesinin devam ettiği sürede ise bu

defa kısmen düştüğü belirtilmektedir. Bununla birlikte Deligöz'ün [60] Anadolu karaçamında yaptığı çalışmada benzer bulguların elde edildiği görülmektedir. Buna bağlı olarak sarıçamda elde edilen bu bulgular, Genç'in [42] Doğu ladini ve Deligöz'ün [60] Anadolu karaçamı fidanlarındaki bulgularıyla örtüşmektedir. Buna göre, fidanlar uyku halinden çıkış ve uyku haline giriş aşamalarında stres altındadır denilebilir.

Şafak öncesi ve gün ortası bitki su potansiyelleri belirlenirken, o andaki toprak nemi ve toprak sıcaklığı tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak bitki su potansiyeli değerlerinin toprak nemi ile doğru, toprak sıcaklığı ile ters orantılı değerler aldığı belirlenmiştir. *Quercus ilex* ve *Phillyrea latifolia* L.'da yapılan bir çalışmada benzer sonuçlar ortaya konulmuştur. Bu çalışmada sürgün su ilişkilerindeki mevsimsel değişime bağlı olarak iki türde de toprak nem içeriği ile şafak öncesi bitki su potansiyeli arasında yakın ilişkiler tespit etmişlerdir. Başka bir ifadeyle, toprak su içeriğindeki değişim, şafak öncesi ve gün ortası bitki su potansiyelinde de farklılaşmalara neden olmakta; toprak su içeriği arttıkça bitki su potansiyeli de yükselmektedir [45].

*Acacia berlanclieri* Benth'de bitki su potansiyelinin, toprak su miktarı ve evaporasyonla nasıl bir ilişki içerisinde olduğunu belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada, bol nemli periyotta, ortalama şafak öncesi bitki su potansiyeli -3.7 bar, gün ortası bitki su potansiyeli -27.9 bar olduğu halde; uzunca bir süre devam eden sıcak ve kurak periyotta, şafak öncesi bitki su potansiyeli -59.0 bar ve gün ortası bitki su potansiyeli -68.0 bar olarak ölçülmüştür [85]. Ayrıca, Haziran ortasından Ağustos sonuna kadar kuraklık stresi uygulanan *Quercus petraea* ve *Q. robur* fidanlarında, stres altındaki fidanların şafak öncesi yaprak su potansiyeli kontrol fidanlarından daha düşük bulunmuştur [86].

Knops ve Koenig [46] tarafından gerçekleştirilen başka bir çalışmada, *Quercus lobata*, *Q. douglasii* ve *Q. agrifolia* türlerinde 6 yıl süreyle yaz sonunda şafak öncesi, gündüz ve geceleyin ksilem su potansiyeli ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm sonuçlarına göre şafak öncesi ksilem su potansiyeli ile bir önceki yılın yağış miktarı arasında pozitif korelasyon bulunmuştur. Çalışmada, şafak öncesi ksilem su potansiyeli ölçümlerinin, hem bireysel hem de tür bazında, herhangi bir ölçüm yapmadan toprak nemi kullanımı hakkında sağlıklı tahminlerde bulunmak için iyi bir gösterge olduğu bildirilmektedir. Toprak nem içeriği yüksek olduğu halde BSG yüksek ölçülmüşse, bu sonuç bitki uyku haline hazırlanmakta olduğu için topraktaki mevcut suyu kullanmamasına bağlı olduğu söylenebilir.

Bitki su gerilimi periyodik değişiminin belirlenmesi amacıyla şafak öncesi ve gün ortası ölçümler yapılmakta ve elde edilen sonuçlar özellikle sulama programı hazırlanmada kullanılmaktadır [59, 48]. Hazırlanacak bir sulama programının iklim, kültürel işlemler, tür ve genotipdeki farklılıklar nedeniyle bütün fidanlıklarda kullanılması doğru değildir [47]. Şafak öncesi bitki su potansiyelinin -5 barın altına düşmesi durumunda büyümenin devam etmesi için sulamanın yapılmasının zorunlu olduğu Lopushinsky (1990) tarafından belirtilmektedir. Douglas fidanlarında sulama programının çıkarılmasına ilişkin olarak yapılan diğer bir çalışmada, 2+0 yaşındaki douglas fidanlarına şafak öncesi bitki su potansiyeli değerleri ıslak (5 bar), orta (8 bar) ve kuru (15 bar) olacak şekilde üç farklı sulama seviyesi uygulanmıştır. Buradaki ölçüm sonuçlarına bağlı olarak şafak öncesi BSG değeri 5 bar olan işlemde fidanlar sonbaharda durgun hale geçememiş, şafak öncesi BSG değeri 15 bar olan işlemde ise fidanlar büyüklük bakımından standartlara göre oldukça küçük kalmıştır. Büyüklük ve uyku haline geçiş bakımından en uygun fidanlar, şafak öncesi BSG değeri 8 bar iken yapılan sulamalarla elde edilmiştir [47]. Bununla birlikte Duryea'da [87] sulamanın, bitkiler uygun boy ve çapa ulaştığında, şafak öncesi BSG 8-12 barı geçtiğinde yapılmasını tavsiye etmektedir.

Yapılan bu çalışmada, gerek şafak öncesi ve gün ortası bitki su geriliminin tespitinde gerekse toplam su potansiyeli bileşenlerinin belirlenmesinde fidanların doğal ortamdaki seyrini belirlemek amacıyla fidanlara herhangi bir sulama yapılmamıştır. Bu çalışmada KTÜ Orman Fakültesi araştırma serasında yetiştirilen sarıçam fidanlarında 21 Nisan dışında, Nisan ayından sonra şafak öncesi bitki su geriliminin sürekli 5 barın üzerinde çıkmıştır. 12 Mayıs'tan itibaren ise bitki su gerilimi belli dönemlerde 8 barı aşmaya başlamıştır. Tüm bunlara bağlı olarak en geç Mayıs ayının ortasından itibaren (bitki su gerilimini 8 barı geçmesine bağlı olarak) sulama programına başlanması ve şafak öncesi BSG 8 bardan yüksek olduğu sürece sulamanın devam ettirilerek yukarıda belirtildiği gibi gerçekleştirilmesinin doğru olacağı söylenebilir.

#### 4.1.1.2. Gün Ortası Bitki Su Gerilimi Değişimi

Gün ortasında yapılan ölçümlerde, bitki su gerilimi azami değerlerini almaktadır. Azami bitki su gerilimi, genellikle güneş ışınlarının en yoğun olduğu bir zamanda oluşmaktadır ve bitkinin birçok fizyolojik faaliyetini, sınırlamaktadır. Çünkü bitki su gerilimi seviyesi çiçeklenme, meyve, gelişimi, dormansi, don zararlıları, böcek zararlıları ve hastalıklara dayanıklılık gibi olaylar için önemlidir. Şayet su miktarı, gelişimi sınırlandırıyor ise sulama yapılmalıdır [48]. Bu nedenle, sulama programlarının hazırlanmasında, şafak öncesi BSG yanında gün ortası bitki su gerilimi ölçümleri de yapılarak fidanların su ihtiyaçlarının olduğu gün içi zaman dilimlerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Şafak öncesi su potansiyeli yüksek (0 ile -5.0 bar) bir çok türde, gün ortasında -20.0 barlık su potansiyeli düzeyi, fidanlıkta veya dikim alanlarında fidan gelişimini çok az etkilemektedir. Buna karşın şafak öncesi -20.0 bar'lık bir su potansiyeli ise ciddi bir ve bitki için tehlikeli olabilecek bir değerdir. Su potansiyelinin aşırı azalması, çoğu kez, toprak su stresinin derece derece artmasının bir sonucudur ve şafak öncesi su potansiyelinin -20.0 bar olması ile fidan ölümü gerçekleşmeyebilir fakat, gün içinde normal stoma açılışı engellenir, fotosentez yavaş yavaş azalır ve fidan gelişimi durabilir [57].

Şafak öncesi su potansiyeli, gelişme dönemi başında, gün ortası su potansiyeli ise gelişme dönemi sonlarına doğru, sulamaya karar vermede çok iyi iki parametredir. Diğer taraftan, çevre koşullarından etkilenmesi nedeniyle, gün ortası su potansiyelinin şafak öncesi su potansiyelinden daha çok değişkenlik gösterdiği de bilinen bir olgudur [88]. Toprak su potansiyeli, atmosferik buharlaşma ve stomaların kapanması bağlamında bitkinin kendisini korumak için almış olduğu fizyolojik önlemler nedeniyle, gün ortası su potansiyeli ölçümlerinin sağlıklı bir yorumu oldukça güçtür [47].

Cleary ve Greaves [50] tarafından yapılan çalışmaya göre, bitki su durumunun ölçümünde kullanılan basınç odası cihazında okunan rakam 10 barın altında ise fidan özümleme için yeterli suyu alabiliyor, terlemeyi yapabiliyor ve metabolizma faaliyetlerini yerine getirebiliyor demektir. Okunan değer 20'den yüksek ise fidan metabolizma faaliyetlerini yerine getirmede güçlük çekiyor ya da yerine getiremiyordu.

Cleary ve Zaerr [48] tarafından 1+0 yaşındaki Douglas fidanlarında yapılan çalışmaya göre; BSG 8 bar olduğunda ideal bir büyüme gerçekleşmektedir, sınırlayıcı



herhangi bir faktör yoktur, BSG 9-12 bar olduğunda floemdeki transport, boylanma ve çap artımı sınırlanmıştır, BSG 13-20 bar olduğunda fotosentez yavaşlamıştır, gelişmenin devamı için sulama zorunludur, BSG 20-40 bar olduğunda büyüme yavaş yavaş azalır, bitkinin dinçliğindeki ve canlılığındaki azalma sulama ile giderilebilir, BSG 40-50 bar olduğunda fidanlar ve genç bitkiler ölür denilmektedir. Yapılan bu çalışmaya göre ideal bir büyüme için bitki su geriliminin 8 bar ve daha düşük seviyelerde olması gerekmektedir. BSG'nin 10 bar'ın üstüne çıktığı durumlarda çap ve boy gelişimi sınırlanmakta, 13 bar'dan daha yüksek BSG seviyelerinde ise büyümenin devam edebilmesi için sulama zorunlu bir uygulama haline gelmektedir.

Tüm bu bilgiler ışığında gün ortası BSG değerlerini incelediğimiz zaman, ölçümün başladığı 14 Nisan 2007 tarihinde 7.25 bar olan gün ortası BSG, 19 Mayıs 2007, 13 Ekim 2007 ve 24 Kasım 2007 tarihlerinde 8 barın altına düşmüş bunun dışındaki tüm tarihlerde 8 barın üzerinde seyretmiştir. Gün ortası BSG'nin bu şekilde yüksek çıkması, daha öncede belirtildiği gibi fidanların doğal seyrini incelemek amacıyla araştırma boyunca fidanlarda sulama yapılmamasıyla ilişkilidir. Cleary ve Zaerr [48] tarafından yapılan araştırmaya bağlı olarak BSG'nin 13 bar ve altında olması durumunda fotosentez yavaşladığı göz önüne alındığında özellikle gelişmenin devam ettiği dönemde, ideal bir büyüme için bu saatlerde de (gün ortası) sulamanın yapılmasının uygun olacağı söylenebilir.

Ayrıca McDonald [47], toprak yüzey sıcaklığını düşürmek amacıyla gün ortasında serinletme amaçlı sulamaların yapılabileceğinden bahsedilmektedir. Dolayısıyla bitki su geriliminin 13 barın üzerinde seyrettiği 9 Haziran tarihinden sonra gün ortası sulama yapılması ya da sabah veya akşam saatlerinde yapılan sulamalarda sürenin uzatılması, ideal bir büyüme elde etmek için zorunluluk arz etmektedir.

Yapılacak sulamalarda verilen su miktarına da dikkat edilmelidir. Sulama sonucu toprak profili sürekli suyla doymun halde tutulursa bu kez oksijen yetersizliğinden, kök metabolizması yavaşlayacak ve bunun sonucunda da özümleme ve büyüme yine, sekteye uğramış olacaktır [54].

Genç [42], Douglas fidanlarında belirlenen değerlere atıfta bulunarak, gün ortası yapılacak sulamalarda 15 barlık bitki su gerilimi seviyesinin sınır değer olarak kullanılabilceğini ve BSG'in 20 barın üstüne çıkılmasına kesinlikle izin verilmemesi gerektiğini belirtmektedir. Fakat araştırmacının da vurguladığı gibi, bu değerlerin fidanı üretilen-yetiştirilen her takson için ayrı ayrı belirlenmesi, sulama programının değerini arttıracaktır.

14 Nisan ile 24 Kasım 2007 tarihleri arasında yapılan gün ortası bitki su gerilimi değerleri 7.25 bar ile 22.60 bar arasında değişmiştir. Gün ortası bitki su gerilimi değerleri toprak su içeriği, sıcaklık, bağıl nem ve hava koşullarına bağlı olarak değişim göstermiştir. Örneğin, Haziran ayından Eylül ayının ortasına kadar yüksek olan su gerilimi değerleri 7 Temmuz ve 18 Ağustos'ta 2 kez düşük değerler göstermiştir. Bunun nedeni 7 Temmuz'da öğleden sonra başlayan ve devam eden yoğun yağmur nedeniyle toprak neminin yüksek çıkması, 18 Ağustos'ta ise hava sıcaklığının nispeten düşük olması ve buna bağlı olarak toprak sıcaklığının düşük çıkması olarak gösterilebilir.

#### 4.1.1.3. Su Potansiyeli ve Bileşenlerindeki Dönemsel Değişmeler ve Stres Etmenlerine Dayanıklılık

Su potansiyeli bileşenlerinde oluşan dönemsel değişimin belirlenmesi amacıyla, 1+0 yaşındaki Sarıçam fidanlarında, 23.04.2007–19.11.2007 tarihleri arasında her 15 günde bir en az 3 fidanda basınç-hacim (B-H) eğrisi çıkarılmıştır. B-H eğrilerinden elde edilen su potansiyeli bileşenlerinden sürekli solma noktasındaki su potansiyeli ile doymuş haldeki su potansiyeli değerlerinin, büyümenin hızla gerçekleştiği Nisan-Mayıs aylarında yüksek seviyelerde (-26.89, -26.35, -27.11 bar), 4 Haziran 2007 tarihinden (-32.70 bar) itibaren zamanla azalmaya başladığı ve fidanlar tam uyku halinde iken 5 Kasım 2007 tarihinde (-43.20 bar) en düşük düzeyine indiği belirlenmiştir. Kısacası, sürekli solma noktasındaki su potansiyeli ile doymuş haldeki su potansiyeli hemen hemen birbirine paralel ama mevsimsel bir değişim göstermiştir.

Dirik [49], Anadolu karaçamında yaptığı çalışmasında, solma noktasındaki su potansiyeli değerinin Kasım ayından itibaren Ocak ayı ortasına kadar azalarak en düşük düzeye ulaştığını (-32.78 bar), Şubat ayında tekrar yükselişe geçerek, Mart ortasında en yüksek düzeyine (-26.66 bar) geldiğini, benzer seyrin doymuş haldeki osmotik basınç değerleri içinde geçerli olduğunu belirtmektedir. *Pinu brutia* [74] ve *Picea orientalis* [38] gibi türlerde de benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Su potansiyeli ilişkilerindeki mevsimsel değişiminin araştırıldığı bir çalışmada, üç yaşındaki *Picea glauca* fidanlarının sürgünlerindeki mevsimsel su ilişkileri değişimi, 28 ayın üzerinde B-H eğrisi yöntemi ile gözlenmiştir. Sonuçta, Mayıs ayı sonundan Temmuz ayı başına kadar hızlı sürgün uzaması sırasında devam eden turgor basıncının en düşük seviyelerde, solma noktasındaki osmotik potansiyel ile doymuş haldeki osmotik potansiyelin ise en yüksek (negatif en düşük değer) seviyelerde olduğu belirlenmiştir [89].

Yine, *Picea glauca* fidanlarında yapılan başka bir çalışmada, çıplak köklü fidanların 1995 yılında 30 Mart'tan 11 Mayıs'a kadar sürgün su ilişkileri, gaz değişimi, karbonhidrat içeriği ve bileşimi araştırılmıştır. Sonuçta, solma noktasındaki osmotik potansiyel ile doymun haldeki osmotik potansiyelin 30 Mart'tan 27 Nisan'a kadar azaldığı, takiben 11 Mayıs'a kadar arttığı tespit edilmiştir [50]. Aynı şekilde Ritchie (1984), kök ve sürgünlerdeki solma noktasındaki su potansiyelinin, yaz sonu ve kış ortasında en düşük değerleri, ilkbaharda ise en yüksek değerleri aldığını ifade etmiştir. Ritche ve Schula [56] Duglasda yaptıkları çalışmada, yaprak osmotik potansiyelinin kış sonu ile erken ilkbahar arasında artmaya başladığını, Nisan-Mayıs ayları arasında maksimuma ulaştığını (negatif en düşük değer), Haziran ortalarına doğru kararlı minimum değerler ile hızla azaldığını ortaya koymuştur [76].

Yapılan bu çalışmada doymun haldeki osmotik basınç değerleri, solma noktasındaki osmotik basınç değerlerinden yaklaşık ortalama 14 bar daha yüksek çıkmıştır. Dirik [75] kızılçamda doymun haldeki osmotik basınç değerini, solma noktasındaki osmotik basınç değerinden yaklaşık 15 bar daha yüksek bulmuştur. Semerci [90] Toros sedirinde doymun haldeki osmotik basınç değerlerinin solma noktasındaki osmotik basınç değerine paralel bir seyir izlemekle birlikte, genel olarak 10-15 bar kadar büyük olduğunu belirtmiştir.

Corcuera vd. (2002) tarafından meşe türlerinde solma noktasındaki su potansiyeli ile doymun haldeki su potansiyeli arasında pozitif yönde bir ilişkinin olduğu da ortaya koyulmuştur. Bu çalışma kapsamında da yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre SSP ile DSP'nin birbiri ile ilişkili olduğu, solma noktasındaki su potansiyelindeki artışa bağlı olarak doymun haldeki su potansiyelinin de arttığı tespit edilmiştir.

Dağdaş [91] Raber'e atfen, osmotik basınç değerleri kurak mevsimin sonunda en yüksek değerlerine ulaşırken, yağışlı mevsimin sonunda en düşük değerlerine indiği bildirmiştir. Bu konuda Bongarten ve Teskey [51], kurak ve nemli koşullarda yetiştirilen 1+0 yaşındaki *Pinus taeda* fidanlarında su potansiyeli ve bileşenlerini B-H eğrisi yöntemiyle belirlemiştir. Kurak koşullarda yetişen bireylerin doymun haldeki osmotik potansiyeli, solma noktasındaki osmotik potansiyeli ve solma noktasındaki relatif su içeriği değerlerinin nemli koşullarda yetişen bireylerden önemli şekilde farklılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Solma noktasındaki su potansiyelinin ağaç türü, mevsim, sıcaklık, beslenme durumu, günün değişik zamanlarına vb faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterdiği, bu nedenle her ağaç türü için solma noktasındaki su potansiyelinin B-H eğrisi yöntemi

yardımıyla saptanması ve elde edilen verilerle ağaçlandırma çalışmalarına yön verilmesi gerektiği vurgulanmıştır [55]. Ağaçların gelişme dönemi içinde ve bitiminde osmotik basınç değerlerindeki farklılaşma, muhtemelen o ağaç türünün o yöre şartlarına göstereceği uyumun tespitinde belirleyici, olacaktır. Böylece, yılın belli dönemlerinde alınan örneklerden elde edilen özsuların osmotik basınç değerlerinden yola çıkılarak hangi ağaç türlerinin, kullanıldıkları yöreye uyum yeteneklerinin daha iyi olduğuna dair ipuçları da elde edilebilecektir. Çünkü gerek soğuk gerekse kurak dönemlerde sürekli solma noktasındaki su potansiyeli değeri ne kadar düşük olursa ele alınan türün veya türe ait orijinin dona ve kuraklık etkilerine direncinin o ölçüde yüksek olması söz konusudur [75].

Genç vd. [40] tarafından yapılan bir çalışmada, solma noktasındaki su içeriği, Toros sedirinde -31.63 bar, Anadolu karaçamında -26.88 bar, boylu ardıç (*Juniperus excelsa* Willd)'da -32.28 bar, kokulu ardıç (*Juniperus foetidissima* Willd)'da -27.65 bar ve diken ardıç (*Juniperus oxycedrus* L.)'da -25.88 bar seviyelerinde olduğu belirlenmiştir.

Hücre gelişimi, fotosentez ve ürün verimliliği, su potansiyeli ve bileşenleri tarafından güçlü bir şekilde etkilenmektedir. İnsanlardaki vücut sıcaklığı gibi su potansiyeli ve bileşenleri, bitki sağlığının iyi bir göstergesidir [69]. Özellikle, bitki su potansiyeli bileşenlerinden solma noktasındaki su potansiyeli; fidanların tazeliğini, düşük sıcaklıklara ve kuraklık stresine dayanıklılıklarını ortaya koyduğu için, onların dikilebilirliğine karar vermede de temel kriter olarak kabul edilmektedir [55, 56]. Nitekim, solma noktasındaki su potansiyeli ne kadar düşük olursa ele alınan türün stres etmenlerine dayanıklılığı da o derece yüksek olmaktadır.

Bu görüşlerin ışığında, tarafımızdan saptanan solma noktasındaki su potansiyeli değerleri dikkate alındığında, sarıçam fidanlarının stres etmenlerine karşı fizyolojik bakımdan en dirençli oldukları dönem, solma noktasındaki su potansiyelin en düşük olduğu 22 Ekim 2007 ile 5 Kasım 2007 tarihleri rastlamaktadır. İlkbahar başı (23 Nisan) dönemlerinde bu direnç nispeten daha düşüktür. Çünkü bu dönemlerde belirlenen solma noktasındaki su potansiyeli, kış ortasına nazaran biraz daha yüksektir.

Şimşek [52] çalışmasında, Douglas orijinlerinin don zararlarına karşı hassasiyetlerinin fidanlık devresinde erkenden tespit edilmesinde, osmotik basınç değerlerinin erken bir teşhis metodu olabileceği sonucuna varmıştır. Osmotik basınç değerleri fazla olan orijinlerin soğuk zararlarına karşı direncinin daha yüksek olacağı, az olanlar ise daha hassas olacağı belirtilmiştir. Çalıkoğlu [15] Larcher'e atfen, doygun

haldeki osmotik basınç değerleri düşük olan bitki örneğinin, plazmoliz<sup>‡</sup> anına yani sıfır turgor noktasına daha geç ulaşacağını ifade etmiştir. Bunun, kuraklık stresinin bitkiye yaptığı doğrudan ve dolaylı zararlara da daha uzun süre dayanabilme anlamına geldiğini belirtmektedir. Nitekim, haziran ortasından ağustos sonuna kadar kuraklık stresi uygulanan *Quercus petraea* ve *Quercus robur* fidanlarında, stres altındaki fidanların solma noktasındaki ve doymun haldeki osmotik basınç değerleri azalmıştır [86].

Su potansiyeli ve bileşenlerinin belirlendiği birçok çalışmada, SSP ve DSP değerlerinin yanında solma noktasında serbest su içeriği (FWCZT), solma noktasındaki nispi su içeriği (RWCZT), birim kuru ağırlığa düşen simplastik su içeriği (Vo/DM), relatif su içeriği (RWC) ve kuru ağırlık oranı (KAO) tespitleri de yapılmıştır. Çalışmamızda, aynı bileşenler tespit edilmiştir. Buna göre, RWC<sub>ZT</sub> % 67.48 (7 Mayıs 2007) ile % 91.97 (18 Haziran 2007) değerleri arasında değişmekle birlikte mevsimsel olmayıp, düzensiz bir değişim göstermiştir. FWCZT ait değerler ise, % 42.69 ile % 67.99 arasında belirlenmiştir. En düşük değerini 8 Ekim 2007 tarihinde, en yüksek değerini ise 18 Haziran 2007 tarihinde almıştır.

Yapılan varyans analizleri sonucunda, RWCZT ve FWCZT değerleri bakımından ölçüm tarihleri arasında 0.01 önem düzeyinde önemli farklılıklar olmadığı belirlenmiştir. Buna bağlı olarak FWC<sub>Z</sub>'de RWCZT gibi mevsimsel olmayan düzensiz bir değişim izlediği belirlenmiş, Anadolu karaçamında yapılan çalışmada (Deligöz 2007) benzer bulgular elde edilmiştir. Ayrıca [72], RWCZT ve FWC<sub>ZT</sub> değerleri yıllık döngü içinde soğuk-sıcak veya kurak-nemli mevsimlere göre anlamlı bir değişim seyri göstermediğinden, kuraklığa reaksiyon konusunda tür içi varyasyonun ortaya koyulmasında da belirleyici bir role sahip olmadığını dile getirmiştir.

B-H eğrisi yöntemi kapsamında yapılan hesaplamalarla bulunan KAO değerler, % 24.98 ile % 53.68 arasında değişmektedir. Elde edilen değerler incelendiğinde, KAO değerlerinin SSP ve DSP gibi mevsimsel bir değişim gösterdiği görülmektedir. KAO Nisan ve Mayıs aylarında en yüksek değerlerini alsa da genel olarak gelişme döneminin başlangıcından itibaren kış mevsimine kadar artan bir eğri meydana getirdiği görülmektedir. Elde edilen bu bulguya uyumlu olarak Richie ve Schula [56], ve Semerci [38] KAO'nun kış ortasında en yüksek seviyede bulunduğu belirtilmektedir.

<sup>‡</sup> Bir bitki hücresi kendisinden daha yoğun bir ortama konulduğunda, (çözünmüş madde yoğunluğu fazla ortama) hücredeki küçük moleküllerin enerji harcanmadan çok yoğun hücre ortamından, az yoğun ortama geçişine plazmoliz denir.

Vo/DM değerlerini özellikle büyümenin devam ettiği dönem boyunca giderek artan değerler aldığı görülmektedir. Dirik [49], 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. Diğer taraftan büyüme olayı, hücre bölünmesi ile gerçekleşebilmekte, hücre bölünmesi de turgorla sağlanabildiği için hücre içi simplastik su miktarının artmasına bağlı olarak büyüme gerçekleşmektedir. Vo/DM değerleri 19.11.2007 tarihinde son kez artış göstermesi dışında büyüme döneminin sona ermeye başladığı 10.09.2007 tarihinden itibaren giderek azalan bir eğri oluşturduğu anlaşılmaktadır. Kış ortasına rastlayan dönemde, hücre içinde osmotik olarak aktif olan maddelerin kümeleşmesi ile gerçekleşen osmotik düzenleme ile birlikte, hücrenin vakoul içindeki suyunu ksileme aktararak simplastik hacmini küçültmesi nedeniyle Vo/DM değerleri düşmüş olabilir [49]. Vo/DM ilişkin yapılan varyans analizine göre, tarihler arasında 0.01 düzeyinde önemli bir farklılık belirlenmiştir.

RWC ait ortalama değerler % 50.18 ile % 98.41 arasında değişmektedir. RWC'ye ilişkin ortalama değerler 2 Temmuz'da en düşük seviyede iken, 7 Mayıs'da en yüksek seviyesine çıkmıştır. Yapılan varyans analizinde ölçüm dönemleri arasında 0.001 düzeyinde önemli farklar çıktığı belirlenmiştir. Genel itibariyle, hava koşullarının bitkiyi en fazla strese soktuğu dönem olan Temmuz ayının başından Eylül ayının ortalarına kadar ortalama RWC değerlerinin düşük değerler aldığı görülmektedir. Ajmal Khan ve Beena [92] tarafından yapılan çalışmada, su stresi altında relatif su içeriğinin hızla azaldığı bulgusu elde ettiğimiz bu verilerle uyumaktadır.

Fidan sökümünün, solma noktasındaki su geriliminin en küçük olduğu dönemde yapılması gerektiği birçok çalışmada belirtilmiştir. Çünkü solma noktasındaki su potansiyelinin en düşük yani, solmaya olan direncin en yüksek olduğu dönemde, hem kuru ağırlık oranı hem de kök gelişme potansiyelinin yüksektir. Fidan sökümlerinin o dönemde yapılması büyük avantajlar sağlayacaktır. Bu çalışmada elde edilen verilere bağlı olarak KAO'nun artışına bağlı olarak SSP ile DSP değerlerinin de arttığı (-değer olarak) belirlenmiştir. Buna bağlı olarak, solma noktasındaki su potansiyelinin düşük olduğu 8 Eylül-19 Kasım döneminde KAO'nda yüksek olduğu düşünülürse, söküm için bu dönemin en uygun olacağı söylenebilir.

Fakat, dikilen fidanların kök sistemlerini kurmasında toprak sıcaklığının büyük etkileri bulunmaktadır. Duglasda toprak sıcaklığı 5 C°'i geçtiği zaman sonbahar veya kış başında dikim yapılabileceği belirtilmektedir [93]. Ayrıca, metabolizma faaliyetlerinin

başlayabildiği en düşük hava sıcaklığı 0-5 °C dir (Genç, 2004b). Günlük asgari sıcaklık +5 °C'in üzerinde iken, büyüme devam etmekte, sıcaklık 0 °C'ye düştüğü zaman büyüme durmaktadır [94]. Dolayısıyla, dikim çalışmaları için hava ve toprak sıcaklığının da uygun olması gerekmektedir ve toprak donmuş halde iken veya köklerin donmasına neden olacak hava sıcaklığı varken kesinlikle fidanlar sökülmemelidir.

#### **4.2. Toplam Karbonhidrat ve Toplam Klorofil Bileşenlerine İlişkin Tartışma ve Sonuç**

Bitkilerin karbonhidrat içeriğinde döneme bağlı olarak meydana gelen değişimlerin sıcaklıkla yakından ilişkili olduğu gösterilmiştir [95]. Karbohidrat içeriğindeki azalma fotosentezdeki karbon üretimi ve solunumdaki tüketimi arasında dengesizlikten kaynaklanabilir [96]. Çalışmamızda da Ağustos ayı itibariyle, vejetasyonsun başlangıcına kıyasla bir düşüş görülmektedir. Bu düşüş, sıcaklık stresi ile beraber fotosentezin azalması, bununla birlikte artan solunumla beraber karbon tüketiminin artması ile açıklanabilir. Vejetasyon döneminin başlangıcında çözünebilir karbohidratlardaki artış, bitki büyümesine ve yeni organların oluşumuna katkıda bulunmak üzere depo karbohidratlarının yapısal karbohidratlara dönüştürülmesi ile açıklanabilir. Zira bu dönem gövde gelişimin en yüksek olduğu dönemdir.

Bu bulgular, bitkilerin olumsuz koşullara karşı geliştirdikleri bir adaptasyon olayı olarak kabul edilebilir. Adaptasyon olaylarının en önemlilerinden birisi karbohidrat içeriğindeki değişimdir. Bu nedenle karbohidrat içeriği olumsuz koşullarda önemli bir rol oynayabilir.

Su stresinde, stomaların<sup>§</sup> daha az açılmalarına paralel olarak fotosentezinde gerilediği saptanmıştır. Su stresi arttıkça bitkilerde, CO<sub>2</sub> alımının ve fotosentezin azaldığı, fotosentez ürünlerinin taşınmasında gerileme olduğu, bitkilerde şekerlerin, aminoasitlerin ve özellikle prolinin biriktiği belirlenmiştir [97]. Hücrelerde organik asitlerin, inorganik iyonların, aminoasitlerin, çözünebilir karbonhidratların birikmesi nedeniyle hücredeki su stresine karşılık osmotik potansiyelin genellikle düştüğü belirtilmektedir [98, 99]. Çünkü, osmotik potansiyel gerçek bir basınç olmayıp, çözülmüş madde miktarını göstermektedir. Vakuoller içindeki çözülmüş şekilde bulunan özellikle K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> gibi inorganik maddeler ile sitoplazmada bulunan gliserol, aminoasitler ve sakaroz gibi organik

<sup>§</sup> Stoma, açılıp kapanma özellikleri ile bitkideki terlemeyi ve gaz değişimini kontrol eden canlı yapılardır

moleküller bitki hücresinde osmotik basınç üzerinde etkilidir [97]. Dolayısıyla, osmotik basıncı meydana getiren maddeler; muhtelif cins şekerler, organik asitler, organik ve inorganik tuzlardır [100].

Fotosentetik pigmentlerin bitkilerin gelişim dönemlerine bağlı olarak yıl içerisinde değişim gösterdikleri bilinmektedir [101]. Vejetasyonun başlangıcından itibaren artan klorofil konsantrasyonu, yeni bitki organlarının gelişimi ve bitki büyümesi ile birlikte artan bitki biyokütlesiyle doğru orantılıdır [102]. Konstantarsyondaki değişimler vejetasyondaki iklimatik ve fizyonomik değişimlerle alakalıdır. Işık miktarındaki değişimler, topraktaki suyun miktarı pigmentlerin sentezi üzerinde etkilidir [103]. Karotenoidlerin fotosentetik membranları ışığın meydana getireceği hasardan koruduğu ve fotosentetik ışığın yakalanmasında fonksiyon gördüğü bilinmektedir [104, 105]. Vejetasyon dönemi boyunca artan karotenoid konsantrasyonunun artan sıcaklıkla birlikte oluşacak membran hasarlarını önlemek ve klorofil pigmentine yardımcı olarak gelişmenin ve büyümenin meydana geldiği dönemde fotosentezin yürütülmesine katkı sağladığı düşünülebilir.



## 5. ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında fizyolojik fidan özelliklerine bağlı olarak su potansiyeli ilişkileri ile toplam su potansiyeli ve bileşenleri incelenmiştir. Bunun için şafak öncesi ve gün ortası bitki su gerilimine ait ölçümler mevsimsel olarak yapılmış ve buna göre ekstrem bitki su gerilimi değerleri incelenmiş ve morfolojik özelliklerin gelişme dönemi içindeki periyodik değişimine bağlı olarak karşılaştırılmıştır. Basınç-Hacim (P-V) eğrisi yöntemi kullanılarak, toplam su potansiyeli bileşenlerinden; solma noktasındaki su potansiyeli (SSP), tam doygun haldeki su potansiyeli (DSP), solma noktasındaki serbest su içeriği ( $FWC_{ZT}$ ), solma noktasındaki nispi su içeriği ( $RWC_{ZT}$ ), birim kuru ağırlığa düşen simplastik su miktarı ( $V_o/DM$ ), relatif su içeriği (RWC) ve kuru ağırlık oranı (KAO) belirlenmiş ve dönemsel değişimleri ortaya konulmuştur. Bunun yanında toplam karbonhidrat ve toplam klorofil bileşenleri dönemsel olarak incelenmiş ve farklılık gösterip göstermediği ortaya konulmuştur. Morfolojik fidan özelliklerinden fidan boyu, kök boğazı çapı ve yan dal sayısı yine dönemsel olarak ölçülmüş ve mevsimsel seyri ortaya konulmuştur.

Birim kuru ağırlığa düşen simplastik su miktarına ( $V_o/DM$ ) ait ortalama değerler 0.44 (23 Nisan 2007) ile 1.31 (19 Kasım 2007) arasında değişmektedir. Zamana bağlı olarak birim kuru ağırlığa düşen simplastik su miktarındaki farklılıkları ortaya koymak için yapılan varyans analizi sonucunda % 95 güvenle tarihe bağlı olarak farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Yapılan gruplandırmaya göre  $V_o/DM$  değerleri vejetasyonun başlangıcından sonra büyümenin hızlı devam ettiği dönemlerde gittikçe arttığı görülmektedir.

KAO % 24.98 ile % 53.68 arasında değişen değerler almıştır. Kuru ağırlık oranları ilk ölçüm tarihi olan 23 Nisan tarihinden 4 Haziran tarihine kadar azalan değerler almış bu tarihten sonra ise genel itibariyle yükselen bir grafik şeklinde devam etmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda zamana bağlı farklılık gösteren KAO değerlerinin yapılan gruplandırmaya göre mevsimsel bir değişim gösterdiği görülmektedir. Eylül ayının ortalarından Kasım ayının ortalarına kadar KAO bakımından aynı grup içinde kalan değerler sökülme için uygun olacağı zamanı belirlemede önemlidir.

Solma noktasındaki su potansiyeli mevsimsel bir değişim göstermiştir. Söz konusu mevsimsel değişim genel olarak fenolojik gelişme evreleriyle, toprak nemi, toprak sıcaklığı

ve iklim verileri ile sıkı bir ilişki göstermektedir. Solma noktasındaki su potansiyeli fidan söküm ve depolama için en uygun zamanın belirlenmesinde kullanılmaktadır.

Tam doygun haldeki su potansiyeli, solma noktasındaki su potansiyeline paralel bir seyir göstermekle birlikte ortalama 14 bar kadar daha büyüktür.

Solma noktasındaki serbest su içeriği (FWCzt) değerleri % 42.69 (8 Ekim 2007) ile % 67.99 (18 Haziran 2007) arasında ve solma noktasındaki nisbi su içeriği (RWCzt) değerleri ise % 67.48 (7 Mayıs 2007) ile % 91.97 (18 Haziran 2007) arasında değişmekte olup mevsimsel olmayan düzensiz bir değişim göstermişlerdir. Ancak FWCzt ve RWCzt ne kadar küçükse fidan o dönemde o kadar az su içeriyor demektir ve dolayısıyla ekstrem hava koşullarına, söküm, taşıma ve dikimden kaynaklanan güçlüklerle daha dayanıklı demektir.

Solma noktasındaki su potansiyelinin en düşük olduğu dönem, söküm, depolama ve dikim için en uygun zamanı göstermesi yönüyle, fidanlık çalışmaları bakımından son derece önemlidir. Bu nedenle, dönemsel SSP değerleri arasındaki dönemsel farklılık olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi sonucunda farklılıklar belirlenmiş ve Duncan testi ile buna ilişkin gruplandırma yapılmıştır. Yapılan gruplandırma sonucunda SSP değerlerinin zamana bağlı olarak düşük değerler aldığı 24 Eylül, 8 Ekim, 22 Ekim ve 5 Kasım değerleri aynı grup içinde yer alırken 19 Kasım tarihindeki SSP değeri bu gruba yakın bir grup içerisinde benzer bir ortalama değer almıştır. Bu gruplandırmaya göre vejetasyonun devam ettiği dönem hariç tutularak Eylül ayının ortasından Kasım ayının ortalarına kadar sarıçam için en uygun söküm zamanı olduğu söylenebilir. Bu tarihler arasında solma noktasındaki su potansiyeli minimum değerlerini almış yani fidanların solmaya karşı dirençleri en yüksek bulunmuştur. Bu tarihler arasında şaşırtma yapılması durumunda fidanlar düşük bitki su gerilimi değerlerinden ve şaşırtma şokundan çok az etkilenecektir. Bu dönemde kuru ağırlık oranı da nispeten yüksektir. Buna bağlı olarak kök geliştirme potansiyeli de yüksek olacaktır. Ancak dikim çalışmaları için hava ve toprak sıcaklığının da uygun olması gerekmektedir. Toprak donmuş halde iken veya köklerin donmasına neden olacak hava sıcaklığı varken kesinlikle fidanlar sökülmemelidir.

Bu çalışma kapsamında; söküm, depolama ve repikaj zamanının belirlenmesinde son derece önemli olan su potansiyeli bileşenleri, özellikle solma noktasındaki su potansiyeli değerinin belirlenmesi için vejetasyon süresinin başladığı andan itibaren 8 ay süren ölçümler yapılmıştır. Su potansiyeli bileşenlerinin belirlenmesi için yapılan bu ölçümlerin

bir yıl süreyle yapılması hem uygun sökülme, repikaj ve depolama zamanını belirlemek hemde yapılan çalışmaları daha iyi yorumlamak açısından sağlıklı sonuçlar verecektir.

Uygun sökülme depolama ve repikaj zamanının belirlenmesinde en önemli referans solma noktasındaki su potansiyeli (SSP)'dir. SSP'nin belirlenmesi sadece bir örnek için 4-5 saat almaktadır ve belirleme işlemi özel cihazlar ve işlemler gerektirmektedir. Doygun haldeki su potansiyeli (DSP)'nin belirlenmesi için anı şeyler geçerlidir. Ancak aşağıda verilen quadratic ilişki gösteren regresyon modelleri sayesinde ölçümü daha az zaman alıcı ve kolay olan kuru ağırlık oranı (KAO)'nın belirlenmesiyle SSP ve DSP değerlerinin tahmin edilmesi istatistiksel olarak mümkündür.

$$SSP = -3.58 + 2.25KAO - 0.03KAO^2 \quad (r^2=0.316, F=7.40, \text{Önem düzeyi}=0.002)$$

$$DSP = -6.55 + 1.54KAO - 0.02KAO^2 \quad (r^2=0.348, F=8.54, \text{Önem düzeyi}=0.001)$$

Böylece yukarıda verilen formüller yardımıyla KAO değeri hesaplanarak uygun sökülme, depolama ve repikaj zamanları tespit edilebilir.

Yapılan bu çalışmada, gerek şafak öncesi ve gün ortası bitki su geriliminin tespitinde gerekse toplam su potansiyeli bileşenlerinin belirlenmesinde fidanların doğal ortamdaki seyrini belirlemek amacıyla fidanlara herhangi bir sulama yapılmamıştır. Şafak öncesi ve gün ortası su potansiyelleri mevsimsel olarak incelenerek bir sulama programı belirlenmeye çalışılmıştır. Buna göre KTÜ Orman Fakültesi araştırma serasında yetiştirilen sarıçam fidanlarında 21 Nisan dışında, Nisan ayından sonra şafak öncesi bitki su geriliminin sürekli 5 barın üzerinde çıkmıştır. 12 Mayıs'tan itibaren ise bitki su gerilimi belli dönemlerde 8 barı aşmaya başlamıştır. 6 Ekim 2007 tarihinden sonra şafak öncesi BSG zamanla yükselerek, 20 Ekim 2004 tarihinde (16.40 bar) en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Bu tarihten sonra 27 Ekim (9.80 bar) ve 3 Kasım (6.90 bar) tekrar düşüşe geçmiş 10 Kasım tarihinde 16 bara, 17 Kasım'da ise 14.40 bara yükselerek tamamlanmıştır. Tüm bunlara bağlı olarak en geç Mayıs ayının ortasından itibaren (bitki su gerilimini 8 barı geçmesine bağlı olarak) sulama programına başlanması ve şafak öncesi BSG 8 bardan yüksek olduğu sürece sulamanın devam ettirilerek yukarıda belirtildiği gibi gerçekleştirilmesinin doğru olacağı söylenebilir.

Şafak öncesi ve gün ortası su potansiyelleri mevsimsel olarak incelenerek bir sulama programı belirlenmeye çalışılmıştır. Ancak özellikle vejetasyon süresi boyunca, her onbeş günde bir, iki saat aralarla gün içinde yapılacak ölçümlerle BSG'nin gün içindeki

değişiminin izlenmesi, sulama programının daha detaylı hazırlanabilmesi ve gün içinde sulamaya ihtiyaç olup olmadığının belirlenmesi adına faydalı olacaktır.

Toplam karbonhidrat ve toplam klorofil değerlerine ilişkin yapılan varyans analizi sonuçlarında farklılıklar gösterdiği ve mevsimsel olarak değiştikleri belirlenmiştir. Toplam karbonhidrat miktarının özellikle vejetasyonun yoğun olduğu, hava sıcaklıklarının dolayısıyla bitki su geriliminin yüksek çıktığı dönemlerde yükseldiği belirlenmiştir. Bu dönemlerdeki toplam karbonhidrat miktarlarındaki yükselmelerin bitkilerin strese karşı aldığı önlem olarak ortaya çıkmaktadır.

Tez kapsamında bitkinin olumsuz koşullar karşısında geliştirdiği bir adaptasyon olayını gözlemek için toplam karbonhidrat ölçümleri yapılmıştır. Stres koşullarında toplam karbonhidrat içeriğindeki bu değişim gibi, karbondioksit alımının yavaşlaması ve fotosentezin azalması ve aminoasitlerin ve özellikle prolinin biriktiği belirlenmiştir. Bu bilgiye dayanarak, yine bitkilerdeki su durumuyla ilişki içerisinde olan prolin ve absisik asit miktarlarının belirlenmesi stres durumunun yorumlanması için faydalı olacaktır.

## 6. KAYNAKLAR

1. Anonim, Orman Varlığımız, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, 2006.
2. Üçler, A.Ö. ve Turna, İ., Ağaçlandırma Tekniği, KTÜ, Orman Fakültesi Ders Notları Yayın No:69, Trabzon, 2003.
3. Yahyaoğlu, Z., Ağaçlandırma Tekniği Ders Notu Üçüncü Baskı, KTÜ, Orman Fakültesi Ders Teksirleri Serisi:44, Trabzon, 1997.
4. Ürgenç, S. İ., Ağaçlandırma Tekniği, Yenilenmiş ve Genişletilmiş İkinci Baskı, İÜ Rektörlüğü Yayın No:3994, Orman Fakültesi Yayın No:441, İstanbul, 1998.
5. Gezer, A., Doğu İladini (*Picea orientalis* (L.) Carr.) Fideciklerinin Morfo-Genetik Özellikleri Üzerinde Araştırmalar, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Seri No:92, Ankara, 1976.
6. Özyuvacı, N., Meteoroloji ve Klimatoloji. İ. Ü. Orman Fak. Yayın no: 460/4196, ISBN: 975-404-544-5, İstanbul, 1999.
7. Uluocak, N., Kuraklık ve Kurak Bölgelerin Özellikleri. İ. Ü. Orman Fak. Dergisi Seri B, 24, 2 (1974) 200-212.
8. Çepel, N., Orman Ekolojisi (Üçüncü Baskı). İ. Ü. Orman Fak. Yayınları No: 399/3518, İstanbul, 1988.
9. Goor, A. Y. and Barney, C. W., Forest Tree Planting İn Arid Zones. The Ronald Pres Company, New York, 1968.
10. Vorontzova, L. I. and Zaugolnova, L.B., Population Biology of Stepe Plants. In: The Population Structure of Vegetation. ISBN 90-6193-184-3, 143-178, Dordrecht, 1985.
11. Slayter, R. O., Plant-Water Relationships. Academic Pres, 336, New York, 1967.
12. Leopold, A. C., Plant Growth and Development. McGraw-Hill Publications, New York, 1964.
13. Levitt, J., Responses of Plants to Environmental Stress. Akademik Pres, New York, 1972.
14. Crafrts, A.S., Water Deficits and Physiological Process. Volume II, Academic Pres, 85-133, New York, 1968.

15. Çalikoğlu, M., Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold ssp. *Pallasiana* Lamb. Holmboe) Orijinlerinin Kuraklıklara Karşı Reaksiyonlarını Ekofizyolojik Analizi, Doktora Tezi, İ.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2002.
16. Larcher, W., Physiological Plant Ecology. Third Edition, Springer-Verlag, ISBN 0-387-09795-3, New York, 1995.
17. Van Buijtenen, J.P., and Stern, K., Marginal Populations and Provenance Analyses. XIV IUFRO Congress (München), Papers III, 319-331, 1967.
18. Zobel, B.J., Van WYK, G. and Stahl, P., Growing Exotic Forests. John Wiley and Sons, ISBN 0-471-80915-2, New York, 1987.
19. Zobel, B.J. and Talbert, J.T., Applied Forest Tree Improvement. John Wiley and Sons, ISBN 0-471-09682-2, New York, 1984.
20. Dirik, H., Farklı Biyoiklim Kuşaklarını Temsil Eden Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Orijinlerinin Kurak Dönemdeki Su Potansiyellerinin Basınç-Hacim (P-V) Eğrisi Yöntemi ile Analizi, İ. Ü. Orman Fak. Dergisi Seri A, 50, 2 (2000) 93-130.
21. Ericsson, G., Namkoong, G. and Roberds, J.H., Dynamic Gene Conservation for Uncertain Futures, 15-37, 1993.
22. Namkoong, G., Genetics and Forest of the Future, *Unasylva* 38(2): 2-18, 1986.
23. Anşın, R. ve Özkan, Z.C., Tohumlu Bitkiler (Spermatophyta) Odunsu Taksonlar, 2. Baskı, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Genel Yayın No:167, Fakülte Yayın No:19, Trabzon, 1997.
24. Anonim, Sarıçam El Kitabı Dizisi:7, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Muhtelif Yayınlar Serisi:67, Ankara, 2001.
25. Eliçin, G., Türkiye Sarıçam (*Pinus silvestris* L.)'larında Morfogenetik Araştırmalar, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları Yayın No:1662/180, İstanbul, 1971.
26. Atalay, İ., Türkiye'nin Ekolojik Bölgeleri, 1. Baskı, Orman Bakanlığı Yayınları No: 163, İzmir, 2002.
27. Ata, C. ve Demirci, A., Silvikültürün Temel Prensipleri (Silvikültür I) K.T.Ü. Orman Fakültesi Ders Teksirleri Serisi No:42, Trabzon, 1992.
28. Pamay, B., Türkiyede Sarıçam (*Pinus silvestris* L.)'ın Tabi Gençleşmesi İmkanları Üzerine Araştırmalar, T.C. Tarım Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Sıra No:337, Seri No:31, İstanbul, 1962.
29. Turna, İ., Variation of Morphological and Electrophoretic Characters of 11 Populations of Scots Pine in Turkey, Israel J.of Plant Sciences, 51 (2003).

30. Cregg, B. M., Physiology and Morphology of *Pinus sylvestris* Seedlings from Diverse sources Under Cyclic Drought Stress, Forest Ecology and Management, 154 (2001) 131-139.
31. Sonesson, J. and Eriksson, G., Genotypic Stability and Genetic Parameters for Growth and Biomass Traits in a Water X Temperature Factorial Experiment with *Pinus sylvestris* L. Seedlings, Forest Science, 46, 4 (2000) 487-495.
32. Nilsson, J. E. and Walfridsson, E.A., Phenological Variation Among Plus-Tree Clones of *Pinus sylvestris* (L.) in Northern Sweden, Silva Genetica, 44,1 (1995) 20-28.
33. Tilki, F., Türkiye’de Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Tohumu üzerine Teknolojik Araştırmalar, 88-112, Mart-2002.
34. Dirik, H., Çalikoğlu, M. ve Tilki, F., Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Tohumlarında Ozmotik Stres ile Koşullandırmanın Çimlenme Üzerine Etkileri, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, 49,2 (1999) 76–89.
35. Çalikoğlu, M. ve Tilki, F., Orman Ağacı Tohumlarında Çimlenme- Su Stresi İlişkisi, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, 52, 1 (2002) 76-88.
36. Çalikoğlu, M. ve Tilki, F., Lübnan Meşesi (*Quercus libani* Oliver) ve Macar Meşesi (*Quercus frainetto* Ten.) Fidanlarında Kurak Dönemdeki Transpirasyon Analizi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, 54, 1 (2004) 133-142.
37. Tilki, F., Doğu Karadeniz Göknarı Tohumlarının Çimlenmesi Üzerinde Katlama, Işık ve Çimlendirme Sıcaklığının Etkisi, Gazi Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 163 (2004) 172.
38. Semerci, A., Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link.) Fidanlarında Su potansiyeli Bileşenlerinde Oluşan Dönemsel Değişmeler, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1994.
39. Semerci, A., Toros Sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) Fidanlarında Su potansiyeli Bileşenlerinde Oluşan Dönemsel Değişmeler, Doktora Tezi, KTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2001.
40. Genç, M., Deligöz, A. ve Gültekin, H. C., Doğu Ladini, Toros Sediri, Anadolu Karaçamı, Boylu Ardıç, Kokulu Ardıç ve Diken Ardıç Fidanlarının Stres Etmenlerine Dayanma Yetenekleri Ladin Sempozyumu, 2005, Trabzon, 474-482.
41. Akça, H. ve Yazıcı, I., İzmir yöresinde yetiştirilen Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) fidanlarında değişik sulama miktarlarında oluşan fizyolojik değişiklikler. Ege Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi No: 13, İzmir, 1999.
42. Genç, M., Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link.) Fidanlarına Ait Bazı Morfolojik ve Fizyolojik Özelliklerle Dikim Başarısı Arasındaki İlişkiler, Doktora Tezi, KTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1992.

43. Kalamassi, R., Rocca, D. G., Falusi, M., Paoletti, E. and Strati, S., Resistance to Water Stres in Seedling of Eight European Provenances of *Pinus Halepensis* Mill., (663-672), İtalya, 2001.
44. Aranda, I., Gil, L. and Pardos, J.A., Seasonal Changes in Apparent Hydraulic Conductance and Their İmplications for Water. Use of European Beech (*Fagus sylvatica* L.) and Sessile Oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl] in South Europe, Plant Ecology, 179 (2005) 155–167.
45. Serrano, L., Pefruelas, J., Ogaya, R. and Save, R., Tissue-Water Relations of Two Co-occurring Evergreen Mediterranean Species in Response to Seasonal and Experimental Drought Conditions, J. Plant Res., 118 (2005) 263-269.
46. Knops, J.M.H. and Koenig, W.D., Annual Variation in Xylem Water Potential in California Oaks, Madrono Res., 47, 2 (2001) 106-108.
47. McDonald S.E., Irrigation in Forest-Tree Nurseries: Monitoring and Effects on Seedling Growth. in: Duryea M.L. and Landis T.D. (eds), Forest Nursery Manual, Martinus Nijhoff /DrW, Junk Publishers, The Hague, 107-121 The Netherlands, 1984.
48. Cleary, B.D. and Zaerr, J.B., Guidelines For Measuring Plant Moisture Strese With A Pressure Chamber. PMS Instrument Co., 2750 N. W. Royal Oaks Drive, Corvallis, Oregon 97330, 15, USA, 1984.
49. Dirik, H., Dikim Mevsiminde Karaçam (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Fidanlarındaki Fizyolojik Değişiklikler ve Bunun Dikim Başarısı Üzerindeki Etkileri, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 49, 2 (1999) 59–74.
50. Wang, Y. and Zwiazek, J.J., Spring Changes in Water Relations, Gas Exchange, and Carbohydrates of White Spruce (*Picea glauca*) Seedlings, Can. J. For. Res./Rev. Can. Rech. For., 29, 3 (1999) 332-338.
51. Bongarten, B.C. and Teskey, R.O., Water Relations of Loblolly Pine Seedling From Diverse Geographic Origins, Tree Physiology, 1 (1986) 265-276.
52. Şimşek, Y., Douglas (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco)'m Türkiye'ye İthal ve Orijin Problemleri Üzerine Araştırmalar. Kavak ve Hızlı gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Yıllık Bülten No: 12, 272 s, İzmit, 1977.
53. Landis, T.D. Irrigation and Water Management, In: Landis, T.D.; Tinus, R.W.; McDonald, S.E.; Barnet, J.P. The Container Tree Nursery Manual, Volume 4, Agric. Handbook, DC: US. Department of Agric. Forest Service, 69–118, Washington, 1989.
54. Cleary, B.D. and Greaves, R.R., (Çeviri: Eyüboğlu, A.K.). Fidan. Orm. Araşt. Enstitü. Dergisi, 25, 2 (1979) 31–67.



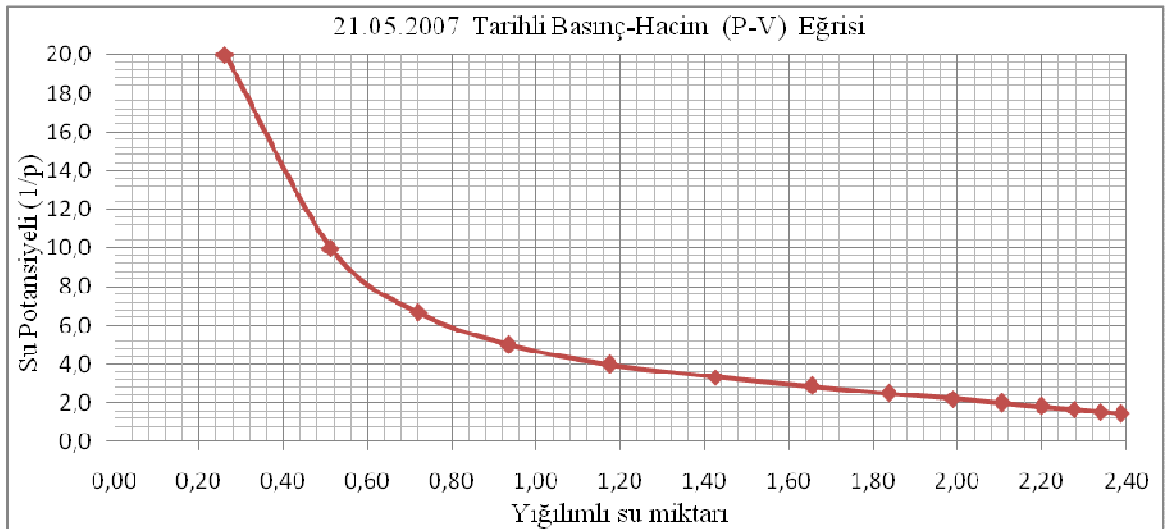
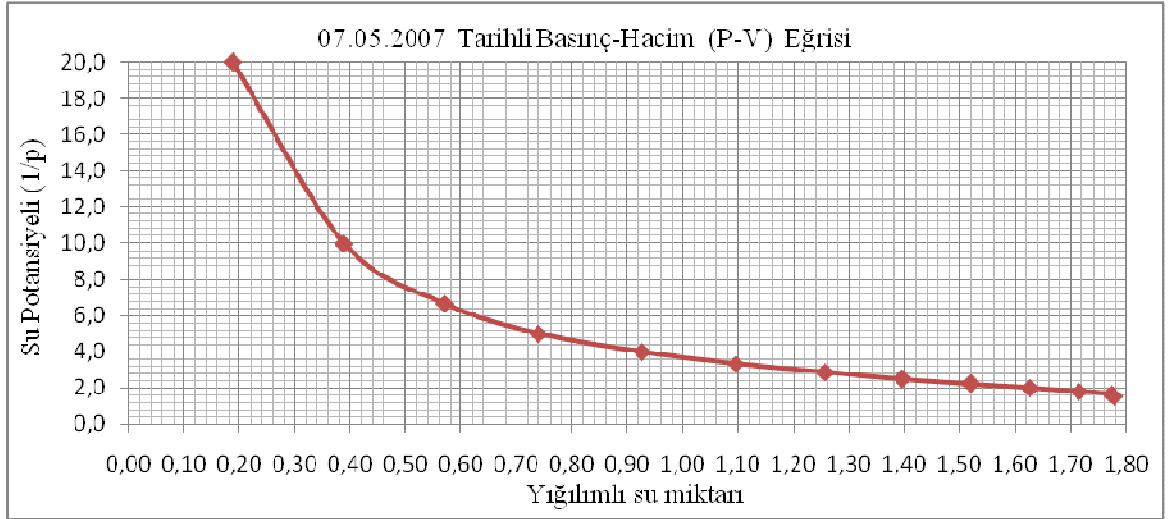
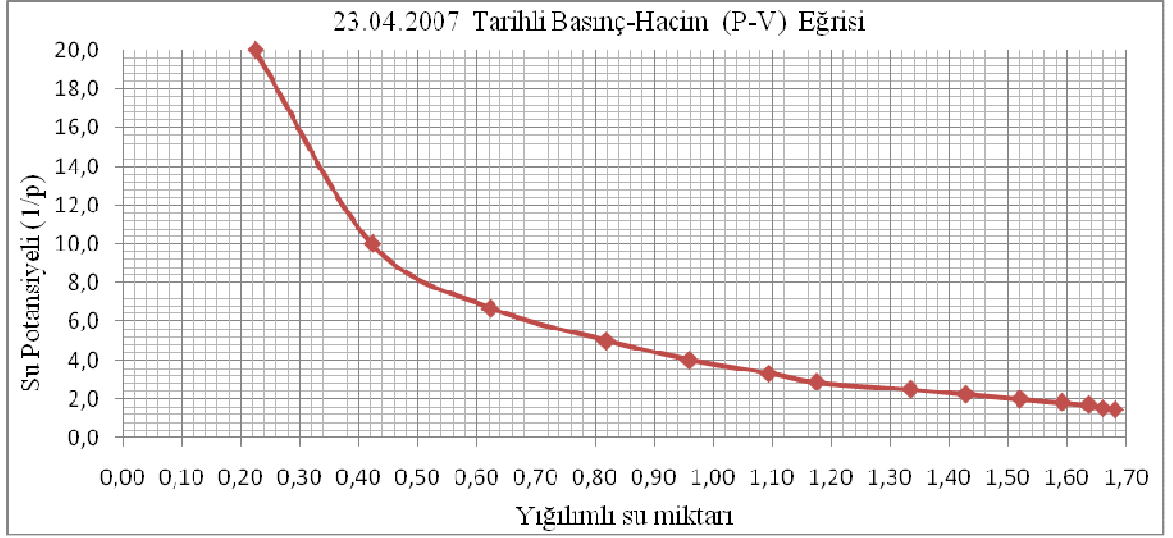
55. Yahyaoglu, Z., Orman Ağacı Fidanlarının Kalite Özellikleri. Scholender Tekniği Yardımı İle Su potansiyelinin Ölçülmesi ve Önemi, K.T.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 10, 1-2 (1987) 140-151.
56. Ritchie, G.A. and Schula, R.G., Seasonal Changes of Tissue-Water Relations in Shoots and Root Systems of Douglas-fir., Seedlings- For., 30, 2 (1984) 538-54.
57. Lopushinsky, W., Seedling Moisture Status. in: Rose, R., Campbell, S J., Landis, T.D., eds. Target Seedling Symposium. Proceedings, Western Forest Nursery Association; Roseburg. OR. General Technical Report RM-200, 123-138, 1990.
58. Ritchie, G.A. and Landis, T.D., Seedling Quality Tests: Plant Moisture Stres. Forest Nursery Notes, 6-12, 2005.
59. Ortuno, M.F., Garcia-Orellana, Y., Conejero W., Ruiz-Sánchez, C.M., Alarcon, J.J. and Torrecillas A., Stem and Leaf Potentials, Gas exchange, Sap Flow, and Trunk Diameter Fluctuations for Detecting Water Stres in Lemon Trees. Trees-Structure and Function 20, 1-8, 2006.
60. Deligöz, A., Anadolu Karaçamı (Pinus nigra Arn. Subsp. Pallasiana (Lamb.) Holmbe) Fidanlarına Ait Bazı Temel Morfolojik ve Eko-Fizyolojik Özelliklerin Dikim Başarısına Etkisi, Doktora Tezi, SDÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 2007.
61. Joly, R.J., Techniques For Determining Seedling Water Status And Their Effectiveness in Assessing Stres. Duryea, Proceedings: Evaluating Seedling Quality: Principles, Procedures, and Predictive Abilities of Major Tests. Workshop Held October 16-18, Forest Research Laboratory, Oregon State University, 17-28, Corvallis, 1985.
62. Johnson, N.E. and Nielson, D.G., Pressure Chamber Measurements of Water in Individual Pine Fascicles, Forest Sci., 15, (1969), 452-453.
63. Tyree, M.T., Cheung, Y.N.S., MacGregor, M.E. and Talbot, AJ-B., The Characteristics of Seasonal and Ontogenetic Changes in the Tissue-Water Relations of *Acer*, *Populus*, *Tsuga* and *Picea*., Can. J. For. Res., 56 (1978) 635-647.
64. Örlander, G. and Rosvall-Ahnebnk, G., Evaluating Seedling Quality By Determining Their Water Status, Scand. J. For. Res., 2 (1987) 167-177.
65. Parker, C. W. and Pallardy, G.S., The Infulence of Resaturation Method and Tissue Type on Pressure-Volume Analysis of *Quercus alba* L. Seedling, Journal of Experimental Botany, 38, 188 (1987) 535-549.
66. Turner, N.C., Measurement of Plant Water Status by the Pressure Chamber Technique, Irrig. Sci., 9 (1988) 289-308.

67. Cochard, H., Forestier, S. and Ameglio, T., A New Validation of the Scholander Pressure Chamber Technique Based on Stem Diameter Variations, Journal of Experimental Botany, 52, 359 (2001) 1361-1365.
68. Royce, B. and Barbour, M.G., Mediterranean Climate Effects. I. Conifer Water Use Across a Sierra Nevada Ecotone, American Journal of Botany, 88 (2001) 911-918.
69. Taiz, L. and Zeiger, E., Plant Physiology. Sinauer Associates, Inc., Publishers, 792, Sunderland, Massachusetts, 1998.
70. Lambers, H., Chapin, F.S. and Pons, T.L., Plant Physiological Ecology. Springer-Verlag, 540, 1998.
71. Joly, R.J. and Zaerr, J.B., Alteration of Cell-Wall Water Content and Elasticity in Douglas-Fir During Periods of Water Deficit., Plant Physiol., 83 (1987) 418-422.
72. Doi, K., Morikawa, Y., Hinckley, T.M., Seasonal Trends of Several Water Relation Parameters in *Cryptomeria japonica* Seedlings, Can. J. For. Res., 16 (1986) 74-77.
73. Guyon, J.P., Analysis of Pressure Volume Curves For Branches Of Three Tree Species. Acto Oecologia, Oecologia Applicata, 8, 4 (1987) 363-370.
74. Dirik, H., Kızılcam (*Pinus brutia* Ten.) Da Bazı Önemli Fidan Karakteristikleri İle Dikim Başarısı Arasındaki İlişkiler, Doktora Tezi, İ.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, 116, İstanbul, 1991.
75. Dirik, H., Farklı Biyoiklim Kuşaklarını Temsil Eden Kızılcam (*Pinus brutia* Ten.) Orijinlerinin Kurak Dönemdeki Su Potansiyellerinin Basınç-Hacim (P-V) Eğrisi ile Analizi, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 50A, 2 (2000), 93-103.
76. Woodruff, D.R. and Bond, B.J., Meinzer, F.C., Does Turgor Limit Growth in Tali Trees?, Plant Cell and Environment, 27 (2004) 229-236.
77. Garriou, D., Girard, S., Guehl, J.M. and Genere, B., Effect of Desiccation During Cold Storage on Planting Stock Quality and Field Performance in Forest Species., Ann. For., 57 (2000) 101-111.
78. Mena-Petite, A., Ortega-Lasuen, U., González-Moro, M.B., Lacuesta, M. and Muñoz-Rueda, A., Storage Duration and Temperature Effect on The Functional Integrity of Container and Bare-Root *Pinus radiata* D. Don Stock-Types, Trees, 15 (2001) 289-296.
79. Kozlowski, T.T., Kramer, P.J. and Pallardy, S.G., The Physiological Ecology of Woody Plants. Academic Press, 657, San Diego, California, USA, 1991.
80. Bozcuk, S., Bitki Fizyolojisi. 2. Baskı, Hatiboğlu Yayınları 22, 223, Ankara, 1997.

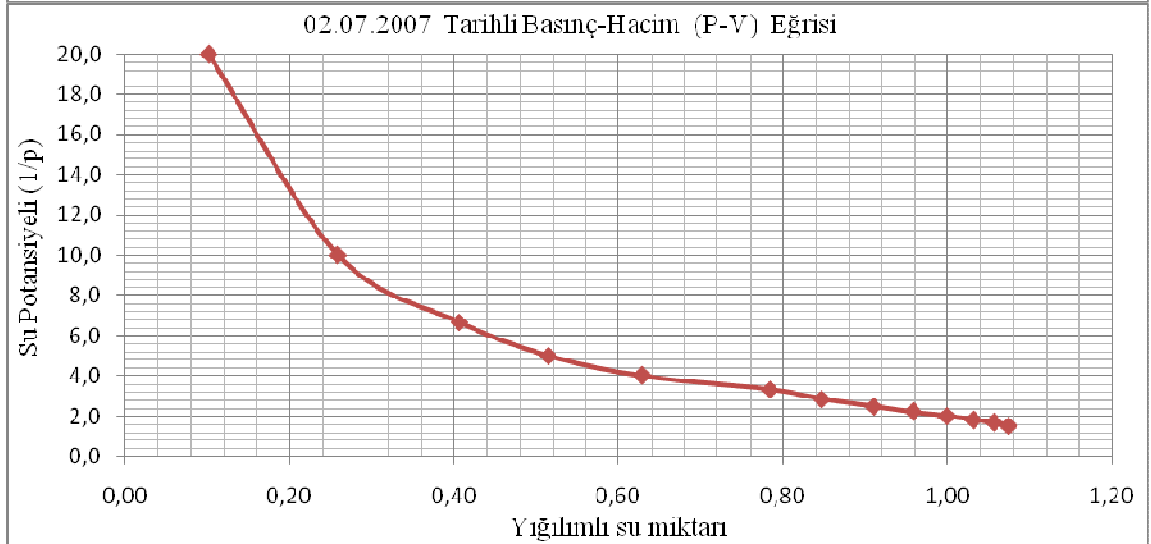
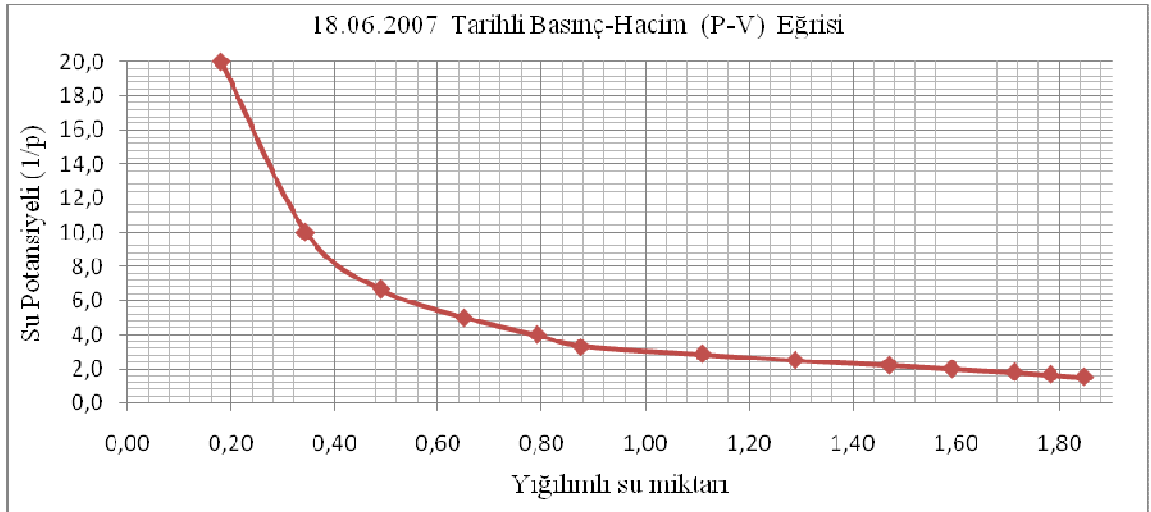
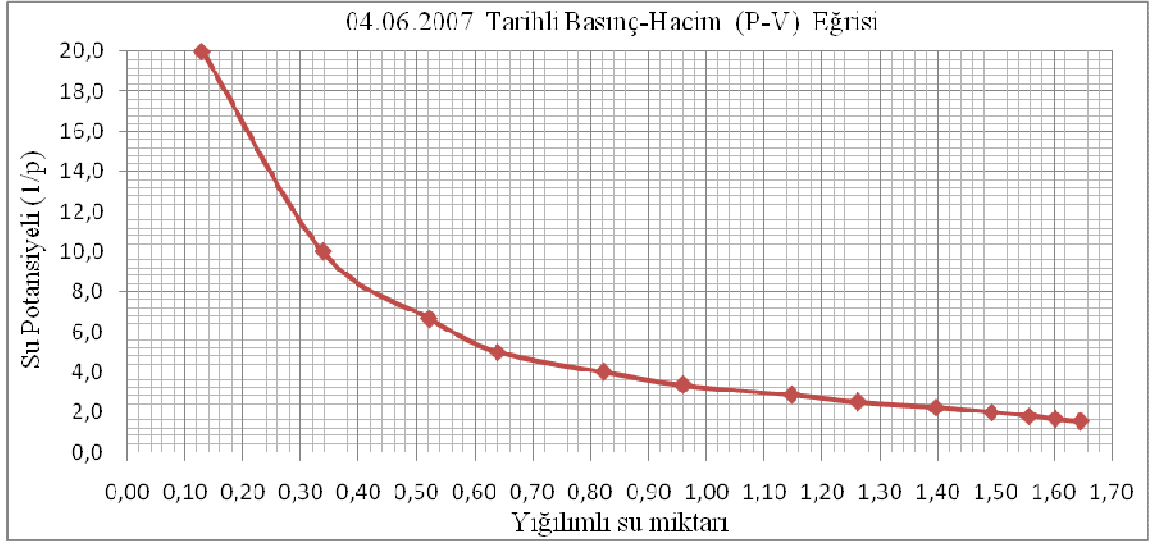
81. Wei, C, Steudle, E. and Tyree, M.T., Water Ascent in Plants: Do on Going Controversies Have a Sound Basis?, Trends in Plant Science Perspectives, 4, 9 (1999) 372-375.
82. Steudle, E., Water Uptake by Plant Roots: an İntegration of Views., Plant and Soil, 226 (2000) 45-56.
83. Çepel, N., Toprak Fiziği, İÜ. Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 3313, Yayın No.374, 288, İstanbul, 1985.
84. Güller, N., Osmotik Basıncın Bitki Hayatıyetinin Etüdünde Önemi ve Kavakçılıkta Kullanılması. Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Yıllık Bülten No: 2, 45-52, İzmit, 1977.
85. Gonzâlez, R.H., Cantü, S.I., Gömez, M.M.V. and Jordan, W.R., Seasonal Plant Water Relationships in *Acacia berlandieri*, Arid Soil Research and Rehabilitation, 14, 4-15 (2000) 343-357.
86. Thomas, F.M. and Gausling, T., Morphological and Physiological Responses of Oak Seedlings (*Quercus petraea* and *Q. robur*) to Moderate Drought, Annals of Forest Science, 57, 4 (2000) 325-333.
87. Duryea, M. L., Nursery Cultural Practices: Impacts on Seedling Quality Chapter 15 in Duryea, Mary L., And Thomas D. Landis (eds.). Forest Nursery Manual: Production of Bareroot Seedlings. Martinus Nijhoff/Dr W., 1984.
88. Lorenzo, R. D., Barbagallo, M.G., Costanza, P., Gugliotta, E., Lino, T., Pisciotta, A. and Santangelo, T., Predawn, Stem and Leaf Water Potential Evolution in *Vitis vinifera* L. ev Nero d'Avola/1103 P. Under Different Water Regime. XIV International GESCO Viticulture Congress, 493-498, Geisenheim, Germany, 2005.
89. Colombo, S. J. and Teng, Y., Seasonal Variation in The Tissue Water Relations of *Picea glauca*, Oecologia, 92, 3 (1992) 410-415.
90. Semerci, A., Sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) Fidanlarına Ait Bazı Morfolojik ve Fizyolojik Karakteristikler ile İç Anadolu'daki Dikim Başarısı Arasındaki İlişkiler, İç Anadolu Orm. Artş. Enst. Yayınlan, Teknik Bülten No: 279, 142, Ankara, 2002.
91. Dağdaş, S., Ankara'da Yetiştirilen Dört Orman Ağacı Türüne Ait Ozmotik Basınc Verilerinin Karşılaştırılması, İç Anadolu Ormancılık Arşt. Enst. Dergisi, 80 (1996) 55-72.
92. Ajmal Khan, M. and Beena, N., Seasonal Variation in Water Relations of Desert Shrubs From Karachi, Pakistan. J. Bot., 34,4 (2002) 329-340.

93. O'Reilly, C, Baraldi, A., Cabral, R., Harper, C, Mortazavi, M. and Keane, M., Effect of Physiological Condition at Time of Lifting on Cold Storage Tolerance and Field Performance of Important Conifer and Broadleaf Species Reproductive Material No. 2, Coford Connects, 4, 2001.
94. Tolay, U. ve Ayberk, S., Dikim Mevsiminin Uzatılması. Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Yıllık Bülten No: 14, 15-26, İzmit, 1979.
95. Xu and Huang, Q. Xu and B. Huang, Seasonal Changes in Carbohydrate Accumulation For Two Creeping Bentgrass Cultivars, Crop Sci., 43 (2003) 266–271.
96. Liu ve Huang, X. Liu and B. Huang, Seasonal Changes and Cultivars Difference in Turf Quality, Photosynthesis, and Respiration of Creeping Bentgrass, Hortscience 36 (2001) 1131–1135.
97. Kaçar, B. ve Katkat, V., Bitki Besleme. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No: 127, Vipaş Yayınları:3, 595, Bursa, 1998.
98. Jiang, Y., Macdonald, S.E. and Zwiasek, J.J., Effects of Cold Storage and Water Stress on Water Relations and Gas Exchange of White Spruce (*Picea glauca*) Seedlings, Tree Physiology 15 (1995) 267-273.
99. Zwiasek, J.J., Celi Wall Changes in White Spruce (*Picea glauca*) Needles Subjected to Repeated Drought Stress, Physiol. Plant., 82 (1991) 513-518.
100. Hasman, M., Bitkilerin Metabolizma Fizyolojisi. İ.Ü. Yayınlarından Sayı: 1743, Fen Fakültesi No: 112, 307 , İstanbul, 1972.
101. Bannister, P., Carbohydrate Concentration of Heath Plants of Different Geographical Origin, The Journal of Ecology, 69, 3 (1981) 769-780.
102. Mısra, M.K. ve Mısra, B.N., Seasonal Changes in Leaf Area Index and Chlorophyll in An Indian Grassland, Jornal of Ecology, 69 (1981) 797-805.
103. Matysiak, R., Content of Carotenoids in Needles of *Pinus sylvestris* L. Growing in a Polluted Area, Dendrobiology, 46, 39-42, 2001.
104. Eskling, M., Arvidsson, P.O. and Akerlund H.E., The xanthophyll Cycle, Its Regulation and Components, Physiologia Plantarum, 100 (1997) 806-816.
105. Havaux M., Carotenoids as membrane stabilisers in chloroplasts, Trends Plant Sci., 3 (1998) 147-151.

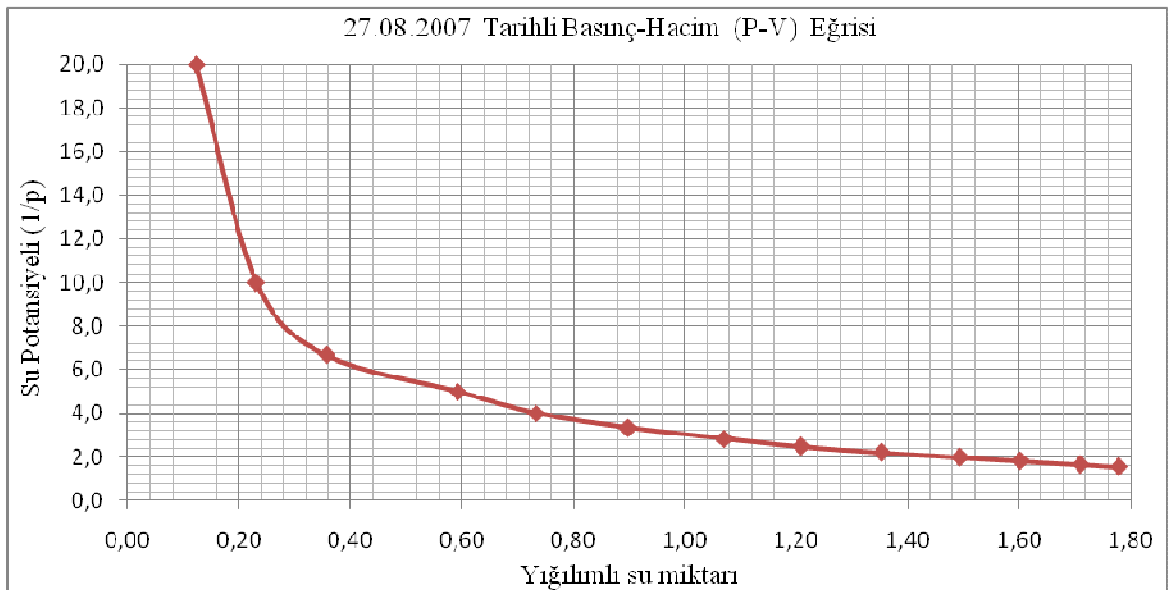
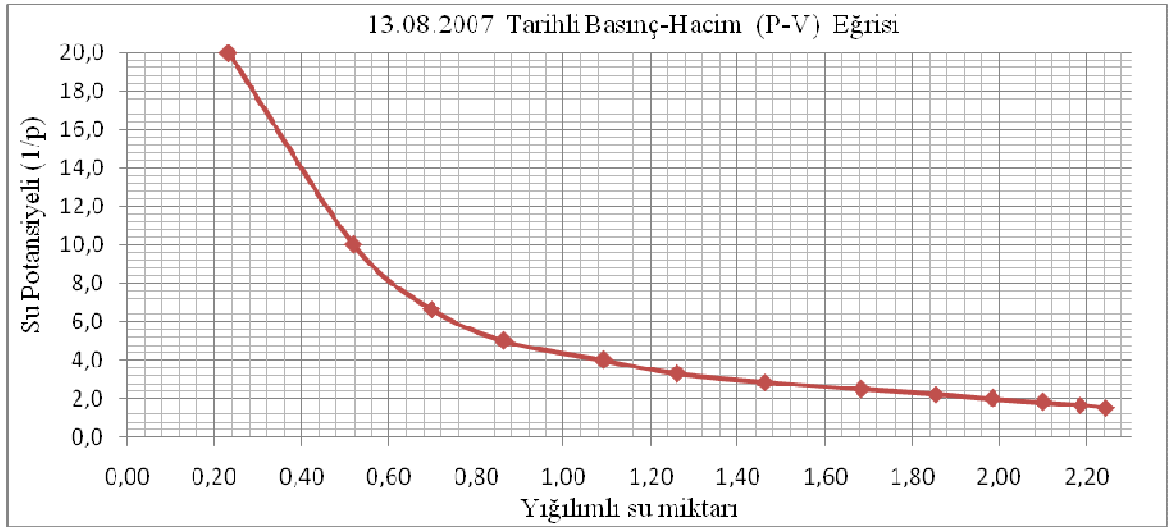
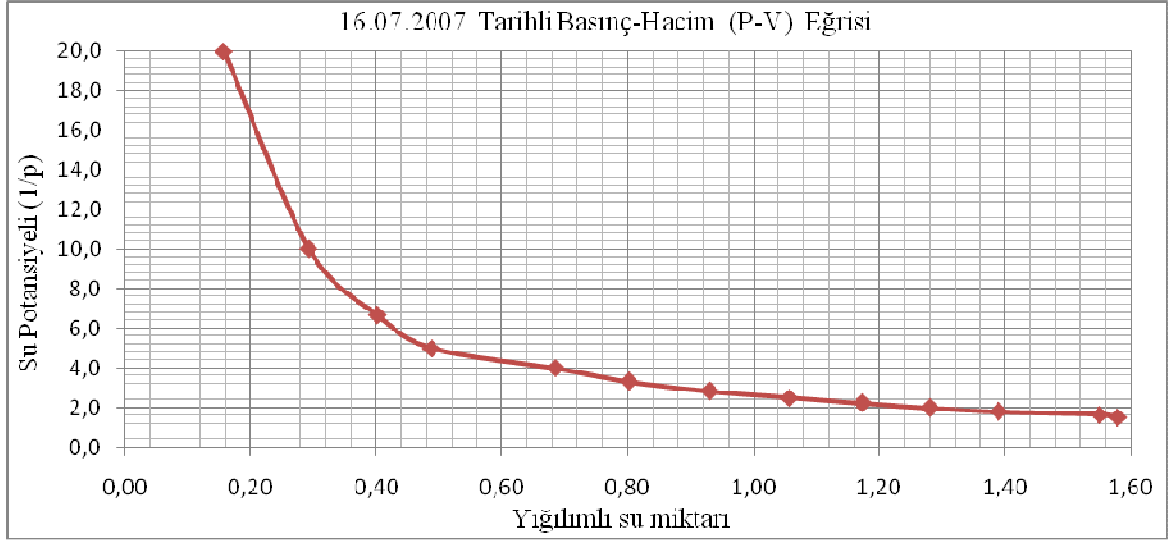
## 7. EKLER



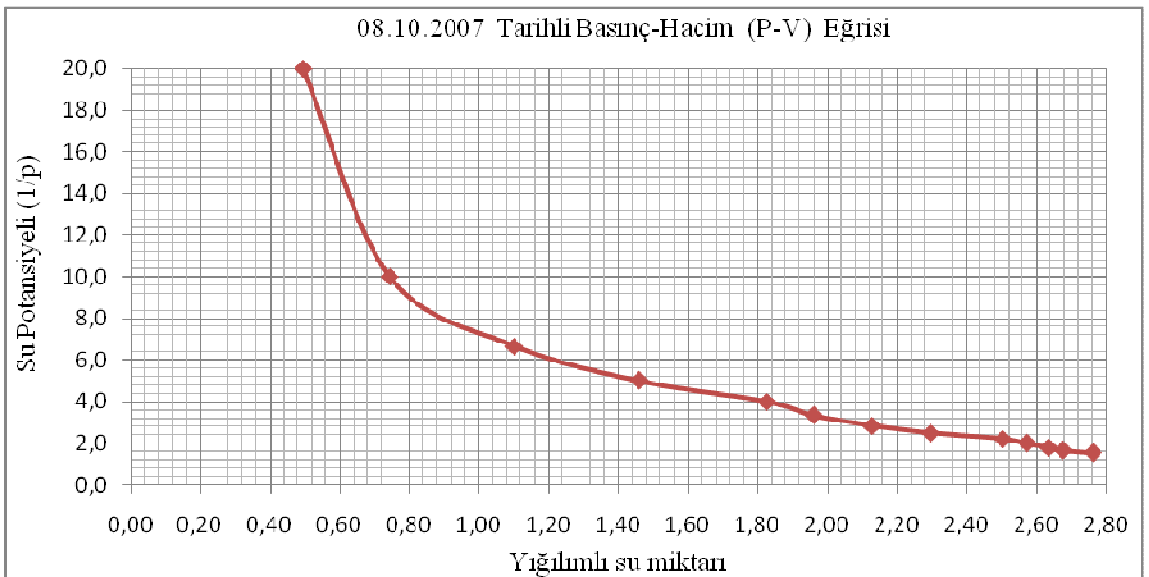
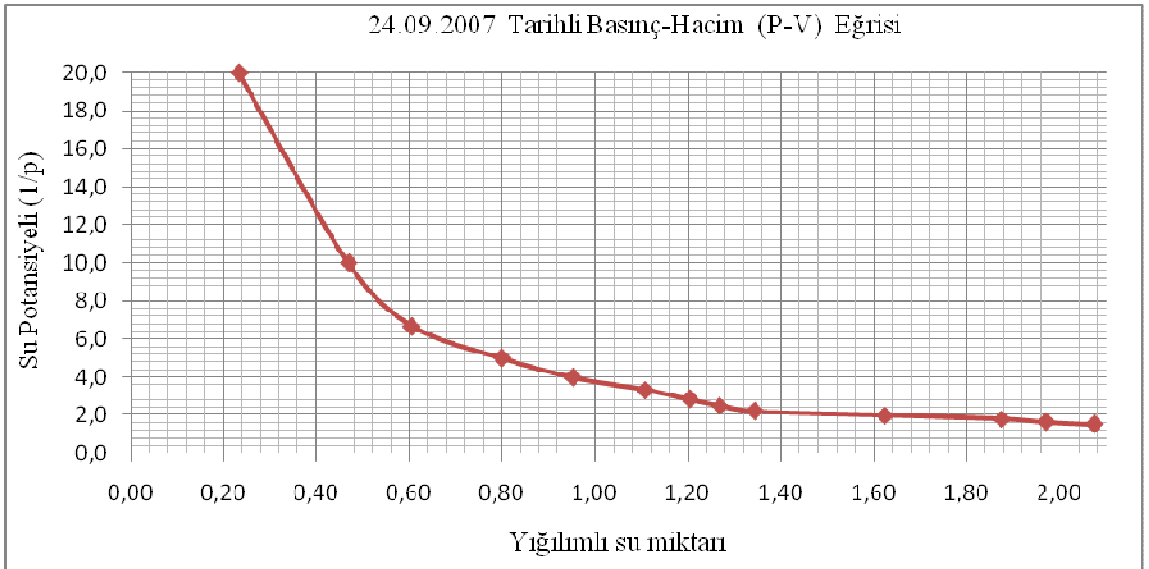
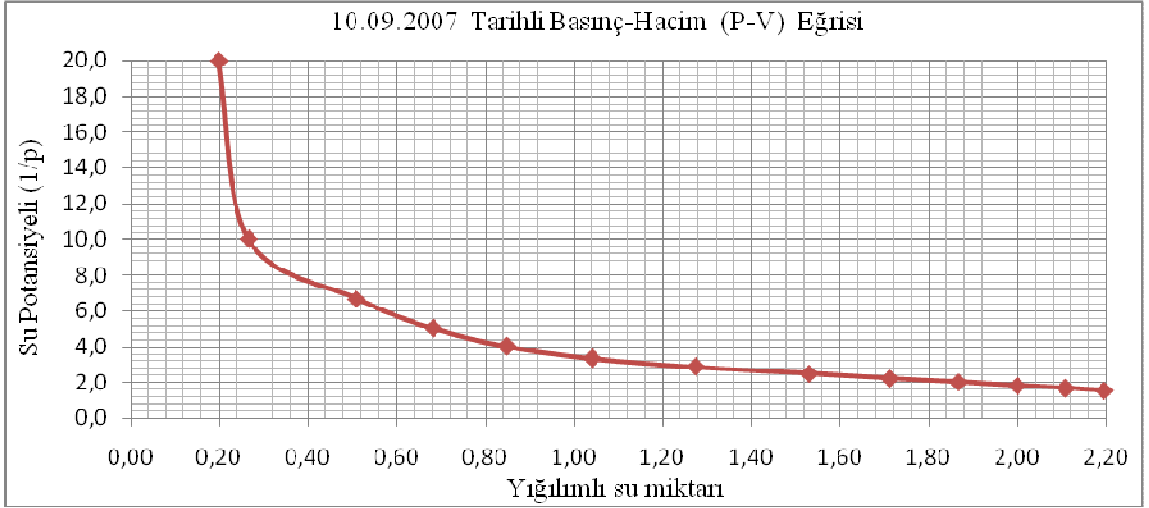
Ek Şekil 1. 23.04.07, 07.05.07 ve 21.05.07 Tarihli Basınç-Hacim (P-V) eğrileri



Ek Şekil 2. 04.06.07, 18.06.07 ve 02.07.07 Tarihli Basınç-Hacim (P-V) eğrileri

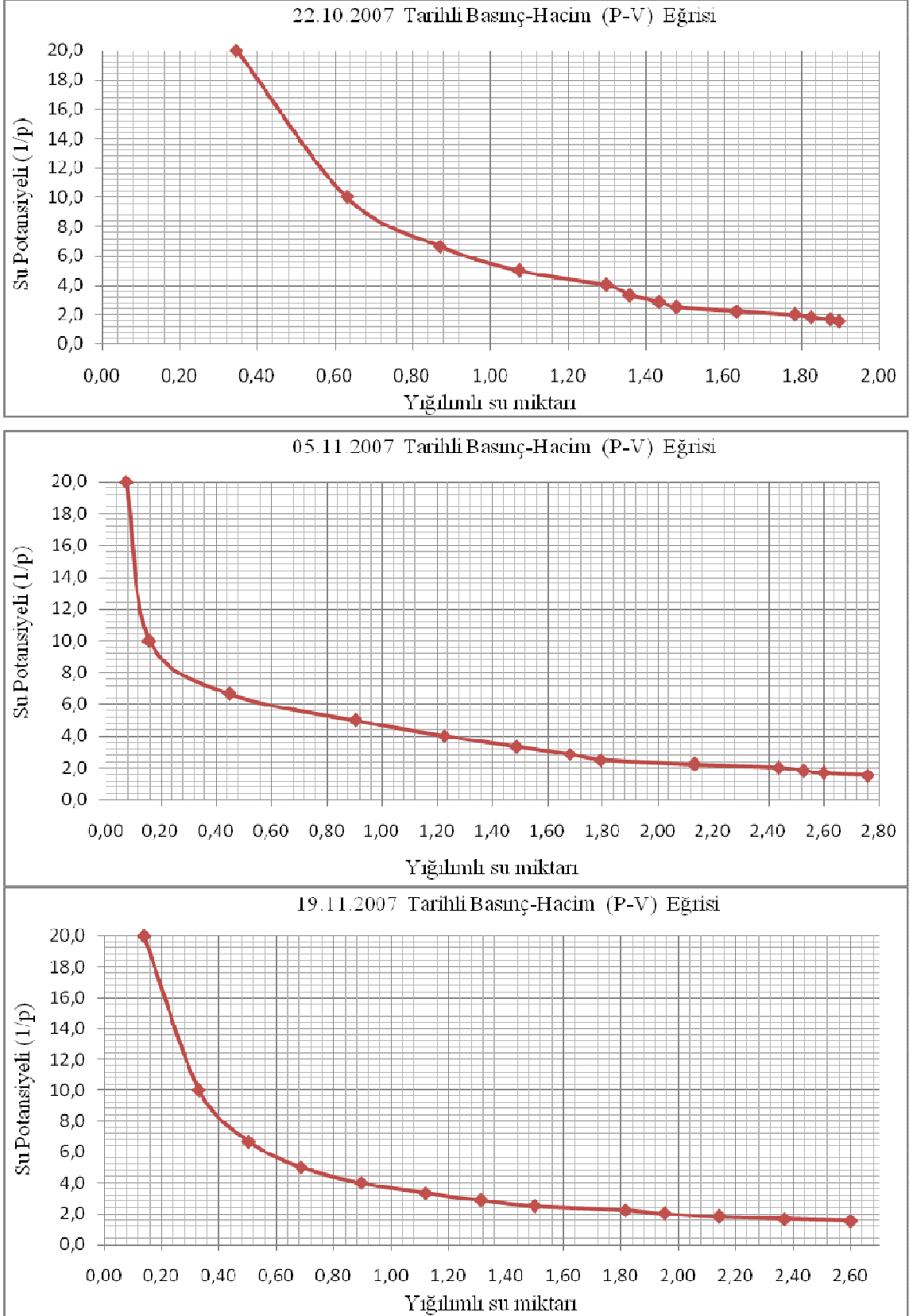


Ek Şekil 3. 16.07.07, 13.08.07 ve 27.08.07 Tarihli Basınç-Hacim (P-V) eğrileri



Ek Şekil 4. 10.09.07, 24.09.07 ve 08.10.07 Tarihli Basınç-Hacim (P-V) eğrileri





Ek Şekil 5. 22.10.07, 05.11.07 ve 19.11.07 Tarihli Basınç-Hacim (P-V) eğrileri

## ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Trabzon ilinde doğan Burçak BULUT, 1997 yılında Zehra Kitapçioğlu İlköğretim Okulu'ndan, 2000 yılında da Trabzon Affan Kitapçioğlu Lisesi'nden mezun oldu. Yine aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü'nü kazandı. Orman Mühendisliği Lisans eğitimi sırasında, 2002 yılında KTÜ, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü'ne başladı. Haziran 2004'te Orman Mühendisi olarak lisans öğrenimini tamamladı ve Eylül 2004'te KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitime başladı. 2005 yılında İşletme Bölümü'nü de bitirdi. İngilizce bilmektedir. Halen KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitime devam etmektedir.