

**Orman Bakanlığı Yayın No: 159**  
**Müdürlük Yayın No: 017**

**ISSN: 1302-3624**

**KIZILÇAMDA (*Pinus brutia* TEN.) FARKLI  
POPULASYONLARA AİT FİDANLARIN KURAKLIK  
STRESİNE MORFOLOJİK VE FENOLOJİK TEPKİLERİ  
BAKIMINDAN GENETİK ÇEŞİTLİLİK**

(ODC: 165.3, 181.65)

Effects of water stress on the adaptive traits of different *Pinus brutia*  
natural populations and families in a nursery trial

**Dr. Fikret İŞİK**  
**Melahat ŞAHİN**

**Semra KESKİN**  
**M. Necati BAŞ**

**Rumi SABUNCU**  
**Prof. Dr. Zeki KAYA**

**TEKNİK BÜLTEN NO : 15**

**T.C.**  
**ORMAN BAKANLIğI**  
**BATI AKDENİZ ORMANCILIK ARAŞTIRMA MÜDÜRLÜğÜ**

Southwest Anatolia Forest Research Institute  
(SAFRI)

**ANTALYA /TÜRKİYE**



## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ .....	ii
ÖZ .....	iii
ABSTRACT .....	iv
1. GİRİŞ .....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ .....	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	6
3.1. Tohum Toplama .....	6
3.2. Denemenin Kurulması ve Deneme Deseni .....	7
3.3. Yapılan Ölçmeler ve Gözlemler .....	9
3.4. İstatistik Analizler .....	12
4. BULGULAR .....	14
4.1 Sulama Rejiminin Kızılçam Fidanlarının Morfolojik ve Fenolojik Özellikleri Üzerine Etkileri .....	14
4.2. Sulanan ve Stres Uygulanan Parsellerde Populasyon ve Ailelerin Karşılaştırılması .....	19
4.3. Genetik Parametreler .....	27
5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....	30
5.1. Su Stresinin Bazı Morfolojik Fidan Karakterleri Üzerine Etkisi .....	30
5.3. Genetik Çeşitlilik .....	31
ÖZET .....	35
SUMMARY .....	37
KAYNAKÇA .....	39
EK 1. Antalya Meteoroloji İstasyonu verilerine göre 1999-2000 yıllarına ait yağış sıcaklık ve hava nemine ait ortalama değerler .....	43

## ÖNSÖZ

Bu çalışma, Avrupa Topluluğu tarafından INCO-DC (International Cooperation-Developing Countries) kapsamında karşılıksız olarak desteklenen uluslararası bir araştırma projesi çerçevesinde yürütülmüştür<sup>1</sup>. Projede Türkiye'den Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü ve ODTÜ Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü ile Fransa, İtalya, İsrail, Fas ve Tunus'tan araştırma kuruluşları katılmışlardır. INRA'nın (Fransa) koordinatörlüğünde yürütülen proje dört yıl sürmüş ve sonuç raporu Eylül 2001 tarihinde Avrupa Topluluğu'na sunulmuştur.

Antalya Fidanlığı'nda kurulan denemenin gerek kuruluş, gerekse yürütülmesi sırasında Antalya Orman Fidanlık Müdürlüğü'nün; idari, teknik ve yardımcı personelinin büyük katkıları olmuştur. Başta Fidanlık Müdürü Mahmut Uyar, Müdür Yardımcısı Neriman Özbek ve Mühendisler Asuman Özkan ve Hatice Arslan olmak üzere emeği geçenlere teşekkür ederiz.

Çalışmanın özellikle gündeğümü öncesi stres ölçümleri ve özel fidan sulamaları sırasında proje yürütücülerine yardımcı olan Müdürlüğümüz elemanlarından Abdullah Kınay, İsmet Sayan, Erol Kaşar, Necdet Akay, Ömer Karakaş, Dursun Korkmaz ve emeği geçen diğer personele teşekkür ederiz.

Ekim 2001

Proje Yürütücülleri

---

<sup>1</sup>Proje adı: Global, physiological and molecular responses to climatic stresses of three Mediterranean. conifers (Pines of the halepensis-brutia section, maritime pine and Mediterranean cedars). Consequences for optimal use, conservation and sustainable improvement of their genetic resources. Proje No: ERB3514PL96, 1997-2001.

## ÖZ

Bu çalışmada, su stresinin kızılçamın (*Pinus brutia* Ten.) bazı fidan büyüme ve adaptasyon özellikleri üzerine etkileri bir fidanlık çalışmasıyla incelenmiştir. Bu amaçla her populasyondan ortalama 40 adet olmak üzere altı doğal populasyonda toplam 240'ın üzerinde ağaçtan kozalak toplanmıştır. Deneme, örneklenen ailelerden elde edilen tüplü fidanlarla Antalya Orman Fidanlığı'nda bölünmüş parseller desenine göre kurulmuştur. Fidanlar 14 aylık olduklarında (15 Haziran 2000'de) parsellerin yarısında su stresi işlemi uygulanmıştır. Fidan yaşama yüzdesi, fidan boyu, kök boğazı çapı, sürgün sayısı ve tepe tomurcuğu bağlama oranı gibi karakterler gözlenmiştir. Tepe tomurcuğuna ait fenolojik gözlemler stres uygulaması süresince haftalık olarak yürütülmüştür.

Sulanan ve stres uygulanan fidanlar büyüme karakterleri bakımından istatistik olarak farklı bulunmazken, tomurcuk bağlama ve sürgün sayısı gibi adaptasyon ile ilgili karakterler için iki işlem arasında 0.001 olasılık düzeyinde anlamlı farklılık gözlenmiştir. Yaşama yüzdesi sulanan bloklarda (% 100) stres bloklarına (% 90) göre daha yüksektir. Su stresi, fidanların sürgün sayısını da önemli oranda düşürmüştür. Stres uygulaması sonunda tomurcuklu fidan sayısı oranı, stres bloklarında ortalama % 70 iken sulanan bloklarda ortalama % 99 olmuştur. Tomurcuk bağlama, sürgün sayısı ve büyümedeki toplam varyansın büyük bir oranı populasyon ve populasyon içi aileler arası genetik farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Stres parsellerinde ölçülen; boy, sürgün sayısı ve tomurcuk bağlayan fidan sayısı bakımından populasyonlar arasında önemli oranda genetik farklılık bulunmuştur. Sürgün sayısı için bireysel kalıtım hem stres (0.02) hem de sulanan (0.01) bloklarda oldukça düşüktür. Stres bloklarında kalıtım değerleri boy (0.25, 0.15) ve tomurcuk bağlama (0.15, 0.00) açısından daha yüksek kalıtım değerine sahiptir.

Araştırma sonuçları, kızılçamda kuraklığa dayanıklılık bakımından özellikle populasyon düzeyinde önemli farklılıklar bulunduğunu ve bu farklılığın önemli düzeyde genetik kaynaklı olduğunu ortaya koymuştur. Stres koşullarında elde edilen daha yüksek kaynaklı kalıtım dereceleri, su stresine daha toleranslı genotiplerin seleksiyonunun etkili olabileceğini göstermektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Kızılçam, su stresi, uyum özellikleri, kalıtım

## ABSTRACT

The effects of induced water stress on adaptive morphological and growth seedling traits of *Pinus brutia* Ten were investigated in a nursery trial. For the study, six natural populations were sampled from contrasting sites located in the Mediterranean Region of Turkey. For each population, average 40 parent trees were randomly selected. Containerised seedlings were raised in Antalya Forest Nursery and laid out in a split plot design. When the seedlings were 14 months, water stress was applied to sub-plots. Height (cm), diameter at collar (mm), bud set (%) and number of flushing were recorded, bud set was observed weekly.

There were highly significant differences ( $P < .001$ ) between the water regimes for bud set and number of flushes, but not for the growth traits. As expected, survival was significantly greater in the irrigated plots (100 %) than in the water-stressed plots (90 %). Water stress reduced number of flushing considerably. In the stressed plots, about 70 % of the seedlings had bud sets compared to 99 % in the irrigated plots. Considerable portion of the total variance in bud set, in number of flushing and growth was due to genetic differences between populations and families within populations. Genetic differences among the populations were more pronounced in the water-stressed plots for all traits. Individual heritability for number of flushing was weak both in water-stressed (0.02) and irrigated plots (0.01). Height (0.25 vs. 0.15) and bud set (0.15 vs. 0.00) had higher individual heritability values in the water-stressed plots than in the irrigated plots.

Higher estimated heritabilities in the water-stressed conditions are encouraging results for selection of drought tolerance genotypes for tree improvement programs. Better differentiation of populations and families in the water-stressed conditions suggest that screening of drought tolerant genotypes could be performed effectively in nursery trails.

**Key words:** *Pinus brutia*, water stress, adaptive traits, heritability



## 1. GİRİŞ

Orman ağaçlarında adaptasyon ve büyüme diğer canlılarda olduğu gibi genetik yapı ve çevre faktörleri tarafından kontrol edilmektedir (RAGHAVENDA 1991, KOZLOWSKI ve PALLARDY 1997).

Türkiye'nin bulunduğu konumdan kaynaklanan farklı edafik ve iklimsel çeşitlilik, orman ağacı türlerinde geniş coğrafik varyasyonlara neden olmaktadır. Ancak orman yetişme ortamlarının büyük bir bölümü kuraklık etkisi altındadır. TÜRKES, ERİNÇ indisine göre ülke genelinin yaklaşık 3/4'ünün, yılın 5 ile 8 ayını kurak ve yarı kurak iklim koşulları altında geçirdiğini belirtmektedir. Kurak periyot orman ağaçlarının büyümelerini gerçekleştirdiği bir döneme rastlamakta ve dolayısıyla kuraklık etkisi, Türkiye ormancılığında özellikle silvikültür konularında belirleyici rol oynamaktadır (DİRİK 1994).

Işık yoğunluğu, toprak nemi, besin maddeleri gibi çevresel faktörler, ağaçlardaki içsel olayları değiştirerek ağaçların kantitatif ve kalitatif olarak gelişmelerini etkilemektedirler (KRAMER ve KOZLOWSKI 1960).

Suyun tek başına veya diğer çevresel faktörlerle birlikte yeryüzünde vejetasyon dağılımını belirleyen önemli bir faktör olduğu çeşitli araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir (KRAMER ve KOZLOWSKI 1960, KOZLOWSKI ve PALLARDY 1997). Suyun bitki gelişimindeki önemi nedeniyle, su azlığı veya su fazlalığına bağlı olarak oluşan su stresi konusunda pek çok stres fizyolojisi araştırmaları yapılmıştır. Gerek su eksikliği gerekse su fazlalığı literatürde *su stresi* olarak adlandırılmaktadır. Doğada bitkilerin maruz kaldığı su eksikliği ise *kuraklık stresi* olarak ifade edilmektedir (BOZCUK ve TOPÇUOĞLU 1984).

Orman ağacı türlerinde kuraklık büyük oranda büyümede azalmalara neden olmaktadır. NEWTON ve ark.'nın (1991) verdiği bilgiye göre, Zahner yıllık halka genişliklerindeki varyasyonun % 70-80'nin yıllık yağışlardaki farklılıklardan kaynaklandığını ifade etmektedir. Kuraklık stresi, hem doğal gençleştirme hem de ağaçlandırmalarda fidan ölümlerinin önemli bir nedeni olarak görülmektedir. Williston, çam türleri ile yapılan ağaçlandırmalarda ilk yıl meydana gelen ölümlerin % 57'sinin kuraklığa bağlı olduğunu bildirmektedir (NEWTON ve ark. 1991).

Orman ağaçları üzerinde yapılan bazı çalışmalar, çamların, huş, meşe ve kavak gibi geniş yapraklı türlere göre daha fazla kuraklık toleransına sahip olduğunu ortaya koymuştur (NEWTON ve ark. 1991). Yine bazı türlerde, kuraklığa dayanıklılığın coğrafik faktörlere bağlı olarak çeşitlilik gösterdiği bildirilmektedir. Orman ağaçlarında kuraklığa dayanma toleransının yüksek olduğu ve bu özelliğin belirli genler tarafından kontrol edildiği vurgulanmaktadır (NEWTON ve ark. 1991). *Pseudotsuga menziesii*,



*Pinus pinea*, *Eucalyptus globulus* Labill, *Eucalyptus microtheca*, *Pinus sylvestris* ve *Pinus taeda* türlerinde orijinler arasında kuraklığa dayanıklılık bakımından istatistiksel önemde farklar bulunmuştur (LARSEN 1981, YANG ve ark 1988, NEWTON ve ark. 1991, EMADIAN 1997, TUOLEMA 1997).

Araştırmalar, şiddetli kuraklık yaşanan alanlar için uygun morfolojiye sahip ve genetik olarak kuraklığa toleranslı genotiplerin bulunması ve kullanımı üzerinde yoğunlaşmıştır (NEWTON ve ark 1986).

Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.), üç milyon hektarı aşan yayılışı ile ülkemiz ormanlarında en geniş yayılışa sahip ağaç türümüzdür (ANONİM, 1987). Ayrıca hızlı büyüme ve geniş yayılış alanı nedeniyle Türkiye'deki ağaçlandırmalarda en çok kullanılan ağaç türü olma özelliğine de sahiptir.

DİRİK (1994) üç yerli çam türünün, kuraklığa karşı reaksiyonlarının belirlenmesi amacıyla kurak yaz dönemindeki transpirasyon davranışlarını analiz etmiştir. Araştırma bulgularına göre kızılçam ve Anadolu karaçamının (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* Lamb. Holmboe) -8.0 M.Pa, fıstıkçamının (*Pinus pinea* L.) -1.4 M.Pa su potansiyeli düzeylerinde su kayıplarına karşı stomatik düzenlemeyi başlattıkları belirlenmiştir. Stomaların tamamen kapatılmasının ise kızılçamda -2.2 M.Pa, Anadolu karaçamında -2.5 M.Pa, fıstıkçamında -3.0 M.Pa düzeylerinde gerçekleşmiştir. Bu sonuçlar, kızılçamın diğer iki türe göre su azlığına daha dayanıklı olduğunu göstermektedir.

Kızılçamın kuraklığa dayanıklı bir tür olduğu (DİRİK 1994) ve kuraklığa karşı göstermiş olduğu bazı morfolojik ve fizyolojik tepkileri (AKÇA ve YAZICI 1999) ortaya konulmasına rağmen tür içinde kuraklığa dayanıklılık bakımından genetik çeşitlilik konusunda herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Vejetasyon dönemindeki su eksikliği, ağaçlandırmaların başarısını önemli ölçüde etkilemektedir. Eğer tohumun orijini çevre ile uyumlu değilse, ağaçlandırmalar, kuraklık gibi çevresel streslerden daha fazla zarar görecektir. Kuraklığa dayanıklılık mekanizmasının genetik olarak anlaşılması, bitki gelişimi için gerekli suyun kısıtlı olduğu yörelerdeki ağaçlandırmalar ve ağaç ıslahı çalışmalarının başarılı olması için önemli bilgiler sağlayacaktır.

Bu çalışmada, altı populasyondan toplanan tohumlardan yetiştirilen kızılçam fidanlarının, fidanlık koşullarında uygulanan kuraklık stresine morfolojik ve fenolojik tepkileri bakımından genetik çeşitliliğin ortaya konması amaçlanmıştır. Araştırmada aşağıdaki sorulara yanıt aranmaya çalışılmıştır:

i) Kuraklık stresi, fenolojik özellikleri ve büyüme ile ilgili karakterleri nasıl etkilemektedir ?

- ii) Kızılçamda kuraklığa dayanıklılık bakımından genetik çeşitlilik düzeyi nedir ve genetik çeşitliliğin tür içinde populasyonlar ve aileler arasında dağılımı nasıldır ?
- iii) Kuraklığa dayanıklılık hangi düzeyde genetik kontrol altındadır? Stres koşullarında kalıtım dereceleri nasıl değişmektedir?

## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

Su eksikliği, belli bir seviyeye ulaştığı zaman hücre, ağaç ve meşcerenin çeşitli gelişme aşamalarında fizyolojik olayları etkileyerek ormanlardaki verimliliği etkilemektedir (TESKEY ve HINCLEY 1986, PALLARDY 1986).

Odunsu bitkilerde su eksikliği, tomurcuk oluşumu, yaprak büyümesi, sürgün uzaması, çap büyümesi erken yaprak dökümü ve dallanma üzerindeki olumsuz etkilerinden dolayı gövde büyümesinde azalmaya neden olmaktadır. Sabit büyümeli (monosiklik=büyüme ve gelişme mevsiminin belli bir süresinde yapan kuzey çamları gibi) ağaç türlerinde kuraklık, içinde bulunulan yıl içindeki tomurcuk oluşumunu etkileyerek bir sonraki yılın sürgün uzunluğunu kontrol etmektedir. Tomurcuk şekillenmesi ve sürgün büyümesi konusunda kuraklığın önemi, sürgün uzunluğu ile bir önceki yıldaki yağış miktarı arasındaki ilişkiyi göstermesi açısından önemlidir. Yaz boyunca sürgün uzamasına devam eden türlerde (polisiklik) yaz ortalarında meydana gelen kuraklık ilk sürgün sürme aşamasındaki tomurcukların büyümesini durdurmaz ancak yeni tomurcukların içinde oluşup gelişecek sürgün uçlarının sayısını azaltabilmektedir. (KOZLOWSKI ve PALLARDY 1997).

*Pinus resinosa* 2+0, 3+0 çıplak köklü ve 1+0 tüplü fidanlarında su stresinin fidan büyüme ve yaşama yüzdesi üzerinde etkili olduğu ortaya konulmuştur. Kuraklık uygulaması kontrolle karşılaştırıldığında sürgün uzaması üzerinde etkili olmazken, çap artımı, ibre uzaması, tomurcuk oluşumu, kök uzunluğu ve köklerde mikorizalı kök uçlarının sayısında bariz bir düşüş olmuştur. -8 ile -11 barlık su stresinin, fidanların büyümesi üzerinde ölçülebilir bir düşüşe neden olmadığı, daha az içsel su stresi olan tüplü fidanların, su stresinden korunmada daha iyi performans gösterdikleri, 2+0 çıplak köklü fidanların 3+0 çıplak ve 1+0 tüplü fidanlara göre daha avantajlı oldukları görülmüştür (BECKER ve ark. 1986).

ZHANG ve ark. (1996) Douglas göknarı (*Pseudotsuga menziesii*), Ponderosa çamı (*Pinus ponderosa*) ve Melez (*Larix occidentalis*) fidanlarında, su stresinin büyüme ve gelişmenin su kullanma yeteneği ile ilişkili olduğunu belirlemiştir

Bir yaşındaki Douglas göknarı fidanlarında uygulanan sulama programına göre -8 barda ideal sulama koşulları oluşurken -9 ile -12 bar arasında stresin başladığı boy ve çap büyümesinin etkilendiği, -13 ile -20 bar arasında fotosentezin yavaşladığı büyümenin devam etmesi için sulama gerektiği, -20 ile -40 barda büyüme hızının yavaşça düştüğü, büyüme enerjisi ve sulandığında yeniden sağlığına kavuşma yeteneğinin azaldığı, -40 ile -50 barda fide ve genç fidanlarda ölümlerin meydana geldiği belirlenmiştir (CLEARY ve ZAERR 1984).

Su stresine maruz bırakılan Lübnan sediri (*Cedrus libani*) fidanlarında kök yenilenmesinin iyi sulanmış fidanlara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Su stresinin fidanlarda meydana getirdiği bu olumlu etki, aslında kök yenilenmesinde kullanılan glusidlerin, stres süresince köklerde birikimi ile açıklanmaktadır (BOYDAK ve DİRİK 1990).

*Eucalyptus microtheca* fidanlarında yaprak fizyolojisinde tür içi varyasyon genişliği ve mekanizması incelenmesi amacıyla seçilen değişik su rejimlerine adapte olmuş altı orijin yarı kontrollü ortamda çalışılmış ve kuraklığa dayanıklılık için gösterge olan osmotik basınç bakımından Avusturalya'daki kuzey-batı orijinlerinde tür içi varyasyonun arttığı ortaya konulmuştur. Kuzey-batı orijinleri güney-doğu orijinleri ile karşılaştırıldığında, kuzey-batı orijinleri tarla kapasitesi koşullarında daha yüksek osmotik potansiyele sahip olmalarına rağmen, kuraklık koşullarına uyum yeteneklerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir (TUOMELA 1997).

Ponderosa amı fidanlarına sera koşullarında kök ve gövde büyüme dönemlerinde ayrı ayrı değişik sulama rejimleri uygulayarak kök ve gövde biomass ayrımı özellikleri incelenmiştir. Fidan büyümesinin kuraklık uygulanan sezona bağlı olarak değiştiği ve gövde büyümesi döneminde uygulanan yüksek derecedeki su stresinde kök büyüme dönemindekine göre daha fazla kılcal kök üretildiği belirlenmiştir. Ponderosa amında aileler arasında biomass ayrımı bakımından varyasyonun olduğu ve kök gövde biomass birikimlerinin genetik kontrol altında olduğu ortaya konulmuştur (McMILLIN ve WAGNER 1995).

İki tohum bahçesinden elde edilen fidanlara uygulanan iki farklı sıcaklık derecesi ve iki farklı sulama rejimi koşullarında fidan büyüme özellikleri için kalıtsallık derecelerinin oldukça yüksek ( $h^2 = 0.3-0.8$ ) olduğu bildirilmiştir. Yapılan ortak analizler sonucunda aile x sıcaklık ve aile x sıcaklık x sulama rejimi ilişkilerinin anlamlı ve aile x sulama rejimi ilişkisinin ise anlamlı olmadığı görülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre iki İşve sarıçam populasyonunun su durumuna karşı düşük, sıcaklığa karşı yüksek adaptasyona sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Bu alışma sonuçlarına göre iklimsel değişikliklerin bir ışlah programında klonların sıralanmasını

etkileyerek, sonuçta genetik kazançta azalmaya neden olduğu, ailelerin çok az bir kısmının (% 4-31) etkileşime katıldığı ve stabilite için genetik x çevre etkileşiminde negatif etkilerini azaltmanın en iyi yolunun seleksiyon olduğu ortaya çıkmaktadır (SONESSON ve ERIKSSON 2000).

Akdeniz'in üç sedir türünde (*Cedrus brevifolia*, *C. libani* Loudon ve *C. atlantica*) kuraklık uygulaması sırasında ve sonrasında iyileşme döneminde fotosistem II termotoleransındaki değişimler incelenmiştir. Üç sedir türüne ait fidanlara beş saat boyunca 45°C'nin üzerinde sıcaklık uygulandığı zaman, fotosistem II'nin maksimum kuantum veriminde ve net CO<sub>2</sub> asimilasyonun oranında kuraklık uygulanmayan fidanlarda göre hissedilir derecede düşüş olurken, kuraklık uygulananların sıcaklık uygulamasından hemen hemen hiç etkilenmedikleri görülmüştür. Kuraklık uygulanan fidanların sıcaklık toleranslarını yeniden sulamadan 60 gün sonra bile koruduklarını ve türler arasında sıcaklığa en hassas türün *C. atlantica* olduğu belirtilmektedir (LADJAL ve ark. 2000).

Sulama işlemi uygulanan ve uygulanmayan tüplü fıstıkçamı fidanlarının transpirasyonları arasında önemli farklar bulunmuştur. Ayrıca, bitki su içeriğinin de % 180 den % 134'e inmesi, fidanların kuraklığa karşı önlemler aldığını göstermektedir (YEŞİLKAYA 1987).

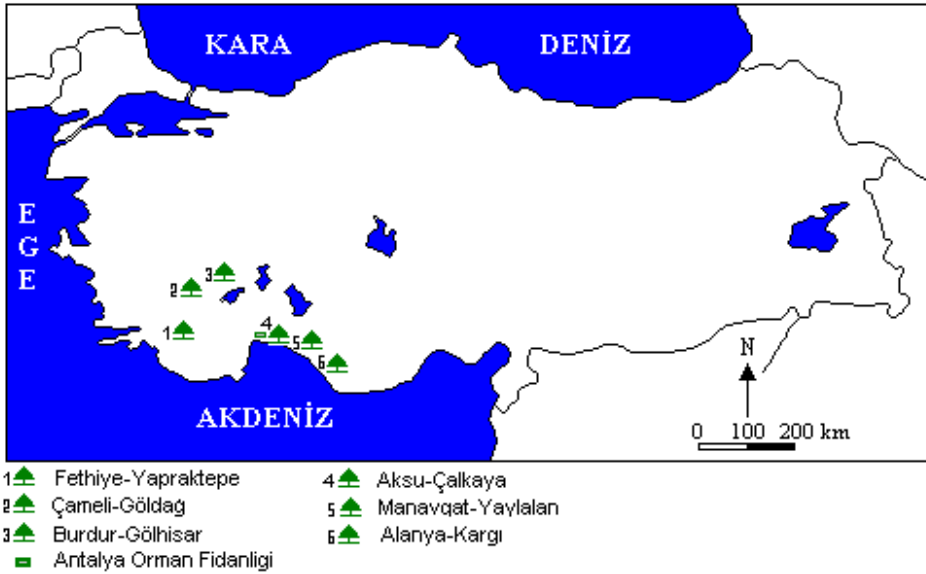
Türkiye'den yıllık yağış ortalamaları 610-1068.2 mm arasında olan 8 orijin, ve Yunanistan'dan yıllık yağış ortalaması 439 mm olan 1 orijin olmak üzere 9 değişik fıstıkçamı orijininin sağlanan tohumlardan yetiştirilen tüplü fidanlarla su stresi konusunda bir çalışma yürütülmüştür. Fidanlardan yarısına altı ay sonra su stresi uygulanmış (10 ve 20 gün), geri kalanlar da her gün sulanmış (kontrol) ve gün doğumu öncesi (predawn) ksilem su potansiyelinin -1.0 ile -1.2 MPa ya kadar düştüğü görülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre büyüme, osmotik ve elastik özellikler bakımından orijinler arasında önemli farklılıklar bulunmuştur. Kurak bölgeden gelen orijine ait fidanların kök/gövde oranı ve kuru ağırlıklarının nemli bölgelerden gelenlerden daha yüksek olduğu ortaya konulmuştur (EMADIAN 1997).

Okalipütis türlerinde de su stresi ve toprak besin elementlerine tepkileri bakımından türler, alttürler ve orijinler arası varyasyonların olduğu araştırmalarla ortaya konulmuştur (GIBSON ve ark 1994, YANG ve ark 1988).

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Tohum Toplama

Araştırma için Batı Akdeniz Bölgesinden altı populasyon örneklenmiştir (Şekil 3.1). Her populasyonda ortalama 40 ağaçtan açık tozlaşma ürünü tohum toplanmıştır. Elde edilecek fidanlar arasındaki akrabalık ilişkilerinin en az düzeyde tutulması amacıyla, kozalak toplanacak ağaçlar arasındaki uzaklığın en az 100 m olmasına dikkat edilmiştir. Örneklenen her ağaçtan 10-15 adet kozalak toplanmış ve etiketlenen poşetler içinde Araştırma Müdürlüğü Laboratuvarına taşınmıştır. Kozalaklardan tohum çıkartma işlemleri açık hava koşullarında gerçekleştirilmiştir ve tohumlar ekim tarihine kadar +4°C'de soğuk hava koşullarında saklanmıştır. Denemede kullanılan populasyonlara ait veriler Çizelge 3.1'de sunulmuştur.



**Şekil 3.1. Denemenin kurulduğu Antalya Fidanlığı ve kızılçam populasyonlarının yerleri**

Figure 3.1. Antalya Forest Nursery and *Pinus brutia* populations locations

### Çizelge 3.1. Denemede örneklenen kızılçam populasyonlarına ait genel bilgiler

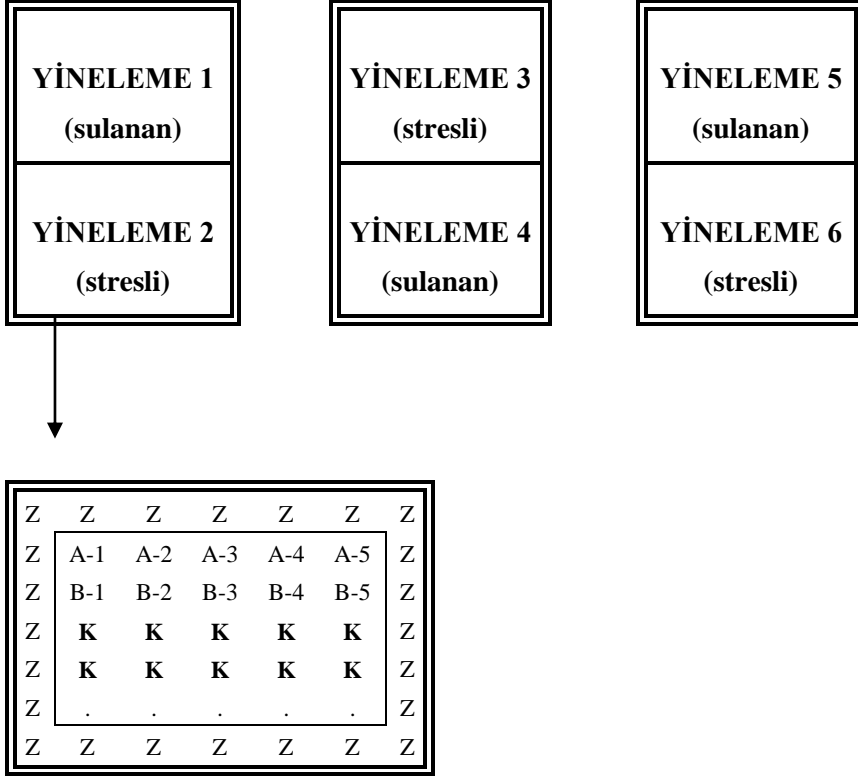
Table 3.1. Informations about *Pinus brutia* populations sampled for the water stress study

Populasyon	Aile sayısı	Yükselti (m)	Boylam E	Enlem N	Yağış (mm/yıl)
Alanya-Kargı (ALA)	39	350	31° 57' 55''	36° 36' 36''	1103
Manavgat-Yaylaalan (MAN)	41	500	31° 31' 00''	36° 57' 38''	1050
Aksu-Çalkaya (AKS)	40	50	30° 50' 40''	36° 55' 30''	1060
Fethiye-Yapraktepe (FET)	42	800	29° 28' 36''	36° 44' 34''	993
Burdur-Göhlhisar (BUR)	43	1100	29° 32' 40''	37° 40' 30''	634
Çameli-Göldağı (ÇAM)	42	800	29° 07' 30''	37° 06' 20''	1222

### 3.2. Denemenin Kurulması ve Deneme Deseni

Deneme, Antalya Orman Fidanlığı'nda (yükseltisi 40 m), 23 Mart 1999 tarihinde kurulmuştur. Fidan yastıklarının boyutları, 35 cm yüksekliğinde 80 cm eninde yapılmış ve yastıkların zemini 17 cm yüksekliğinde bir sıra briket ile döşenmiştir. Ayrıca stres uygulanacak üç yastıkta briketin üstüne, topraktan yükselebilecek kapılar suyu ve toprağın nemli olan alt tabakalarına inebilecek fidan köklerini kontrol edebilmek amacı ile naylon örtü serilmiştir. Fidan yetiştirmek amacı ile 11 x 25 cm boyutlarında polietilen tüpler kullanılmıştır. Tüp harcı olarak, 1/4 organik gübre, 1/4 kum ve 2/4 esmer orman toprağı içeren ortamlar hazırlanmış ve her tüpe daha sonra tekleme işlemi yapılmak üzere üçer adet tohum ekimi yapılmıştır. Her alt parselde her aileden beşer adet fidan yetiştirilmiştir. Her bloğa ait deneme fidanları arasında, her 50 aileden sonra beş sıra deneme dışı fidan yetiştirilerek bu fidanlar bitki içsel su stresi ölçmeleri için kullanılmıştır. Ölçülen fidan sıralarının dışında (yastık dış kenarında) zon oluşturmak amacı ile birer sıra ekim yapılmıştır. Deneme için üç yinelemeli

bölünmüş parseller deseni uygulanmıştır. Ana parseller (yineleme) su stresi ve kontrol (sulanan) işlemleri için iki alt parselle ayrılmıştır (Şekil 3.2).



**Şekil 3.2. Deneme deseninde bloklar ve bir blok içinde ailelere ait fidanların (A-1, A-2..., B-1, B-2.. vd) yer aldığı parseller (K: stres ölçümü sırasında kesilerek kullanılan deneme fidanları, Z: zon fidanları)**

Figure 3.2. Split plot experimental design and a section of sub-plot lay out applied in the Antalya nursery for water stress study of *Pinus brutia*. Z, A-1, A-2..., B-1, B-2.. and K represents border, experimental and destructive seedlings, respectively

### 3.3. Yapılan Ölçme ve Gözlemler

Birinci büyüme mevsimi boyunca fidanlarda standart bakım işlemleri (sulama, ot alma, tekleme, vb. işlemler) uygulanmıştır.

Su stresi uygulaması, fidanlar 14. ayını tamamladığında (15 Haziran 2000'de) başlatılmış ve 1 Eylül 2000 tarihine kadar denemedeki 3 blokta uygulanmıştır (Şekil 3.2). Su stresi uygulamasının başlangıcında (15 Haziran 2000'de) bütün fidanlarda; fidan boyu (0.5 cm duyarlılıkla) ve fidan kök boğazı çapları (0.5 mm duyarlılıkla) ölçülmüştür. Stres uygulaması her iki sulama rejimi arasındaki içsel su potansiyeli farkı yaklaşık  $-10.0$  bar olacak şekilde iki ayrı işlem olarak planlanmıştır. Aynı tarihte fidanların sürgün sayıları, ikinci sürgünü varsa 1, ikinci sürgün yoksa 0 olarak kaydedilmiştir.

Denemede stres uygulanmayan 3 blokta fidanlığın kızılçam fidanları için uyguladığı rutin sulama programına uyulmuştur. Stres uygulanan fidan yastıkları, havanın yağışlı olduğu zamanlarda polietilen örtü ile kapatılarak, fidanlar istenmeyen su alımına karşı korunmuşlardır (Şekil 3.3). İki haftada bir defa tomurcuklu fidanların sayımı şeklinde yapılan fenolojik gözlemler, stres uygulamasının başlaması ile birlikte haftada bire çıkarılmış ve stres uygulamasının sona erdirildiği tarihe kadar sürdürülmüştür.

Antalya Meteoroloji İstasyonu'nun 1999 ve 2000 yıllarına ait aylık ortalama sıcaklık, yağış ve nem verileri Ek-1'de sunulmuştur.

**Stres Ölçümleri :** Bitki su stresi ölçmeleri Scholander ve arkadaşları (1965) tarafından geliştirilen Bitki Basınç odacığı (Model 1000 Pressure Chamber, markası PMS) tekniğı kullanılarak gün doğumu öncesinde (predawn) haftalık olarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.4).

Stres uygulaması süresince her hafta sulanan ve sulanmayan bloklarda fidanların içsel su stresi belirlenmiştir. Bu amaçla sulanan ve sulanmayan bloklarda 30 adet deneme dışı fidan (2 işlem x 3 blok x 5 fidan =30 adet fidan) kök boğazına yakın bir yerden kesilmiştir. Kesik yüzey dışarıda kalacak şekilde fidanlar bitki basınç odacığına yerleştirilmiştir. Kesik yüzeyde ilk su damlacıkları görülünceye kadar fidanın yerleştirildiği odacığına basınç uygulanmıştır. Bitkide su stresi ölçümleri, su potansiyelinin bar [1 Bar=100 kilopascal (Kpa)] olarak ölçümü şeklinde gerçekleştirilmiştir.



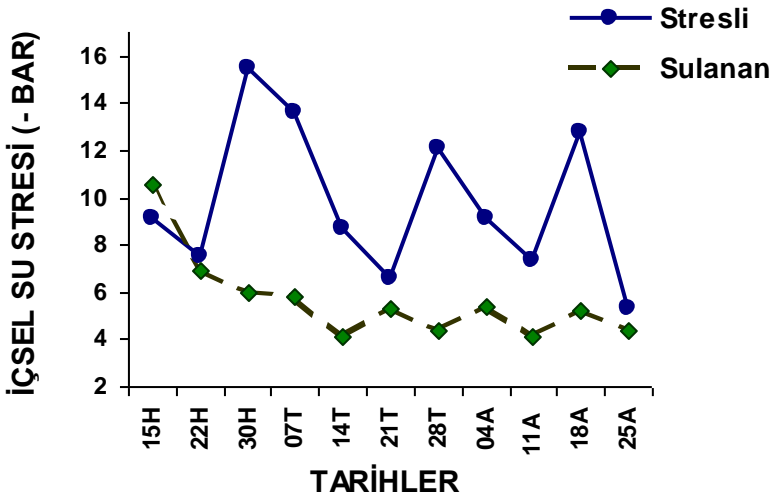


**Şekil 3.3. Stres uygulanmayan fidanların sulanması sırasında stres uygulanan yastıkların kontrol altında tutulması**  
Figure 3.3. Irrigation in control plots



**Şekil 3.4. Stres ölçümünde kullanılan bitki basınç odacığı cihazı**  
Figure 3.4. Water stress observations

Su stresi uygulama işlemleri, 15 Haziran 2000 ile 1 Eylül 2000 tarihleri arasında üç kez tekrarlanmıştır. İlk stres uygulamasında, stres uygulanan fidanlarla kontrol fidanları arasındaki stres farkı -9.5 bara ulaştığında bazı bloklarda %10'a varan ölümler gözlemlenmiştir. Bu nedenle sonraki stres uygulamalarında, stresli ve kontrol fidanları arasındaki su stresi farkının -7.5 bar dolaylarında olması esas alınmıştır (Şekil 3.5). Yeni stres uygulamasına karar verilirken de kontrol ve stresli fidanlar arasındaki su stresi farkının minimuma indiği (eşitlendiği) gün başlangıç olarak alınmıştır.



**Şekil 3.5. Stres uygulaması süresince sulanan ve stres uygulanan parsellerde ölçülen içsel su potansiyeli düzeyleri**

Figure 3.5. Internal water stress level of control and stress plots during stress period

Stres uygulanan dönem süresince bütün bloklara 3'er adet alçı bloku yerleştirilerek bitki su potansiyeli ölçümleri ile birlikte toprak nemi, dijital toprak nem ölçer cihazı yardımı ile ölçülmüştür. Toprak nem ölçümünde Eijkelkamp 14.22 model toprak nem ölçeri (soil moisture meter) kullanılmıştır. Ancak alçı blokları yöntemi kullanılarak yapılan toprak nemi ölçmelerinde sağlıklı veriler elde edilemediğinden bu konuda herhangi bir değerlendirme yapılmamıştır.

Denemede istatistiksel değerlendirmeye konu olan karakter ve ölçme birimleri Çizelge 3.2'de verilmiştir.

**Çizelge 3.2. Kızılçam fidanlarında yapılan ölçüme ve sayımlar için kullanılan kodlar ve ölçü birimleri**

Table 3.2. *P.bruita* Ten. seedlings adaptive traits codes and units

<b>Kodu</b>	<b>Yapılan Ölçme ve Sayımlar</b>	<b>Birimi</b>
FYO	Stres uygulaması sonunda (1Eylül'de) yaşama oranları	%
BOY	Stres uygulaması sonunda fidan boyları	cm
ÇAP	Stres uygulaması sonunda fidan kök boğazı çapı	mm
SÜRS	Stres uygulaması sonunda fidanlarda sürgün sayısı	adet
TOM-7	Stres uygulamasından 7 gün sonra (22 Haziran'da) tepe tomurcuğu bağlayan fidanların oranı	%
TOM-15	Stres uygulamasından 15 gün sonra (30 Haziran'da) tepe tomurcuğu bağlayan fidanların oranı	%
TOM-43	Stres uygulamasından 43 gün sonra (28 Temmuz'da) tepe tomurcuğu bağlayan fidanların oranı	%
TOM-S	Stres uygulaması sonunda (1 Eylül'de) tepe tomurcuğu bağlayan fidanların oranı	%

### 3.4. İstatistik Analizler

Verilere SAS Univariate analizi uygulanarak dağılımın şekli incelenmiş ve sıradışı verilerin kontrolü yapılmıştır. Analizler iki aşamalı olarak yürütülmüştür. Birinci aşamada, iki sulama rejiminin gözlenen karakterler bakımından karşılaştırılması için faktöriyel bölünmüş parseller desenine uygun olarak varyans analizi uygulanmıştır. Bu modelde ana faktör sulama rejimleri etkisi, diğer faktörler populasyonlar, aileler ve bloklardır. Modele göre serbestlik derecelerinin hesaplanması ve F testlerinin yapılaş şekli Çizelge 3.3'te verilmiştir. Modelde bloklar ve işlemler sabit etkili, diğer faktörler ve etkileşimler rastlantısal olarak alınmıştır. Sulanan ve su stresi uygulanan bloklardaki ortalama büyüme ve fenolojik değerler ve standart hatalar hesaplanmıştır.

Analizlerin ikinci aşamasında populasyonların ve populasyon içi ailelerin su stresine tepkilerini karşılaştırmak için stres uygulanan ve sulanan yinelemeler ayrı ayrı değerlendirilmiştir (Çizelge 3.4). 'Populasyonların ve ailelerin su stresine tepkileri farklı değildir' şeklindeki sıfır hipotezini test etmek için varyans analizleri yürütülmüştür. Bu modelde bloklar hariç tüm varyans kaynakları rastlantısal olarak alınmıştır.

**Çizelge 3.3. BOY, ÇAP, SÜRS, FYO ve TOM için sulama ve stres uygulamasının (bölünmüş parseller deneme desenine göre) karşılaştırıldığı varyans analizi modeli**

Table 3.3. A split plot analysis of variance to test water stress on height, diameter at collar and number of flushing after combining irrigated and non-irrigated sub-plots

Varyasyon Kaynağı	SD	KO	F Testi
Yineleme (R)	r-1	MS <sub>R</sub>	MS <sub>R</sub> / MS <sub>RT</sub>
Stres işlemi (T)	t-1	MS <sub>T</sub>	MS <sub>T</sub> / MS <sub>RT</sub>
Hata 1 (R*T)	(r-1)(t-1)	MS <sub>RT</sub>	MS <sub>RT</sub> / MS <sub>RT<sup>P</sup></sub>
Populasyonlar (P)	(p-1)	MS <sub>P</sub>	MS <sub>P</sub> / MS <sub>e2</sub>
T*P	(t-1) (p-1)	MS <sub>TP</sub>	MS <sub>TP</sub> / MS <sub>e2</sub>
R*P	(r-1) (p-1)	MS <sub>RP</sub>	MS <sub>RP</sub> / MS <sub>RF/P</sub>
R*T*P	(r-1) (t-1) (p-1)	MS <sub>RTP</sub>	MS <sub>RTP</sub> / MS <sub>RTF/P</sub>
Hata2 (R*P+R*T*P)	(MS <sub>RP</sub> +MS <sub>RTP</sub> ) <sup>2</sup> / [MS <sub>RP</sub> <sup>2</sup> /df <sub>RP</sub> +MS <sub>RTP</sub> <sup>2</sup> /df <sub>RTP</sub> ]	MS <sub>e2</sub>	-
Aileler (F/P)	(f-1)p	MS <sub>F/P</sub>	MS <sub>F/P</sub> / MS <sub>e3</sub>
T*F/P	(t-1) (f-1)p	MS <sub>TF/P</sub>	MS <sub>TF/P</sub> / MS <sub>e3</sub>
R*F/P	(r-1) (f-1)p	MS <sub>RF/P</sub>	MS <sub>RF/P</sub> / MS <sub>PTF/P</sub>
R*T*F/P	(r-1) (t-1) (f-1)p	MS <sub>RTF/P</sub>	MS <sub>PTF/P</sub> / MS <sub>w</sub>
Hata 3 (R*F/P+R*T*F/P)	(MS <sub>RF/P</sub> +MS <sub>RTF/P</sub> ) <sup>2</sup> / [MS <sub>RF/P</sub> <sup>2</sup> /df <sub>RF/P</sub> +MS <sub>RTF/P</sub> <sup>2</sup> /df <sub>RTF/P</sub> ]	MS <sub>e3</sub>	-
Parsel içi	rtpf(n-1)	MS <sub>w</sub>	-

SD= Serbestlik derecesi, KO= Kareler ortalaması, r= yineleme sayısı (r=3), T=İşlem sayısı (stres ve kontrol), p= Populasyon sayısı (p=6), f= Her populasyondaki aile sayısı (39 ile 43 arasında değişmektedir), n=Her yinelemedeki her ailenin fidan sayısı (harmonik ortalama n=2.83), MS= Varyans (kareler ortalaması).

Gözlenen varyanslar (kareler ortalamaları) Çizelge 3.4'te verilen beklenen kareler ortalamaları eşitliklerine göre SAS VARCOMP işlemi uygulanarak bileşenlerine ayrılmıştır. Bütün analizlerde SAS programı kullanılmıştır (SAS/STAT 1989). Birey ( $h_i$ ) ve aile ( $h_{FM}^2$ ) ortalamalarının dar anlamlı kalıtsallık dereceleri FALCONER ve Mac KAY'e (1996) göre, standart hataları BECKER'e (1986) göre tahmin edilmiştir.

$$h_i^2 = \sigma_A^2 / \sigma_{Ph}^2$$

$$h_{FM}^2 = \sigma_{f(p)}^2 / \sigma_{FM}^2$$

Eşitliklerde  $\sigma^2_A = 4\sigma^2_{f(p)}$  eklemeli genetik varyans,  $\sigma^2_{Ph} = \sigma^2_e + \sigma^2_{rf(p)} + \sigma^2_{f(p)}$ , bireysel fenotipik varyans,  $\sigma^2_{f(p)}$  = Populasyon içi ailelerden kaynaklanan genetik varyans,  $\sigma^2_{FM} = \sigma^2_e + \sigma^2_{rf(p)}/r + \sigma^2_{f(p)}/rn$  aile ortalaması fenotipik varyansdır.  $r$  = yineleme sayısı,  $n$ =bir yinelemede aile başına düşen harmonik ortalama fidan sayısı.

**Çizelge 3.4. BOY, ÇAP, SÜRS ve TOM-S için sulama ve stres işlemlerinin ayrı ayrı analiz edildiği varyans analizi modeli**

Table 3.4. Analyses of variance model, expected mean squares and appropriate F tests applied in irrigated and non-irrigated plots for height diameter at collar and number of flushing of Pinus brutia seedlings

Varyasyon Kaynağı	SD	KO	Beklenen Kareler Ort.	F testi
Yineleme (R)	r-1	MS <sub>R</sub>	$\frac{\sigma^2_E + n\sigma^2_{RF/P} + fn}{\sigma^2_{RP} + Q\sigma^2_R}$	MS <sub>R</sub> /MS <sub>RP</sub>
Populasyon (P)	p-1	MS <sub>P</sub>	$\frac{\sigma^2_E + n\sigma^2_{RF/P} + pn\sigma^2_{F/P} + fn\sigma^2_{RP} + rfn\sigma^2_P}{}$	MS <sub>P</sub> /MS <sub>d</sub> <sup>1</sup>
Aileler/P (F/P)	p(f-1)	MS <sub>F/P</sub>	$\frac{\sigma^2_E + n\sigma^2_{RF/P} + pn\sigma^2_{F/P}}{}$	MS <sub>F/P</sub> /MS <sub>RF/P</sub>
R*P	(r-1)(p-1)	MS <sub>RP</sub>	$\frac{\sigma^2_E + n\sigma^2_{RF/P} + fn\sigma^2_{RP}}{}$	MS <sub>RP</sub> /MS <sub>RF/P</sub>
R*f/P	(r-1)(f-1)p	MS <sub>RF/P</sub>	$\frac{\sigma^2_E + n\sigma^2_{RF/P}}{}$	MS <sub>RF/P</sub> /MS <sub>e</sub>
Hata	rpf(n-1)	MS <sub>e</sub>	$\sigma^2_E$	

SD = serbestlik derecesi, KO = kareler ortalaması  $r$  = yineleme sayısı (3),  $p$  = populasyon sayısı (6),  $f$  = her populasyondaki aile sayısı (38 ile 44 arasında değişmektedir),  $n$  = her yinelemedeki her ailenin fidan sayısı, MS<sub>x</sub> = bir faktörün kareler ortalaması, MS<sub>d</sub><sup>1</sup> = populasyon etkisi için hata kareler ortalaması MS<sub>d</sub> = [(MS<sub>f</sub>/p+MS<sub>r</sub>p)-MS<sub>r</sub>f/p]

**4. BULGULAR**

**4.1. Sulama Rejiminin Kızılçam Fidanlarının Morfolojik ve Fenolojik Özellikleri Üzerine Etkileri**

İki sulama rejiminin (su stresi ve sulama) kızılçam fidanlarının büyümesi, sürgün sayısı ve yaşama yüzdesi ile ilgili varyans analizleri sonuçları Çizelge 4.1’de sunulmuştur. Stres uygulaması sonunda sulama

rejimleri sürgün sayısı (SÜRS) ve yaşama oranları (FYO) bakımından istatistiksel olarak 0.001 olasılık düzeyinde farklı çıkmıştır. Sulanan parsellerdeki yaşama yüzdesi (% 100), su stresi uygulanan parsellerdeki yaşama oranına göre % 10 daha yüksektir (Çizelge 4.3). Boy ve kök boğazı çapı bakımından iki sulama rejimi arasında önemli bir farklılık bulunmamıştır. Her ne kadar su stresi uygulanan parsellerde daha az büyüme gözlenmiş olmasına rağmen, boy ve çap için verilen ortalamalar istatistik olarak farklı değildirler (Çizelge 4.1). Populasyonlar, boy bakımından 0.001, kök boğazı çapı bakımından 0.05 olasılık düzeyinde birbirinden farklıdır. Buna karşılık populasyon içi aileler hiç bir karakter için istatistiksel olarak farklı bulunmamıştır. Sulama rejimi-populasyon ve sulama rejimi-aile etkileşimleri istatistik olarak önemli düzeyde farklı bulunmamıştır.

Sulama rejimlerinin fidanların tomurcuk bağlama (TOM) ile ilgili varyans analizi sonuçları Çizelge 4.2’de verilmiştir. Stres uygulamasının ilk haftası sonunda (TOM-7) sulama rejimleri arasında tepe tomurcuğu bağlama oranı bakımından istatistiksel olarak 0.05 olasılık düzeyinde farklılık bulunmuştur. Sulama rejimlerinin tomurcuk bağlama bakımından farklılığı su stresinin devam ettirilmesi ile birlikte artmıştır. Örneğin ilk haftadan sonra iki sulama rejimi arasındaki farklılık 0.001 olasılık düzeyine çıkmıştır. Stres uygulaması süresince haftada bir gerçekleştirilen fenolojik gözlemlere göre tomurcuk bağlama oranlarının stresli ve sulanan parsellerde değişimi Şekil 4.1’de verilmiştir. Stres uygulanan ilk hafta sonunda tomurcuk bağlama oranı stresli parsellerde ortalama % 84, sulanan ortamda % 89 olarak gözlenmiştir. Stres koşullarında bu oran önce keskin bir düşüş göstermiş, Temmuz ayının 4’ünden itibaren önemli bir değişiklik göstermemiştir (Şekil 4.1). Stres koşullarının tersine, sulanan ortamlarda tomurcuk bağlama oranı giderek artan bir özellik göstermiştir. Deneysel fidanların son kez gözlendiği tarihte iki sulama rejimi için gözlenen tomurcuk bağlama oranı % 70 (stresli) ve % 99 (sulanan) düzeyinde olmuştur (Çizelge 4.3).

**Çizelge 4.1. Sulanan ve stres uygulanan parsellerde fidanların bazı morfolojik ve uyum özellikleri bakımından karşılaştırmalı varyans analizi sonuçları**

Table 4.1. Combining analyses of variance results for growth and adaptive traits of *Pinus brutia* seedlings in the water stressed and irrigated plots

Varyasyon Kaynağı	SD	BOY		ÇAP		SÜRS		FYO	
		KO	F Değeri (F<P)	KO	F Değeri (F<P)	KO	F Değeri (F<P)	KO	F Değeri (F<P)
Yineleme (R)	2	6686.2	1.00(ns)	56.47	0.65(ns)	0.265	3.80(ns)	0.1894	21.95***
Sulama İşlemi (T)	1	44078.2	6.61(ns)	1552.11	17.76(ns)	66.688	955.4***	0.8503	130.88***
R*T	2	6667.8	161.67***	87.38	45.13***	0.070	2.77(ns)	0.1808	25.77***
Populasyon (P)	5	1320.8	10.20***	13.45	3.49*	0.072	1.07(ns)	0.0086	1.29(ns)
R*P	10	62.1	1.61(ns)	2.54	1.42(ns)	0.038	1.60(ns)	0.0087	1.23(ns)
T*P	5	145.8	1.13(ns)	1.72	0.44(ns)	0.100	1.49(ns)	0.0064	0.87(ns)
R*T*P	10	67.5	1.64(ns)	1.31	0.68(ns)	0.029	1.13(ns)	0.0070	0.88(ns)
Aile(F/P)	228	55.6	0.70(ns)	2.36	0.63(ns)	0.024	0.48(ns)	0.0070	0.83(ns)
R*F/P	435	38.5	0.93(ns)	1.79	0.93(ns)	0.024	0.95(ns)	0.0080	1.01(ns)
T*F/P	212	39.3	0.49(ns)	2.05	0.55(ns)	0.024	0.48(ns)	0.0083	1.05(ns)
T*R*F/P	369	41.2	1.91***	1.94	1.62***	0.025	0.66***	-	-
Hata (Parsel içi)	3562	21.6		1.20		0.015		0.0079	

\* : 0.05, \*\* : 0.01, \*\*\* : 0.001 olasılık düzeyinde farklı, ns: istatistiksel olarak farklı değil, SD=serbestlik derecesi, KO=kareler ortalaması, F<P=F değeri olasılık düzeyi, Kodlara ilişkin açıklamalar Çizelge 3.2’de verilmiştir.

**Çizelge 4.2. Sulanan ve stres uygulanan parsellerde fidanların fenolojik özellikleri bakımından**

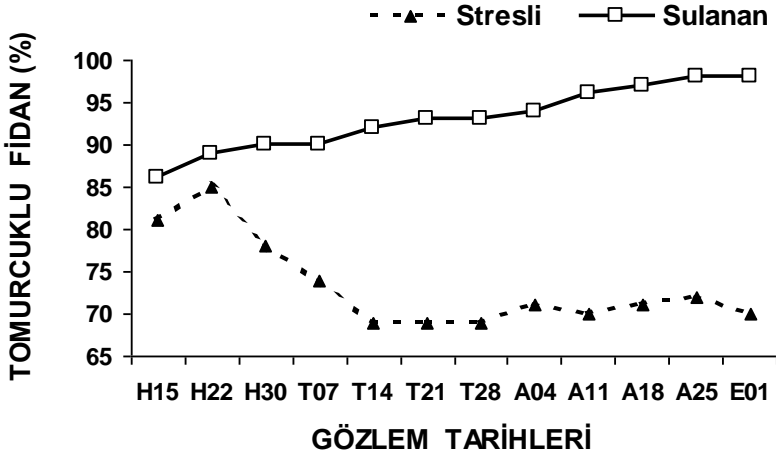
**karşılaştırılmalı varyans analizi sonuçları**

Table 4.2. Combining analyses of variance results for phenological traits of *Pinus brutia* seedlings grown in water stress ed and irrigated plots

Varyasyon Kaynağı	SD	TOM-7		TOM-15		TOM-43		TOM-S	
		KO	F Değeri (F<P)	KO	F Değeri (F<P)	KO	F Değeri (F<P)	KO	F Değeri (F<P)
Yineleme (R)	2	2.419	7.30*	1.134	4.41*	1.136	5.38**	0.432	6.56*
Sulama İşlemi (T)	1	2.051	10.63*	12.192	56.94***	51.171	420.3***	81.135	308.26***
R*T	2	0.366	2.26(ns)	1.592	8.56***	4.547	28.0***	0.845	5.20**
Populasyon (P)	5	1.007	2.56(ns)	0.725	2.48(ns)	0.974	6.99(ns)	0.435	2.42(ns)
R*P	10	0.338	1.87*	0.260	1.36(ns)	0.213	1.18(ns)	0.062	0.41(ns)
T*P	5	0.195	1.01(ns)	0.215	0.96(ns)	0.118	0.62(ns)	0.271	1.69(ns)
R*T*P	10	0.035	0.22(ns)	0.059	0.35(ns)	0.073	0.45(ns)	0.029	0.18(ns)
Aile(F/P)	228	0.237	1.11(ns)	0.236	1.02(ns)	0.183	0.87(ns)	0.154	1.04(ns)
R*F/P	434	0.182	1.12(ns)	0.191	1.03(ns)	0.182	1.12(ns)	0.151	0.93(ns)
T*F/P	214	0.195	1.20(ns)	0.227	1.22(ns)	0.193	0.07(ns)	0.160	0.98(ns)
Hata (Parsel içi)	360	0.162		0.187		0.047		0.162	

\* : 0.05, \*\* : 0.01, \*\*\* : 0.001 olasılık düzeyinde farklı, ns: istatistiksel olarak farklı değil, SD=serbestlik derecesi, KO=kareler ortalaması, F<P=F değeri olasılık düzeyi, Kodlara ilişkin açıklamalar Çizelge 3.2’de verilmiştir.





Şekil 4.1. Sulanan ve stres uygulanan parsellerde tomurcuk bağlama oranları (H: haziran, T: temmuz, A: ağustos, E: eylül)

Figure 4.1. Percentages of bud set in water stressed and irrigated plots

Çizelge 4.3. Sulanan ve stres uygulanan parsellerde kızılçam fidanlarının büyüme ve fenolojik özelliklerine ait ortalama ve standart hatalar

Table 4.3. Duncan Tests results for height diameter at collar of *Pinus brutia* seedlings in the populations

Karakterler*	Birim	Sulanan Parseller	Stres Uygulanan Parseller
FYO	%	100±000	90±0.8
BOY	cm	25.9±0.150	18.0±0.090
ÇAP	mm	6.01±0.030	4.57±0.016
SÜRS	adet	1.94±0.005	1.20±0.009
TOM-7	%	89±0.8	84±1.0
TOM-15	%	90±0.8	78±1.1
TOM-43	%	93±0.7	69±1.1
TOM-S	%	99±0.5	70±1.2

\* Kodlara ilişkin açıklamalar Çizelge 3.2’de verilmiştir

Tomurcuk bağlama için populasyon-su rejimi ve aile-su rejimi etkileşimleri istatistik olarak anlamlı değildirler. Bütün populasyonların ortalaması olarak, kızılçam stres uygulaması altındaki parsellerin sürgün ortalaması (1.20), sulanan parsellerin sürgün ortalamasına (1.94) göre daha düşük bulunmuştur (Çizelge 4.3).

Fidanların morfolojik özellikleri bakımından karşılaştırmalı varyans analizi sonuçlarına göre fidan boyu ve kök boğazı çapı bakımından farklı bulunan populasyonların benzerlik ve farklılıkları Duncan Testi ile incelenmiştir (Çizelge 4.4). Aksu Çalkaya populasyonu, boy bakımından ilk sırada, kök boğazı çapı için de Manavgat Yaylaalan populasyonu ile birlikte ilk grupta birbirinden farklıdır. Gerek fidan boyu, gerekse kök boğazı çapı bakımından Burdur Gölhisar populasyonu son sırada bulunmaktadır.

#### **Çizelge 4.4. BOY ve ÇAP bakımından farklı bulunan populasyonların Duncan Testi sonuçlarına göre benzerlik ve farklılıkları**

Table 4.4. Means and standard errors for some growth and phenological traits of *Pinus brutia* seedlings grown in irrigated and water stressed nursery plots

BOY			ÇAP		
Pop*	Ort. (cm)	Benzerlik ve Farklılıklar	Pop	Ort. (mm)	Benzerlik ve Farklılıklar
AKS	23.9		AKS	5.54	
MAN	23.3		MAN	5.46	
FET	22.9		ÇAM	5.41	
ALA	21.9		ALA	5.33	
ÇAM	21.3		FET	5.29	
BUR	20.0		BUR	5.15	

\* Kodlara ilişkin açıklamalar Çizelge 3.1’de verilmiştir

#### **4.2. Sulanan ve Stres Uygulanan Parselerde Populasyon ve Ailelerin Karşılaştırılması**

İki sulama rejiminde populasyon ve ailelerin karşılaştırılması amacıyla yürütülen varyans analizleri Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6’da verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre sulanan parselerde BOY dışında ölçülen karakterler bakımından populasyon ve aileler genellikle farklı

bulunmazken, su stresi uygulanan parsellerde özellikle adaptasyon ile ilgili karakter (BOY, SÜRS ve TOM-S) için populasyonlar düzeyinde önemli farklılıklar bulunmuştur. Sulanan ortamda BOY bakımından populasyonlar 0.01 olasılık düzeyinde farklıdır (Çizelge 4.5). Su stresi koşullarında boy bakımından populasyonlar arasındaki farklılık düzeyi 0.001'e yükselmiştir (Çizelge 4.6). Çap için her iki ortamda da populasyonlar istatistik olarak farklı bulunmamıştır. Boy için sulanan parsellerde populasyon içi aileler arasında önemli bir farklılık gözlenmezken, stres altında aileler 0.01 olasılık düzeyinde farklıdırlar.

**Çizelge 4.5. Sulanan parsellerde bazı morfolojik fidan özellikleri bakımından varyans analizi sonuçları**  
Table 4.5. Analyses of variance results for growth and adaptive traits of Pinus brutia seedlings grown in irrigated plots

Varyasyon Kaynağı	SD	BOY		ÇAP		SÜRS		TOM-S	
		KO	F Değeri (F<P)	KO	F Değeri (F<P)	KO	F Değeri (F<P)	KO	F Değeri (F<P)
Yineleme (R)	2	17137	129.5**	156.15	43.5**	0.034	3.04(ns)	0.0350	0.87(ns)
Populasyon (P)	5	1230	8.80**	13.90	3.36(ns)	0.014	1.28(ns)	0.0253	0.61(ns)
R*T	10	132	1.99(ns)	3.59	1.14(ns)	0.011	0.93(ns)	0.0400	0.86(ns)
Aile (F/P)	227	74	1.11(ns)	3.68	1.17(ns)	0.012	1.0(ns)	0.0479	1.02(ns)
R*F/P	410	66	2.24***	3.14	1.73***	0.013	1.42***	-	-
Hata	1953	29		1.81		0.009		0.0468	

\* : 0.05, \*\* : 0.01, \*\*\* : 0.001 olasılık düzeyinde farklı, ns: istatistiksel olarak farklı değil, SD=serbestlik derecesi, KO=kareler ortalaması, F<P=F değeri olasılık düzeyi. Kodlara ilişkin açıklamalar Çizelge 3.2’de verilmiştir.

**Çizelge 4.6. Stres uygulanan parsellerde bazı morfolojik fidan özellikleri bakımından varyans analizi sonuçları**

Table 4.6. Analyses of variance results for growth and adaptive traits of Pinus brutia seedlings grown in stressed plots

Varyasyon Kaynağı	SD	BOY		ÇAP		SÜRS		TOM-S	
		KO	F Değeri (F<P)	KO	F Değeri (F<P)	KO	F Değeri (F<P)	KO	F Değeri (F<P)
Yinelenme (R)	2	179.1	8.95*	32.20	49.04*	0.320	7.10*	1.2714	16.3****
Populasyon (P)	5	359.0	13.52****	2.76	2.97(ns)	0.147	4.21**	0.7249	7.19**
R*T	10	20.0	1.10(ns)	0.66	0.81(ns)	0.045	1.26(ns)	0.0735	0.28(ns)
Aile (F/P)	227	26.6	1.46**	0.93	1.15(ns)	0.035	0.98(ns)	0.2934	1.1(ns)
R*F/P	410	18.1	1.52****	0.81	1.89****	0.036	1.56****	-	-
Hata	1561	11.9		0.43		0.023		0.2662	

\* : 0.05, \*\* : 0.01, \*\*\* : 0.001 olasılık düzeyinde farklı, ns: istatistiksel olarak farklı değil, SD=serbestlik derecesi, KO=kareler ortalaması, F<P=F değeri olasılık düzeyi. Kodlara ilişkin açıklamalar Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Sulanan parsellerde SÜRS ve TOM-S bakımından populasyonlar arasında fark bulunmazken (Çizelge 4.5), stres uygulanan yastıklarda populasyonlar her iki karakter bakımından da 0.01 olasılık düzeyinde farklı bulunmuşlardır (Çizelge 4.6).

Stres uygulanan parsellerde yapılan varyans analizinde BOY, SÜRS ve TOM-S özellikleri bakımından istatistiksel olarak farklı bulunan populasyonların aralarındaki benzerlik ve farklılıklar Duncan Testi ile incelenmiştir (Çizelge 4.7).

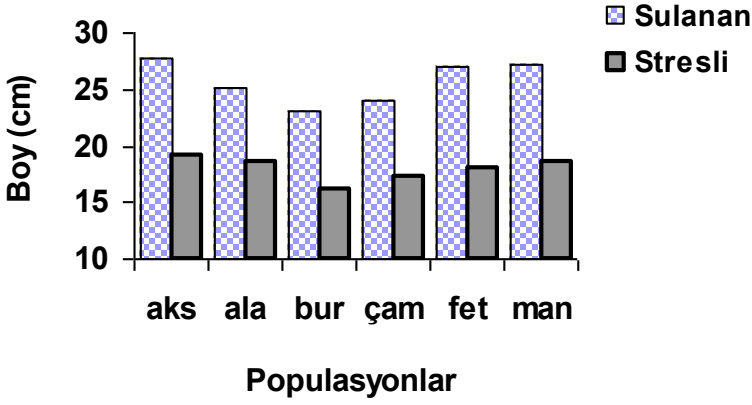
**Çizelge 4.7. Stres uygulanan parsellerde BOY, SÜRS ve TOM-S bakımından Duncan Testi sonuçlarına göre populasyonlar arasında benzerlik ve farklılıklar**

Table 4.7. Duncan Tests results for height diameter at collar, number of flushing and percentages of bud setting of Pinus brutia seedlings in the populations

BOY			SÜRS			TOM-S		
Pop	Ort. (cm)	Benzerlik ve Farklılıklar	Pop	Ort. (ad)	Benzerlik ve Farklılıklar	Pop	Ort. (%)	Benzerlik ve Farklılıklar
AKS	19.3		ÇAM	1.30		ALA	80	
MAN	18.6		FET	1.24		MAN	72	
ALA	18.6		ALA	1.23		AKS	70	
FET	18.0		BUR	1.19		ÇAM	68	
ÇAM	17.2		AKS	1.18		BUR	67	
BUR	16.3		MAN	1.13		FET	63	

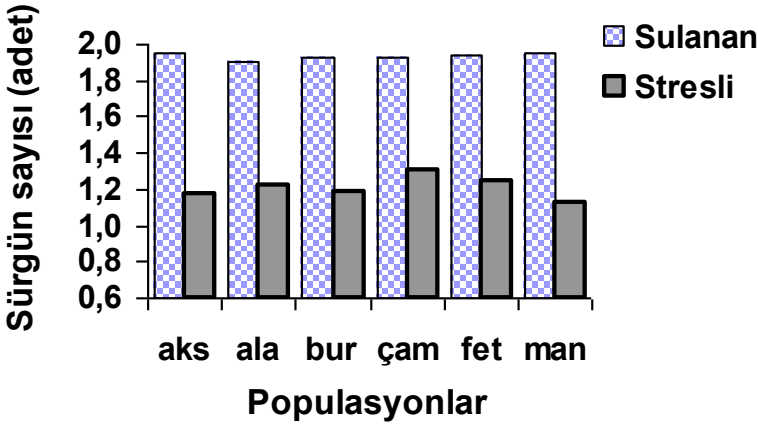
Duncan Testi sonuçlarına göre, BOY bakımından Aksu Çalkaya, SÜRS bakımından Çameli Göldağı ve TOM-S bakımından da Alanya Kargı populasyonları ilk sırayı alan farklı populasyonlar olmuşlardır.

Sulanan ve stres uygulanan parsellerde populasyon ortalamalarına ait grafikler; BOY değerleri için Şekil 4.2’de, SÜRS değerleri için Şekil 4.3’te ve TOM-S değerleri için de Şekil 4.4’te verilmiştir.



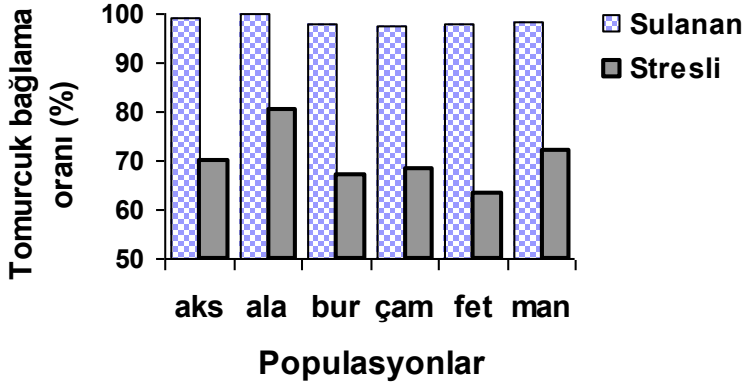
Şekil 4.2. Sulanan ve stres uygulanan parsellerde populasyonlara göre BOY

Figure 4.2. Comparison of populations for number of flushing in the irrigated and water stressed plots



Şekil 4.3. Sulanan ve stres uygulanan parsellerde populasyonlara göre SÜRS

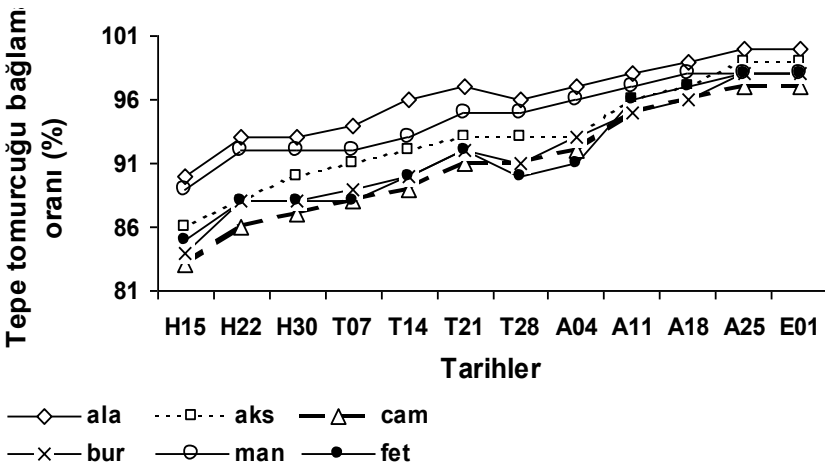
Figure 4.3. Comparison of populations for number of flushing in the irrigated and water stressed plots



Şekil 4.4. Sulanan ve stres uygulanan parsellerde populasyonlara göre TOM-S

Figure 4.4. Comparison of populations for percentages of bud setting in the irrigated and water stressed plots

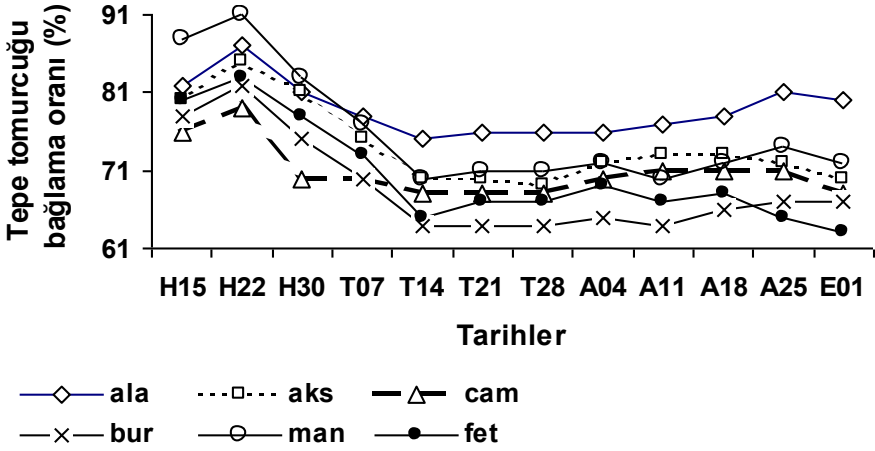
Sulanan ve stres uygulanan parsellerde tepe tomurcuğu bağlama oranlarının populasyonlara göre haftalık değişimi Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'te verilmiştir.



Şekil 4.5. Sulanan parsellerde tepe tomurcuğu oranının populasyonlara göre haftalık değişimi (H: haziran, T: temmuz, A: ağustos, E: eylül)

Figure 4.5. Weekly observation for bud set of populations in the irrigated plots





Şekil 4.6. Stres uygulanan parsellerde tepe tomurcuğu oranının populasyonlara göre haftalık değişimi (H: haziran, T: temmuz, A: ağustos, E: eylül)

Figure 4.6. Weekly observation for bud set of populations in the stressed plots

Sulanan parsellerde 15 Haziranda Manavgat (man) ve Alanya (ala) populasyonları en fazla tomurcuk tutma oranı ile diğer gruptan belirgin bir farklılık göstermiştir. En az tomurcuğu Çameli (cam) populasyonu bağlamıştır. Ancak zaman geçtikçe tüm populasyonların tomurcuk bağlamayı arttırdıkları gözlenmiştir. Denemenin sonunda (1 Eylül) populasyonlar arasındaki fark önemsiz bir düzeye inmiş ve populasyonlar için tomurcuk tutma oranı 0.97 (çam populasyonu) ile 1.00 (ala populasyonu) arasında değişmiştir (Şekil 4.5).

Su stresinin uygulandığı ortamda sulamanın aksine bir tepki gözlenmiştir (Şekil 4.6). Sulamanın durdurulduğu 15 Hazirandan 22 Hazirana kadar tüm populasyonlar sulanan ortamda olduğu gibi tomurcuk tutma oranını arttırmışlardır. Ancak su stresinin hissedildiği bu tarihten sonra tomurcuklu fidan oranında keskin bir düşüş başlamıştır. Bu eğilim 14 Temmuz'a kadar devam etmiş, ancak bu tarihten sonra önemli bir değişiklik gözlenmemiştir. Son gözlemlerin yapıldığı 1 Eylül tarihinde Alanya populasyonu diğer populasyonlardan belirgin bir şekilde daha fazla tomurcuk bağlayan populasyon olmuştur.

### 4.3. Genetik Parametreler

Gözlenen fidan karakterleri için hesaplanan varyans bileşenleri ve kalıtım dereceleri Çizelge 4.8'de verilmiştir. Stres uygulanan parsellerde gözlenen karakterlere ait varyansın önemli bir oranı populasyonlar arası genetik farklılıklardan ortaya çıkmıştır. Populasyon kaynaklı varyansın toplam varyansa oranı stres ortamında % 7.0 (BOY) ile % 8 (ÇAP) arasında değişmiştir. Buna karşılık sulanan ortamda populasyonlar arasındaki farklılık toplam varyansın çok daha küçük bir oranını açıklamıştır. Çap için sulanan ve stres parsellerinde populasyon düzeyindeki varyans oranı değişmezken, boy için bu oran ancak % 4.4 düzeyinde kalmıştır. Benzer şekilde sürgün sayısı ve tomurcuk bağlama karakterleri için stres ortamında % 1.4 ve %1.7 olan populasyon kaynaklı varyans oranı sulanan parsellerde % 0.0 düzeyindedir.

Populasyon içi ailelerden kaynaklanan toplam varyansa oranı, ÇAP hariç diğer tüm karakterler için stres şartlarında daha yüksek bulunmuştur. Örneğin, TOM-S için sulanan ortamda aile kaynaklı varyans oranı % 0.0 iken, stres şartlarında bu oran % 3.6 gibi çok daha yüksektir.

**Çizelge 4.8. Sulanan ve stres uygulanan parsellerde her karakter için toplam varyansın dağılımı ve kalıtsallık oranları**

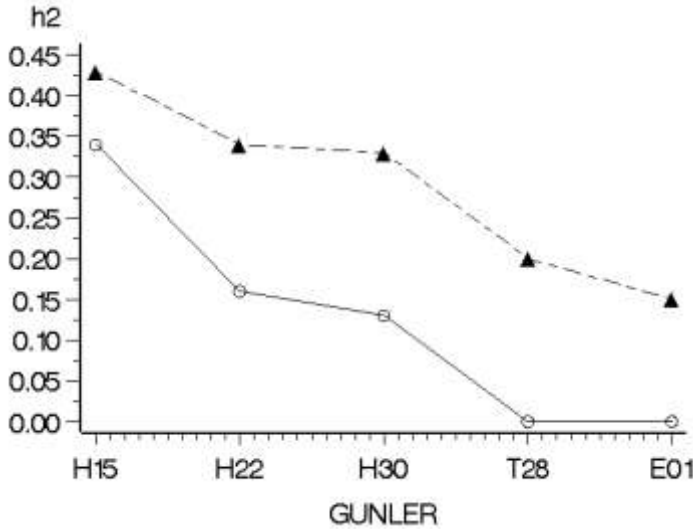
Table 4.8. Decomposition of the total variation among the factors and heritabilities for traits in the water stressed and irrigated plots

Varyasyon Kaynağı	BOY		ÇAP		SÜRS		TOM-S	
	STRESLİ	SULANAN	STRESLİ	SULANAN	STRESLİ	SULANAN	STRESLİ	SULANAN
Yineleme (R)	1.9	37.8	10.7	9.9	1.9	0.6	1.4	0.0
Populasyon (P)	7.0	4.4	0.8	0.8	1.4	0.0	1.7	0.0
R*P	5.7	1.6	2.2	2.4	0.6	0.1	0.0	0.0
Aile (F/P)	5.7	1.6	0.1	0.8	0.8	0.3	3.6	0.0
R*F/P	10.7	13.3	16.6	12.7	12.7	10.1	- <sup>t</sup>	- <sup>t</sup>
Hata	74.6	41.9	69.6	73.4	82.7	88.9	93.3	100
$h^2_i$	.25±.080	.11±.078	.10±.079	.11±.068	.02±.040	.01±.051	.15±.030	.00±.000
$h^2_f$	.34±.081	.15±.096	.15±.106	.17±.092	.04±.112	.01±.099	.25±.223	.00±.000

$h^2_i$  = Birey düzeyinde dar anlamlı kalıtım derecesi,  $h^2_f$  =Aile ortalamaları kalıtım derecesi, <sup>t</sup> =Tomurcuklu fidan sayısı için varyans analizinde parsel ortalamaları kullanıldığından model Yineleme\*Aile/Populasyon etkileşimini içermez.

Stres şartlarında populasyonlar ve aileler arasındaki genetik farkların daha yüksek çıkması birey ve aile kalıtım derecelerine de yansımıştır. Örneğin TOM-S için stres şartlarındaki birey kalıtım derecesi 0.15 iken, sulanan ortamda 0.0 olarak tahmin edilmiştir. BOY için stresli ortamda elde edilen kalıtım derecesi (0.25) sulanan ortamda elde edilen değerin (0.11) iki katından daha yüksektir. Aile kalıtım dereceleri birey düzeyindeki kalıtım derecelerine göre daha yüksek bulunmuştur. Birey düzeyindeki kalıtım derecelerinde olduğu gibi stres şartlarında daha yüksek aile kalıtım dereceleri tahmin edilmiştir.

Tomurcuk bağlama oranı (TOM) için zamana göre birey düzeyindeki kalıtım derecelerinin değişimi Şekil 4.7’de sunulmuştur. TOM için kalıtım dereceleri sulanan ve su stres uygulanan ortamlarda zamana bağlı olarak azalmıştır. Su stresinin ilk haftasında 0.43 düzeyinde olan birey kalıtım derecesi, stresin artması ile birlikte Eylül ayının başında 0.15’e düşmüştür. Sulanan ortamlarda kalıtım derecesi ilk hafta boyunca daha hızlı düşüş göstermiş ve 22 Hazirandan itibaren stres ortamına benzer bir seyir izlemiştir.



Şekil 4.7. Sulanan (kesiksiz çizgi) ve stres uygulanan (kesikli çizgi) parsellerde tomurcuk bağlama oranı için birey düzeyindeki kalıtım derecelerinin zamana göre değişimi (H: haziran, T: temmuz, A: ağustos, E: eylül)

Figure 4.7. Individual heritability for bud set in the irrigated and water stressed plots at various observation dates

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

İki aşamalı olarak yürütölen analizler doğrultusunda elde edilen bulgular, sulama rejimlerinin morfolojik fidan karakterleri üzerine etkisi ve kızılçam fidanlarında su stresi bakımından genetik çeşitlilik şeklinde iki başlık altında tartışılmıştır.

### 5.1. Su Stresinin Bazı Morfolojik Fidan Karakterleri Üzerine Etkisi

Su stresi, kızılçam fidanlarında sürgün sayısı, fidan yaşama oranı ve tomurcuk bağlama oranı üzerinde istatistiksel anlamda önemli etkiye sahipken, boy ve kök boğazı çapı gibi bazı büyüme özellikleri bakımından etkili bulunmamıştır (Çizelge 4.1). Sonuçlar fidanlık şartlarında Haziran ayı başından itibaren uygulanan su stresinin, fidanların adaptasyon özellikleri üzerinde oldukça etkili olduğunu göstermektedir. Tomurcuk bağlama oranındaki farklılıklar ve daha az sürgün sayısı yapması, kızılçam fidanlarının su eksikliğine karşı duyarlı olduğunu göstermektedir. Her ne kadar stres uygulanan şartlarda daha az boy büyümesi gözlenmiş olsa da, iki sulama rejiminde fidan boyunun istatistiksel olarak farklı çıkmaması, fidanların boy büyümelerini bu tarihe kadar büyük ölçüde tamamlamış olmaları ile açıklanabilir. Haziran ayı başından itibaren sulamanın devam ettirilmesi stres uygulanan ortama göre önemli bir boy farklılığı yaratmamıştır.

Buna karşılık kızılçam, adaptasyon ile ilgili karakterler olan tomurcuk bağlama ve sürgün sayısı için iki su rejimine farklı tepki göstermiştir. Stres şartlarında daha az sürgün yapmış ve daha az tomurcuk bağlamıştır. Daha az sürgün yapma özelliği, türün kurak şartlara uyumu açısından önemli olabileceğini göstermektedir. Çünkü büyümeyi devam ettiren genotiplerin normal şartlara göre daha erken başlayan ve beklenenden daha uzun süren yaz kuraklıklarından olumsuz etkilenmesi ve uyum sağlayamama olasılığı daha yüksektir. Stres şartlarında daha az tomurcuk bağlama, türün aniden yaşadığı su stresi nedeniyle gelişimini tamamlayamaması ile açıklanabilir. Haziran ayının 15'inden itibaren stres parsellerinde sulama durdurulmuş ve yapılan periyodik ölçümlerde stres uygulamasından 15 gün sonra iki ortam arasında -9.5 bara ulaşan bir fark gözlenmiştir. Stres koşullarında bulunan bitkilerin ikinci haftadan sonra yeni sürgün oluşumunu büyük ölçüde tamamlayamamış olması, tomurcuk bağlama oranındaki artışın gerçekleşmeme nedeni olarak görölmektedir. İğne yapraklı orman ağacı türlerinde yapılan çalışmalar, bitkilerin stres koşullarına uyum için büyümeyi yavaşlatma, erken tomurcuk bağlama ve

daha az sürgün yapma gibi mekanizmalar geliştirdikleri bildirilmektedir (JOLY et al. 1989). Aynı çalışmada ayrıca Douglas göknarında su stresi koşullarında köklerde büyük miktarda biyokitle birikmesi olduğu gözlenmiştir.

Populasyon-sulama etkileşiminin önemli çıkmaması, her iki ortamda populasyonların paralel bir tepki gösterdiğini işaret etmektedir. Buna karşılık aile-sulama etkileşimi, sürgün sayısı ve boy için önemli çıkarken tomurcuk bağlaması için önemli çıkmamıştır. Populasyon içi aileler, sulanan ve sulanmayan ortamlarda boy ve sürgün sayısı için farklı tepki göstermektedir. Sulanan ortamda sürgün sayısı için sıralamada üst kısımlarda yer alan kimi ailelerin stres şartlarında daha alt sıralarda yer aldıkları görülmüştür.

Bu çalışmada kızılçamda kuraklık stresinin bitkiyi nasıl etkilediğini ortaya koymak için büyüme, sürgün sayısı ve tomurcuk bağlama gibi bazı morfolojik karakterler gözlenmiştir. Gözlenen bu karakterler su stresinin türün büyüme ve adaptasyonu ile ilgili önemli bilgiler sağlarken, kuraklık stresine fizyolojik tepkisini ortaya koymak için bazı başka karakterin de incelenmesi gerektiğini göstermiştir. *Larix occidentalis* ve Douglas göknarı türlerinde karbon izotop ayrımı bir seleksiyon belirleyicisi (marker'ı) olarak önerilmiştir (ZHANG ve ark. 1996). *Picea mariana* için su stresi bakımından genetik varyasyonu ortaya koymak için, su kullanma yeterliliği ve karbon izotop yöntemleri kullanılmıştır (JOHANSEN ve ark. 1993). Kuraklığa dayanıklı *Pinus taeda* L. ailelerine ait fidanlarda, nemli bölgeden gelen tohum kaynaklarına göre ibrelerin üzerindeki mumsu tabakanın daha fazla olduğu belirtilmektedir (VAN BUIJTENEN et all 1988). Buna karşılık daha hafif stres koşullarında kuraklığa dayanıklı ailelerin daha az mumsu tabaka bulduklarını belirtilmektedir. Kızılçamda bundan sonra yapılacak erken testlerde, kuraklığa dayanıklı genotiplerin belirlenmesi çalışmalarında moleküler belirleyiciler (marker'lar) ile birlikte kök-gövde oranı, kök yoğunluğu, stomaların davranışı, yaprak yüzeyi, içsel hormon düzeyleri gibi kuraklık ile ilgili diğer bazı fizyolojik karakterler üzerinde çalışmalar yapılmalıdır.

## 5.2. Genetik Çeşitlilik

Sulanan ve stres uygulanan ortamlar için ayrı ayrı yapılan varyans analizi sonuçları, populasyonların su stresine tepkilerinin aynı olmadığını göstermiştir (Çizelge 4.5, Çizelge 4.6). Stres uygulanan bloklarda fidan boyu, sürgün sayısı ve stres uygulaması sonunda tomurcuklu fidan oranı için populasyonlar arasında istatistiksel önemde farklılık görülürken, sulanan bloklarda aynı karakterler için fidan boyu karakteri hariç populasyonlar arasında farklılık görülmemiştir. AKS (yükseltisi 50m) populasyonu stresli

ve stressiz bloklarda en hızlı büyüme gösterirken, BUR ve ÇAM gibi daha yüksek rakımlardan gelen populasyonlar her iki sulama rejiminde de yavaş büyüme göstermişlerdir (Şekil 4.2). Alçak rakımdan gelen populasyonlar orta ve yüksek rakımdan gelenlerden daha fazla boy büyümesi yapmışlardır. Strese karşı populasyonlar arasında belirlenen bu farklılıklar, populasyonların kendi doğal ortamlarına uyum göstermeleri şeklinde yorumlanabilmektedir.

Sürgün sayısı bakımından, sulanan bloklarda populasyonlar arasında istatistiksel olarak önemli derecede farklılık bulunmazken, su stresi uygulanan bloklarda populasyonlar arasında önemli derecede farklılık vardır. Orta yükselti populasyonlarında (ÇAM, FET) uzun süren su stresi koşullarında sürgün sayısının daha fazla olduğu görülmüştür (Şekil 4.3). Yapılan bir araştırmada KAYA ve IŞIK (1997) orta yükselti populasyonlarında sürgün sayısının fazla olduğunu belirlemişlerdir. Bunun tersine, alçak ve yüksek rakım populasyonları korumacı büyüme stratejilerinin sonucu daha az sayıda sürgün oluşturmaktadırlar. Daha az sürgün sayısı, yaz kuraklığı ve sonbahardaki erken donlar gibi ekstrem koşullara karşı geliştirilmiş bir adaptasyon mekanizması şeklinde yorumlanabilir. Elde edilen sonuçlar kıvılcının Akdeniz bölgesi orta ve yüksek rakımlı orijinlerinin su stresine alçak rakımlı orijinlere göre uyum yeteneklerinin zayıf olabileceğini göstermektedirler.

Sulanan ve stres uygulanan bloklardaki populasyonların stres uygulaması süresince tomurcuk bağlama oranı bakımından tepkileri Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da verilmiştir. Stres uygulamasının başlangıcından yaklaşık 30 gün sonra (14 Temmuz) stres düzeyinin yükselmesi ile tomurcuk bağlama yüzdesinde çok keskin bir düşüş olmuş, daha sonraki tarihlerde ise aynı düzeyde kalmıştır (Şekil 4.6). Su stresi devam ettiği sürece populasyonlar arasındaki varyasyon da ona paralel olarak artış göstermiştir. Alanya populasyonu (350 m), gerek stresli gerekse sulama uygulanan parsellerdeki diğer populasyonlara göre daha yüksek tomurcuk tutma oranına sahip populasyon olmuştur. Populasyonlar sulanan bloklarda, stres uygulananlardan daha farklı davranmışlardır (Şekil 4.5). Sulama işlemi uygulanan parsellerde populasyonlar, büyüme mevsimi süresince tomurcuk bağlama yüzdesini artırmışlardır. Populasyonlar arası varyasyon önemli bir şekilde artmış ve populasyon ortalamaları % 97 ile % 100 arasında değişim göstermiştir.

Sonuçlar, stres koşullarında genotipler arasındaki farklılığın daha belirgin olarak ortaya çıktığını göstermiştir. Stres koşullarında populasyon ve populasyon içi ailelerdeki farklılaşmanın daha belirgin olması, kuraklığa dayanıklı genotiplerin fidanlık denemeleri ile ortaya çıkarılabileceğinin

önemli bir göstergesidir. Fidanlık şartlarında uygulanan kuraklık stresi testleri ile kuraklığa toleranslı *Pinus echinata* ailelerinin selekte edilebileceği bildirilmiştir (CHOI 1992).

Populasyonlardan kaynaklanan varyans tomurcuk bağlama oranları bakımından stres uygulanan bloklarda % 1.7 olmuştur. Buna karşılık sulanan bloklarda populasyonlar arası genetik farklılığa bağlı varyans sıfırdır. Boy için populasyondan kaynaklanan varyans stres bloklarında % 7, sulanan bloklarda ise % 4.4 dür. Aynı durum sürgün sayısı için de gözlenmiştir. Populasyonlarda olduğu gibi ailelerden kaynaklanan varyans, stres bloklarında sulanan bloklara oranla daha fazladır. Aile varyansları boy için % 5.7, sürgün sayısı için % 0.8 ve tomurcuk bağlama oranı için % 3.6 olarak bulunmuştur. Sulanan bloklarda aynı karakterler için aile varyans bileşenleri sırası ile % 1.6, % 0.3, % 0.0'dır. Stres koşullarında populasyon ve ailelerden kaynaklanan varyans oranları, farklılıkların genetik kaynaklı olduğuna göstermektedir. Populasyon içi aileler arasındaki boy ve tomurcuk bağlama oranı için gözlenen yüksek genetik çeşitlilik birey ve aile kalıtım derecelerinin yüksekliği ile de desteklenmiştir.

Stres ve sulama bloklarının her ikisinde de tomurcuk bağlaması için populasyon ve aileler arasındaki varyasyon azaldıkça buna paralel olarak kalıtım derecesi de düşmüştür. Bireysel kalıtım derecesi stres uygulamasından bir hafta sonra stres bloklarında 0.35 iken denemenin sonunda 0.15'e düşmüştür. Bu durumda tomurcuk tutma için seleksiyon yapılacaksa, kalıtım derecesinin daha yüksek olduğu stres uygulamasının ilk bir iki haftasında yapılmalıdır. Benzer şekilde sürgün sayısı bir kriter olarak ele alınacak olursa belki de su stresi göreceli olarak daha az uygulanmalı ve fidanlardaki tepkileri daha uzun süre gözlenmelidir.

Boy büyümesi ve tomurcuk bağlama özelliklerinin aile ve bireysel kalıtım derecelerinin orta düzeyde olması, bu özelliklerin kısmen eklemeli (additive) genlerin etkisi altında olduklarını göstermektedir. Tomurcuk bağlama ve sürgün sayısında populasyonlar arası genetik farklılıkların olması, ağaç ıslahı programları için kuraklık toleransı olan genotiplerin seçiminde bir itici güç olacaktır. Elde edilen sonuçlara göre, populasyonlar ve populasyon içi aileler arasındaki varyasyonun derecesi, ıslahçılara kurak bölgeler için uygun genotiplerin seçilmesine olanak sağlayabilecek düzeydedir. Stres koşullarında populasyon ve populasyon içi ailelerdeki farklılaşmanın daha iyi olması, kuraklığa dayanıklı genotiplerin fidanlık denemeleri ile ortaya çıkarılabileceği söylenebilir.

Sonuç olarak kuraklık stresi kızılçam fidanlarının adaptasyon özellikleri üzerinde oldukça önemli bir etkiye sahiptir. Kızılçam, daha az büyüme, erken tomurcuk bağlama ve transpirasyonu azaltmak için daha az



sürgün sayısı ile stres koşullarına karşı bir adaptasyon mekanizması geliştirmektedir. Populasyonların su stresine farklı tepkiler göstermeleri, içinde buldukları çevrelerine uyum gösterdikleri şeklinde açıklanabilir. Stres koşullarında, aileler ve populasyonlar arasında genetik varyasyon daha fazladır. Stres koşullarında ortaya çıkan büyük kalıtsallık dereceleri, kızılcamin ıslahı için kuraklığa toleranslı genotiplerin selekte edilebileceğinin göstergesidir.

## ÖZET

Bu çalışmada, altı popülasyondan alınan kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) fidanlarının fidanlıkta uygulanan kuraklık stresine morfolojik ve fenolojik tepkileri bakımından genetik çeşitliliğin ortaya konması amaçlanmıştır.

Araştırma için Batı Akdeniz bölgesinden Alanya-Kargı, Burdur-Göhlhisar, Fethiye-Yapraktepe ve Çameli-Göldağı tohum meşcerelerinden ve Manavgat-Yaylaalan, Antalya-Aksu Çalkaya doğal popülasyonları olmak üzere altı popülasyon örneklenmiştir. Her popülasyonda 40 ağaçtan açık tozlaşma ürünü tohum toplanmıştır. Elde edilecek fidanlar arasındaki akrabalık ilişkilerinin en az düzeyde tutulması amacıyla, kozalak toplanacak ağaçlar arasındaki uzaklığı en az 100 m olmasına dikkat edilmiştir.

Deneme, kızılçam fidanlarının kuraklığa karşı tepkilerini çalışmak üzere, Antalya Orman Fidanlığında 23 Mart 1999 tarihinde, faktöriyel bölünmüş parseller deneme desenine göre üç yinelemeli olarak kurulmuştur. Her bloktaki parsellerin yarısına 15 Hazirandan itibaren (14 aylıkken) su stresi uygulaması başlatılmıştır. Su stresi uygulaması 3 blokta 1 Eylül 2000 tarihine kadar sürdürülmüştür. Stres uygulanmayan (kontrol) 3 blokta sulamaya devam edilmiştir. Stres uygulaması için iki sulama rejimi arasında ortalama -7.5 bar fark yaratılmıştır. Bitki su stresi, bitki basınç odacığı yardımıyla gündoğumu öncesinde haftalık olarak ölçülmüştür. Stres uygulaması sonunda; yaşama yüzdesi, boy (cm), kök boğazı çapı (mm), sürgün sayısı (adet) ve tepe tomurcuğu bağlama oranı (%) gibi morfolojik ve fenolojik fidan özellikleri ölçülmüş ve gözlenmiştir. Tomurcuğu bağlama gözlemleri, stres uygulaması süresince haftalık olarak yapılmış, diğer karakterler denemenin sona erdirildiği tarihte ölçülmüştür.

Su stresinin kızılçamın bazı morfolojik fidan karakterleri üzerindeki etkisini ortaya koymak ve popülasyon ve ailelerin kontrol ve su stresi uygulanan ortamlardaki tepkilerini karşılaştırmak için ayrı varyans analizleri yürütülmüştür. Gözlenen varyans, bileşenlerine ayrılarak popülasyon ve ailelerden kaynaklanan genetik varyansın toplam varyans içindeki oranı tahmin edilmiştir. Gözlenen karakterler için birey ve aile düzeyinde dar anlamlı kalıtım dereceleri hesaplanmıştır.

Yapılan istatistiksel analizlere göre, yaşama yüzdesi sulanan bloklarda (% 100) stres bloklarına (% 90) göre daha yüksek bulunmuştur. Su stresi şartlarında (1.20) kontrol ortamına göre (1.94) daha az sürgün sayısı gözlenmiştir. Tepe tomurcuğu bağlayan fidan sayısı oranı, stres bloklarında % 70 iken, sulanan bloklarda % 99 olmuştur. Stres ve kontrol parselleri için yapılan ayrı varyans analizleri, denemede yer alan kızılçam popülasyonları arasında boy, sürgün sayısı ve tomurcuğu tutma için önemli düzeyde farklılık

olduğunu ortaya koymuştur. Populasyonların farklılaşması stres ortamında daha belirgin olarak gözlenmiştir. Alanya ve Manavgat populasyonları daha erken tomurcuk bağlarken, Fethiye ve Çameli gibi populasyonlar daha fazla sürgün yapmışlardır. Populasyon içi aileler boy dışında diğer karakterler için farklı bulunmamışlardır. Tomurcuk bağlama oranı, sürgün sayısı ve büyümedeki toplam varyansın büyük bir oranı populasyonlar arası ve populasyon içi aileler arası genetik farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Sürgün sayısı için bireysel kalıtım hem stres (0.02) hem de sulanan (0.01) bloklarda oldukça düşüktür. Buna karşılık stres bloklarında boy (0.25) ve tomurcuk bağlama oranı (0.15) için sulanan bloklara göre (sırasıyla 0.11, 0.00) daha yüksek kalıtım değerleri tahmin edilmiştir.

Kuraklık stresi kızılçam fidanlarının adaptasyon özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Kızılçam, daha az büyüme, daha az sürgün sayısı ile stres koşullarına karşı bir adaptasyon mekanizması geliştirmektedir. Populasyonların su stresine farklı tepkiler göstermeleri, geldikleri doğal ortama evrimleşme yoluyla uyum göstermeleri ile açıklanabilir. Stres koşullarında ortaya çıkan yüksek kalıtsallık dereceleri ağaç ıslahı için kuraklığa toleranslı genotiplerin seleksiyonunun etkili olabileceğini göstermektedir. Bu çalışma, kızılçamda kuraklığa tepki bakımından populasyon ve aile düzeyinde önemli oranda genetik çeşitlilik olduğunu ve kontrollü ortamlarda su stresine daha toleranslı genotiplerin seleksiyonunun mümkün olabileceğini göstermiştir. Bu genotipler, Akdeniz bölgesinde ve Güneydoğu Anadolu bölgesindeki geniş kurak alanların ağaçlandırılmasında kullanılabilir.

## SUMMARY

The main objective of this study was to describe genetic pattern in morphological and phenological traits of six *Pinus brutia* natural populations sampled from contrasting sites of the species in the Mediterranean region of Turkey. We also aimed to study the effects of water stress on the growth and adaptive traits of the species.

For early test of drought tolerance of *Pinus brutia*, six natural populations including Alanya-Kargı, Burdur-Göhlisar, Fethiye-Yapraktepe ve Çameli-Göldağ Manavgat-Yaylaalan, Antalya-Aksu-Çalkaya were sampled. The populations were originated from an elevation range of 50 to 1100 m above sea level in the southwest Mediterranean region of Turkey. From each population, average 40 parent trees were randomly selected and open-pollinated seeds were collected. An experiment was established in Antalya forest nursery (40 m above sea level) in the Mediterranean region on 23<sup>rd</sup> March 1999, using a factorial split plot design. Seedlings were raised in containers. When the seedlings were 14 months, water stress was applied at three sub-plots out of six starting from June 15<sup>th</sup> till September 1<sup>st</sup>. Standard nursery practices were carried out in control sub-plots. Water stress between two regimes was maintained around  $-7.5$  bar. Plant water stress was measured weekly at predawn (between 3:30 to 5:30 am) using PMS pressure-chamber (Model 1000). At the end of the stress period, survival (%), height (cm), diameter at root collar (mm) bud set (%) and number of flushing (count) were observed. Bud set setting was observed weekly.

A split plot factorial analysis of model was applied to test effect of two water regimes on the morphological seedling traits of *Pinus brutia*. Then, populations and families within populations were tested applying a separate analysis of variance for the stressed and irrigated plots. Observed variance for the traits was partitioned among the factors. For each trait, individual and family heritabilities were estimated.

As expected, survival was significantly greater in the irrigated plots (100 %) than in the stressed plots (90 %). Water stress reduced number of flushing considerably i.e. 1.94 in the irrigated plots vs 1.20 in the stressed plots. About 70 % of the seedlings had buds in the stressed plots compared to 99 % in the irrigated plots. A separate analyses of variance in the stressed plots showed that populations differed significantly for height, number of flushing and bud set but not for diameter. Two low elevation populations Alanya and Manavgat from the same locality had greater growth less flushing and earlier bud setting. In contrast, populations from the natural distribution (Çameli and Fethiye) range had greater number of flushing. A considerable portion of the total variance in bud set, in number of flushing

and growth was due to genetic differences between populations and families within populations. Genetic differences among the populations were more pronounced in the stressed plots for all traits. Individual heritability for number of flushing was weak both in stressed (0.02) and irrigated plots (0.01). However, height (0.25 vs. 0.11) and bud set (0.15 vs. 0.00) had greater individual heritability values in the stressed plots than in the irrigated plots.

Water stress had significant impact on the adaptive seedling traits of *Pinus brutia*. The species developed a mechanism to adapt stress conditions, by less growth, earlier bud setting and less flushing to reduce transpiration. Different responses of populations to the water stress can be interpreted as adaptation to their original environment. Greater heritabilities in the stressed conditions are encouraging for selection of drought tolerance genotypes for tree improvement programs. Better differentiation of populations and families in the stressed conditions suggested that screening of drought tolerant genotypes could be performed in nursery trials. These genotypes may be used for forestation of vast dry land in the Mediterranean basin.

## KAYNAKÇA

- AKÇA, H., YAZICI, I., 1999. İzmir Yöresinde Yetiştirilen Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Fidanlarında Değişik Sulama Miktarlarında Oluşan Fizyolojik Değişiklikler. Ege Ormancılık Araştırma Enstitüsü. *Teknik Bülten Serisi* No:13, İzmir.
- ANONİM, 1987. Türkiye Orman Varlığı. Ormancılık Araştırma Enstitüsü *Muhtelif Yayınlar Serisi* No: 48.
- BECKER, C. A., MROZ G.D. and FULLER L.G., 1986. The Effect of Plant Moisture Stress on Red Pine (*Pinus resinosa*) Seedling Growth and Establishment. *Canadian Journal Forest Research*, 17, 813-820.
- BOYDAK, M., DİRİK. H., 1990. Lübnan Sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) Fidanlarında Su Stresi ile Koşullandırmanın Dikim Sonrasındaki Su Durumu ve Kök Regenerasyonuna Etkileri. Uluslararası Sedir Sempozyumu Bildirileri, Orman Bakanlığı, Ankara, 193-22.
- BOZCUK, S., TOPÇUOĞLU, S. F., 1984. Değişik Su Stresi Koşullarında Bitkilerde Absisik Asit (ABA) Miktarının Değişimi ve Bunun Fizyolojik Olaylar Üzerine Etkileri. *Doğa Bilim Dergisi*. A2, 8.2, 265-272.
- CLEARY, B., ZAERR, J., 1984. Guidelines for Measuring Plant Moisture Stress with a Pressure Chamber 480 S.W. Airport ave. Corvallis Oregon, 97 333 USA.
- CHOI, H.S. 1991. Variations in Water Potential Component Among Half-sib Families of Short Leaf Pine (*Pinus echinata*) in Response to Soil Drought. *Can. J. For. Res.* 22:111-116.
- DİRİK, H., 1994. Üç Yerli Çam Türünün (*Pinus brutia* Ten., *Pinus nigra* Arn.ssp. *pallasiana* Lamb. Holmboe, *Pinus pinea* L.) Kurak Periyottaki Transpirasyon Tutumlarının Ekofizyolojik Analizi. *Orman Fakültesi Dergisi*, Seri A, Cilt 33, Sayı:1.
- EMADIAN, F. S., 1997. Variation in Growth, Osmotic and Elastic Responses in Different Provenances of Stone Pine (*Pinus pinea* L.) Seedlings to Water Deficit Stress Condition. Proceedings of the XIV. World Forestry Congress.
- FALCONER, F.S., Mac KAY, T.F.C. 1996. Introduction to Quantitative Genetics. Fourth Edition. Longman Group Ltd. 464p.
- GİBSON, A., BACHELARD, E.P., HUBÍCK, K.T., 1994. Growth Strategies of *Eucalyptus camadulensis* Dehnh. at Three Sites in Northern Australia, *Aust. J. Plant Physiology*, 21, 653-62.
- JOHNSEN, K.H., FLANAGAN L.B. and MAJOR J.E. 1993. Genetic Variation in Drought Tolerance Among 21 Year-old Black Spruce Trees. *Agricoltura Ricerca* 15:32-33.

- JOLY, R.J.; ADAMS, W.T. and STAFFORD, S.G. 1989. Phenological and Morphological Responses of Mesic and Dry Site Sources of Coastal Douglas-fir to Deficit. *Forest Science* 35:987-1005.
- KAYA, Z., İŞİK, F., 1997. The Pattern of Genetic Variation in Shoot Growth of *Pinus brutia* Ten. Populations Sampled from the Toros Mountains in Turkey. *Silvae Genetica* 46, 2-3 73-81.
- KOZLOWSKI, T.T., 1962. Tree Growth. The Ronald Press Company.
- KOZLOWSKI T.T., PALLARDY S.G., 1997. Growth Control in Woody Plants. pp.112-127 Academic Press San Diaogo.
- KRAMER, P.J., KOZLOWSKI, T.T. 1960. Physiology of Trees. McGraw-Hill Book Company, Inc. Newyork Toronto London. 642p.
- LADJAL, M., EPRON, D. and DUCKEY, M. 2000. Effects of Drought Preconditioning on Thermotolerance of Photosystem II and Susceptibility of Photosynthesis to Heat Stress in Cedar Seedlings. *Tree Physiology* 20, 1235-1241.
- LARSEN, J.B., 1981. Geographic Variation in Winter Drought Resistance of Douglas Fir (*Pseudotsuga menziessii* Mirb. Franc.). *Silvae Genetica*, 30, 109-114.
- Mc MILLIN J. D., WAGNER, M. R., 1995. Effects of Water Stress on Biomass Portioning of *Panderosa Pine* Seedlings During Primary Root Growth Periods. *Forest Science*, 41, (3), 594-610.
- NEWTON, R. J. F., FUNKHOUSER, E.A., FONG, F. and TAUER, C. G., 1991. Molecular and Physiological Genetics of Drought Tolerance in Forest Species. *For Ecology and Management*, 43, 225-250.
- NEWTON, R. J. F., MEIER, VAN BUIJTENEN, C.E. and KINLEY, Wc, 1986. Moisture-Stress: Silviculture and Genetics. Proceedings of the Physiology Group Technical Session. Society of American Foresters National Convention, Ford Collins, Colorado, USA.
- PALLARDY, S.G. 1986. Introductory Overview. Proceedings of the Physiology Group Technical Session. Society of American Foresters National Convention, Ford Collins, Colorado, USA.
- RAGHAVENDA, A. S., 1991. Pysiology of Trees. A Wiley- Interscience Publication. 1-20
- SAS Institute Inc., SAS/STAT User's Guide, Version 6, Fourth Edition, Volume 2, Cary, NC, SAS Institute Inc., 1989, 846p.
- SCHOLANDER, P.F., HAMMEL, H.T., 1965. Sap Pressure in Vascular Plants. *Plants Science* Vol. 148:339-346.

- SONESSON, J., ERIKSSON, G., 2000. Genotypic Stability and Genetic Parameters for Growth and Biomass Traits in a Water Temperature Factorial Experiment with *Pinus sylvestris* L. Seedlings. *Forest Science*, 46(4).
- TESKEY, R. O., HINCKLEY, T. M., 1986. Effects of Water Stress on Trees. Proceedings of the Physiology Group Technical Session. Society of American Foresters National Convention, Ford Collins, Colorado, USA.
- TUOMELA, K., 1997. Leaf Water Relations in Six Provenances of *Eucalyptus microtheca*: a Greenhouse Experiment. *Forest Ecology and Management*, 92, 1-10.
- VAN BUIJTENEN, J.P., BILAN, M.V. and ZIMMERMAN, R.H. 1976. Morphophysiological Characteristics Related to Drought Resistance in *Pinus taeda*. P. 349-359 In: M.G.R. Cannel and F.T. Last (eds). *Tree Physiology and Yield Improvement*. Academic Press, New York.
- YANG, D., BACHELARD, E. P. and BANK, J. C. G., 1988. Growth and Water Relations of Seedlings of Two Subspecies of *Eucalyptus globulus*. *Tree Physiology* 4, 129-138.
- YEŞİLKAYA, Y. 1987. Tüplü Fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) Fidanlarının Kurak Vejetasyon Dönemindeki Su Gereksinimi Üzerine Araştırmalar. *Ormançılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, cilt:33, sayı 1, No:65.
- ZHANG, J., MARSHALL, J.D and FINS, L. 1996. Correlated Population Differences in Dry Matter Accumulation; Allocation and Water-Use Efficiency in Three Sympatric Conifer Species. *Forest Science*, 42:242-249.



**EK 1. Antalya Meteoroloji İstasyonu (yükseltisi 42m) verilerine göre 1999-2000 yıllarına ait yağış sıcaklık ve hava nemine ait ortalama değerler**

APPENDIX 1. The climate dates (precipitation, temperature and relative moisture) of Antalya Meteorological Station for 1999-2000

Aylar	Yağış (mm)		Sıcaklık (°C)		Nem (%)	
	1999	2000	1999	2000	1999	2000
Ocak	260.4	39.1	11.2	7.9	67.7	44.4
Şubat	189.5	42.4	11.1	10.2	61.7	47.3
Mart	134	65.8	12.8	11.4	63.8	55.3
Nisan	34.9	105.2	16.3	16.4	69.3	65.8
Mayıs	0.9	84.1	22.3	20.8	59.6	57.3
Haziran	13.1	0.1	26.5	27.7	52.9	42.2
Temmuz	0.2	0	29.2	29.9	56.9	53.3
Ağustos	4.1	8.5	28.5	28.8	60.2	52.3
Eylül	53.2	0	25	25.6	56.5	60.5
Ekim	20.7	27.8	21.4	20.3	56.2	56.0
Kasım	29.8	312.4	15.6	16.3	54.3	66.6
Aralık	113.7	154	12.6	11.8	63.8	59.4