

**KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HANÖNÜ-GÜNLÜBURUN ANADOLU KARAÇAMI
(*Pinus nigra* Arnold ssp.*pallasiana* Lamb. Holmboe)
TOHUM BAHÇESİNDE SU STRESİ ETKİLERİ YÖNÜNDEN
KLONAL VARYASYON**

Seçkin BUYURUKCU

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KASTAMONU
2011**

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Seçkin BUYURUKCU tarafından hazırlanan “Hanönü-Günlüburun Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold ssp.*pallasiana* Lamb. Holmboe) Tohum Bahçesinde Su Stresi Etkileri Yönünden Klonal Varyasyon” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Kastamonu Üniversitesi Orman Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Ahmet SIVACIOĞLU

Jüri Üyeleri :

Doç. Dr. Nuri ÖNER
Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı



Doç. Dr. Ahmet SIVACIOĞLU
Kastamonu Üniversitesi, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı



Yrd. Doç. Dr. Osman TOPAÇOĞLU
Kastamonu Üniversitesi, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı



Yukarıdaki sonucu onaylarım



Doç. Dr. Ömer KÜÇÜK
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

HANÖNÜ-GÜNLÜBURUN ANADOLU KARAÇAMI (*Pinus nigra* Arnold
ssp.*pallasiana* Lamb. Holmboe) TOHUM BAHÇESİNDE SU STRESİ ETKİLERİ
YÖNÜNDEN KLONAL VARYASYON

Seçkin BUYURUKCU

Kastamonu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Silvikültür Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ahmet SIVACIOĞLU

Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Türkiye'deki en yaygın ve önemli ağaç türlerinden birisidir. Bu tür yaklaşık 4,2 milyon ha yayılış alanına sahiptir ve bunun yaklaşık 1,8 milyon ha'ı verimsiz ormanlardır. Bu ağaç türü aynı zamanda stepe en çok sokulan ağaç türlerinden olması sebebiyle de ayrı bir öneme sahiptir. Yarı step alanlar potansiyel ağaçlandırma sahalarıdır. Bundan dolayı bu türde yoğun tohum talebi oluşmakta ve bu talep 55 tohum bahçesi ile 79 tohum meşceresinden karşılanmaktadır. Ancak tohum bahçelerinin çoğunluğu 1990'lı yıllarda kurulmuş henüz genç tohum bahçeleridir. Anadolu karaçamı tohum bahçelerinin ana amacı ağaçlandırma sahaları için üstün genetik niteliklere sahip tohum üretmektir. Bu çalışmada Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe)'na ait Hanönü Günlüburun klonal tohum bahçesinde klonların kuraklığa dayanıklılığı karşılaştırılmıştır. Klonları çimlenme aşamasında kurağa dayanıklılık bakımından karşılaştırmak için, tohumlar PEG 6000 çözeltisi kullanılarak -2, 4, 6 ve 8 bar seviyesinde su stresine tabi tutulmuştur. Sonuç olarak, Anova analizi ve Duncan testi sonuçlarına göre, klonların su stresine dayanıklılıklarının farklı olduğu tespit edilmiştir. Kontrol grubunda ortalama %48 olan çimlenme yüzdesi -2 Bar seviyesinde % 16, -4 Bar seviyesinde %15, -6 Bar seviyesinde %2 ve -8 Bar seviyesinde %0,4 e düşmektedir. Çalışmada kuraklık stresine en dayanıklı klonun 14 nolu klon olduğu belirlenmiştir.

2011, 63 sayfa

Anahtar Kelimeler: Anadolu Karaçamı, *Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe, kuraklık toleransı, PEG, Tohum Bahçesi

ABSTRACT

M.Sc.Thesis

CLONAL VARIATION AS TO THE REACTION AGAINST TO DROUGHT IN THE HANÖNÜ-GÜNLÜBURUN BLACK PINE (*Pinus nigra* Arnold *ssp.pallasiana* Lamb. Holmboe) SEED ORCHARD

Seçkin BUYURUKCU

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

Thesis Advisor: Assoc. Prof. Dr. Ahmet SIVACIOĞLU

Anatolian Black Pine (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) is one of the most common and important forest tree species in Turkey. Meanwhile, the stands of this species occupy roughly 4,2 million ha, of which about 1,8 million ha are considered to be non productive forest. Also, this pine species is most important species which can be spread to the steppe regions in Anatolia. The semi-arid steppe regions evaluate as potential afforestation areas. Actually, the seed demand for this species is mainly supplied from current 55 of seed orchards and 79 of seed stands. Most of these seed orchards are still rather young and mainly established after 1990's. The main objective of Anatolian black pine seed orchards is the production of genetically improved seed for reforestation purpose. The objective of this study was to investigate the variation in clones according to drought stress in Hanönü-Günlüburun Anatolian Black Pine (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) clonal seed orchard. To determine clone differentiation in drought hardiness at the germination stage, seeds were subjected 2, 4, 6 and 8 bar water stress by using polyethylene glycol 6000 solutions. As a result, it was determined that resistance of clones to water stress is different according to analysis of Annova and Duncan test. Germination percentage is 48% for control, 16% for -2 bar, 15% for -4 bar, 2% for -6 bar and 0,04% for -8 bar water stress. As a result, it is determined that the most resistant klon for water stress is number of 14.

2011, 63 page

Key Words: Anatolian Black Pine, *Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe, drought tolerance, PEG, Seed Orchard

ÖNSÖZ

Hanönü-Günlüburun Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold ssp. *pallasiana* Lamb. Holmboe) Tohum Bahçesinde Su Stres Etkileri Yönünden Klonal Varyasyon adlı bu çalışma 2008-2011 yılları arasında K.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı Silvikültür Lisansüstü Programı kapsamında gerçekleştirilmiştir. Tez çalışmamın danışmanlığını yapan Hocam Doç. Dr. Ahmet SIVACIOĞLU'na şükranlarımı sunarım. Çalışmamın başından itibaren yardımını esirgemeyen Sayın Hocam Yrd. Doç. Dr. Hakan ŞEVİK'e de teşekkür ederim. Bu çalışmamın tamamlanmasında birçok kişinin katkısı olmuştur. Taşköprü İşletme Müdürümüz İbrahim BESİ'ye Müdür Yardımcımız Muzaffer BÜYÜKTERZİ'ye, arazi çalışmasında yardımlarını esirgemeyen Saraycık İşletme Şefliği personeline, laboratuvar çalışmasında ve yazımında yardımlarını esirgemeyen Asım KEBEŞOĞLU, Özlem ÇOŞKUN ve Sinan BUYURUKCU'ya ve manevi desteklerini esirgemeyen İşletme Şefi arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Araştırmanın benzer konularda çalışacaklara ve bilim dünyasına yararlı olmasını dilerim.

Seçkin BUYURUKCU
Kastamonu, Eylül 2011

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ.....	iii
SİMGELER DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
1.GİRİŞ.....	1
2.KAYNAK VE ÖZETLERİ.....	3
2.1 Genel bilgiler.....	3
2.2 Stres ve strese sebep olan faktörler.....	6
2.2.1 Kuraklık stresi ve bitkiler üzerindeki etkisi.....	7
2.2.2 Konu ile ilgili yapılan çalışmalar.....	16
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	21
3.1 Materyal.....	21
3.2 Yöntem.....	22
4. BULGULAR.....	26
4.1 Genel bulgular.....	26
4.2 İşlem bazında bulgular.....	30
4.2.1 Kontrol grubu sonuçlarının değerlendirilmesi.....	30
4.2.2 -2 Bar su stresi işleminin değerlendirilmesi.....	36
4.2.3 -4 Bar su stresi işleminin değerlendirilmesi.....	40
4.2.4 -6 Bar su stresi işleminin değerlendirilmesi.....	44
4.2.5 -8 Bar su stresi sonuçlarının değerlendirilmesi.....	48
5.TARTIŞMA ve SONUÇ.....	50
KAYNAKLAR.....	56
ÖZGEÇMİŞ.....	63

SİMGELER DİZİNİ

Ha	Hektar
%	Yüzde
ÇY	Çimlenme yüzdesi
ÇH	Çimlenme hızı
ÇD	Çimlenme değeri
M	Metre
PEG	Polietilen Glikol

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Türkiye iklim bölgeleri haritası (Anonim 2006a).....	10
Şekil 3.1 Taşköprü-Hanönü klonal tohum bahçesinin genel görünümü.....	21
Şekil 3.2 Tohumların petri kaplarına yerleştirilmesinden bir görünüm.....	24

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Yeryüzündeki bitkiler üzerinde doğal ve insan kaynaklı oluşabilecek stres faktörlerinin sınıflandırılması.....	7
Çizelge 4.1 Farklı su stresi koşullarında klonlara ait çimlenme yüzdeleri.....	26
Çizelge 4.2 Çimlenme yüzdelerine ilişkin varyans analizi sonuçları.....	27
Çizelge 4.3 İşlem düzeyindeki çimlenme yüzdelerine ilişkin Duncan testi sonuçları.....	27
Çizelge 4.4 Farklı su stresi koşullarında klonlara ait çimlenme hızları.....	28
Çizelge 4.5 Farklı su stresi koşullarında klonlara ait çimlenme değerleri.....	29
Çizelge 4.6 Kontrol işleminde elde edilen çimlenme hızına ilişkin varyans analizi sonuçları.....	30
Çizelge 4.7 Kontrol işleminde çimlenme hızı bakımından klonlara göre oluşan homojen gruplar.....	31
Çizelge 4.8 Kontrol işleminde elde edilen çimlenme yüzdesine ilişkin varyans analizi sonuçları.....	32
Çizelge 4.9 Kontrol işleminde elde edilen çimlenme yüzdesine göre oluşan homojen gruplar.....	33
Çizelge 4.10 Kontrol işleminde elde edilen çimlenme değerine ilişkin varyans analizi sonuçları.....	34
Çizelge 4.11 Kontrol işleminde elde edilen çimlenme değerine göre oluşan homojen gruplar.....	35
Çizelge 4.12 -2 bar işleminde elde edilen çimlenme yüzdesine ilişkin varyans analizi sonuçları.....	36
Çizelge 4.13 -2 bar işleminde elde edilen çimlenme yüzdesine göre oluşan homojen gruplar.....	37
Çizelge 4.14 -2 bar işleminde elde edilen çimlenme hızı ve değerine ilişkin varyans analizi sonuçları.....	38
Çizelge 4.15 -2 bar işleminde elde edilen çimlenme hızı ve değerine göre oluşan homojen gruplar.....	39
Çizelge 4.16 -4 bar işleminde elde edilen çimlenme yüzdesine ilişkin varyans analizi sonuçları.....	40
Çizelge 4.17 -4 bar işleminde elde edilen çimlenme yüzdesine göre oluşan homojen gruplar.....	41
Çizelge 4.18 -4 bar işleminde elde edilen çimlenme hızı ve değerine ilişkin varyans analizi sonuçları.....	42
Çizelge 4.19 -4 bar işleminde elde edilen çimlenme hızı ve değerine göre oluşan homojen gruplar.....	43
Çizelge 4.20 -6 bar işleminde elde edilen çimlenme yüzdesine ilişkin varyans analizi sonuçları.....	44
Çizelge 4.21 -6 bar işleminde elde edilen çimlenme yüzdesi değerine göre oluşan homojen gruplar.....	45
Çizelge 4.22 -6 Bar işleminde çimlenme hızı ve Çimlenme değeri bakımından klonlara göre varyans analizi sonuçları.....	46

Çizelge 4.23 -6 Bar işleminde çimlenme Hızı ve Çimlenme değeri bakımından klonlara göre oluşan homojen gruplar.....	47
Çizelge 4.24 -8 Bar işleminde çimlenme yüzdesi, Çimlenme Hızı ve Çimlenme Değeri bakımından klonlara göre varyans analizi sonuçları.....	48
Çizelge 4.25 -8 Bar işleminde çimlenme hızı bakımından oluşan homojen gruplar.....	49

1. GİRİŞ

Anadolu karaçamı, ülkemizde Kızılçam'dan (5.4 milyon ha) sonra en geniş yayılış yapan asli ağaç türümüzdür (4.2 milyon ha) (Anonim 2006). Bu tür Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgeleri dışında tüm bölgelerde yayılış göstermektedir. Genel olarak İç Anadolu bölgesini çevreleyen dağların içe bakan yüzlerinde yayılış göstermesi, türün İç Anadolu ikliminin karakteristik özelliği olan “yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve yağışlı” hava koşullarının etkisi altında kalmasına neden olmaktadır. Yayılış alanlarının bu özelliğinden dolayı karaçam mesçereleri zaman zaman don ve kuraklık etkenlerine maruz kalmakta, tohum çimlenme ve fidan gelişim aşamalarında don ve kuraklık kaynaklı kayıplar görülmektedir.

Anadolu karaçamı ağaçlandırma alanı büyüklüğü bakımından da ülkemizde ikinci sırada yer almaktadır. 2000 yılı sonu itibariyle türün 465000 ha ağaçlandırması yapılmıştır (Konukçu 2001). Türün bu kadar geniş alanlarda ve farklı coğrafi bölgelerde ağaçlandırma çalışmalarında kullanılması, muhtemel kuraklık ve don zararlarına karşı dayanıklı orijinlerin seçilmesini önemli hale getirmektedir. Kurak ve kurak-soğuk alanların ağaçlandırmalarında, başarı düzeyini arttırmak için uyulması gereken teknik esasların içerisinde kuraklığa ve dona dayanıklı ağaç türü ve orijinlerinin seçimi ön planda gelmektedir.

Son yıllarda etkisi daha da artan iklim değişikliğinin, uzun vadede ülkemizi de büyük oranda etkileyeceği ve Akdeniz çevresinde kuraklaşma ile sonuçlanacağı tahmin edilmektedir (Rambal ve Hoff 1998). İklim değişikliğinin bir diğer anlamının da seller, yüksek ve düşük sıcaklıklar gibi ekstrem hava olaylarının şiddet ve sıklığının artması olduğu dikkate alınmalıdır. Bu nedenle don, kuraklık, tuzluluk gibi streslere dayanıklı tür ve orijin seçimi ve ağaçlandırmalarda kullanımı, gelecekte bugünkünden daha da önemli hale gelecektir.

Türkiye’de karaçam ağaçlandırmaları, özellikle kurak ve don etkilerinin ayrı ayrı veya bir arada görüldüğü İç Anadolu Bölgesi gibi ekosistemlerde ve Karadeniz-İç

Anadolu geçiş b6lgelerinde, diğer t6rlere g6re daha fazla yapılmaktadır. Bu nedenle bu ağaçlandırmalarda orijin seçimi çok 6nemli bir unsur olmaktadır.

Ağaçlandırma çalışmalarının en 6nemli kısmını oluşturan tohum kaynakları 6 kategoride sınıflandırılmaktadır. Bunlar tohum mesereleri, klonal tohum bahçeleri (aşılı tohum bahçeleri) ve tohum plantasyonları (aşısız tohum bahçeleri)'dir (6rge 1982, 1998). Kaliteli tohum elde etmeye y6nelik olan bu kaynakların tesisi iyi fenotipli populasyon veya fertlerin seçimine dayandırılmaktadır (Wright 1976; Zobel and Talbert 2003).

Ağalandırmalardaki genetik kazancı arttırmak amacıyla, ıslah edilmiş orman ağacı tohumlarının kitle halinde 6retilmeleri, en yaygın Şekilde tohum bahçeleri vasıtasıyla gerçekleştirilmektedir. Tohum Bahçeleri; fenotipik olarak 6st6n ağaçlardan oluşan, genetik açıdan istenmeyen polen kaynaklarından izole edilmiş ve ağaçlandırmalar için sık, bol, kolay ve kaliteli tohum elde edilmesi için kurulan plantasyonlardır (Zobel et al. 1958; Faulkner 1975; Wright 1976; Zobel and Talbert 2003). 6lkemizde uzun vadeli ıslah çalışmaları g6z 6n6ne alınarak 1994 yılı içinde; kızılçam, karaçam, sarıçam, Toros sediri ve doğu kayınında “Milli Ağaç Islahı ve Tohum 6retimi Programı” hazırlanmıştır. Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma M6d6rl6ę6 bu g6ne kadar; 14 t6rden 165 adet tohum bahçesinin kuruluşunu gerçekleştirmiştir. Tesis edilen bu tohum bahçelerinin 55 adedi (446.2 hektar) Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arnold.subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) ile kurulan klonal tohum bahçeleridir (Anonim 2004). Son yıllarda iklim değişimi etkisi ile birlikte, tohum bahçelerindeki genetik kazanç bağlamında sadece kalitatif 6zellikler değil kuraklığa dayanıklılık gibi bir takım kantitatif 6zelliklerde 6nem kazanmış durumdadır.

Bu alışmada Han6n6-G6nl6burun Anadolu karaçamı tohum bahçesinde bulunan klonların çimlenme aşamasında kuraklığa dayanıklılık bakımından karşılaştırılması amaçlanmıştır. S6z6 edilen tohum bahçesinden 6retilen tohum materyali, Kastamonu b6lgesinin yarı kurak 6zellik g6steren y6relerinde yaygın olarak kullanılmakta olup, kuraklık stresine dayanıklı klonların belirlenmesi, hem

gelecekte yapılacak ağaçlandırma çalışmalarına tohum materyali temini konusunda katkı sağlayacak, hem de ikinci generasyon tohum bahçelerinin kurulması aşamasında klon tercihini etkileyecektir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Genel bilgiler

Türkiye orman alanları genel alanın %27,2'sini kaplamakta olup, bu oran uluslar arası bazı kabullere göre yeterli görülmektedir. Bir ülkenin orman varlığının ülke yüzölçümünün %30 kadarı olması halinde yeterli kabul edilmektedir. Türkiye'nin orman varlığı 1973 yılındaki verilere göre 20.199.096 ha iken 2009 yılı itibarıyla 21.386.200 ha'a ulaşmıştır. Orman alanlarımızın %50'sinin verimli, % 50 sinin ise bozuk vasıfta olduğu bilinmektedir. (Anonim 2011). Bu alanlar, kendisinden beklenen ekonomik, sosyal ve özellikle kolektif-kültürel yararları sağlayamayan bozuk ormanlar haline dönüşmüştür. Bu elverişsiz alanların nitelik ve nicelik bakımından geliştirilmesi, orman ekosistemlerinin sağladığı çok yönlü yararların sürekliliğini sağlama açısından son derece önemlidir (Gezer ve Aslan 1982).

Dünya üzerinde bulunan ormanların hızla azalması sonucu ekolojik denge bozulmuş, antropojen kökenli afetler artmış, iklim dengesini sarsan küresel ısınma tehlikeli boyutlara ulaşmış, toprak erozyonu sorun oluşturur hale gelmiş ve su kaynaklarında azalmalar oluşmuştur. Bu olgular, ağaçlandırma çalışmalarına hız verilmesi gerçeğini gündeme getirmiştir. Ağaçlandırmaların amacına ulaşip ulaşamadığının anlaşılması uzun yıllar sonra ortaya çıkmakta olup, sonuçlar alındığı zaman, harcanan emek ve maddi kayıpların karşılanabilmesi mümkün olmamaktadır. Bu nedenle başarı derecesini garanti altına almak için, ağaçlandırma çalışmalarının bilimsel temellere dayalı tekniklerle yapılması gerekmektedir (Anonim 2011).

Ülkemizde ağaçlandırma ve erozyon kontrolü çalışmaları, acil müdahale gerektiren doğal dengenin bozulduğu ve toprakların tamamen ya da önemli ölçüde aşındığı kurak ve yarı kurak alanlarda yoğunlaşmıştır. Bu alanlarda yapılacak ağaçlandırma çalışmaları oldukça zordur, yoğun çaba ve gayret gerektirmektedir. Bu tip sahalar ülkemizde ve dünyada büyük alanları kapsamaktadır (Ürgeç 1998).

Dünya Meteoroloji Teşkilatının 87 ülke arasında yapmış olduğu çalışmalarda; aralarında Türkiye'nin de bulunduğu 74 ülkenin kuraklıktan etkilendiği tespit edilmiştir. Türkiye'nin kurak ve nemli bölgelerinin alansal dağılışı incelendiğinde nemli bölgelerden daha fazla kurak ve yarı kurak bölgelerin bulunduğu tespit edilmiştir (Anonim, 2011). Vejetasyon dönemindeki iklim verilerini dikkate alarak yapılan iklim kuşakları haritasında ülkemiz topraklarının %77,2 si kurak, %18,6 sı yarı kurak ve %4,2 si ise yarı nemli alanlardan oluşmaktadır (Usta ve ark. 2009).

Türkiye'nin içinde bulunduğu coğrafi konum, iklim, topografya ve toprak şartları, çölleşme ve kuraklığa karşı hassasiyetini artırmaktadır. Çölleşmeyi oluşturan ve toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin bozulmalarına veya yitirmelerine neden olan birçok etmenden bir bölümünün Türkiye'deki boyutunu gösteren yeterli bilimsel veri bulunmamasına karşın, tarım alanlarındaki çoraklaşma, ormanlık ve mera alanlarındaki tür çeşitliliğinin ve doğal yapının bozulması, yanlış ve amaç dışı arazi kullanımı uygulamalarından kaynaklanan tarım, orman ve otlakçılık gibi farklı sektörlerin yanlış arazi üzerinde yapılması ve turizm, sanayi, toprak sanayi, kentleşmedeki inşaat gibi sektörlerin de verimli ve iyi nitelikli tarım toprakları üzerinde betonlaşması, toprak kirliliğinin devam ediyor olması, erozyon ve toprak kaybının önemli boyutlara varması, Türkiye'nin çölleşmeye doğru giden süreçte riski yüksek olan bir kara parçası durumunda olduğunu ortaya koyan gerçeklerdir (Öner ve ark. 2006).

Bugün ülkemizde en çok ağaçlandırma çalışmalarına konu olan türlerden birisi Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe)'dır. Çünkü Anadolu karaçamı, Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerimiz hariç, doğal olarak Anadolu ve Trakya'da geniş bir yayılış alanına sahip, önemli bir ağaç türüdür (Alptekin, 1986). Türkiye'de 2.392.079 ha iyi koru, 1.810.218 ha bozuk koru olmak üzere toplam 4.202.298 ha yayılış alanına sahip olan Anadolu karaçamı, 21.188.747 ha olarak belirlenen genel orman alanımızın % 19.8'ini, iğne yapraklı orman alanlarımızın % 32.9'unu kapsamaktadır (Anonim 2006a).

Kuzey Anadolu dağlarının içe dönük yamaçlarında, Batı Anadolu ve özellikle Güney Anadolu'da Toroslar'da verimli ormanlar oluşturmaktadır. Anadolu karaçamı, Karadeniz'in doğusu hariç, diğer mıntikalarda yaklaşık olarak 400-1400 m yükselti arasında geniş sahalar üzerinde saf ormanlar teşkil etmesine karşılık, 1200-1700 m'ler arasında sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), göknar türleri (*Abies* spp.) ve ardıç türleri (*Juniperus* spp.) ile karışık meşçereler oluşturmaktadır. İç Anadolu'da steppe geçiş zonları kıyılarında 900 m yükseltide bulunduğu gibi, daha yüksek yükseltilere (1500m) de çıkabilmektedir. Türen Toroslar'da 2000 m'ye kadar çıktığı belirtilmektedir (Kayacık 1980; Ansin 1988; Yaltırık 1988).

Anadolu karaçamının yayılısındaki tipik nokta, Anadolu'nun kuzeyinde güney yamaçlarda, batısında doğuya bakan yamaçlarda, Toroslarda da kuzey yamaçlarda yayılmasıdır. Bu durumu onun ancak, buralarda egemen olabildiğini, denize bakan yamaçlarda ise, diğer ağaç türleriyle rekabet yeteneğinde olmadığını göstermektedir (Karadağ 1999).

Ekolojik istekleri bakımından kanaatkâr olan Anadolu karaçamı, yapılan ağaçlandırmalarda önemli bir paya sahiptir. 1986 yılına kadar ülkemizde ağaçlandırılan 804.121 ha alanın % 35.81'i (288.331ha) Anadolu karaçamı ile yapılmıştır. Anadolu karaçamı ağaçlandırması genellikle Orta Anadolu, Ege, Akdeniz ve Marmara bölgelerinin daha çok kurak yörelerinde ve çıplak köklü fidanlarla yapılmaktadır (Aslan ve Kızmaz, 1994). 1994 yılı sonuna kadar İç Anadolu bölgesi ağırlıklı olmak üzere toplam 400.000 ha Anadolu karaçamı ağaçlandırması yapılmıştır (Şimşek vd. 1995).

Yapılan ağaçlandırma yatırımlarında önemli bir paya sahip olması nedeniyle, Anadolu karaçamının her yıl milyonlarca fidanı üretilip, orijinlere göre belirli yörelere dikilmekte ve bu yörelerde iklim Karadeniz ardı ikliminden Akdeniz ve Anadolu karasal iklimine kadar değişebilmektedir (Kızmaz 1993). Bu çalışmalar Anadolu karaçamının doğasına uygundur. Çünkü zaten, bir taraftan rutubetlice iklim mıntikalarında (Bursa yakınlarında, Uludağ ve eteklerinde) diğer taraftan kurak

kontinental iklim muntikalarında (İç Anadolu'da) yayılış göstermektedir (Saatçioğlu 1976).

2.2 Stres ve Strese Sebep Olan Faktörler

Bitkilerin büyüme, gelişim ve verimliliklerini olumsuz yönde etkileyen çevre faktörlerine genel olarak stres denilmektedir. Kaynağına göre stresler genelde biyotik (böcek, mantar gibi zararlı ve hastalıklar vb.) ve abiyotik (don, kuraklık, tuzluluk vb.) stresler olarak iki kısım da incelenmektedir. Optimum koşullarda çeşitli bitkilerden elde edilebilecek ürün miktarında biyotik ve abiyotik etmenlerin etkisiyle ortalama ürün kaybı %65 ile %87 arasında değişirken, abiyotik etmenlerin neden olduğu ortalama ürün kaybı %51 ile %82 arasında değişmektedir (Kaçar ve ark. 2002). Yeryüzünün yaklaşık %28'lik kısmında kuraklık, %24'ünde sığ topraklar, %23'ünde bitki besin maddesi eksikliği veya fazlalığı ve %16'sında don, bitkilerin büyüme ve gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir (Kramer ve Boyer 1995). Büyümeyi ve gelişmeyi bu şekilde sınırlayan biyotik ve abiyotik faktörler Çizelge 2.1 de gösterilmiştir (Salisbury ve Ross 1994; Çepel 1995; Lambers vd. 1998).

Stres etmenlerinin oluşturduğu zarar bitkinin çevreye genetik adaptasyon derecesine bağlı olarak değişir. Bu olgu değişik bitkilerin değişik bölgelerde en iyi şekilde yetişmelerini belirleyen temel faktördür. Biyoteknolojik uygulamalarla strese dayanıklı bitki çeşitlerinin üretilmesi ve gelecekte ortaya çıkması muhtemel beslenme sorununun önlenmesi hedeflenmektedir. Strese dayanıklılık mekanizması bitkilerde iki şekilde etkili olmaktadır. Bitkiler ya geliştirdikleri önleyici mekanizmalarla stres faktörlerinin etkinliğini önlemekte ya da tolerans mekanizmalarıyla karşı koymakta ve yaşamlarını sürdürmektedirler. Su stresi bitkilerde enzim aktivitesi ve enzim miktarı üzerine de önemli bir etki yapar. Ayrıca Absisik asit (ABA; bitkisel bir hormon) miktarı yapraklarda 40 kat artarken kök dahil diğer organlarda bu artış daha azdır. Absisik asit stomaların kapanmasını sağlayarak suyun transpirasyonunu (terlemeyle kaybını) önler. Bitkinin tepe organlarında gelişmeyi azaltarak suyun kök sisteminde kullanılmasına, dolayısıyla kökün derinlere doğru inebilmesine ve daha fazla suya ulaşabilmesine imkan sağlar (Dursun 2008).

Çizelge 2.1 Yeryüzündeki bitkiler üzerinde doğal ve insan kaynaklı oluşabilecek stres faktörlerinin sınıflandırılması

STRES FAKTÖRLERİ		
ÇEVRESEL FAKTÖRLER		İNSAN KAYNAKLI FAKTÖRLER
Abiyotik Faktörler	Biyotik Faktörler	
<p>A. Sıcaklık Düşük Sıcaklık B. Su Su eksikliği (Kuraklık, Düşük su potansiyeli) Su fazlalığı (Uzun yağmur dönemleri ve oksijen yetersizliği) C. Radyasyon Kızılötesi Görünür UV-A, UV-B, UV-C İyonlaşma D. Kimyasal İyonlar Tuz Mineral eksikliği ve azlığı Elverişsiz PH O₂ fazlalığı ve Ozon E. Diğer Faktörler Yaralanmak, bükülme baskı vb.</p>	<p>A. Patojen Virüsler Mantarlar Bakteriler B. Hayvanlar Bitkilerle beslenenler Et ve ot yiyenler Böcek etkileri C. Diğer Faktörler Parazitlik Allelopathy, Rekabet</p>	<p>-Herbisitler, Fungisitler, Pestisitler -Çevre kirliliği -O₃ ve Fotokimyasal dumanlar -Oksijen sağlayan regülatörler -Fotooksidantlar -Asit yağmurları ve sisler -Asitli sular ve kirlilikler -Asit yağmurları ve toprak kayıplarına bağlı ayrışma sonucu mineral madde eksikliği -Ağır metaller -Nitrojen fazlalığı -Ötrofikasyon -UV radyasyon artışı -Küresel iklim değişikliklerine bağlı CO₂ artışı -Toprak kuraklığı ve tuzluluk artışı -Gürültü -Yangınlar -Toprak sıkışması</p>

2.2.1 Kuraklık stresi ve bitkiler üzerindeki etkisi

Uluslararası çölleşme ile mücadele sözleşmesinde kuraklık “yağışların kaydedilen normal düzeylerinin önemli ölçüde altına düşmesi sonucu arazi ve kaynak üretim sistemlerini olumsuz olarak etkileyen ve ciddi hidrolojik dengesizliklere yol açan doğal bir olay” olarak tanımlanmıştır (Anonim 1997).

Bilimsel literatürde kuraklığa farklı görüş açılarından bakıldığından, kuraklığın çeşitli çevrelerce belirtilmiş birçok tanımı bulunmaktadır. Yapılan bu tanımlamaların çoğunda “yeryüzünün herhangi bir yerinde ve belirli zaman süresince yağışın normalin ya da ortalamasının altında gerçekleşmesi” esas alınmaktadır. Genel olarak kuraklık yeryüzündeki çeşitli sistemlerce kullanılan doğal su varlığının, belli bir zaman sürecinde ve bölgesel ölçekte ortalamasının altında gerçekleşmesi sonucu ortaya çıkan su açığıdır şeklinde tanımlanmaktadır (Türkeş 1990). İklim kuşağında oluşan geçici düşük koşullar kuraklıktır (Landsberg 1975). Kalefetoğlu ve Ekmekçi (2005) kuraklığı, genel anlamda meteorolojik bir olgu olarak ifade ederek; toprağın su içeriği ile bitki gelişiminde gözle görülür azalmaya neden olacak kadar uzun süren yağışsız dönem olarak belirtmektedir. Thomas (1962)’a göre; belirli bir dönem süresince yağışın uzun süreli ortalamadan az olması sonucunda oluşan meteorolojik bir olaydır. Barry and Charley (1976)’e göre ise evapotranspirasyon ve akarsu akım değerlerinde oluşan azalma nedeniyle toprakta nem açığına neden olacak kadar uzun bir periyot süresince önemli yağış tutarının gerçekleşmemesidir.

Kurak bölgeler, sadece kısa mevsim ürünleri için yeter derecede yağış alan ve doğal vejetasyonu genellikle otsu bitkilerin meydana getirdiği yerlerdir. Sıcak ve soğuk iklime bakılmaksızın kurak bölgelerin niteliği; yağışın azlığı, yağmur rejiminin düzensizliği ve seyrekliğidir. Kurak bölgeler, çevre faktörlerinin ve ekolojik etkenlerin ya da insanların etkisi ile meydana gelmektedir. Bunlardan birincisine “Doğal Kurak Bölgeler” ikincisine ise “Antropojen Kurak Bölgeler” denilmektedir (Tümertekin 1957).

Çepel (1995)’e göre kuraklık; düzenli ve geçici olarak meydana gelmektedir. Düzenli kuraklıklar, coğrafi anlamda kurak alanlarda oluşmaktadır. Bitkiler zamanla bu ortama uyum sağladıklarından düzenli kuraklıktan etkilenmezler. Geçici kuraklıkların zamanı belirsizdir ve bitkiler, bu tip kuraklıktan büyük çapta etkilenirler.

Köppen “Esas İklim Mıntıkları ve Esas İklim Tipleri” gruplamasına dayanarak kurak iklim mıntıklarını tanımlarken, kurak iklim yerlerinin step ve çölleri

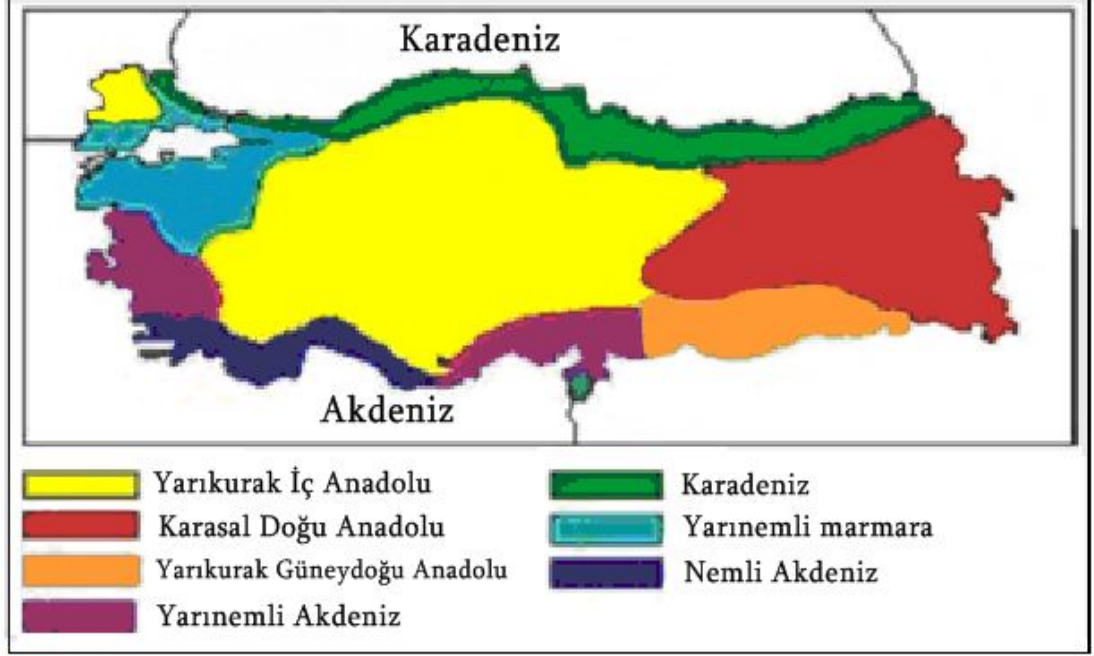
içerdiğini, kurak bölge sınırının sıcaklık ve yağış arasındaki ilişkiye dayanarak tayin edildiğini belirtmektedir. Çöl iklimlerinde sıcaklık -5 °C ile +25 °C arasında, yıllık ortalama yağış miktarı 50-350 mm arasında değişmektedir (Ardel 1940). Ürgenç (1986) yıllık ortalama yağışı 300 mm ve altında olan yerleri kurak, 300–600 mm olan yerleri ise yarı kurak olarak tanımlamaktadır. Uluocak (1974) ise, yıllık ortalama 250 mm'ye kadar yağış alan bölgeler kurak, 250–600 mm yağış alan yerleri yarı kurak, 600 mm'den fazla alan yerleri ise nemli olarak adlandırılmaktadır. “Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Organizasyonu (FAO) ise; yıllık yağışı 300 mm ve altında alan yerleri “kurak”, yıllık yağışı 300–600 mm arasında olan yerleri de “yarı kurak” olarak kabul etmektedir (FAO 1963).

Günümüzde iklim koşullarının sınırlayıcı olduğu, yani kurak ve yarı kurak iklimin hakim olduğu sahalar, üzerinde dikkatle durulması gereken alanlar olarak göze çarpmaktadır. Türkiye’de ve dünyada kurak ve yarı kurak alanlar oldukça geniş alanlar kaplamaktadır. Dünya topraklarının 1/3’ünü (6.1 milyar ha) kurak ve yarı kurak sahalar oluşturmaktadır. Bu sahaların 1 milyar hektarı çok kurak, geri kalan 5.1 milyar hektarlık kısmı ise kurak, yarı kurak ve kurak-yarı rutubetli sahalar oluşturmaktadır. Bu sahaların %16,40’ı insanların tahribi sonucu yakın zamanda bu alanlara katılmıştır (Ürgenç 1998).

Türkiye’de yalnızca yağışa bağlı önemli ölçüde kurak sayılabilecek alanlar bulunmamasına karşın, İç Anadolu ile Doğu Anadolu'nun büyük bir kısmı *yarıkurak* iklim alanına sahiptir (Şekil 2.1). Bununla beraber İç Anadolu’da Tuz Gölü ve çevresi 300 mm'ye yakın yıllık yağışlar ile kurak bölge olma sınırına yakın özellikler gösterir. Erinç tarafından uygulanan yağış etkinliği indisi ise Türkiye’de tam kurak sayılabilecek bir bölge olmadığını, ancak Akçakale, Urfa, Iğdır, Tuzluca ve Konya’daki indislerin kuraklık sınırına yakın olduğu belirtilmektedir.

Erinç indisine göre, İç Anadolu Bölgesi (Yukarı Kızılırmak Bölümü hariç) ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Urfa Platoları, Diyarbakır Havzası, Mardin Çevresi *yarıkurak alanlar* sınıfına girmektedir. Ancak, bu alanların yarı kurak karakteri her yerde aynı değildir. Özellikle bitki örtüsü etkisi faktörü de dikkate alındığında Konya

ve Urfa çevrelerinin güneyinde kalan yörelerde kuraklığa karşı eğilim daha kuvvetlidir (Anonim 2006a).



Şekil 2.1 Türkiye iklim bölgeleri haritası (Anonim 2006a)

Bir bölgeye düşen salt yağış miktarı ile o bölgenin nemli ve kurak olarak ayırt edilemeyeceği bilinen bir gerçektir. Yağışın miktarı kadar mevsimlere dağılımı da önemlidir. Çünkü bir bölgede doğal bitki örtüsünün oluşumunda, tarım ve ormancılık faaliyetlerinde yağış miktarından ziyade, o bölgedeki yağışın yıl içindeki dağılımı, buharlaşma ve denizden yüksekliği gibi faktörler etkili olmaktadır. Bu ise, yağış etkenliği ile açıklanabilmektedir. Nitekim aynı yağışı alan yerler, yeryüzünde bulunduğu konuma göre farklı iklim özellikleri gösterebilmektedir. Örneğin yıllık yağışın 650–700 mm olduğu bir bölgede potansiyel evapotranspirasyonun yüksek olması ile kurak bir iklim sürerken, potansiyel evapotranspirasyonun düşük olduğu bir diğer bölgede kuraklık yerine, nemli iklim koşulları görülebilmektedir. İşte bu nedenlerdir ki; yağış etkenliği kavramı, bir sahaya belirli bir dönem içerisinde düşen yağış ile o sahadaki sıcaklık koşulları ve yağışın mevsimlere dağılımı gibi etkenler altında değişik iklim tipleri görülebilmesi olayı ile açıklanmaktadır (Türkeş 1990; Uslu 1959).

Levitt (1972) kuraklık stresi olgusunu çeşitli bileşenlerine ayırarak tanımlamıştır; bitkilerin yeterli su almama durumunu “su stresi”, bitki dokularının ozmotik yönden kendilerinininkinden daha yoğun bir ortamda su kaybetmeleri durumunu da “ozmotik stres” olarak adlandırmıştır. Bitkiler kuraklık stresinin belirli derecelerine kadar dayanabilirler. Stres faktörü ortadan kalktığında, azalan veya aksayan metabolik faaliyetlerini tekrar normal düzeye getirebilirler. Bu duruma bitkilerin “elastik büyüme zorlanması” denir. Fakat kuraklık stresinin derecesi veya süresi arttıkça bitkilerde, geriye dönülmez zararlar ortaya çıkmaktadır. Bu sınırın genişliğine de, “bitkinin plastik büyüme zorlanması” denir.

Goor ve Barney (1968), Dünya üzerindeki yıllık 300 mm’den daha az yağış alan bölgeler “kurak bölgeler” olarak tanımlanmaktadır. Yıllık yağış miktarı 300 ile 600 mm arasında değişen bölgeler, “yarı kurak alanlar” olarak tanımlanmaktadır. Esasen kuraklık, su yetersizliğinin bitkilerin uygun yaşam faaliyetlerini kısıtlaması nedeniyle 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 tutulmakta ve bu durum “kuraklık stresi” olarak adlandırılmaktadır.

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 da, 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 vizkositesi yüksek olan, kuru ağırlık oranı çok fazla, yüksek miktarda glikoz içeren ve düşük osmatik potansiyel değerine sahip bitkilerden oluşmaktadır (Vorontzova ve Zaugolnova 1985).

Kuraklık stresi ile orijinlerin bu strese dayanıklılıkları irdelenirken, herhangi bir orijinin kuraklığa olan dayanıklılığı ile temsil ettiği rejyonun iklimi arasında bir ilişki kurmak yanında, o orijinin kuraklığa dayanıklılığının niteliğini de ortaya koymak önemlidir. Bir türün veya orijinin, ya kuraklıktan sakınarak ya da kuraklığı tolere

ederek, kuraklık stresine karşı koyabilirler. 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 gözüktüğü de, yaz kuraklığının şiddeti bakımından yağışı az olan bölgeden daha önde yer alabilir (Çalikoğlu 2002).

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 (Namkoong vd., 1986). Bu yüzden lokal orijinlerin güvencesi kesin olmayıp, nispeten kuraklığa dayanıklı orijinlerin de tespit edilmesi gelecekteki ağaçlandırma stratejilerinin belirlenmesi açısından önemlidir (Çalikoğlu 2002).

Bitkilerde kuraklık stresinin mekanik, metabolik ve oksidatif etkileri vardır. Mekanik etki: bitki hücrelerinden belirgin su yitimi gerçekleştiği zaman bitkide turgor kaybıyla kendini gösteren birincil stresdir (Levitt 1980). Turgorun kaybolması hücrenin genişlememesine ve dolayısıyla bölünememesine neden olur. Bu durum ise bitkide büyüme ve çeşitli nedenlerle oluşan zararın tamir edilememesi anlamına gelir. Hücre içeriğinin büyük bir kısmını oluşturması, besin ve hormonlar basta olmak üzere birçok organik bileşiğin taşıyıcısı olması, hücre fonksiyonları için çözücü rol oynaması nedeniyle hücredeki su kaybı ile hücrenin normal işleyişi devam edemez ve metabolizması bozulur. Buna bağlı olarak hücrede protein denatürasyonları (yüksek sıcaklıklarda hücre içindeki protein yapısının bozulması) ve enzim inhibisyonları (enzim aktivitesinin durması) gerçekleşir (Bray 1997).

Oksidatif etki ise serbest radikallerin, özellikle aktif oksijen türlerinin oluşumunu içerir. Bu etki de bitkide gözle görülür zararlara ve hatta bitkinin ölümüne neden olabilir. Bitkiler kuraklık stresine karşı “kuraklıktan sakınma” ve “kuraklığa

tolerans” olarak ifade edilebilecek, iki şekilde savunma mekanizmaları geliştirmişlerdir. Kuraklıktan kaçınma, bitkilerin bünyesindeki su kaybını anatomik, morfolojik ve fizyolojik özellikler sayesinde engellemesidir. Buna örnek olarak kuraklık durumunda bitkinin suyun harcayıcısı durumundaki gövdesini küçültmesi buna karşın kökünü büyütmesi gösterilebilir. Kuraklığa tolerans durumunda ise zarar oluşumunun önüne geçilmek yerine, oluşan zarara rağmen en azından hayatta kalılabilmektedir. Bu nedenle kuraktan sakınma daha iyi bir özelliktir ve bu tür bitkiler kuraklık koşullarında da daha iyi bir büyüme ve gelişme göstermektedir (Larcher 1995).

Kuraklık ağaçlandırma alanlarında olduğu gibi, doğal gençleştirme alanlarında oluşan zararların da en önemli nedenlerindedir. Wilinston (1972), doğal gençleştirmede ilk yıl görülen fidan kayıplarının %57’sinin su eksikliğinden kaynaklandığını belirtmektedir. Her ne kadar ilişkileri direkt olarak ortaya koyan çalışmalar yoksa da, Anadolu karaçamı’nın gelişiminin de kuraklıktan olumsuz yönde etkilendiği ülkemizde yapılan bazı çalışmalar ile dolaylı olarak ortaya konmuştur.

Nitekim Kalıpsız (1963), türün yayılış alanında yıllık yağışın 600–1600 mm olduğunu, optimumunun ise 1000 mm olduğunu ve bu optimumdan uzaklaşıldığı oranda, toprağın su içeriğinin ve sıcaklığının önem kazandığını belirtmiştir. Özdemir (1980) Türkiye’nin önemli kurak mntıklarında Anadolu karaçamı ile uygun ağaçlandırma teknikleri bulmak için bir çalışma yürütmüştür. Bu çalışmada yarı nemli Eskişehir deneme alanında kullanılan değişik tekniklerle %90’ın üzerinde tutma başarısı yakalarken daha kurak olan Konya-Ereğli’de %10–15 tutma başarısını yakalayabilmiştir. Karabulut (2001)’da, Eskişehir yöresindeki Anadolu karaçamı plantasyonlarında, 15 yıllık kısa bir periyod içinde, yıllık sıcaklıkla yıllık halka genişliğinin ters yöndeki ilişkisinin varlığını tespit etmiştir.

Eruz (1984), Anadolu karaçamı’nın gelişiminde nem koşullarının önemli rol oynadığını belirtmektedir. Türkiye genelinde yapılan Anadolu karaçamı orijin denemelerinin ilk sonuçları, İç Anadolu’da deneme alanlarındaki yasama yüzdesi ve

büyüme başarısının diğer bölgelere oranla düşük olduğunu göstermiştir (Şimşek ve ark. 1995). Akkemik (1997), Muğla yöresindeki Anadolu karaçamı ormanlarında yaptığı dendrokronolojik incelemelerde, yıllık ortalama sıcaklıklarda görülen artışların, yıllık halka genişliğini önemli ölçüde daraltabildiğini tespit etmiştir.

Karadağ (1999) Karaçam doğal gençleştirmelerinde, Karaçam gençliğinin ilk 2–3 yıl içerisindeki gelişmesinde nem faktörünün ışığa göre daha belirgin rol oynadığını ortaya koymuştur. Karabulut (2001) ise, Eskişehir yöresindeki Anadolu karaçamı ağaçlandırmalarında, 15 yıllık periyodu incelemiş ve yıllık sıcaklıkla yıllık halka genişliği arasında ters yöndeki ilişkinin varlığını ortaya koymuştur.

Çelik ve ark. (2002) Ankara çevresindeki Anadolu karaçamı ağaçlandırmalarında görülen kurumaların, yörede birkaç yıl arka arkaya yaşanan kuraklıktan kaynaklandığını belirtmişlerdir. Bu nedenle Anadolu karaçamı'nda kuraklığın oluşturacağı zararı azaltmak için kuraklığa dayanıklı orijinlerin belirlenerek, bazı ilkeler çerçevesinde kullanılması gerekir.

Su tüm canlılar için olduğu gibi, bitkiler için de yaşamsal öneme sahip temel maddelerin başında gelmektedir. Su eksikliği veya yetersizliği, bitkiler üzerinde doğrudan ve 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 birlikte hücre uzaması ve bölünmesinin azalması; çeşitli metabolik faaliyetlerin azalması, durması; hücre çeperlerinde mekanik deformasyonların oluşması ve protoplazmanın hücre çeperinden ayrılması olarak belirtilebilir. Kuraklığın dolaylı zararları olarak da; stomaların kapanması nedeniyle azalan CO₂ konsantrasyonuna paralel olarak yoluyla madde üretiminin azalması, birçok enzimin inaktif hale gelmesi, fosfor gibi çeşitli besin maddelerinin hücre içerisine alınımının yavaşlaması ve proteinlerin ayrışmaya başlaması olarak özetlenebilir (Crafts 1968; Levitt 1972).

Bitkiler kuraklık etkisiyle oluşan doğrudan ve dolaylı zararların etkisinden kurtulmak veya bu etkileri en aza indirebilmek için, morfolojik ve fizyolojik yünden çeşitli uyum mekanizmaları geliştirmektedirler. Mohr ve Schopfer, bitkilerin kuraklığa karşı korunmak amacıyla, biri yapısal (constitutively), diğeri de uyumsal (adaptively) olmak üzere başlıca iki yaşam stratejisi yönünde hareket ettiklerini belirtmektedirler. Yazarlar, yapısal mekanizmaların genetik adaptasyon, uyumsal mekanizmaların ise kuraklık stresi altında oluşan uyarılar yoluyla tesis edildiğini belirtmektedirler. örneğin aynı kuraklık koşullarında, aynı ağaç türünün iki ayrı orijinin kuraklıktan etkilenmemeleri arasındaki farklar, yapısal uyum yeteneğinden kaynaklanan farklar olarak belirtilebilir. Aynı orijinin farklı kuraklık derecelerine, belirli açılardan farklı tepki vermesi (örneğin daha kurak toprak koşullarında buna uygun bir kök yapısı geliştirebilmesi) ise uyumsal nitelikte bir tepkiye örnek olarak verilebilir.

Topraktaki ve atmosferdeki su eksikliği bitki büyümesini ve fotosentezi sınırlayan önemli bir faktördür (Shvaleyva vd. 2005). Kuraklık periyoduyla başa çıkabilmek için bitkiler, genotipik çeşitlilik gösteren (kuraklıktan-kaçınma ve kuraklık-toleransı gibi) mekanizmalarına güvenirlir. Bu mekanizmalar bitkilerin morfolojik özelliklerinde değişime yol açarlar. Örneğin; kök sistemlerini derine indirirler (Chavez vd. 2002), yaprak transpirasyon oranlarını düşürürler ya da yaprak küçülmesi ve büyüme kısıtlaması yoluyla transpirasyon yüzeylerini azaltarak abiyotik çevresel strese dayanıklılık gösterirler (Chavez vd. 2003; Munne-Bosch ve Alegre 2004).

Kuraklığın artması ile yapraklardaki stoma aralığı daralmakta, hücre büyüme gelişmesinde azalma meydana gelmektedir. Şiddetli su stresi, fotosentezin bloke edilmesine, fotosentetik karbon asimilasyonunun sürekli bir şekilde engellenmesine, metabolizmanın bozulmasına ve en nihayetinde de bitkinin ölümüne neden olabilir (Deboro vd. 1998). Stomaların kapanmasını takiben CO₂ girişinde azalma meydana gelir.

Kuraklık stresine karşı bitkilerin vermiş olduğu bir diğeri tepki ise nişasta ve sukroz gibi karbohidrat sentezlerinin stres altındaki bitkilerde değişime uğramasıdır (Vassey ve Sharkey 1989). Pek çok canlıda şekerlerin birikimi kuraklık toleransının gelişimi

için önemli görülmektedir. Çevresel strese cevap olarak bitkilerin farklı kısımlarındaki karbohidrat birikimi artmaktadır (Gill vd. 2001).

Kuraklık stresinden sonra uygun su koşullarında bitkilerin fotosentetik sistemleri eski haline dönüşürler (Nar vd. 2009). Örneğin, stres altındaki bitkilerde maksimum yaprak su içeriği % 91'e ulaştığı zaman klorofil (a+b)'nin yeniden biriktiği ve karotenoid sentezi yapıldığı gözlemlenmiştir. Kuraklık stresi altındaki bitkilerde fotosentetik pigmentlerde meydana gelen değişimleri, sadece günlük değil aynı zamanda mevsimsel olarak ta araştırılması gerektiğinin altını çizmektedir (Schwab vd. 1989; Tuba vd. 1994). Fotosentetik pigmentler fotosentez olaylarındaki rollerine ilave olarak ışık tarafından uyarılarak aşırı reaktif oksijen türlerinin oluşumunu engelleyerek foto dinamik hasarlara karşı bir koruma sağlarlar. Bu pigmentlerden en önemlisi karotenoidlerdir (Sairam vd. 1998).

2.2.2 Konu ile ilgili yapılan çalışmalar

Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arnold ssp. *pallasiana* Lamb. Holmboe) orijinlerinin kuraklığa karşı verdikleri cevapların ekofizyolojik olarak incelendiği 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 karaçamının orijinleri aralarında istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar bulunmuştur (Çalikoğlu 2002).

Çimlenme ile su stresi ilişkisinin araştırıldığı başka bir çalışmada, su stresine karşı ağaç türlerinin göstermiş olduğu tutumların farklı olduğu vurgulanmıştır. Farklı ağaç türleri ile yapılan çalışmalar sonucu yağışlı bölgeleri temsil eden tür veya orijinlere ait tohumların su stresine karşı daha az dayanıklı oldukları belirlenmiştir (Çalikoğlu ve Tilki 2002).

Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) tohumlarında ozmotik stres ile koşullandırmanın çimlenme üzerine etkileri araştırılmıştır. Osmotik stres ile koşullandırmanın

tohumların çimlenme yüzdesi ve çimlenme değerini artırdığı ortaya konmuştur. Bununla birlikte tohumların iç uyku hallerinin giderilmesinde, koşullandırma işlemleri klasik katlama yöntemi kadar etkili bulunmamıştır (Dirik vd. 1999).

Türkiye’de sarıçam tohumu üzerine teknolojik araştırmalar adlı çalışmada ;tohumunun çimlenmesi üzerinde farklı ışık ve sıcaklık koşullarının etkisi araştırılmıştır. Ayrıca polietilen glikol ile koşullandırmanın fidan yüzdesi ve morfolojisi üzerine etkisi ve hızlandırılmış yaşlandırmanın çimlenme üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, ozmotik stres düzeyi arttıkça çimlenme parametrelerinde orijinlere göre önemli farklılıklar oluşmuştur. Ozmotik stres ile koşullandırmanın çimlenme üzerine etkileri araştırıldığında yine farklılıklar ortaya çıkmıştır. 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 (Tilki 2002).

Ülkemizdeki farklı bölgelere ait sarıçam tohumlarında polietilen glikol (PEG) 6000 kullanılarak oluşturulan su stresi ile çimlendirme yüzdeleri ve kökçük gelişimleri arasındaki ilişki araştırılmış, su potansiyelindeki azalma çimlenme yüzdesinin ve çimlenme değerinin azalmasına neden olduğu belirlenmiştir. Su stresi 0 ile -0,3 Mpa iken bu orijinler arasında kökçük gelişimi bakımından önemli varyasyonlar tespit edilmiştir. Bu varyasyonların orijinler arasında da olduğu belirtilmiştir. Sarıçamın yayılış alanlarının en güneyde yer alan Culhali ve Pınarbaşı orijinleri strese karşı daha az duyarlı oldukları tespit edilmiştir (Tilki 2004).

Monclus vd. (2006) tarafından Fransa’da Populus euramericananın 29 genotipinde yaptıkları çalışmada kuraklık stresinin etkisini araştırmışlar. Kuraklığın artmasıyla verimin düştüğü belirlenmiştir. Bazı genotiplerin kuraklığa daha dayanıklı oldukları belirlenmiştir.

İki okaliptüs klonunun su eksikliğine karşı metabolik cevapları araştırılmış ve kuraklığa karşı hassasiyetleri karşılaştırılmıştır. Su eksikliğine maruz bırakılan okaliptüs klonları çözülebilir şeker, çözünemez şeker, prolin, total protein ve birçok antioksidan enzimlerin miktarlarındaki değişimler meydana gelmiştir. Genellikle su eksikliği, morfolojik olarak büyümeyi azalttığı, prolin ve çözülebilir şeker oranlarında artış meydana geldiği tespit edilmiştir (Shvaleva vd. 2005).

Elma ağacında yapılan bir çalışmada su stresi uygulanan ve uygulanmayan ağaçların yapraklarında biyokimyasal ve fiziksel parametreler araştırılmıştır. Gün öncesi ve gün ortası yaprak su potansiyelleri, stomatal iletkenlik, transpirasyon ve net fotosentez ölçülmüştür. Sonuçta relatif hava nemi % 24 ün altına düştüğü zaman yaprak su potansiyeline bağlı olmadan stomaların kapandığı tespit edilmiştir (Sircelj, vd. 2005).

Gao (2009)'da *Pinus tabuliformis* Carr., *Pinus yunnanensis* Franch ve bunların hibriti olan *Pinus densata* Masters de kuraklık stresine karşı fizyolojik cevapları araştırmıştır. Çalışma sonucunda kuraklık stresinin klorofil ve prolin miktarlarını artırdığını bulmuştur.

Munne-Bosch ve Alegre (2004) arazide yetiştirilen *Rosmarinus officinalis* L. bitkilerinde yaprak yaşının kuraklık stresine karşı direnci araştırılmıştır. Yaşlı yapraklara sahip bitkilere kuraklık stresi uygulaması sonucunda, yaşlı yapraklarda sararmalar olmuş böylece bitkiler bu sararma ile klorofil içeriğini düşürme yoluna gittikleri tespit edilmiştir. Yaşlı yapraklar sararırken makroskopik, hücresel, biyokimyasal ve moleküler değişiklikler meydana geldiği tespit edilmiş, örneğin klorofil azalması, thylakoidlerin şişmesi, protein azalması vb. değişimler oluşmuştur.

İki yaşındaki rosmarinus (*Rosmarinus officinalis* L.) bitkilerinde yapılan bir araştırmada bitkilerin Akdeniz yazları boyunca sert kuraklıklara maruz kaldıkları belirlenmiştir. 3 aylık kurak dönemden sonra % 35 olan su içeriği sonbahar yağmurlarıyla tekrar normal durumuna gelmiştir. Şiddetli kurak dönem boyunca

klorofil miktarı % 85 in altına düştüğü, karoten miktarlarında da azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. Sonbahar yağmurlarından sonra klorofil pigmentlerinde yükselme meydana geldiği belirlenmiştir (Munne-Bosch ve Alegre 2000).

Caı vd. (2007) tek çenekli ve çift çenekli *Jasminum sambac* Soland. Metabolizmasındaki değişimler ve su stresine karşı fotosentetik yanıtları araştırılmış, gaz değişimi, klorofil flüoresans, bazı metabolik içerikleri araştırmış ve su stresinin fotosentetik oranı, stomatal iletkenliği, maksimum fotosentetik etkiyi, nişasta içeriği, her iki genotipte de azalttığını tespit etmiştir. Yine her iki genotipte de su stresi prolin vetoplam çözülebilir şeker miktarını artırdığını tespit etmiştir. Tek çenekli *Jasminum sambac* türleri çift çeneklilere göre kuraklığı daha iyi tolere ettiği belirlemiştir.

An vd. (2007)'de Çin'in kuzey-batısında kurak ve yarı kurak bölgelerinde yaygın olarak bulunan üç çalı türü (*Forsythia suspensa* Vahl., *Periploca sepium* Bunge, *Syringaoblata* Lindl.) fidanlarının büyümesi ve su metabolizmasında kuraklık stresinin etkisini araştırmıştır. Araştırma sonucunda türler arasındaki su tüketiminde farklılıklar olduğu ortaya çıkmıştır. *Forsythia suspensa* en fazla su tüketimi yaparken, *Syringa oblata* en düşük su tüketimi yapmıştır. Toprak su stresi arttıkça bu türlerdeki su içeriği, prolin ve klorofil içeriklerinde değişiklikler meydana gelmiştir. Yaprak su içeriği *Forsythia suspensa* ve *Periploca sepium* diğer türe göre yüksek çıkmıştır. Fakat prolin miktarları *Periploca sepium* de diğerlerine göre yüksek çıkmıştır. Su içeriğinin azalması ile *Forsythia suspensa* ve *Syringa oblata* da klorofil a/b oranı azalmıştır.

Pinus canariensis C. Sm.'in 5 farklı orijininden elde edilen fidanlarda su eksikliğinin fizyolojik ve morfolojik sonuçları araştırılmıştır. PEG 6000 ile oluşturulan ortamlarla strese tabi tutulan fidanların biokütleleri, büyümeleri, klorofil flüoresansları ve osmotik bileşenleri ölçülmüştür. PEG uygulaması ile oluşturulan üç farklı stres (az stres, çok stres ve kontrol) ortamında yaprak su potansiyelleri sırasıyla -1,2, -2,7 ve -4,7 MPa olarak ölçülmüştür. Bu ortamlardaki maksimum klorofil floresans değerleri ise sırasıyla kontrolde 0,77, az streste 0,66, çok streste ise 0,40

olarak ölçülmüştür. Fakat orijinler arasında istatistiksel anlamda fark bulunamamıştır (L pez vd. 2009).

Pichler ve Oberhuber (2007) Avusturya'nın alpin zonundaki sarıçam ve Avrupa ladinlerinden oluşan konifer ormanlarda, kurak iklim koşullarının bu ağaçlardaki çap artımına etkisini araştırılmışlar. Yaz kuraklığının hem Avrupa ladininde hem de sarıçamda çap artımını azalttığını tespit etmişlerdir. Sonuç olarak özellikle geç ilkbahar ve yaz aylarında oluşan ekstrem iklim koşulları ile çap artışı arasında negatif bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir.

Beş farklı orijine ait üç yaşındaki Sahil çamı (*Pinus pinaster* Ait.) fidanlarındaki osmotik dengenin kuraklığa vermiş olduğu cevaplar araştırılmış ve yaprak relativ su içeriği (RWC), osmotik potansiyelin -0,13 ten -3,0 MPaa çıktığı zaman % 80 azaldığı belirlenmiştir. Bölgelere göre yağış ile osmotik denge arasında negatif bir ilişkisi olduğu tespit edilmiştir. Osmotik dengenin Sahil çamı için kuraklığa karşı adaptasyon mekanizması olduğu sonucuna varılmıştır. Osmotik dengenin katkısı ile bölgelere göre Sahil çamlarının farklı kuraklık toleransları olduğu belirlenmiştir (Nueyrens ve Lannat 2003).

Ashraf (2003) Serada yetiştirilen *Panicum antidotale* Retz. bitkisini değişik ortamlarda yetiştirilmiş (tuz, aşırı sulama ve kontrol), populasyonların gaz alış verişinde ve su potansiyellerinde ortamlara göre fark olup olmadığı araştırmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Araştırmada materyal olarak kullanılmak üzere Kastamonu Hanönü ilçesinde bulunan Anadolu karaçamı tohum bahçesinden alınan 30 klona ait 2009-2010 yılı tohumları kullanılmıştır. Türkiye’de, karaçam (*Pinus nigra* L.) ağaç türü ile kurulmuş 55 adet (446.2 ha) tohum bahçesi bulunmaktadır. Çalışmada materyal olarak seçilen Hanönü tohum bahçesi Taşköprü-Boyabat yolunun 33-37 km’inde yolun sol tarafındadır. Alanı 13,0 ha olup 30 klondan oluşmaktadır. Tohum bahçesinin etrafında kızılçam-meşe karışık orman kuruluşları bulunmaktadır. Bakışı güney, eğim %2, rakım 400 m’dir. Tohum bahçesi Kastamonu Karadere Orman İşletme Müdürlüğü Karadere Orman İşletme Şefliği 84-85 nolu bölmelerde yer alan tohum meşçeresinden seçilen 30 adet plus ağaçtan alınan kalemlerle üretilen 2039 adet aşılı fidan (ramet) 8×8 m aralık × mesafe ile dikilerek 1993 yılında tesis edilmiştir (Anonim 2001).



Şekil 3.1 Taşköprü-Hanönü klonal tohum bahçesinin genel görünümü

Tohum bahçesi, konum olarak Gökırmak havzasında yer almakta olup, yöre ılıman iklime sahiptir. Yazları sıcak, kışları ılık geçmektedir. Yıllık ortalama sıcaklık

13,4⁰C, yıllık yağış 388,7 mm, minimum sıcaklık 10,5⁰C, maximum sıcaklık 41⁰C ve ortalama nisbi nem %58'dir (Anonim 2001).

Tohum bahçesinin bulunduğu alan alt yamaç eteği ve alüvyol yelpaze durumunda olup, hemen hemen düzdür. Toprak genellikle yüzeysel ve profil içerisinde orta zenginlikte, taşlı, derin, kumlu balçık tekstüründedir. pH 7,45-7,58 (hafif alkalen) arasında olup, kireç yönünden zengindir. Yeteri miktarlarda organik madde ve total azot içermektedir. Yarayışlı fosfor değerlerince toprak zengin olup, tuz, bor ve diğer yönlerden normal değerlere sahiptir (Anonim 2001).

Araştırmalar yapılırken aşağıdaki araç, gereç ve sarf malzemelerinden faydalanılmıştır.

- ClimaCell Marka iklim dolabı.
- Elektronik hassas terazi.
- MERC markalı, 1 kg'lık plastik şişelerde yer alan polietilen glikol (PEG6000).
- 11 cm çapında cam petri kapları .
- 11 cm çapında yuvarlak WHATMAN no:1 marka filtre kağıtları.

3.2 Yöntem

Su stresinin Anadolu karaçamı tohumunun çimlenmesi üzerine etkisi ve bu bakımdan klonlar arasındaki farkların ortaya konulması amacı ile, her bir klona ait tohumlar değişik su stresi koşullarında çimlenme testine tabi tutulmuşlardır. Değişik su stresine sahip ortamlar, saf suya belirli miktarlarda polietilen glikol (PEG 6000) eklenmek suretiyle oluşturulmuştur. Düşük molekül ağırlıklı bir madde olan polietilen glikol, tuz kadar kolay absorbe edilmemekte ve su alımını düzenleyerek, ortamı öngörülen su stresi düzeyi koşullarında tutmaktadır. Su stresi, "su gerilimi" veya su potansiyeli" terimleri ile ifade edilmektedir. Su potansiyeli denilince, bir ortamdaki suyun serbest enerjisi ile aynı sıcaklıktaki ve aynı basınçtaki saf suyun serbest

enerjisi ile aynı sıcaklıktaki ve aynı basınçtaki saf suyun serbest enerjisi arasındaki fark anlaşılakta ve bu fark bar veya Megapaskal olarak belirtilmektedir. Su stresi düzeylerinin hazırlanmasında, Michael ve Kaufman tarafından geliştirilen formülden yararlanılmıştır. Oluşturulması istenen su stresi ortamının stres derecesi ile saf suya eklenecek PEG 6000 miktarı arasında bir parabolik ilişki olduğunu belirleyerek, aşağıdaki formülü geliştirmişlerdir (Çalikoğlu 2002).

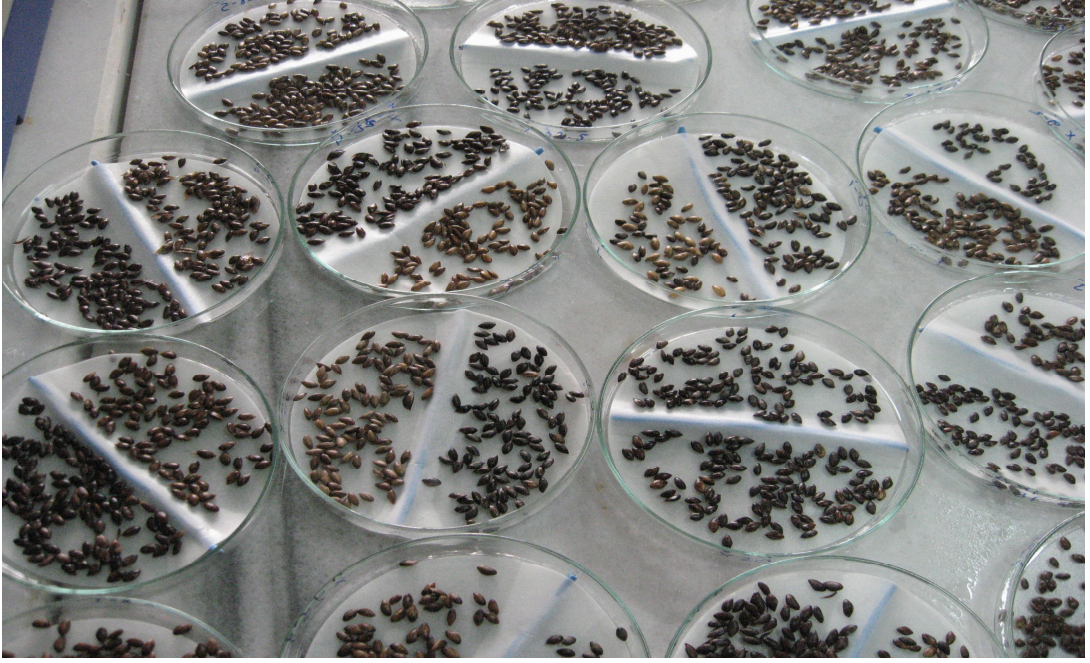
$$0,00010122 c^2 + 0.00646 c = -\psi$$

Buradaki ψ yerine oluşturulması istenen stres derecesinin bar olarak değeri (Örneğin;2) yazılıp, parabolün c değişkenleri belirlendiğinde, pozitif c değeri, 1 kg saf suya konulacak PEG 6000 miktarını (gr) vermektedir. Bu formülden yararlanılarak 0 (kontrol), -2,-4 ve -8 bar'lık su stresi ortamları hazırlanmıştır. Her bir stres ortamının hazırlanmasında kullanılan PEG 6000 miktarları aşağıda belirtilmiştir:

<u>Ortamın Su Stresi(bar)</u>	<u>grPEG 6000/kg H₂O</u>
0	0
-2	104.98
-4	164.30
-6	209.45
-8	247.40

Klonlardaki her bir ramet su stresi işleminde 3x50 adet tohumla çimlendirmeye tabi tutulmuşlardır. Çimlendirmeler 11 cm çapındaki cam petri kaplarında gerçekleştirilmiş ve altlık olarak yine 11 cm çapındaki filtre kağıtları (WHATMAN No:1) kullanılmıştır. Çimlendirmeye alınan tohum örnekleri denemelere konulmadan önce, 5'er dakikalık sürelerle saf suda çalkalanarak yüzeysel olarak olanaklar ölçüsünde temizlenmiştir. Ayrıca petri kapları da otoklavda 120°C'de 20 dakika süre ile sterilize edilmiştir. Çimlendirme testi uygulanan her bir klonda bulunan rametlere ait tohumlar, olanaklar ölçüsünde ortalamayı temsil eden aynı irilik sınıfından olacak

şekilde seçilmiştir. Ayrıca test işlemlerinde, çimlenme yeteneği olmayan veya düşük olan tohumları belirli ölçüde elimine etmek için, sadece koyu renkli tohumlardan seçimler yapılmıştır.



Şekil 3.2 Tohumların petri kaplarına yerleştirilmesinden bir görünüm

Çimlendirme testleri, klima dolabında 20°C sabit sıcaklık %60 bağıl nem ve 1500 lux ışık şiddeti koşullarında 28 günlük sürede gerçekleştirilmiştir. Her ne kadar Anadolu karaçamı tohumunun, 20°C-30°C'ler arasında çimlendirilebileceği belirtiliyorsa da, ön denemelerde 20°C üzerindeki sıcaklıklarda, ortamdaki su buharlaşarak petri kapaklarında damlalar halinde toplandığı ve çimlenme altlıklarının artan PEG konsantrasyonunun etkisiyle aşırı derecede kuruyarak sertleştiği gözlemlenmiştir. Ayrıca PEG 6000 bitki köklerine alınmamakta ve toksik etki yaratmamaktadır. Fakat bu madde kullanılarak hazırlanan çözelti içerisindeki oksijen zamanla azalmaktadır. Oksijen azalısının etkisi de ortamın çimlendirme kâğıtlarının 3-4 günde bir değiştirilmesiyle giderilebilmektedir.

Çimlendirme testleri başladığı andan itibaren, deneme günlük olarak takip edilmiştir. Deneme süresince, kökçüğü en az 2 mm uzamış ve geotropizm etkisi ile kıvrılmış, normal kökçük gelişimi ve görünümü gösteren tohumlar çimlenmiş kabul edilerek petri kaplarından çıkarılmış ve kaydedilmiştir. Deneme süresince petri kapları

kontrol edilerek kuruma olan kaplara aynı dozda solüsyon püskürtmek suretiyle örnekleri nemlendirecek derecede verilmiştir. Ayrıca altlıklar 3 günde bir değiştirilip, yenilenmiştir. Böylece tohumların kullanması ile ortamda kaybedilen suyun yol açacağı PEG 6000 konsantrasyonu artışlarının (dolayısı ile su stresi artışlarının) önüne geçilmeye çalışılmıştır. Ayrıca PEG kullanımının kaçınılmaz olarak ortaya çıkardığı O₂ kullanımı kısıtlamasının çimlenme üzerindeki sınırlayıcı etkisinin de elimine edilmesi hedeflenmiştir (Çalikoğlu 2002).

Anadolu karaçamı klonlarına ait tohumların çimlenme yetenekleri üzerine su stresinin etkisini ortaya koymaya çalışan bu denemeler, 30 farklı klon 5 ayrı su stresi düzeyi (0,-2,-4,-6,-8 bar) olmak üzere 3 faktöriyel 150 işlemden oluşmuş ve her işlem 50' şer tohumdan oluşan 3 tekrar ile gerçekleştirilmiştir. Tohumların çimlenmeleri günlük olarak izlenmiş ve kayıtları tutulmuştur.

Çimlenme yüzdesi, çimlenme değeri sonuçları faktöriyel varyans analizine tabi tutularak, klonlar arasındaki farklılıklar ile bu farkların önem dereceleri ortaya konmuştur. Her iki parametre için de, denemeye alınan klonlar kontrol işlemlerindeki (0 bar) çimlenme yeteneği farklılıklarının analiz sonuçlarında yanıtıcı etkilerini elimine edebilmek için, bu işlemlerdeki değerler 100'e oranlanmıştır. Böylece işlemler klonlar arası farklar daha rasyonel bir şekilde ortaya konulmaya çalışılmıştır. Varyans analizine veriler 100'e oranlanmış şekli ile girilmiştir.

Deneyler sonucunda elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SPSS 15.0 istatistik programı kullanılmıştır. Varyans analizi sonuçlarında istatistiksel bakımdan anlamlı ($P < 0,05$) farklılıklar çıkması durumunda Duncan testi uygulanarak homojen gruplar oluşturulmuştur. Duncan testi ile ölçülen karakter bakımından hangi işlemlerin aynı grupta yer aldığı ya da farklılık gösterdiği ortaya konulmuştur (Özdamar 1999). Varyans analizi; Çoğul varyans analizinde (ANOVA) iki veya daha fazla faktör kullanılmakta, bu faktörlere göre birçok grup ortalamaları arasındaki anlamlı farklar araştırılmaktadır. Yani normal dağılım gösteren k sayıdaki bağımlı gruptaki değişkenlerin ortalamalarının farklılığını test etmek için çoğul varyans analizi kullanılmaktadır.

4. BULGULAR

4.1 Genel bulgular

Tohum bahçesindeki Anadolu Karaçamı klonlarına ait tohumların farklı su stresi koşullarındaki çimlenme yüzdeleri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çimlenme yüzdelerine ilişkin tablodan da anlaşılacağı gibi çimlenme yüzdeleri stres düzeyi arttıkça, buna paralel olarak azalmıştır.

Çizelge 4.1 Farklı su stresi koşullarında klonlara ait çimlenme yüzdeleri

Klon	İşlem Düzeyleri (bar)					Çimlenme (%) Ortalamaları
	Kontrol	-2 Bar	-4 Bar	-6 Bar	-8 Bar	
8	38	7	25	0	0	14
9	78	0	54	2	0	27
10	56	21	29	1	3	22
11	60	26	23	1	0	22
12	70	23	14	0	0	21
13	57	53	4	2	2	24
14	49	9	0	8	5	14
15	69	2	27	3	0	20
16	23	2	1	0	0	5
17	29	2	0	0	0	6
18	44	6	7	0	0	11
19	31	16	20	1	0	14
20	75	18	1	3	0	19
21	55	16	11	0	0	16
22	30	8	7	0	0	9
23	62	2	15	1	0	16
24	33	0	4	6	0	9
25	49	10	6	11	0	15
26	40	8	1	1	1	10
27	62	38	39	7	0	29
28	45	28	19	1	0	19
29	33	4	10	0	0	9
30	48	14	27	0	0	18
31	51	33	31	10	0	25
32	43	31	4	0	0	16
33	31	13	31	2	0	15
34	57	52	6	0	0	23
35	42	24	2	1	1	14
36	27	5	2	0	0	7
37	67	8	20	7	0	20
Ortalama	48	16	15	2	0,4	

Yapılan faktöriyel varyans analizine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.2’de verilmiştir. Buna göre farklı stres düzeylerinde çimlenme yüzdesine ilişkin olarak klonlar arasında $p=0,001$ düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmuştur.

Çizelge 4.2 Çimlenme yüzdelere ilişkin varyans analizi sonuçları

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata
Gruplar Arası	133848,320	4	33462,080	197,179	0,000
Gruplar İçi	75518,500	445	169,704		
Toplam	209366,820	449			

Çizelge 4.2 incelendiğinde analiz sonuçlarına göre uygulamalar arasında %99,9 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar bulunduğu tespit edilmiştir. Bunun üzerine çimlenme yüzdesi bakımından uygulamaların nasıl gruplandığını belirlemek üzere verilere Duncan testi uygulanmış ve sonuçları Tablo 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3 İşlem düzeyindeki çimlenme yüzdelere ilişkin Duncan testi sonuçları

Uygulama	Gruplar		
8	a		
6	a		
4		b	
2		b	
K			c

Yapılan Duncan testi sonucuna göre 8 ve 6 bar uygulamaların birbirlerinden istatistiki olarak anlamlı düzeyde farklılaşmadıkları, aynı şekilde 4 ve 2 barlık uygulamaların da aynı homojen grupta yer aldıkları, ancak bu iki grubun da birbirinden anlamlı düzeyde ayrıldıkları ve kontrol grubunun da tek başına ayrı bir grup oluşturduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.4 Farklı su stresi koşullarında klonlara ait çimlenme hızları

Klon No	Uygulama Miktarları (bar)					Çimlenme Hızı Ortalamaları
	0	-2	-4	-6	-8	
8	3	0	0	0	0	1
9	14	0	0	0	0	3
10	11	1	1	1	0	3
11	15	7	4	1	0	5
12	18	0	0	0	0	4
13	10	7	0	0	0	3
14	7	1	0	0	0	2
15	21	0	0	0	0	4
16	4	0	0	0	0	1
17	4	0	0	0	0	1
18	6	0	0	0	0	1
19	6	4	0	0	0	2
20	14	3	0	0	0	3
21	22	0	0	0	0	4
22	1	0	0	0	0	0
23	14	0	0	0	0	3
24	7	0	0	0	0	1
25	27	2	1	0	0	6
26	17	0	0	0	0	3
27	19	3	6	1	0	6
28	25	3	0	0	0	6
29	5	2	0	0	0	1
30	5	0	1	0	0	1
31	13	0	0	1	0	3
32	6	0	0	0	0	1
33	6	0	0	0	0	1
34	8	3	3	0	0	3
35	6	0	0	0	0	1
36	1	0	0	0	0	0
37	34	0	0	0	0	7
Ortalama	11,63	1,2	0,53	0,13	0	

Çimlenme hızı değerleri incelendiğinde kontrol grubunda %11,63 iken su stresi koşullarında birden düştüğü ve -2 Bar su stresinde %1,2'ye, -4 Bar su stresi seviyesinde %0,53'e ve -6 Bar su stresinde %0,13'e gerilediği tespit edilmiştir. -8 Bar seviyesinde hiç çimlenme olmamıştır.

Çizelge 4.5 Farklı su stresi koşullarında klonlara ait çimlenme değerleri

Klon No	Uygulama Miktarları (bar)					Çimlenme Değeri Ortalamaları
	0	-2	-4	-6	-8	
8	5	0	4	0	0	2
9	19	0	12	0	0	6
10	11	6	6	0	0	5
11	13	6	3	0	0	4
12	18	5	2	0	0	5
13	10	20	0	0	0	6
14	7	1	0	1	0	2
15	19	0	7	0	0	5
16	2	0	0	0	0	0
17	3	0	0	0	0	1
18	6	0	1	0	0	1
19	3	3	1	0	0	1
20	16	3	0	0	0	4
21	12	2	1	0	0	3
22	2	0	0	0	0	0
23	15	0	2	0	0	3
24	4	0	1	1	0	1
25	12	1	1	1	0	3
26	8	0	0	0	0	2
27	18	9	11	1	0	8
28	10	6	3	0	0	4
29	5	0	1	0	0	1
30	8	2	5	0	0	3
31	11	5	6	1	0	5
32	6	7	0	0	0	3
33	3	1	2	0	0	1
34	9	8	1	0	0	4
35	5	4	0	0	0	2
36	2	0	0	0	0	0
37	23	1	4	1	0	6
Ortalama	9,50	3,00	2,47	0,2	0	

Çimlenme değerleri incelendiğinde kontrol grubundaki çimlenme değeri %9,5 iken, -2 Bar su stresinde %3, -4 Bar su stresi seviyesinde 2,47 ve -6 Bar su stresi seviyesinde %0,2 olarak hesaplanmış, -8 Bar seviyesinde ise çimlenme değeri 0 olmuştur.

4.2 İşlem bazında bulgular

4.2.1 Kontrol grubu sonuçlarının değerlendirilmesi

PEG 6000 uygulaması yapılan sadece saf su ile çimlenmesi sağlanan tohumların çimlenme hızı değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.2.1.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.6 Kontrol işleminde elde edilen çimlenme hızına ilişkin varyans analizi sonuçları

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata
Gruplar Arası (Klon)	5960,900	29	205,548	6,859	0,000
Gruplar İçi	1798,000	60	29,967		
Toplam	7758,900	89			

Çizelge 4.6 incelendiğinde analiz sonuçlarına göre Çimlenme hızı bakımından klonlar arasında %99,9 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar bulunduğu tespit edilmiştir. Bunun üzerine çimlenme hızı bakımından klonların nasıl gruplandığını belirlemek üzere verilere Duncan testi uygulanmış ve sonuçları Çizelge 4.7’de verilmektedir.

Çizelge 4.7 Kontrol işleminde çimlenme hızı bakımından klonlara göre oluşan homojen gruplar

Klonlar	Gruplar											
22	a											
36	a											
8	a	b										
16	a	b	c									
17	a	b	c									
29	a	b	c	d								
30	a	b	c	d								
18	a	b	c	d								
19	a	b	c	d								
32	a	b	c	d								
33	a	b	c	d								
35	a	b	c	d								
14	a	b	c	d	e							
24	a	b	c	d	e							
34	a	b	c	d	e	f						
13	a	b	c	d	e	f	gg					
10	a	b	c	d	e	f	gg	h				
31		b	c	d	e	f	gg	h	i			
9			c	d	e	f	gg	h	i			
20			c	d	e	f	gg	h	i			
23			c	d	e	f	gg	h	i			
11				d	e	f	gg	h	i	j		
26					e	f	gg	h	i	j	k	
12						f	gg	h	i	j	k	
27							gg	h	i	j	k	
15								h	i	j	k	
21									i	j	k	
28										j	k	l
25											k	l
37												l

Çizelge 4.7 değerleri incelendiğinde kontrol grubunda çimlenme hızı bakımından 12 homojen grubun oluştuğu, 37, 25 ve 28 nolu klonların son homojen grupta yer aldığı, sıralamada en düşük değerlere sahip 22, 36 ve 8 nolu klonların ise ilk sırada yer aldığı görülmektedir.

Çizelge 4.8 Kontrol işleminde elde edilen çimlenme yüzdesine ilişkin varyans analizi sonuçları

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata
Gruplar Arası	20278,400	29	699,255	13,929	0,000
Gruplar İçi	3012,000	60	50,200		
Toplam	23290,400	89			

Çizelge 4.8 incelendiğinde analiz sonuçlarına göre Çimlenme yüzdesi bakımından klonlar arasında %99,9 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar bulunduğu tespit edilmiştir. Bunun üzerine çimlenme yüzdesi bakımından klonların nasıl gruplandığını belirlemek üzere verilere Duncan testi uygulanmış ve sonuçları Çizelge 4.9'de verilmiştir.

Çizelge 4.9 Kontrol işleminde elde edilen çimlenme yüzdesine göre oluşan homojen gruplar

Klonlar	Gruplar															
16	a															
36	a	b														
17	a	b	c													
22	a	b	c	d												
19	a	b	c	d	e											
33	a	b	c	d	e											
24	a	b	c	d	e	f										
29	a	b	c	d	e	f										
8		b	c	d	e	f	g									
26		b	c	d	e	f	g									
35			c	d	e	f	g	h								
32				d	e	f	g	h	i							
18					e	f	g	h	i	j						
28						f	g	h	i	j						
30							g	h	i	j	k					
14							g	h	i	j	k	l				
25							g	h	i	j	k	l				
31							g	h	i	j	k	l				
21								h	i	j	k	l	m			
10									i	j	k	l	m	n		
13										j	k	l	m	n	o	
34										j	k	l	m	n	o	
11											k	l	m	n	o	
23												l	m	n	o	p
27												l	m	n	o	p
37													m	n	o	p
15														n	o	p
12															o	p
20																p
9																p

Çizelge 4.9 değerleri incelendiğinde kontrol grubunda çimlenme yüzdesi bakımından 16 homojen grubun oluştuğu, sıralamaya göre 16, 36 ve 17 nolu klonların ilk homojen grupta yer aldığı, sıralamada en yüksek değerlere sahip 9, 20 ve 12 nolu klonların ise son sırada yer aldığı görülmektedir.

Çizelge 4.10 Kontrol işleminde elde edilen çimlenme değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata
Gruplar Arası	3085,956	29	106,412	16,656	0,000
Gruplar İçi	383,333	60	6,389		
Toplam	3469,289	89			

Çizelge 4.10 incelendiğinde analiz sonuçlarına göre Çimlenme değeri bakımından klonlar arasında %99,9 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar bulunduğu tespit edilmiştir. Bunun üzerine çimlenme değeri bakımından klonların nasıl gruplandığını belirlemek üzere verilere Duncan testi uygulanmış ve sonuçları Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11 Kontrol işleminde elde edilen çimlenme değerine göre oluşan homojen gruplar

Klonlar	Gruplar											
16	a											
36	a											
22	a	b										
17	a	b										
19	a	b	c									
33	a	b	c									
24	a	b	c	d								
29	a	b	c	d								
8	a	b	c	d								
35	a	b	c	d								
18	a	b	c	d	e							
32	a	b	c	d	e							
14		b	c	d	e	f						
26			c	d	e	f	g					
30			c	d	e	f	g					
34				d	e	f	g	h				
13					e	f	g	h				
28					e	f	g	h				
31						f	g	h	i			
10						f	g	h	i			
21							g	h	i	j		
25							g	h	i	j		
11								h	i	j		
23									i	j	k	
20										j	k	
27											k	
12											k	
15											k	l
9											k	l
37												l

Çizelge 4.11 değerleri incelendiğinde kontrol grubunda çimlenme değeri bakımından 12 homojen grubun olduğu, sıralamaya göre 16, 36 ve 22 nolu klonların ilk homojen grupta yer aldığı, sıralamada en yüksek değerlere sahip 37, 9 ve 15 nolu klonların ise son homojen grupta yer aldığı görülmektedir.

4.2.2 -2 Bar su stresi işleminin değerlendirilmesi

-2 Bar stres uygulanan tohumların çimlenme yüzdesi değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.12 'de verilmiştir.

Çizelge 4.12 -2 bar işleminde elde edilen çimlenme yüzdesine ilişkin varyans analizi sonuçları

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	<i>Hata</i>
Gruplar Arası	18242,900	29	629,066	5,144	0,000
Gruplar İçi	7338,000	60	122,300		
Toplam	25580,900	89			

Çizelge 4.12 incelendiğinde analiz sonuçlarına göre Çimlenme yüzdesi bakımından klonlar arasında %99,9 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar bulunduğu tespit edilmiştir. Bunun üzerine çimlenme yüzdesi bakımından klonların nasıl gruplandırıldığını belirlemek üzere verilere Duncan testi uygulanmış ve sonuçları Çizelge 4.13'de verilmiştir.

Çizelge 4.13 -2 bar işleminde elde edilen çimlenme yüzdesine göre oluşan homojen gruplar

Klonlar	Gruplar								
9	a								
24	a								
15	a	b							
16	a	b							
17	a	b							
23	a	b							
29	a	b	c						
36	a	b	c						
18	a	b	c						
8	a	b	c	d					
22	a	b	c	d					
26	a	b	c	d					
37	a	b	c	d					
14	a	b	c	d					
25	a	b	c	d	e				
33	a	b	c	d	e	f			
30	a	b	c	d	e	f			
19	a	b	c	d	e	f			
21	a	b	c	d	e	f			
20	a	b	c	d	e	f	g		
10	a	b	c	d	e	f	g		
12		b	c	d	e	f	g		
35		b	c	d	e	f	g		
11			c	d	e	f	g		
28				d	e	f	g		
32					e	f	g		
31						f	g	h	
27							g	h	i
34								h	i
13									i

Çizelge 4.13 değerleri incelendiğinde 2 Bar uygulama grubunda çimlenme yüzdesi bakımından 9 homojen grubun olduğu, sıralamaya göre 9, 24 ve 15 nolu klonların ilk homojen grupta yer aldığı, sıralamada en yüksek değerlere sahip 27, 34 ve 13 nolu klonların ise son homojen grubu oluşturduğu görülmektedir.

Çizelge 4.14 -2 bar işleminde elde edilen çimlenme hızı ve değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata
Çimlenme Hızı	Gruplar Arası	350,400	29	12,083	5,331	0,000
	Gruplar İçi	136,000	60	2,267		0,000
	Toplam	486,400	89			0,000
Çimlenme Değeri	Gruplar Arası	1567,956	29	54,067	4,069	0,000
	Gruplar İçi	797,333	60	13,289		0,000
	Toplam	2365,289	89			0,000

Çizelge 4.14 incelendiğinde analiz sonuçlarına göre Çimlenme yüzdesi bakımından klonlar arasında %99,9 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar bulunduğu tespit edilmiştir. Bunun üzerine çimlenme yüzdesi bakımından klonların nasıl gruplandırıldığını belirlemek üzere verilere Duncan testi uygulanmış ve sonuçları Çizelge 4.15’de verilmiştir.

Çizelge 4.15 -2 bar işleminde elde edilen çimlenme hızı ve değerine göre oluşan homojen gruplar

Çimlenme Hızı				Çimlenme Değeri				
Klonlar	Gruplar			Klonlar	Gruplar			
8	a			8	a			
9	a			9	a			
12	a			15	a			
15	a			16	a			
16	a			17	a			
17	a			18	a			
18	a			22	a			
21	a			23	a			
22	a			24	a			
23	a			26	a			
24	a			29	a			
26	a			36	a			
30	a			14	a			
31	a			25	a	b		
32	a			33	a	b		
33	a			37	a	b		
35	a			21	a	b	c	
36	a			30	a	b	c	
37	a			19	a	b	c	
10	a			20	a	b	c	
14	a			35	a	b	c	
25	a	b		12	a	b	c	
29	a	b		31	a	b	c	
20	a	b		10	a	b	c	
27	a	b		11	a	b	c	
28	a	b		28	a	b	c	
34	a	b		32	a	b	c	
19		b		34		b	c	
11			c	27			c	
13			c	13				d

Çizelge 4.15 değerleri incelendiğinde çimlenme hızı bakımından 3, çimlenme değeri bakımından ise 4 homojen grubun olduğu görülmektedir. çimlenme hızı bakımından en düşük değerlere sahip 8 ve 9 numaralı klonlar aynı zamanda

çimlenme değeri bakımından da en düşük değerlere sahiptir. Çimlenme hızı olarak son homojen grubu 11 ve 13 nolu klonlar oluştururken, 13 nolu klon çimlenme değeri bakımından tek başına son homojen grubu oluşturmaktadır.

4.2.3 -4 Bar su stresi işleminin değerlendirilmesi

-4 Bar stres uygulanan tohumların çimlenme yüzdesi değerlerine ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.16'de verilmiştir.

Çizelge 4.16 -4 bar işleminde elde edilen çimlenme yüzdesine ilişkin varyans analizi sonuçları

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata
Gruplar Arası	16172,000	29	557,655	3,809	0,000
Gruplar İçi	8784,000	60	146,400		0,000
Toplam	24956,000	89			0,000

Çizelge 4.16 incelendiğinde analiz sonuçlarına göre Çimlenme yüzdesi bakımından klonlar arasında %99,9 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar bulunduğu tespit edilmiştir. Bunun üzerine çimlenme yüzdesi bakımından klonların nasıl gruplandırıldığını belirlemek üzere verilere Duncan testi uygulanmış ve sonuçları Çizelge 4.17'de verilmiştir.

Çizelge 4.17 -4 bar işleminde elde edilen çimlenme yüzdesine göre oluşan homojen grup

Klonlar	Gruplar						
14	a						
17	a						
16	a	b					
20	a	b					
26	a	b					
35	a	b					
36	a	b					
13	a	b	c				
24	a	b	c				
32	a	b	c				
25	a	b	c	d			
34	a	b	c	d			
18	a	b	c	d			
22	a	b	c	d			
29	a	b	c	d	e		
21	a	b	c	d	e		
12	a	b	c	d	e		
23	a	b	c	d	e		
28	a	b	c	d	e	f	
19	a	b	c	d	e	f	
37	a	b	c	d	e	f	
11	a	b	c	d	e	f	
8		b	c	d	e	f	
15			c	d	e	f	
30			c	d	e	f	
10				d	e	f	
31					e	f	
33					e	f	
27						f	g
9							g

Çizelge 4.17 değerleri incelendiğinde 7 homojen grubun oluştuğu, 14, 17 ve 16 nolu klonlar en düşük değere sahipken en yüksek değere sahip 27 ve 9 nolu klonların son homojen grubu oluşturduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.18 -4 bar işleminde elde edilen çimlenme hızı ve değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata
Çimlenme Hızı	Gruplar Arası	166,400	29	5,738	3,310	0,000
	Gruplar İçi	104,000	60	1,733		0,000
	Toplam	270,400	89			0,000
Çimlenme Değeri	Gruplar Arası	853,956	29	29,447	3,170	0,000
	Gruplar İçi	557,333	60	9,289		0,000
	Toplam	1411,289	89			0,000

Çizelge 4.18 incelendiğinde analiz sonuçlarına göre Çimlenme hızı ve çimlenme değeri bakımından klonlar arasında %99,9 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar bulunduğu tespit edilmiştir. Bunun üzerine çimlenme hızı ve çimlenme değeri bakımından klonların nasıl gruplandığını belirlemek üzere verilere Duncan testi uygulanmış ve sonuçları Tablo Çizelge 4.19’da verilmiştir.

Çizelge 4.19 -4 bar işleminde elde edilen çimlenme hızı ve değerine göre oluşan homojen gruplar

Çimlenme Hızı					Çimlenme Değeri				
Klonlar	Gruplar				Klonlar	Gruplar			
8	a				13	a			
9	a				14	a			
12	a				16	a			
13	a				17	a			
14	a				20	a			
15	a				22	a			
16	a				26	a			
17	a				32	a			
18	a				35	a			
19	a				36	a			
20	a				18	a			
21	a				21	a			
22	a				24	a			
23	a				25	a			
24	a				29	a			
26	a				34	a			
28	a				19	a			
29	a				12	a	b		
31	a				23	a	b		
32	a				33	a	b		
33	a				28	a	b		
35	a				11	a	b		
36	a				37	a	b		
37	a				8	a	b		
10	a	b			30	a	b		
25	a	b			10	a	b	c	
30	a	b			31	a	b	c	
34		b	c		15		b	c	d
11			c	d	27			c	d
27				d	9				d

Çizelge 4.19 değerleri incelendiğinde çimlenme hızı ve çimlenme değeri bakımından 4 homojen grubun olduğu görülmektedir. çimlenme hızı bakımından en düşük değerlere sahip 8, 9 ve 12 numaralı klonlar ilk sırada yer alırken çimlenme

değeri bakımından en düşük değerlere sahip klonlar 13, 14 ve 16 nolu klonlardır. Çimlenme hızı olarak son homojen grubu 11 ve 27' nolu klonlar oluştururken, 15, 27 ve 9 nolu klonlar çimlenme değeri bakımından son homojen grubu oluşturmaktadır.

4.2.4 -6 Bar su stresi işleminin değerlendirilmesi

-6 Bar stres uygulanan tohumların çimlenme yüzdesi değerlerine ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.20'de verilmiştir.

Çizelge 4.20 -6 bar işleminde elde edilen çimlenme yüzdesine ilişkin varyans analizi sonuçları

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata
Gruplar Arası	905,600	29	31,228	3,123	0,000
Gruplar İçi	600,000	60	10,000		0,000
Toplam	1505,600	89			0,000

Çizelge 4.20 incelendiğinde analiz sonuçlarına göre Çimlenme yüzdesi bakımından klonlar arasında %99,9 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar bulunduğu tespit edilmiştir. Bunun üzerine çimlenme yüzdesi bakımından klonların nasıl gruplandığını belirlemek üzere verilere Duncan testi uygulanmış ve sonuçları Çizelge 4.21'da verilmiştir.

Çizelge 4.21 -6 bar işleminde elde edilen çimlenme yüzdesi değerine göre oluşan homojen gruplar

	Klonlar			
8	a			
12	a			
16	a			
17	a			
18	a			
21	a			
22	a			
29	a			
30	a			
32	a			
34	a			
36	a			
10	a	b		
11	a	b		
19	a	b		
23	a	b		
26	a	b		
28	a	b		
35	a	b		
9	a	b	c	
13	a	b	c	
33	a	b	c	
15	a	b	c	
20	a	b	c	
24	a	b	c	d
27		b	c	d
37		b	c	d
14			c	d
31				d
25				d

Çizelge 4.21 değerleri incelendiğinde 4 homojen grubun oluştuğu, 8, 12 ve 16 nolu klonlar en düşük değere sahipken en yüksek değere sahip 25, 31 ve 14 nolu klonların son homojen grupta yer aldığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.22 -6 Bar işleminde çimlenme hızı ve Çimlenme değeri bakımından klonlara göre varyans analizi sonuçları

		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata
Çimlenme Hızı	Gruplar Arası	10,400	29	0,359	2,690	0,001
	Gruplar İçi	8,000	60	0,133		
	Toplam	18,400	89			
Çimlenme Değeri	Gruplar Arası	10,500	29	0,362	2,716	0,001
	Gruplar İçi	8,000	60	0,133		0,000
	Toplam	18,500	89			0,000

Çizelge 4.22 incelendiğinde analiz sonuçlarına göre çimlenme hızı ve çimlenme değeri bakımından klonlar arasında %99,9 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar bulunduğu tespit edilmiştir. Bunun üzerine çimlenme hızı ve çimlenme değeri bakımından klonların nasıl gruplandığını belirlemek üzere verilere Duncan testi uygulanmış ve sonuçları Çizelge 4.23’de verilmiştir.

Çizelge 4.23 -6 Bar işleminde çimlenme Hızı ve Çimlenme değeri bakımından klonlara göre oluşan homojen gruplar

Çimlenme Hızı			Çimlenme Değeri		
Klonlar	Gruplar		Klonlar	Gruplar	
8	a		8	a	
9	a		9	a	
12	a		10	a	
13	a		11	a	
14	a		12	a	
15	a		13	a	
16	a		15	a	
17	a		16	a	
18	a		17	a	
19	a		18	a	
20	a		19	a	
21	a		20	a	
22	a		21	a	
23	a		22	a	
24	a		23	a	
25	a		26	a	
26	a		28	a	
28	a		29	a	
29	a		30	a	
30	a		32	a	
32	a		33	a	
33	a		34	a	
34	a		35	a	
35	a		36	a	
36	a		14	a	b
37	a		24	a	b
10		b	37	a	b
11		b	25		b
27		b	27		b
31		b	31		b

Çizelge 4.23 değerleri incelendiğinde çimlenme hızı ve çimlenme değeri bakımından 2 homojen grubun oluştuğu görülmektedir. çimlenme hızı bakımından 31, 27, 11 ve 10 numaralı klonlar ikinci homojen grubu oluştururken diğer tüm klonlar ilk homojen grupta yer almaktadır. Benzer bir durum da çimlenme değerinde görülmektedir. 31, 27, 25, 37, 24 ve 14 numaralı klonlar ikinci homojen grubu oluştururken diğer tüm klonlar ilk homojen grupta yer almaktadır.

4.2.5 -8 Bar su stresi sonuçlarının değerlendirilmesi

-8 Bar Uygulama Grubunda Çimlenme Hızı, Çimlenme Yüzdesi ve Çimlenme Değeri verilerine uygulanan Varyans Analizi Sonuçları Çizelge 4.24’de verilmiştir.

Çizelge 4.24 -8 Bar işleminde çimlenme yüzdesi, Çimlenme Hızı ve Çimlenme Değeri bakımından klonlara göre varyans analizi sonuçları

		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata
Çimlenme Hızı	Gruplar Arası	0,000	29	0,000	.	.
	Gruplar İçi	0,000	60	0,000		
	Toplam	0,000	89			
Çimlenme Yüzdesi	Gruplar Arası	105,600	29	3,641	2,731	0,001
	Gruplar İçi	80,000	60	1,333		
	Toplam	185,600	89			
Çimlenme Değeri	Gruplar Arası	0,000	29	0,000	.	.
	Gruplar İçi	0,000	60	0,000		
	Toplam	0,000	89			

Çizelge 4.24’de görüldüğü üzere çimlenme hızı ve çimlenme değeri verileri anlamsız çıkarken çimlenme yüzdesi bakımından %99,9 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar oluşmuştur. Bunun üzerine çimlenme yüzdesi bakımından klonların gruplaşmasını belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.25’de verilmiştir.

Çizelge 4.25 -8 Bar işleminde çimlenme yüzdesi bakımından oluşan homojen gruplar

Klonlar	Gruplar		
8	a		
9	a		
11	a		
12	a		
15	a		
16	a		
17	a		
18	a		
19	a		
20	a		
21	a		
22	a		
23	a		
24	a		
25	a		
27	a		
28	a		
29	a		
30	a		
31	a		
32	a		
33	a		
34	a		
36	a		
37	a		
26	a	b	
35	a	b	
13	a	b	
10		b	
14			c

Çizelge 4.25 değerleri incelendiğinde 3 homojen grubun oluştuğu, 14 nolu klon son homojen grubu oluştururken 10, 13, 35 ve 26 nolu klonların ikinci homojen grubu oluşturduğu diğer tüm klonların ise ilk homojen grupta yer aldığı görülmektedir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Su stresi arttıkça tohum bahçesindeki Anadolu karaçamının 30 klonuna ait oransal çimlenme yüzdelerinin azalttığı görülmüştür. Su miktarının en fazla dolayısıyla alımının da en kolay olduğu 0 bar su stresi koşullarında en yüksek oranda çimlenme olurken, çimlenme ortamında bulunan su miktarının azalışına paralel olarak çimlenme miktarı da azalmıştır. Benzer şekilde Halepçamı (Falusi ve ark. 1983), Kızılcam (Boydak ve ark.2003), Toros sediri (Dirik 2000), Sarıçam (Tilki,2005) ve Anadolu karaçamı'nda (Çalikoğlu, 2002) artan su stresinin çimlenme oranını azalttığı görülmüştür. Çalikoğlu (2002) bildirdiğine göre orman ağaçlarında yapılan su stresi ile ilgili çalışmalarda su stresinin çimlenme yeteneğini önemli ölçüde azaltabildiği sonucuna varmışlardır. Kramer ve Kozlowski de, genel olarak tarla kapasitesinde, kalın kabuklu tohumlar hariç, suyun tohum bünyesine kolaylıkla alınabildiğini belirtmekte, toprak kurudukça hem çimlenme yüzdesinin, hemde hızının azaldığını belirtmektedir. Kaufmann ve Eckard (1977), - 8 bar'lık bir su stresinin, "*Pinus contorta* ve *Picea engelmannii* tohumlarının çimlenme yüzdesini, %50 oranında azaltabildiğini ortaya koymuşlardır. Djavanshir ve Reid(1975) ise, -8 bar'lık su stresinde, *Pinus ponderosa*'da çimlenme yüzdesinin %22'ye, *Pinus elerica*'da ise %36'ya düştüğünü tespit etmişlerdir. *Pinus ponderosa*'da yapılan başka bir çalışmada çimlenme yüzdesinin -7 bar'da ortalama %69'a, -15 bar'da ise ortalama %25'e düştüğü belirlenmiştir." Falusi ve Calamassi, Kızılcam tohumlarının çimlenme yüzdesinde, -4 bar'lık su stresinde bir azalma olduğunu belirlemiş, -8 bar'lık stres düzeyinde ise çimlenmenin yaklaşık %5 seviyesine indiğini ortaya koymuşlardır. Boydak ve Ark. Türkiye'den değişik orijinli kızılçam tohumları ile yaptıkları çalışmada, -4 bar'lık stres düzeyinden sonra çimlenmenin oransal olarak belirgin şekilde düştüğünü belirlemişler, -8 bar'da oransal çimlenme yüzdesinin ortalama olarak %30' düştüğünü tespit etmişlerdir. Falusi ve Ark., Halepçamı tohumlarının -2 bar'lık su stresinde çimlenme yeteneklerini kaybetmediğini, fakat -8 bar'lık su stresi düzeyinde çimlenme yüzdesinin yaklaşık %25' e düştüğünü belirlemişlerdir. Dunlap ve Barnett, *Pinus taeda* tohumlarının çimlenme hızlarının, - 3 bar'dan sonra belirgin ölçüde düştüğünü tespit etmişlerdir. Yazarlar çimlenme yüzdesinin ise, -10 bar'a kadar fazla değişim göstermediğini belirtmişler, ancak -15

bar'lık su stresi düzeyinde, çimlenme yüzdesinin orijinlere bağlı olarak %10-15'e düştüğünü eklemişlerdir. Toros sediri tohumlarında yapılan benzer bir çalışmada da, -6 bar su stresi düzeyinde, çimlenme yüzdesinin oransal olarak ortalama %75 oranında azaldığı belirlenmiştir.

Toros sedirinde, Anadolu karaçamında ve Kızılçamda stres düzeyinin artışıyla birlikte çimlenme yüzdesi azalmaya başlamaktadır. Toros sedirinde bu düşüş, Anadolu karaçamın oranla çok daha fazladır. Kızılçamda ise 0 ile -4 bar su stresi düzeyinde çimlenme yüzdesinin düşmediği görülmektedir. Bu durum kızılçamın çimlenmesi için optimal su stresi düzeyinin 0 ile -4 bar arasında olduğunu ortaya koymaktadır.

Kızılçamın ve karaçamın -8 bar stres düzeyinde oransal çimlenme yüzdeleri aynı ise de, kızılçam ara stres düzeylerinde karaçama oranla belirgin bir çimlenme üstünlüğüne sahiptir. Bu sonuçlar, her üç türün ekolojik isteklerindeki farklılıkların, çimlenme yeteneklerinin su stresine bağlı değişimine önemli derecede etki edebildiğini göstermektedir. Genel olarak, doğal yayılış alanı itibariyle daha yağışlı üst zonları tercih eden Toros sedirinin tohumları, su stresi düzeyi artışına karşı en hassas konuma sahiptir. Gerek sedir, gerekse Anadolu karaçamu tohumları, doğada ilkbaharda çimlenmektedirler. Özellikle sedir tohumlarının, kışın kar altında çimlenme engellerini aştıkları ve çoğu zaman kar erimesiyle birlikte çimlenebildikleri bilinmektedir. Yani çimlenme anında Sedir tohumlarının Kızılçam ve Karaçam'a göre su bakımından daha uygun çimlenme yatağı koşulları bulunduğu belirtilebilir. Kızılçamın Karaçama oranla, tohumun çimlenme yeteneğini bakımından su stresine daha dayanıklı olması ise, bu türün genel olarak yağışça nispeten fakir alt orman zonlarında yayılmasından kaynaklanması muhtemeldir. Ayrıca Kızılçam, tohumu ilkbaharda dökülüp çimlenen Karaçamın aksine, tüm yıl boyu tohum dökülebilmekte ve örneğin sonbahar çimlenmeleri, özellikle alt yayılış yükseltilerinde, bu türün gençleşebilmesi için önemli olabilmektedir. Sonbahar koşullarında, belirtilen yörelerde çimlenme yatağı rutubeti, şiddetli yaz kuraklığının ardından, nispeten yetersiz olabilir. Fakat burada orijin farklılıklarına da dikkat

etmek gerekir. Her ne kadar her iki tür de, – 8 bar su stresi düzeyinde, oransal olarak %44,5 düzeyinde çimlenebilmiştir.

Hanönü günlüburun Anadolu karaçamı tohum bahçesindeki su stresine karşı çimlenme yeteneğinde görülen klonlar arası varyasyonların nedenlerinin genetik mi yoksa başka bir neden mi olduğunu kesin bir şekilde ortaya koymak kolay değildir.

Karadağ (1999) karaçam doğal gençleştirmelerinde, karaçam gençliğinin ilk 2–3 yıl içerisindeki gelişmesinde nem faktörünün ışığa göre daha belirgin rol oynadığını ortaya koymuştur. Bu nedenle kurağa daha dayanıklı olarak görünen orijinlerin bulunduğu yerlerde, aşırı kuraklıklara rastlayan yıllarda yapılacak doğal gençleştirme çalışmalarında daha yüksek başarı elde edilebilir. Yine su stresi koşullarında diğerlerine kıyasla daha yüksek çimlenme yüzdeleri gösteren klonları(-4,-6,-8 bar) fidanlıklarda yetiştirmek daha kolay olacaktır. Zira bu klonlar daha az sulama maliyeti gerektirecek ve sulamalarda oluşabilecek aksaklıklardan daha az etkileneceklerdir. Kuraklık Türkiye ormancılığının en önemli sorunlarındanıdır. Bu çalışmada klonlar arası kurağa dayanıklılık farkları tohum aşamasında araştırılmış sonuçları da bu yönde olması gerektiğini ortaya koymuştur.

Ağaçlandırmada öncelikle yöresel tohum kaynaklarını kullanmak esastır. Eğer yöresel tohum kaynağı mevcut değilse, Anadolu karaçamı için, tohumların toplandıkları alanlardan ne kadar uzaktaki ağaçlandırma alanlarında kullanabileceklerini dikte eden Tohum Transfer Rejyonlaması kullanılmaktadır. Atalay (1977) tarafından yapılan bu rejyonlamada; Türkiye’de geniş alanda yayılan Anadolu karaçamı ormanları vejetasyon periyodu ve kuraklık indisi kullanarak 10 adet ana rejyona vejetasyon süreleri dikkate alınarak 24 alt rejyonlara ayrılmıştır. Ana rejyonlar arası hiçbir suretle tohum transferinin yapılmaması; transferin aynı yükseklik zonları arasında yapılması, bunun mümkün olmadığı durumlarda tohum hasat yerinin ağaçlandırma yerinden en çok 300 m daha yüksekte veya 250 m daha alçakta olmak üzere, 550 m yükseklik kuşağından seçilmesi; bir alt rejyonda tohum mesceresi olmaması halinde; vejetasyon süresi ile ayrılmış olan bitişik alt rejyonlar arasında tohum transferi yapılması önerilmektedir. Aynı alt rejyon içerisinde bile her

yerde kuraklık aynı şiddette etkili değildir. Bu nedenle, çalışmamızda kurağa dayanıklılık bakımından üstünlük gösterdiği belirlenen klonlar (aşı kalemi alındığı meşçere), kendi bulunduğu alt rejyon içerisinde veya bitişik alt rejyonda kuraklığın etkili olduğu lokal alanlarda rahatlıkla kullanılabilir (Atalay 1977).

Ülkemiz geneli ve özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerimiz farklı ekolojik koşullara sahip olduklarından ağaçlandırmalarda öncelikli olarak doğal türlerin kullanımına gidilmelidir.

Yapılan çalışmada tohum bahçesinde klonlara uygulanan su stresi seviyesi arttıkça çimlenme yüzdesinin düştüğü tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kontrol grubunda ortalama çimlenme yüzdesi %48 iken bu oran -2 Bar su stresi altında %16'ya, -4 Bar su stresi altında %15'e, -6 Bar su stresi altında %2'ye ve -8 Bar su stresi altında %0,4'e düşmektedir.

Yapılan çalışma klonların su stresine farklı tepkiler verdiklerini, yani su stresi uygulanması sonucunda farklı klonların reaksiyonlarının farklı olduğu görülmüştür. Kontrol grubunda klonlar çimlenme yüzdesi bakımından 16 gruba ayrılmış ve 16, 36, 17, 22, 19, 33, 24 ve 29 nolu klonlar en düşük çimlenme yüzdesine sahipken 23, 27, 37, 15, 12, 20 ve 9 nolu klonlar en yüksek çimlenme yüzdesine ulaşmışlardır. Ancak -2 bar stres koşulları uygulanmaya başladığında durum değişmeye başlamış, Duncan testi sonucu klonlar 9 homojen grupta toplanmış ve 30 klonun 21 adedi en düşük çimlenme yüzdesine sahip grupta toplanmıştır. En yüksek çimlenme yüzdesini 27, 34 ve 13 nolu klonlar göstermiştir.

Su stresi -4 bar olarak uygulandığında Duncan testi sonucu oluşan homojen grup sayısı 7'ye, en düşük çimlenme yüzdesine sahip klonların bulunduğu gruptaki klon sayısı 22'ye yükselmiştir. -4 Bar altında en yüksek çimlenme yüzdesine sahip klonlar 27 ve 9 nolu klonlardır.

Su stresi -6 Bar olarak uygulandığında Duncan testi sonucu oluşan homojen grup sayısı 4'e düşmüş ve 30 klonun 25 adedi en düşük çimlenme yüzdesine sahip klonlar grubunda yer almıştır. Bu stres seviyesinde en yüksek çimlenmeyi gösteren klonlar

24, 27, 37, 14, 31 ve 25 nolu klonlardır. Ancak bu stres seviyesinde son homojen grupta 6 klonun bulunmasının sebebi çimlenme yüzdesinin oldukça düşmüş olmasıdır. 24 nolu klon -6 bar seviyesinde %6 çimlenme yüzdesi oranı ile Duncan testi sonucunda bütün homojen gruplarda birden yer almaktadır.

En yüksek su stresi seviyesi olan -8 bar su stresinde çimlenme yüzdesi ortalama %0,4'e düşmüş ve bu stres seviyesinde 30 klonun 25 adedinde çimlenme olmamış, çimlenme yüzdesi 26 ve 35 nolu klonlarda %1, 13 nolu klonda %2, 10 nolu klonda %3 ve 14 nolu klonda %5 seviyesinde gerçekleşmiştir. Dolayısıyla -8 bar su stresi seviyesindeki çimlenmelerin yarısı sadece 14 nolu klonda gözlemlenmiştir.

Çimlenme hızı değerleri incelendiğinde kontrol grubunda %11,63 iken su stresi koşullarında birden düştüğü ve -2 Bar su stresinde %1,2'ye, -4 Bar su stresinde %0,53'e ve -6 Bar su stresinde %0,13'e gerilediği tespit edilmiştir. -8 Bar seviyesinde ise hiç çimlenme olmamıştır. Elde edilen verilere göre çimlenme değeri kontrol grubunda 9,5 olarak hesaplanırken -2 Bar su stresi seviyesinde 3, -4 Bar su stresi seviyesinde 2,47 ve -6 Bar su stresi seviyesinde 0,2 olarak hesaplanmış, -8 Bar seviyesinde ise çimlenme değeri 0 olmuştur.

Çimlenme hızı bakımından kontrol grubunda klonlar Duncan testi sonucunda 12 homojen gruba ayrılmış ve 28, 25 ve 37 nolu klonlar en yüksek çimlenme hızı değerine sahip olmuşlardır. Çimlenme değeri bakımından ise klonlar 13 homojen gruba ayrılmış ve 15, 9 ve 37 nolu klonlar en yüksek değeri göstermiştir.

Su stresi seviyesi – 2 Bar iken klonlar çimlenme hızı bakımından 3, çimlenme değeri bakımından ise 4 grupta toplanmış, çimlenme hızı bakımından 11 ve 13 nolu klonlar son homojen grupta yer alırken çimlenme değeri bakımından 13 nolu klon tek başına son homojen grubu oluşturmuştur. – 4 Bar su stresi seviyesinde ise klonlar hem çimlenme hızı hem de çimlenme değeri bakımından 4 homojen grupta toplanmış, çimlenme hızı bakımından 11 ve 27, çimlenme değeri bakımından 15,27 ve 9 nolu klonlar son homojen grubu oluşturmuş yani en yüksek değerlere ulaşmıştır.

Su stresi seviyesi -6 Bar düzeyinde iken klonlar çimlenme hızı ve değeri bakımından 2 homojen grup oluşturmuş ve 10, 11, 27 ve 31 nolu klonlar çimlenme hızı, 14, 24, 37, 25, 27 ve 31 nolu klonlar ise çimlenme değeri bakımından son homojen grubu

oluşturmuştur. -8 Bar su stresi seviyesinde ise çimlenme olmadığından çimlenme hızı ve çimlenme değeri hesaplanmamıştır.

Çalışma sonuçları aynı tohum bahçesinde klonların su stresine tepkilerinin farklı olduğunu göstermektedir. Çalışma sonucunda yüksek su stresi seviyelerinde dahi çimlenme gösterebilen klonlar değerlendirilmeli, gerekirse diğer karaçam tohum bahçelerinde de benzer çalışmalar yapılarak su stresine karşı toleransı yüksek olan klonlardan, fenolojik olarak uyumlu olmaları şartıyla “kuraklığa dayanıklı tohum üretimi” amacıyla tohum bahçeleri kurulmalı ve kurak alanlarda bu tohum bahçesinden toplanan tohumlardan üretilen fidanlar kullanılmalıdır.

Bu tarz çalışmalar sonucunda kuraklığa dayanıklı olduğu tespit edilen klonlar arasında kontrollü çaprazlamalar yapılarak sonuçlarına göre farklı yönelimlerde bulunmalı, böylece kuraklığa gerçekten yüksek seviyede dayanıklı klonlar bulunmalı veya oluşturulmalı ve kurak alan ağaçlandırmalarında kullanılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Akkemik, Ü., 1997. Batı Karadeniz Bölgesi'ndeki *Pinus nigra* Arn. ve *Pinus cilicica* Carr. Taksonlarında Dendrokronolojik Araştırmalar. Doktora Tezi. İ.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Alam, M. S. 1999. Nutrient Uptake by Plants Under Stress Conditions, Handbook of Plant and Crop Stress, Second Edition, Revised and Expanded Edited by Mohammad Pessaakli Chapter 12, 285-314, University of Arizona.
- Anonim, 1997. Extreme Agrometeorological Events, CagM-X Working Group, Geneva.
- Anonim, 2001. Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma Müdürlüğü 2000 Yılı Çalışma Raporu, Orman Genel Müdürlüğü, Yayın No:17, Sayı:3, 27,28 Ankara.
- Anonim, 2004. Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma Müdürlüğü, 2003 Yılı Çalışma Raporu 2004 Yılı Çalışma Programı, Ankara, s.15.
- Anonim, 2006a. Orman Varlığımız. TC. Çevre ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, 160 s, Ankara.
- Anonim, 2011. <http://www.meteor.gov.tr>, Erişim tarihi:20.04.2011
- Anonim, 2011. Orman Varlığımız, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Ansin, R., 1988. Tohumlu Bitkiler. K.T.Ü. Orman Fakültesi, Genel Yayın No:122, Fakülte Yayın No:15, 262 s, Trabzon.
- Atalay, İ. 1977. Türkiye'de çam türlerinde tohum transfer rejyonlaması, Orman Bakanlığı, AGM, Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma Müdürlüğü Yayınları, Yayın No: 1, Ankara, 47s.
- Ardel, A., 1940. Umumi Coğrafya Dersleri Klimatoloji I, İ.Ü.Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Enstitüsü Yayın No:7, Yenidevir Basımevi, İstanbul.
- Ashraf, M. 2003. Relationships Between Leaf Gas Exchange Characteristics and Growth of Differently Adapted Populations of Blue Panicgrass (*Panicum antidotale* Retz.) Under Salinity or Waterlogging. Plant Science,165,1, 69-75.
- Aslan, S., Kızmaz, M., 1994. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Fidanlarının Dikimden Önce Agricol İle İşlem Yapılmasının Tutma Başarısına Etkisi ve Ekonomisinin İrdelenmesi. İç Anadolu Orm. Art. Ents. Dergisi, Dergi No: 78, 57-74, Ankara.

- Barry R.G., Charley R.J. 1976. Atmosphere Weather and Climate Methuen, London.
- Boydak, M. Dirik, H., Tilki, F., Çalıkoğlu, M. 2003. Effects of Water Stress on Germination In Six Provenances of Pinus Brutia Seeds From Different Bioclimatic Zones in Turkey, Turk. J. Agric. For., 27: 95-97.
- Bray, E. A. 1997. Plant Response to Water Deficit, Trends Plant Science,2:48-53.
- Caı, H., Biswas, D., K., Shang, A., Q., Zhao, L., J., and Li, W.D. 2007. Photosynthetic Response to Water Stress and Changes in Metabolites in *Jasminum sambac* Soland. Photosynthetica, 45, 4, 503-509.
- Crafts, A., S. 1968. Water Deficits and Physiological Process. Academic Press, 2, 85-133, New York.
- Chavez, M. M., Maroco, J., P. and Pereira J., S., 2003. Understanding Plant Responses to Drought from Genes to The Whole Plant. Funct. Plant Biol., 30, 239-264.
- Chavez, M., M., Pereira J., S., Maroco, J., P., Rodrigues, M., L., Ricardo, C., P., P., Osorio, M., L., Carvalh, I., Faria, T., and Pinheiro, C., 2002. How Plants Cope with Water Stres in The Field. Photosynthesis and Growth. Ann. Bot., 89, 907-916.
- Çalıkoğlu, M. 2002. Anadolu Karaçamı (Pinus nigra Arnold ssp. Pallasiana Lamb.Holmboe) Orijinlerinin Kuraklıklara Karşı Reaksiyonlarını Ekofizyolojik Analizi, Doktora tezi, İÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çalıkoğlu, M. ve Tilki, F. 2002. Orman Ağacı Tohumlarında Çimlenme-Su Stresi ilişkisi, İÜ Orman Fakültesi Dergisi, 76-88.
- Çalıkoğlu, M. ve Tilki, F. 2004. Lübnan Meşesi (Quercus libani Oliver) ve Macar Meşesi (Quercus frainetto Ten.) Fidanlarında Kurak Dönemdeki Transprasyon Analizi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 133-142.
- Çepel, N. 1995. Orman Ekolojisi, İÜ Orman Fakültesi Yayınları, 3886, 536, İstanbul.
- Çepel, N., Dündar, M. ve Günel, A. 1977. Türkiyenin Önemli Yetiğme Bölgelerinde Saf Sarıçam Ormanlarının Gelişimi ile Bazı Edafik ve Fizyografik Etmenler Arasındaki İlişkiler, Tübitak Yayın No: 354
- Çelik, O., Semerci, A., Sanlı, B., Belindir, B., Gedik, Ö. 2002. Ankara Çevresinde Görülen Kurumaların Nedenleri, Orman Mühendisliğı Dergisi, Mayıs 2002, Yıl:39, Sayı:5. Gill, P. K. Sharma, A. D., Shingh, P., Bhullar, S. S. 2001. Effect of Various Abiotic Stresses on The Growth Soluble Sugars and Water Relation of Sorghum Seedlings Grown in Light and Darkness, Bulg. J. Plant Physiol., 27, 72-84.

- Dirik, H., Çalıkoğlu, M. ve Tilki, F. 1999 Kızılcım (Pinus brutia Ten.) Tohumlarında Ozmotik Stres ile Koşullandırmanın Çimlenme Üzerine Etkileri, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 76-89.
- Dirik, H. 1999. 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 A, 59-74.
- Dirik, H. 2000. Farklı Biyoiklim Kuşaklarını Temsil Eden Kızılcım (Pinus brutia Ten.) Orijinlerinin Kurak Dönemdeki Su Potansiyellerinin Basınç-Hacim (P-V) Eğrisi Yöntemi ile Analizi, İ.Ü. Orman Fak. Dergisi Seri A, 50, 93-130.
- Dirik, H. 1991. Kızılcım (Pinus brutia Ten.) da Bazı Önemli Fidan Karakteristikleri ile Dikim Başarısı Arasındaki ilişkiler. İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 116, İstanbul.
- Eruz, E. 1984. Balıkesir Orman Bölge Müdürlüğü'ndeki Saf Karaçam Mescerelerinin Boy Gelisimi ile Bazı Edafik ve Fizyografik Özellikler Arasındaki İlişkiler, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 3244.
- Faulkner, R. 1975. *Seed Orchards*, Forestry Commission Bulletin No:54, London, 149 pp.
- FAO, 1963. *Tree Planting Practices for Arid Zones*, Food and Agriculture Organization of The United Nations, Rome.
- Gezer, A. ve Aslan, S. 1982. Kuzey Doğu Anadolu'da Sarıçam (Pinus sylvestris L.)'ın Bazı Kozalak ve Tohum Özellikleri Üzerinde Araştırmalar. Orman Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten No: 112, 55-63, Ankara.
- Goor, A., Y. and Barney, C., W., 1968. *Forest Tree Planting in Arid Zones*. The Ronald Pres Company, New York.
- Gill, P. K. Sharma, A. D., Shingh, P., Bhullar, S. S., 2001. Effect of Various Abiotic Stresses on The Growth Soluble Sugars and Water Relation of Sorghum Seedlings Grown in Light and Darkness, Bulg. J. Plant Physiol., 27, 72-84.
- Kaçar, B., Katkat, A. V., Öztürk, S. 2002: Bitki Fizyolojisi, Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın no: 198, 562s.
- Kalefetoğlu, T., Ekmekçi, Y., 2005. The Effects of Drought on Plant and Tolerance Mechanisms, G.U. Journal of Science, 18 (4):723-740.
- Kalıpsız, A. 1963. Türkiye'deki Karaçam (Pinus nigra Arnold) Mescerelerinin Tabi Büyümesi ve Verim Kudreti Üzerine Araştırmalar, Tarım Bakanlığı O.G.M. Yayını, Sıra No: 349, SeriNo: 8.

- Karabulut, S. 2001. Eskisehir Yöresi Makinalı Karaçam Ağaçlandırmalarında Arazi Hazırlama Yöntemlerinin 15 Yıllık Gelisimi Üzerindeki Etkileri, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Karadağ, M. 1999. Batı Karadeniz Bölgesi'nde Karaçam (*Pinus nigra* Arnold ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Doğal Gençleştirme Kosulları Üzerine Araştırmalar, Batı Karadeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü, Teknik Bülten No: 4, Bolu, 226s.
- Kaufman, M.R., Eckard, A.N. 1977; Water Potential and Temperature Effects on Germination of Engelmann spruce and Lodgepole Pine Seeds. *For. Sci.* 23:27-33.
- Kayacık, H., Orman ve Park Ağaçları Özel Sistematiği, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 281, İstanbul, 1980.
- Kramer, P. J., Boyer, J. S. 1995. *Water Relations of Plants and Soils*, Academic Press, Toronto, 495p.
- Kızmaz, M., 1993. Karaçam Fidanlarının Kalite Sınıflarının Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar. Orman Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten No: 238-241, 5-36, Ankara.
- Konukçu, M. 2001. Ormanlar ve Ormancılığımız, DPT yayınları no:2630, 238s.
- Lambers, H., Chapin, F., S. and Pons, T., L., 1998. *Plant Physiological Ecology*.
- Landsberg, H.E., 1975. Drought A Recurrent Element of Climate. *Special Environmental Report*, No: 5-WMO-403, Geneva, 41-90.
- Larcher, W., 1995. *Physiological Plant Ecology*. Third Edition, Springer-Verlag, ISBN 0-387-09795-3, New York.
- Levitt, J. 1972. *Responses of Plants to Environmental Stress*. Academic Press, New York.
- Levitt, J. 1980. *Responses of Plants to Environmental Stresses*, Vol. 1, Academic Press, New York, 497p.
- Mohr, H., Schopfer, P., 1995: *Plant Physiology*. Springer-Verlag, ISBN 3-540-54733-9, New York.
- Monclus, R., Dreyer E., Villar M., Delmotte F., M., Delay D., Petit J., M., Barbaroux C., LeThiec D., Brchet C. and Brignolas F. 2006. Impact of Drought On Productivity And Water Use Efficiency in 29 Genotypes of *Populus deltoides* x *Populus nigra*. *New Phytologist*, 169, 4, 765-777.

- Munne-Bosch, S. and Alegre, L. 2000. Changes in Carotenoids, Tocopherols and Diterpenes During Drought and Recovery, and The Biological Significance of Klorophyll Loss in *Rosmarinus officinalis* L. plants. *Planta*, 210, 6, 925-931.
- Namkoong, G., 1986. Genetics and Forest of the Future, *Unasylva* 38, 2, 2-18,
- Nar, H., Saglam, A., Terzi, R., Varkonyi, Z. and Kadioglu, A. 2009. Leaf Rolling and Photosystem II efficiency in *Ctenanthe Setosa* Exposed to Drought Stress. *Photosynthetica*, 47, 3, 429-436.
- Öner, N., Ayan, S., Sivacioğlu, A., İmal, B., 2007. Kuraklığın Tanımı ve Kurak ve Yarıkurak Bölgelerin Ayrımında Kullanılan Yöntemler, Türkiye’de Yarıkurak Bölgelerde Yapılan Ağaçlandırma Türkiye’de Yarıkurak Bölgelerde Yapılan Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Uygulamalarının Değerlendirilmesi
- Özdamar, K. 1999. Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi SPSS MINITAP, Dördüncü Baskı, Kaan Kitapevi, Eskişehir.
- Özdemir, Ö. L. 1980. Türkiyenin Önemli Kurak Mıntıklarında Karçamla Ağaçlandırma Tekniği Üzerine Bazı Denemeler, Ormancılık Arastırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten No: 100, Ankara.
- Pichler, P. and Oberhuber W., 2007. Radial Growth Response of Coniferous Forest Trees in an Önner Alpine Environment to Heat-Wave in 2003. *Forest Ecology and Management*, 242, 2-3, 688-699.
- Rambal, S., Hoff, C. 1998. Mediterranean Ecosystems and Fire: The Threats of Global Change. Large forest Fires. Moreno, J. M. (eds.), Backhuys, Leiden, The Netherlands, 187-213
- Saatçioğlu, F. 1971. Orman Ağacı Tohumları, İ.Ü. Orman Fakültesi, İ.Ü. Yayın No: 1649, O.F. Yayın No: 173, 3. Baskı, İstanbul, s. 172-174.
- Saatçioğlu, F. 1976: Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri (Silvikültür I), İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları No. 2187/222, İstanbul.
- Sairam, R. K., Deshmumukh, P. S. and Shukla, D. S., 1998. Stress İnduced İnjury and Antioxidant Enzymes in Relation to Drought Tolerance in Wheat Genotypes, *Biol. Plant.*, 40, 357-364.
- Salisbury, F.C. and Ross, C., 1994. Fisiologa Vegetal Tecnologia Agraria Grupo Editorial Iberoamericana S. A. M jico.

- Shvaleyva, A. L. Costa F. Silva, E., Breia, E., ouve, L., Hausman, F., Almeida, M. H., Maroco, J. P., Rodrigues, M. L., Pereira. S. and Chaves, M. M. 2005. Metabolic responses to water deficit in two *Eucalyptus globulus* clones with contrasting drought sensitivity. *Tree Physiology* 26, 239-248
- Schwab K., B., Schreiber, U. and Heber, U. 1989. Response of photosynthesis and respiration of resurrection plants to desiccation and rehydration. *Planta* 177, 217-227.
- Sircelj, H., Tausz, M., Grill, D. and Batic, F. 2005. Biochemical Responses in Leaves of Two Apple Tree Genotypes Subjected to Progressing Drought. *J. Plant Physiol.*, 162, 1308-1318.4
- Springer-Verlag, New York. Larcher, W. 1995. *Physiological Plant Ecology*. III Ed. pringer-Verlag, Berlin.
- Şimşek, Y., Erkuloğlu, Ö. S., Tosun, S. 1995. Türkiye’de Karaçam (*P. nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Orijin Denemelerinin İlk Sonuçları, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten No: 247, Ankara.
- Tilki, F. 2004. Seed Germination and Radicle Development in Six Provenances of *Pinus sylvestris* L. Under Water Stres. *Israel urnal of Plant Sciences.*, 53, 1, 29-33.
- Tilki, F. 2002. Türkiye’de Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Tohumu Üzerine Teknolojik Araştırmalar, Doktora Tezi, İÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Thomas, H.E., 1962. The Meteorological Phenomenon of Drought in The Southwest U.S. *Geol. Survey Paper*, 372-A, Washington.
- Tümertekin, E. 1957. Türkiye’de Kuraklık Süresinin Coğrafi Dağılışı, T.C.D. Sayı:15-16, 145-150 s, İstanbul.
- Türkes, M. 1990. Türkiye’de Kurak Bölgeler ve Önemli Kurak Yıllar, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, Doktora Tezi, 195s.
- Uluocak, N., 1974. Kuraklık ve Kurak Bölgelerin Özellikleri. İ.Ü. Orman Fak. Dergisi Seri B, 24, 200-212.
- Usta, A., Altun, L., Güvendi, E. ve Yener, İ. 2009. Türkiye’nin Bölgesel İklim Analizleri ile Ormanların Yayılışı Arasındaki İlişkiler 1. Ulusal Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu, 16-18 Haziran, Konya.
- Uslu, S. 1959. İç Anadolu Steplerinin Antropojen Karakteri Üzerine Araştırmalar. İstanbul, Orman Umum müdürlüğü Yayınlarından, Neş. Sıra no. 302, Seri no. 15, 148 sayfa.

- Ürgenç, S. 1982. Orman Ağaçları Islahı, İ.Ü. Orman Fak. Yayın No:293, İstanbul, 414s.
- Ürgenç, S. 1986. Ağaçlandırma Tekniği, İ. Ü. Orman Fak. Yayın No:375, İstanbul, 526s.
- Ürgenç, S. 1998. Ağaçlandırma Tekniği, İ.Ü. Orman Fakültesi, İ.Ü. Rektörlük Yayın No:3994, Orman Fakültesi Yayın No: 441, Emek Matbaacılık, İstanbul, 600 s.
- Vassey, T., L. and Sharkey T., D. 1989. Mild Water-Stress Of Phaseolus-Vulgaris Plants Leads To Reduced Starch Synthesis And Extractable Sucrose Phosphate Synthase Activity. *Plant Physiology* 89 (4): 1066-1070.
- Vorontzova, L., I. and Zaugolnova, L., B., 1985. Population Biology of Stepe Plants. In: *The Population Structure of Vegetation*. ISBN 90-6193-184-3, 143-178, Dordrecht.
- Yaltrık, F. 1988. Dendroloji Ders Kitabı I, Gymnospermae (Açık Tohumlular), İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 3443, O.F. Yayın No: 386, İstanbul, s. 73-79.
- Yaltrık, F. ve EFE, A. (1994) Dendroloji Ders Kitabı, Gymnospermae-Angiospermae, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 3836, O.F. Yayın No: 431, İstanbul, s. 6-14.
- Wright, J.W. 1976. *Introduction to Forest Genetics*, Academic Press, New York, 463 pp.
- Wilinston, H. L. 1972. The Question of Adequate Stocking, *Tree Planters Notes*, 23(1): 2p.nston, H.
- Zobel, B.J., Barber, J., Brown, C.L. and Perry, T.O. 1958. Seed Orchard; their concept and management, *J.For.*, 56, pp. 815- 825.
- Zobel, B.J. and Talbert, J. 2003. *Applied Forest Tree Improvement*, John Wiley&Scons, New York, 505 pp.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Seçkin
Doğum Yeri : BUYURUKCU
Doğum Tarihi : 20.04.1984
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Kastamonu Kuzeykent Yabancı Dil Ağırlıklı Lise (1997-2002)
Lisans : Gazi Üniversitesi Kastamonu Orman Fakültesi (2003-2007)
Yüksek Lisans : Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği
Anabilim Dalı(2008-2011)

Çalıştığı Kurum: Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Taşköprü Orman İşletme
Müdürlüğü Saraycık Orman İşletme Şefliği