ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DÜŞÜK SICAKLIK STRESİ ALTINDAKİ KIZILÇAM *(Pinus brutia* Ten.) TOHUMLARININ ÇİMLENME TEPKİSİ

Hatice ÇETİNTÜRK

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ÇANKIRI
2022

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Hatice ÇETİNTÜRK tarafından hazırlanan **"Düşük Sıcaklık Stresi Altındaki Kızılçam *(Pinus brutia* Ten.) Tohumlarının Çimlenme Tepkisi"** adlı tez çalışması 28/05/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman **:** Dr. Öğr. Üyesi Bora İMAL

Jüri Üyeleri **:**

Başkan **:** Prof. Dr. Nuri ÖNER
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Üye **:** Dr. Öğr. Üyesi Bora İMAL
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Üye **:** Dr. Öğr. Üyesi Esra Nurten YER ÇELİK
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Kastamonu Üniversitesi

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ

Enstitü Müdürü

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum "**Düşük Sıcaklık Stresi Altındaki Kızılçam *(Pinus brutia* Ten.) Tohumlarının Çimlenme Tepkisi**" konulu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, tezin Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nden başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve bu çalışmanın Çankırı Karatekin Üniversitesi tarafından kullanılan "Bilimsel İntihal Tespit Programı"yla tarandığını, "intihal içermediğini" beyan ederim. Çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması halinde ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm. Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim (12/06/2022).

Hatice ÇETİNTÜRK

Bu çalışma Çankırı Karatekin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından OF080120L06 numaralı proje ile desteklenmiştir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DÜŞÜK SICAKLIK STRESİ ALTINDAKİ KIZILÇAM (*Pinus brutia* Ten.) TOHUMLARININ ÇİMLENME TEPKİSİ

Hatice ÇETİNTÜRK

Çankırı Karatekin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Bora İMAL

Bu çalışmada, farklı yükselti ve biyoiklim zonunu temsil eden altı farklı kızılçam (Pinus brutia Ten.) orijinine ait tohumlarda düşük sıcaklık stresinin çimlenmeye olan etlileri araştırılmıştır. Bu amaçla öncelikle tohumlarda bin dane ağırlığı ve rutubet dereceleri tespit edilmiştir. Tohumlar üzerinde düşük sıcaklık testleri 3 farklı rutubet kademesi (hava kurusu RH %10, yarı doygun RH %20, tam doygun RH %30) ve 6 farklı sıcaklık derecesinde (kontrol, -5, -10, -15, -20 ve -25 °C) yürütülmüştür. Tohumlarda yapay dondurma işlemleri soğutucu kabinde yapılmıştır. Düşük sıcaklık testlerinin ardından çimlendirme testleri inkübatörde 25°C sıcaklıkta 28 gün sürede tamamlanmıştır. Çimlendirme testleri sonrasında tohumların çimlenme yüzdeleri (ÇY) ve ortalama çimlenme süreleri (OÇS) hesaplanmıştır. Çalışma sonunda tüm orijinlere ait tohumlarda ortalama bin dane ağırlığı değeri 55,25 gr., ve ortalama hava kurusu haldeki rutubet yüzdesi %10,3, yarı doygun haldeki rutubet yüzdesi %19,5 ve tam doygun haldeki rutubet yüzdesi %28,73 olarak tespit edilmiştir. Tohumlardaki rutubet kademesinin artması sıcaklık derecesinin düşmesi ile genelde tohumlarda ÇY değerleri azalmış OÇS değerleri ise artış göstererek orijinler arasında önemli istatistiki farklılıklar meydana gelmiştir. Hava kurusu haldeki tohumlarda -25 °C de (ÇY %57,7 - OÇS 15,9 gün) yarı doygun haldeki tohumlarda -20 °C de (ÇY %61,3 - OÇS 14,2 gün) ve tam doygun haldeki tohumlarda -10 °C de (ÇY %45,3 - OÇS 18,6 gün) sıcaklık kademelerinde tohumların çimlenme performansları etkilenmiştir. -25 °C sıcaklık kademesinde ise rutubet içeriği yüksek olan tohumlarda çimlenme gözlemlenmemiştir. Rutubet kademeleri ve düşük sıcaklık derecelerinde daha iyi bir çimlenme performansı sergileyen Anamur, Çameli ve Bafra orijinleri dona dayanıklı, Burdur ve Bucak orijinleri ise en dayanıklı orijinler olarak tespit edilmiştir. Araştırmada hava kurusu ve yarı doygun haldeki (%10-%20 rutubet içeriği arasında) tohumlarda -5 ve -10 °C sıcaklıklarda çimlenme değerleri kontrol grubuna göre daha iyi bir performans göstermiştir. Bu sonuca göre kızılçam tohumlarını 4-6 hafta soğuk katlamaya almadan ilgili rutubet aralıklarında tohumlara düşük sıcaklık stresi uygulanması kızılçam tohumunda çimlenme engelinin giderilmesinde pratik bir yöntem olarak önerilebilir.

2022, 63 sayfa

ANAHTAR KELİMELER: Kızılçam, Ekofizyoloji, Tohum, Düşük sıcaklık stresi, Çimlenme

ABSRACT

Master of Science Thesis

GERMINATION RESPONSE OF TURKISH PINE (*Pinus brutia* Ten.) SEEDS UNDER LOW TEMPERATURE STRESS

Hatice ÇETİNTÜRK

Çankırı Karatekin University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Forest Engineering

Advisor: Asst. Prof. Dr. Bora İMAL

In this study, the effects of low temperature stress on germination were investigated in seeds of six different red pine (Pinus brutia Ten.) origins representing different altitude and bioclimatic zones. For this purpose, first, thousand-grain weight and humidity levels were determined in the seeds. Low temperature tests on seeds were carried out at 3 different humidity levels (air dry RH 10%, semi-saturated RH 20%, fully saturated RH 30%) and 6 different temperatures (control, -5, -10, -15, -20 and -25). Artificial freezing of seeds was carried out in a cooler. After the low temperature tests, the germination tests were completed in the incubator at 25°C in 28 days. After the germination tests, the germination percentages (GP) and mean germination times (MGT) of the seeds were calculated. At the end of the study, the average thousand-grain weight of seeds of all origins was 55.25 gr., the average moisture percentage in air-dried state was 10.3%, the moisture percentage in semi-saturated state was 19.5% and the moisture percentage in fully saturated state was 28.73%. With the increase in the humidity level in the seeds and the decrease in the temperature, the GP values in the seeds decreased in general, while the MGT values increased and there were significant statistical differences between the origins. The germination performance of the seeds was affected at -25 °C (GP 57.7% - MGT 15.9 days) in air-dried seeds, -20 °C (GP 61.3% - MGT 14.2 days) in semi-saturated seeds and -10 °C (GP 45.3% - MGT 18.6 days) in fully saturated seeds. At the temperature level of -25 °C, germination was not observed in seeds with high moisture content. Anamur, Çameli and Bafra origins, which exhibit better germination performance at humidity levels and low temperatures, were determined as frost resistant, while Burdur and Bucak origins were determined as the most durable origins. In the study, germination values in air-dried and semi-saturated seeds (between 10% - 20% moisture content) at temperatures of -5 and -10 °C showed a better performance than the control group. According to this result, applying low temperature stress to the seeds in the relevant humidity ranges without cold stratification for 4-6 weeks can be suggested as a practical method for removing the germination barrier in red pine seeds.

2022, 63 pages

Keywords: Turkish Pine, Ecophysiology, Seed, Low temperatures stress, Germination

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

"Düşük Sıcaklık Stresi Altındaki Kızılçam (*Pinus brutia Ten*.) Tohumlarının Çimlenme Tepkisi" adlı çalışma Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Lisans ve yüksek lisans hayatım boyunca her safhada bana yardımcı olan değerli danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Bora İMAL'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Araştırmada kullanmış olduğumuz Kızılçam tohumlarını bize sağlayan Orman Genel Müdürlüğü Antalya Orman Fidanlık Şefliğine teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca yardımlarını esirgemeyen meslektaşım Belkız DİCLE, Ergün AVŞAR ve Mehmet KORKMAZ'a teşekkür edeirm. Çalışmamın laboratuvar aşamasındaki yardımları için ÇAKÜ Orman Fakültesi öğrencileri Rümeysa AKBAŞ, Defne KARATAŞ, Ersin BİÇEN, Mustafa ÇALÇOBAN, Enes GÖKNAR ve Burak ÇETİN'e ve adını burada sayamadığım, katkısı olan tüm arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Bugünlere gelmemde hakkını hiçbir zaman ödeyemeyeceğim, her zaman koşullar ne olursa olsun, sahip olduğum en değerli unvan ve hazinem annem, babam, sevgili abim ve ablama, desteğiyle her zaman yanımda olan eşim Osman ÇETİNTÜRK'e minnet ve şükranlarımı sunarım.

Hatice ÇETİNTÜRK
Çankırı, Haziran 2022

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **i**
ABSRACT ..... **ii**
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR ..... **iii**
İÇİNDEKİLER ..... **iv**
SİMGELER DİZİNİ ..... **vi**
KISALTMALAR DİZİNİ ..... **vii**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **viii**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **ix**
1. GİRİŞ **1**
2. LİTERATÜR ÖZETİ **5**
2.1 Düşük Sıcaklık Stresi ve Bitkiler Üzerindeki Etkisi **5**
2.2 Odunsu Bitkilerde Dona Dayanıklılığın Belirlenmesi **8**
2.3 Bitki Tohumlarında Dona Dayanıklılığın Belirlenmesi **9**
2.4 Kızılçamın Ekolojsi, Silvikültürü ve Tohum Özellikleri **9**
2.5 Kaynak Özetleri **15**
3. MATERYAL VE METOT **22**
3.1 Materyal **22**
3.1.1 Orijinlerin seçimi ve biyoiklim zonlarının belirlenmesi **22**
3.1.2. Orijinlere ait bilgiler ve tohumların temin edilmesi **24**
3.1.3. Araştırmada kullanılan araç ve gereçler **25**
3.2 Yöntem **25**
3.2.1 Tohumların bin dane ağırlığının belirlenmesi **25**
3.3 Tohumların hava kurusu, yarı doygun ve tam doygun neminin belirlenmesi **26**
3.2.3 Tohumlara uygulanacak düşük sıcaklık derecelerinin belirlenmesi ve bu sıcaklık kademelerinin uygulanması **29**
3.2.4 Düşük sıcaklık uygulama sonrası çimlendirme testleri **30**
3.2.5 Verilerin değerlendirilmesi ve istatistiksel analiz **33**
4. BULGULAR VE TARTIŞMA **34**
4.1 Bin Dane Ağırlığı Değerlerine Ait Bulgular **34**

4.2 Tohumların Hava Kurusu, Yarı Doygun ve Tam Doygun Rutubet Derecelerine Ait Bulgular 35

4.3 Düşük Sıcaklık Stresi Sonrası Tohumların Çimlenme Değerlerine Ait Bulgular 36

4.3.1 Çimlenme yüzdesi değerlerine ait bulgular 36

4.3.2 Ortalama çimlenme süresi değerlerine ait bulgular 44

5. TARTIŞMA ve SONUÇ 53

KAYNAKLAR 57

ÖZGEÇMİŞ 63

SİMGELER DİZİNİ

'	Dakika
"	Saniye
°C	Santigrat Derece
%	Yüzde

KISALTMALAR DİZİNİ

g	gram
m	Metre
mg	Miligram
mL	Mililitre
mm	Milimetre
cm	Santimetre
vd.	ve diğerleri

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2. 1 Dünya Üzerinde düşük sıcaklıkların dağılımı (Larcher 2003'e aften İmal 2015) 6
Şekil 3. 1 Araştırmaya konu olan kızılçam orjinleri 23
Şekil 3.2 Temin edilen tohumların Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Tohum Teknolojisi Laboratuvarında buzdolabında +4 °C saklanması 24
Şekil 3. 3 Tohumların sayılarak bin dane ağırlığının hesaplanması 26
Şekil 3.4 Kızılçam tohumlarının taze ağırlığı (TA) ve etüvde kurutulduktan sonra kuru ağırlığının (KA) tesbit edilmesi 27
Şekil 3.5 Saf suda bekletilen kızılçam tohumlarının yarı doygun ve tam doygun haldeki ağırlıklarının belirlenmesi 28
Şekil 3.6 Farklı nem içeriklerine sahip kızılçam tohumlarının 6 farklı sıcaklık kademesine göre don zararının kontrolü 30
Şekil 3.7 Farklı sıcaklık kademelerine maruz bırakılan tohumların, cam petri kabına yerleştirilerek inkübatörde çimlendirme testlerinin gerçekleştirilmesi 31
Şekil 3.8 Kökçüğü tohum boyunun 1-1,5 katı olmuş ve çimlenmesi kabul edilen tohum 32
Şekil 4.1 Kızılçam orijinlerinin bindane ağırlığına ait bulgular 34
Şekil 4. 2 Hava kurusu, yarı doygun ve tam doygun tohumların rutubet yüzdeleri 35
Şekil 4. 3 Her bir rutubet derecesinde farklı sıcaklıklarda orijinlerin ÇY değerleri 39
Şekil 4. 4 Her bir rutubet derecesinde farklı sıcaklıklarda orijinlerin ÇY değerleri 41
Şekil 4. 5 Her bir sıcaklık kademesi ve rutubet derecesinde orijinlerin ÇY değerleri 43
Şekil 4. 6 Her bir rutubet derecesinde farklı sıcaklıklarda orijinlerin OÇS değerleri 47
Şekil 4. 7 Her bir rutubet derecesinde farklı sıcaklıklarda orijinlerin OÇS değerleri 50
Şekil 4. 8 Her bir sıcaklık kademesi ve rutubet derecesinde orijinlerin OÇS değerleri 52

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2. 1 Kızılçam yayılış alanlarının genel yağış özellikleri (Çölaşan 1960). 12
Çizelge 3.1 Kızılçam orijinlerine ait genel bilgiler..... 23
Çizelge 3.2 Kızılçam orijinlerinin Emberger Biyoiklim Sınıflandırmasına göre iklim karakteristikleri (Akman 1999) 24
Çizelge 4.1 Tohumlarda bindane ağırlığına ait bulgular 34
Çizelge 4.2 Orijinlerin rutubet yüzdelerine (RH%) ait bulgular 35
Çizelge 4. 3 Çimlenme yüzdesi değerlerine ait varyans analizi sonuçları..... 36
Çizelge 4.4 Farklı rutubet derecelerinde düşük sıcaklık stresinin çimlenme yüzdesine etkisini gösteren Tukey testi sonuçları 37
Çizelge 4.5 Her bir sıcaklık kademesi ve rutubet derecesinde orijinlerin kendi içindeki ÇY değerlerine ilişkin Tukey testi sonuçları..... 42
Çizelge 4.6 Çimlenme yüzdesi değerlerine ait varyans analizi sonuçları..... 44
Çizelge 4. 7 Farklı rutubet derecelerinde düşük sıcaklık stresinin ortalama çimlenme süresine etkisini gösteren Tukey testi sonuçları 45
Çizelge 4.8 Her bir sıcaklık kademesi ve rutubet derecesinde orijinlerin kendi içindeki OÇS değerlerine ilişkin Tukey testi sonuçları..... 51

1. GİRİŞ

Günümüzde küresel ısınmanın sebep olduğu sıcaklık değişimleri kaydadeğer bir çevre sorunu olarak olmakla birlikte ve yaşamsal süreçleri tehdit etmektedir. Bu değişimler bitkileri de etkilemekte; özellikle büyüme, gelişme ve yayılış alanlarını değiştirebilmektedir. Bu yüzden bitkilerin çevresel streslere özellikle kuraklık, düşük sıcaklık ve tuzluluk stresine vermiş oldukları tepkimeleri ölçen ekofizyoloji temeline dayanan çalışmalar son zamanlarda artış göstermiştir (Çalıkoğlu 2002, İmal 2015).

Düşük sıcaklık stresi bitkilerin büyüme performansını, üretkenliğini ve yayılışını etkileyen stres etmenlerinden olup diğer stres faktörleri gibi bitkideki biyokimyasal aktivitelere zarar verebilmektedir. Söz konusu düşük sıcaklıklarım süresi ve şiddetine bağlı olarak bitkilerin metabolik aktiviteleri, büyümeleri ve canlılıkları bozularak türlerin doğal yayılış alanları etkilenmektedir (Semerci 2005). Dünya topraklarında yaklaşık 2/3 lük alanda her yıl donma noktasının altındaki düşük sıcaklıklar meydana gelebilmektedir (Larcher 2003).

Türkiye Orman varlığı 1973 yılında 20,2 milyon ha iken, 2015 yılı itibariyle 22,3 milyon hektara ulaşmıştır. Aynı dönemde ülke ormanlarının ağaç servetinde de yaklaşık 676 milyon m3 artış olmuş, yıllık cari artım ise toplamda 28 milyon m3 ve hektarda 1,4 m3 iken; toplamda 46 milyon m3 ve hektarda 2,01 m3 ’e ulaşmıştır. Orman Genel Müdürlüğü ağaçlandırma çalışmalarına önem vererek devam etmektedir. Bu çalışmalarda bozuk orman alanlarının iyileştirilmesi ve orman olmayan yerlerin ağaçlandırılması amaçlanmıştır (Anonim 2019).

Orman Genel Müdürlüğü Ormancılık İstatistiklerine göre kızılçam 5.610.215 hektar ile ülkemizde en fazla yayılış alanına sahip türümüzdür. Toplam kızılçam ormanlarının 3.451.269 hektarı normal kapalı, 2.158.946 hektarı da boşluklu kapalı olarak tespit edilmiştir. (Türkiye Orman Varlığı, 2015). İstatistiki verilere göre kızılçam alanlarının önemli bir bölümü bozuk orman vasfı taşımakta olup bu alanların ağaçlandırılarak iyileştirilmesi gerekmektedir. Bu bölgelerde kaliteli ve fizyolojik özellikleri tespit edilmiş tohum kullanımı yanında uygun teknikle üretilmiş kaliteli fidan kullanımı, iyi bir alan

hazırlığının yapılması, uygun dikim yöntem ve tekniklerinin uygulanması ve yeterli düzeyde gençlik bakımlarının yapılması ile ağaçlandırma çalışmalarında başarı elde etmek daha kolay hale gelebilir.

Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ülkemizin iğne yapraklı türleri içinde en geniş yayılışa sahip (5.610.215 ha.) ve ağaçlandırma çalışmalarında en çok kullanılan türümüz olup ülkemizde yapılan ağaçlandırmadaki payı %40' a yaklaşmıştır.

Ağaçlandırmalar kullanılacak fidanın kalitesinin dikim öncesinde, test edilmesi başarı açısından oldukça önemlidir. Öncelikli olarak ıslah edilmiş tohum kaynaklarından genetik kalitesi tespit edilmiş tohumların kullanımı ilk ve önemli kuraldır. Daha sonraki aşamada ise morfolojik ve fizyolojik fidan özellikleri belirli normlara göre tespit eidlmektedir. Bu özelliklerden fizyolojik özelliklerinin belirlenmesi daha karmaşık ve zordur. Fidanların su durumları, kök gelişme potansiyeli, beslenme durumu, uyku hali, dona veya kuraklığa dayanıklılık gibi kriterler fidanların fizyolojik kaliteleri hakkında önemli bilgileri içermektedir.

Küresel iklim değişikliğinin de etkileri de göz önünde bulundurulduğunda ülkemizde her geçen gün artan ağaçlandırma çalışmalarında başarı açısından tohum ıslahı, tohum kalitesi, tohumun saklanması ve tohum fizyolojisi alanında yeni çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Yapılan mevcut araştırmalar fidan ve sürgünler üzerinde yürütülmüştür. Ancak bitkilerde çiçeklenme, tohum oluşumu, tohumun çimlenmesi, fidecik oluşumu ve fidan aşamasında kadarki geçen zaman süreç içerisinde düşük sıcaklıklar önemli zararlar meydana getirmektedir. Bu yüzden tohum aşamasında da düşük sıcaklık derecelerinin etkisinin araştırılması gerekmektedir.

Kızılçam kuraklığa dayanıklı bir tür olmasına rağmen kurak-soğuk alanlarda ve yüksek kesimlerde türün yayılışındaki en önemli engel düşük sıcaklık dereceleridir.

Ekstrem şartlarda yapılacak olan ağaçlandırma çalışmalarında kurağa dayanıklı olarak bilinen kızılçamın, dona dayanıklı olan orijinlerinin belirlenerek kullanılması ağaçlandırma başarısını arttıracaktır. Nitekim Boydak vd. (2008) geçiş zonları da dikkate alındığında, Kızılçamda ağaç ıslahı çalışmalarında kurağa ve dona dayanıklılık ıslahının da üzerinde durulması gereken önemli bir konu olduğunu belirtmektedirler. Türkiye'deki kızılçam ve kayın ormanlarının mevcut ve gelecekteki yayılışlarının iklim değişikliğine göre modellenmesi gayesiyle yapılan yüksek lisans çalışmasına göre, gelecekte kızılçamın yayılışının daha kuzeye ve daha yükseklere doğru genişleyeceği belirlenmiştir. Kuzey ve daha yükseklerde kızılçamın karşılaşacağı en önemli sorun ise don tehlikesidir. Bu nedenle de ağaçlandırmada başarılı olabilmek için gelecekte dona dayanıklı orijinlerin kullanılması çok daha önemli hale gelecektir. Ayrıca yüksek zonlarda kızılçamla yapılacak olan doğal gençleştirme çalışmalarında düşük sıcaklık dikkate alınması gereken önemli bir faktördür.

Ülkemizde kızılcam türünde ekofizyolojik temele dayalı olarak çeşitli araştırıcılar tarafından dona dayanıklılık çalışmaları yürütülmüştür (Yıldız vd. 2014, Semerci vd. 2019). Fakat bu çalışmalar yeteri miktarda olmayıp daha güncel çalışmaların yapılması gerekmektedir. Mevcut yapılan araştırmalar fidan ve sürgünler üzerinde yürütülmüştür. Ancak bitkilerde çiçeklenme, tohum oluşumu, tohumun çimlenmesi, fidecik oluşumu ve fidan aşamasında kadarki geçen zaman süreç içerisinde düşük sıcaklılar önemli zararlar meydana getirmektedir. Bu yüzden tohum aşamasında da düşük sıcaklık derecelerinin etkisinin araştırılması gerekmektedir. Bu çalışmada, farklı yükselti ve biyoiklim zonunu temsil eden altı farklı kızılçam *(Pinus brutia Ten.)* orijine ait tohumlarda düşük sıcaklık stresi altında çimlenme performansları araştırılmıştır. Ayrıca orijinlerden elde edilen tohumlarda farklı rutubet derecelerinde düşük sıcaklık testleri yapılmıştır (hava kurusu %10, yarı doydun %20 ve tam doygun %30).

Çalışma doğrultusunda hedeflenen amaçlar aşağıda verilmiştir.

- Düşük sıcaklık stresinin kızılçam tohumlarının çimlenme yüzdesi ve çimlenme hızına olan etkisinin belirlenmesi,
- Çimlenmeyi etkileten düşük sıcaklık derecelerinin tespit edilmesi,

• Farklı nem dereceleri altında tohumlarda meydana gelen düşük sıcaklık zararının belirlenmesi,
• Don etkisi bakımından tür içi varyasyon düzeyinin saptanması,
• Tohum aşamasında yapılacak don testi ve daha önce fidan aşamasında yapılan don testlerindeki orijinler arasında bir ilişki olup olmadığının belirlenmesi,
• Türün ekofizyolojisine katkı sağlamak,
• Kızılçam türü ile yapılacak doğal, yapay gençleştirme ve bakım gibi silvikültürel çalışmalarda uygulamaya katkı sağlamak.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1 Düşük Sıcaklık Stresi ve Bitkiler Üzerindeki Etkisi

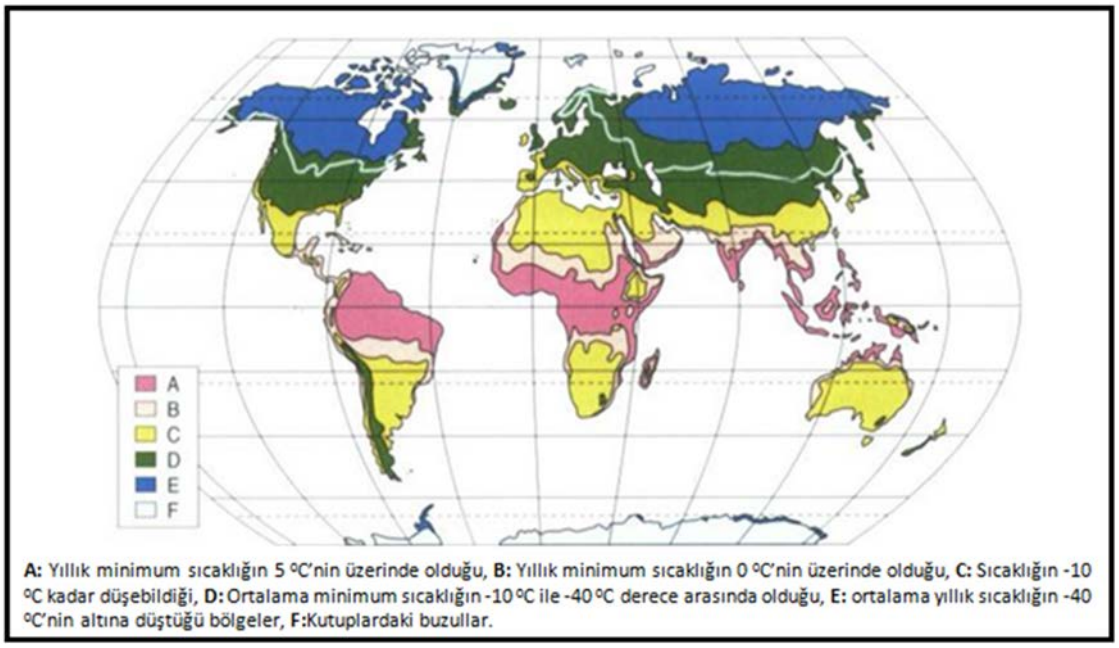
Değişik ifadelerle tarif edilen stres özetle; bitkilerin gelişim ve verimliliklerini olumsuz yönde etkileyen çevresel faktörler olarak ifade edilmektedir (Kozlowski and Pallardy 1996, Larcher 2003, Özen ve Onay 2007, Lambers *et al.* 2008). Bununla birlikte bitkilerde hasar meydana getiren faktör olarak da tanımlanmaktadır. Bitkilerin en hasas oldukları çevresel stres faktörü ise düşük ve yüksek sıcaklıklar olduğunu belirtilmiştir (Kocaçalışkan 2008, İmal 2015).

Stres etmenlerinden düşük sıcaklık stresi de bitkilerin büyümesini, verimliliğini ve yayılışını etkilemekte ve bitkideki biyokimyasal aktiviteleri sekteye uğratabilmektedir. Söz konusu düşük sıcaklıklarım süresi ve şiddetine bağlı olarak bitkilerin metabolik aktiviteleri, büyümeleri ve canlılıkları bozularak türlerin doğal yayılış alanları etkilenmektedir (Semerci 2005). Her yıl dünya topraklarının yaklaşık 2/3'ü donma noktasının altındaki düşük sıcaklıklara maruz kalabilmektedir (Larcher 2003).

Düşük sıcaklık stresi, genelde soğuk ve don olmak üzere iki kısma ayrılmaktadır. Soğuk stresi, sıcaklığın 0 ^{0}C ile 10 veya 15 ^{0}C arasında olduğunda görülmektedir. Don stresi ise sıcaklığın 0 ^{0}C'ın altına düşmesi sonucu meydana gelmektedir (Hopkins 1995, Taiz and Zeiger 1998, Kacar vd. 2002). Dünyadaki alanının yaklaşık %42'lik bir bölümünde yıllık ortalama minimum hava sıcaklıkları -20 ^{0}C'nin altına düşebilmektedir (Larcher 1995) (Şekil 2.1).

Yukarıda belirtildiği gibi soğuk ve donma streslerinin doğası farklıdır. Soğuk stresi hücreler üzerine düşük sıcaklığın doğrudan etkisinden kaynaklanırken, donma ise dolaylı olarak rol oynar ve hücreleri buz oluşumu ile zarara uğratmaktadır (Pearce 1999, Turan ve Ekmekçi 2008).

Bitkilerde düşük sıcaklık stresi etkisinin daya iyi anlamak için, suyun fiziksel ve kimyasal özelliklerine ve donma olayını araştırmak gerekmektedir. Saf suda 0 ^{0}C'de katıdan sıvıya veya sıvıdan katıya bir faz geçişi olmaktadır. Bitki hücrelerinde olduğu gibi çözeltiler değişik sıcaklıklarda donma ve erime göstermektedirler (Kocaçalışkan 2008).



Şekil 2. 1 Dünya Üzerinde düşük sıcaklıkların dağılımı (Larcher 2003'e aften İmal 2015)

0 ^{0}C'ın altındaki sıcaklıklarda meydana gelen don stresinin zararlı etkisi ortam sıcaklığının düşük olmasından çok, hücre suyunun donmasından kaynaklanmaktadır (Kacar vd. 2002).

Sıvı haldeki suya göre buzun kimyasal potansiyeli çok daha azdır. Bitkilerde meydana gelen buz oluşumu önce hücreler arası boşlukta başlamaktadır. Hücredeki su, plazma membranını geçerek buz oluşumu nedeniyle su potansiyeli azalan hücreler arası boşluğa geçer ve donar, bu da hücrede su noksanlığına yol açar (Larcher 2003, Çolak 2012).

Bitki hücrelerinde sıcaklık 0 ^{0}C'nin altına düştüğünde birincil olarak apoplasttaki su donmaktadır. Daha sonra hücre duvarlarında ve hücreler arası boşlukta buz kristalleri meydana gelmektedir. Apoplasttaki su tamamen donsa bile, dona dayanıklı bitkiler havaların ısınması ile bu durumu atlatabilmektedir. Faakt apoplasttan sonra simplastta da

buz kristalleri oluştuğu zaman bitki bu durumu atlatamamaktadır. Bu yüzden don olayında en önemli zarar etkisi bu buz kristallerinin oluşumu ile meydana gelmektedir (Larcher 2003, Çolak 2012).

Bitki hücreklerinde olşan donma olayı hızlı olduğu zaman hücre içi buz oluşumu meydana gelmekte, yavaş olduğu zaman ise hücre dışı buz oluşumu (Şekil 2.2) meydana gelmektedir (Steponkus 1984, Çolak 2012). Hücre içi buz oluşumunda bitki önceden bir uyum süreci göstermez. Hücre dışı buz oluşumunda ise hücrede su kaybı meydana gelmektedir. Bu su kaybını ile hücrenin hacmi azalmakta ve sitoplazması geri dönüşümsüz olarak bozulmaktadır (Larcher 2003, Semerci 2005, İmal 2015).

Dona dayanıklılık; 0 ^{0}C'nin altındaki düşük sıcaklıklarda bitkilerin zarar görmeden hayattta kalma yeteneği olarak, tanımlanmaktadır (Glerum 1985, Çolak 2012, İmal 2015). Genelde bitkinin dona dayanıklılık düzeyi, yaprakların veya sürgünlerin %50'sinin zarar gördüğü veya popülasyonun %50'sinin öldüğü düşük sıcaklık değeri (LT50) olarak ifade edilmektedir (Bannister and Neuener 2001, Burr *et al*. 2001, Hawkins *et al.* 2001, Semerci vd. 2019).

Düşük sıcaklıklardaki donma olaylarından etkilenmemek için bitkiler fizyolojik, morfolojik ve biyokimyasal olarak yeni düzenlemeler yaparlar . Bitkilerin meydana getirdiği bu düzenlemeler dona dayanıklılıkta bir geçiş sürecidir. Bu süreç genellikle soğuğa uyum (cold acclimation, cold hardening) olarak tarif edilmektedir (Bigras *et al.* 2001). Bitkilerdeki soğuğa uyum bitkilerin soğuğa adaptasyonundan farklıdır. Adaptasyon uzun zaman generasyon sonrasında meydana gelir ve genetiksel özelliklere bağlı olarak ifade edilir (Taiz and Zeiger 1998).

Soğuk ve donlara karşı tutumları bakımından bitkiler 3 farklı sınıfta yeralır (Charrier 2011, Dirik 2014). Bunlar a- Soğuklara duyarlı olan ve +12 ^{0}C'nin altında zarar gören türler (çoğunlukla tropik bitkiler), b- Soğuklara dayanıklı, donlara hassas türler (+12 ^{0}C'nin altındaki sıcaklıklara uyum sağlayan ancak donlara duyarlı olan türler), c- Donlara dayanıklı türler (donma düzeyinin altındaki düşük sıcaklıklara uyum sağlayan türler) (Charrier 2011, Dirik 2014, İmal 2015).

Bitkilerde meydana gelen soğuk zararının meydana getirdiği olumsuz etkiler; sıcaklığa, soğuğa maruz kalma süresine, bitkiye (genotipe), bitkinin gelişim evresine, soğukla temas eden dokuya, rüzgara, suya, besinlere ve ışık gibi diğer çevresel koşullara bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Genel olarak düşük sıcaklık derecelerindeki bu olumsuz etkiler; bitkilerde büyümenin yavaşlaması, yaprakteki genişlik azalması, hücresel otolizin ve yaşlanmanın artması, hücre ölümleri, hücre zar yapılarının bozulması ve bunun sonucunda hücresel bütünlüğün sekteye uğraması şeklinde ifade edilebilir (Turan ve Ekmekçi 2008).

2.2 Odunsu Bitkilerde Dona Dayanıklılığın Belirlenmesi

Bitkilerdeki fizyolojik, anatomik, termodinamik ve biyokimyasal özellikleri araştırılarak dona dayanıklılık testleri geliştirilmiştir. Böylelikle bitkilerde dona dayanıklılık hızlı bir şekilde belirlenerek daha doğru sonuçlar alınmaktadır. Ormancılıkta dona dayanıklılık çalışmaları daha çok soğuk alanlarladi ağaçlandırmalara uygun tür ve orijinlerin tespit eidlmesi için yapılmaktadır (Burr *et al.* 2001).

Bir bitkinin bütününün veya bir dokusunun kontrollü ortamda çeşitli düşük sıcaklık kademelerine bırakılarak, bitkide meydana gelen zararın çeşitli yöntemlerle ölçülmesi dona dayanıklılığın belirlenmesi şeklinde tanımlanmaktadır (Burr *et al.* 2001, Linden 2002). Bitkilerdeki dona dayanıklılık testleri, kontrollü bir ortama yerleştirilen bitkinin ilk önce belirli bir hızda düşük sıcaklık derecesine getirilmesi, getirilen bu düşük sıcaklık kademesinde belirli bir süre kalınması, ardından ilk baştaki sıcaklığa dönülmesi ve son olarak bitkide meydana gelen zararın çeşitli yöntemlerle tespit edilmesine dayanmaktadır (Ritchie 1984, Burr *et al.* 2001, Hirondelle *et al*. 2006).

Yukarıda belirtilen bu yöntemlerde , tüm bitki ya da bir bitki parçası (sürgün ya da yaprak) ya da bitki kökleri düşük sıcaklık derecelerine maruz bırakılarak sonrasında bitiklerde meydana gelen zarar, görsel değerlendirme, iyon sızıntısı, klorofil florösans, şeker analizi gibi yöntemlerle tespit edilmektedir.

2.3 Bitki Tohumlarında Dona Dayanıklılığın Belirlenmesi

Orman ağaçlarında tohum çimlenmesi ile çeşitli stres faktörleri (düşük sıcaklık stresi, su stresi) arasındaki ilişkinin ortaya konması tohum fizyolojisi açısından önem taşımaktadır. Orman ağacı tohumlarında düşük sıcaklık stresinin etkinin belirlenmesinde, öncelikle tohumlar düşük sıcaklık stresine maruz bırakılmakta sonrasında çimlendirme tesleri ile tomumun çimlenme performanları belirlenmektedir.

Düşük sıcaklık stresi ile tohumların çimlenmesi arasındaki ilişkinin ortaya konması tohumların fizyolojisinin tespiti açsından önem taşımaktadır. Ayrıca türlerde dona dayanıklılık bakımından daha erken bir değerlendirme yapılabilmektedir. Bununla birlikte ağaçlar veya ağaca ait orijinler arasında, çimlenmenin düşük sıcaklık stresinden etkilenmesi sonucu oluşabilecek farkları belirlemek, ağaç türü veya orijinlerinin don stresine dayanıklılıklarının ve bu açıdan varyasyonlarının belirlenmesine olanak tanıyabilir. Bu bağlamda bu tür çalışamalar orman ağaçlarının ekofizyolojilerinin tespitinde önemli katkılar sağlayabilir (Larcher 1995).

2.4 Kızılçamın Ekolojsi, Silvikültürü ve Tohum Özellikleri

Ekolojisi; Kızılçam *(Pinus brutia* Ten.*)* Dünya'daki yayılış alanı ve Türkiye'deki yayılış yoğunluğu göz önüne alındığında uluslararası literatüre "Turkish red pine" olarak geçmiş, ekonomik değeri yüksek, asli ağaç türlerimizdendir. Akdeniz, Ege ve Marmara bölgelerinde saf ormanlar kuran kızılçam, Orta ve Batı Karadeniz bölgesinin kıyı ve iç kesimlerinde ise münferit veya meşcereler halinde bulunur.

Kızılçam, genel olarak yazları kurak ve sıcak, kışları ılık ve yağışlı geçen Akdeniz iklim bölgelerinde yayılış gösterir (Atalay vd. 1990). Ege, Akdeniz ve Marmara'da yayılır. Akdeniz ikliminin nüfuz edebildiği İç Ege, Batı ve Orta Karadeniz'de parçalı bir yayılış gösterir. Güneydoğu Anadolu'nun (Gaziantep, Adıyaman, Siirt-Eruh) karasal iklim koşullarında da yetişmektedir. Donlara karşı son derece hassastır (Atalay vd. 1990).

Kızılçamların Kelkit Vadisi'nde 1100 m'ye kadar çıktığı, 800 m'nin üzerinde don zararının gençliğin büyük bölümünü yok ettiği belirtilmektedir (Kalay vd. 1993).

Kızılçamlarda gelişme, genel olarak 'yağış, sıcaklık, eğim ve ana kayanın etkileşimi' içinde şekillenmektedir. Kızılçam yüksek sıcaklık isteği olan, düşük sıcaklıklara duyarlı ve karasal iklimleri sevmeyen bir türdür. Doğal yayılış alanında ortalama sıcaklık 12-20 °C arasında değişmektedir. En düşük sıcaklıklar ise -15°C'nin altına inmemektedir. En yüksek sıcaklıklar ise 45 °C'e kadar çıkabilmektedir (Atalay vd. 1990). Amerikan Tarım ve Ormancılık Servisi (USDA) tarafından oluşturulan Dona Dayanıklılık Zonlamasında ise, kızılçamın doğal yayılış alanında sıcaklıkların -17.7 °C'e kadar inebildiği belirtilmektedir (Bannister and Neuener 2001). Kızılçamın Akdeniz ardında yayılış gösterdiği Denizli-Acıpayam'da ise, sıcaklıklar -17,8 °C'e kadar düşebilmektedir (Atalay vd. 1990).

Tipik Akdeniz iklimi ağacı özelliği taşıyan kızılçam, Türkiye ormancılığında önemli bir role sahiptir. Ülkemizde kızılçam, 5.255.544 hektar yayılış alanı ile meşe türünden sonra en çok yaylışa sahip ağaç türüdür. Ayrıca ibreli türler arasında ülkemizde en geniş yayılışa sahip ağaç türüdür (Anonim 2019).

Bununla birlikte kızılçam yoğun gençleştirme ve ağaçlandırmalara tabi olan türümüzdür. Ülkemizin genel ormanlık alanı 22.7 milyon hektar olup bu alan, toplam ülke yüzölçümünün %27,2' sini kapsamaktadır (Anonim 2019). İstatistiki verilere göre, ülkemizde 2000 yılına kadar yapılan ağaçlandırma sahası toplamı 707 bin ha olup, bu alan toplam ağaçlandırmaların (1.8 milyon ha) %40'ını oluşturmaktadır (Konukçu 2001).

Kızılçam, akdeniz ekosisteminde özellikle yaz ayları sıcak ve kurak, kış ayları ise ılık ve yağışlı geçen alanlarda yayılış gösterir. Türün hızlı büyümesi ve kitlesel ağaçlandırmalara uygun olması nedeni ile, endütriyel ağaçlandırmalarda kullanılmakta ve odun hammedi açığının katılmasında önemli rol oynamaktadır (Yaltırık ve Boydak 1990). Ayrıca, doğal ormanlarımızın korunması ve doğaya yakın işletilme olanaklarına uygun türler arasında yer almaktadır.

Ülkemizde iğne yapraklı ağaçlar içinde kızlçam en hızlı büyüme performansına sahip türümüzdür (Saatçioglu ve Pamay 1962). Özellikle verim güzü yüksek birinci bonitet alanlarda uygun tesis ve bazım önlemleri ile Avrupada ve Türkiye'de hızlı büyüyen ağaçlar sınıfında olduğu bildirilmektedir (Saatçioğlu 1982). Söz konusu durum kızılçamda yapılan hâsılat araştırmaları ile de desteklenmiştir, Kızılçam I. Bonitet alanlarda hızlı gelişen tür olarak üstünlüğünü kanıtlamıştır (Erkan 1999).

Yukarıda belirtilen özelliklerin yanı sıra kızılçamın doğal olarak yayıldığı alanlarda farklı yetişme ortamlarına uyum sağlaması ve genetik çeşitliliğin yüksek olması gibi avantajlar ile ağaç ıslahı çalışmalarında öncelikli sırada yer almıştır (Koski and Antola 1993, Boydak ve Çalıkoğlu 2002, Çalışkan 2006). Nitekim "Türkiye Milli Ağaç Islahı ve Tohum Üretimi Programı (1994-2003)" içerisinde kızılçama öncelik verilmiştir. Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma Müdürlüğüde, bu program kapsamında ilk döl denemelerini yine bu türde yürütmüştür (Işık 1992, Boydak ve Çalıkoğlu 2002, Öztürk 2003, Alan vd. 2005, Çalışkan 2007, Öztürk vd. 2008). Kızılçam endüstriyel ağaçlandırmalar ile ülkemizdeki odun hammaddesi açığının kısa sürede kapatılmasında en önemli ağaç türü olarak karşımıza çıkmaktadır (Boydak 2008).

Kızılçam orman yangınlarına uyum sağlayan bir orman ağacıdır (Boydak 1990, Boydak ve Özhan 1996). Söz konusu türünün kalın kabuklu bir yapıya sahip olması, genç yasta kozalak tutması, tohumun yangın mevsiminden önce olgunlaşması gibi birçok özelliği yangına uyum özellikleri arasında yeralmaktadır. Bununla birlikte, türün bazı kozalak ve tohum özellikleribu durumları desteklemektedir (Boydak 1990, Boydak ve Özhan 1996, Boydak vd. 2008). Kızılçamın yangına uyum özellikleri Boydak vd. (2008) tarafından kapsamlı olarak açıklanmıştır.

Kızılçam, yaz kuraklığına oldukça dayanıklı olup, her türlü toprak üzerinde yetişmesi, çok hızlı bir büyüme yeteneği göstermesi nedeniyle, ülkemiz için önemli bir ağaç türüdür. Geniş yayılış alanında kızılçamlar, kireçtaşı, marn ve konglomera gibi tortul, serpantin-peridotit, bazalt gibi volkanik ve gnays, mikaşist, killi şist gibi çeşitli metamorfik kayalar üzerinde de görülmektedir. Fakat suyun geçirimine izin vermeyen serpantinli düz yerler

kızılçamın yetişmesine elverişsiz yerlerdir. Kompakt metamorfik kayalar üzerinde de yetişmesi oldukça zordur (Atalay vd. 1990).

Kızılçam yayılışının yoğun olarak Akdeniz ve Ege sahil şeridinde, yıllık ortalama nemin %60-70 arasında olup söz konusu bölgelerin bazı alanlarında bağıl nemi, yazın kış aylarına göre daha fazladı. Vejeyaston periyodu içinde bağıl nemin %50'nin altında olduğu durumlarda Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin iç kısımlarında, kızılçam iyi bir gelişme gösteremez (Atalay vd. 1990). Fransa'da yapılan bir ağaçlandırma araştırmasında kızılçamda yağış etkenliğinin yetişme ortamındeki verim gücünü etkileyen en önemli faktör olduğu tespit eidlmiştir.

Çizelge 2. 1 Kızılçam yayılış alanlarının genel yağış özellikleri (Çölaşan 1960).

Bölgeler	**Yıllık Ort. Yağış (mm)**	**Yağışlı Gün**	**Yağışın Mevsimlere Dağılımı**			
		Sayısı	Kış	Sonbahar	Yaz	İlkbahar
Marmara Bölgesi						
Trakya	-	-	35	27	25	13
Kocaeli	611	88	41	26	24	9
Güney Marmara	773	102	38	30	20	12
Ege Bölgesi	646	65	56	20	20	4
Akdeniz Bölgesi						
Batı Akdeniz	1000	70	65	18	15	2
Adana Çevresi	625	65	45	21	25	5
Hatay	1000	95	35	24	29	12

Silvikültürü; Kızılçam, doğrudan güneş radyasyonu alan bakılarda yetişmekte olup, doğrudan ışık ihtiyacı yüksek olan bir türdür. Doğal gençlik alanlarında siper ağacı dibinden uzaklaştıkça yaşayan fidanların sayısı ve boyları artmaktadır. Başka bir deyişle siper altındaki fidanların zayıfladıkları ve hatta gölgeli ortamlarda öldükleri görülmektedir. Kızılçam tohumları güneş ışığını doğrudan alan alanlarda iyi bir çimlenme özelliği göstermektedir. Bu nedenle kızılçam, yaz döneminde sis alan sahalardan ve sürekli gölgeli ortamlardan kaçmaktadır. Yağış miktarının az olduğu bakılarda, kuzeye bakan yamaçlardaki biyokütle üretimi, güneye bakan yamaçlara göre fazladır. (Atalay 1990). Elverişli toprak nemi ve ılıman hava koşullarında kızılçamın esas büyüme zamanı

kış ayı sonu ile ilkbahar ayı sonu veya yaz ayı başlangıcıdır. Elverişsiz toprak koşullarındaki alanlarda bile ilk 5-15 yılda, yıllık 5-20 cm boy büyümesi gösterdiği belirlenmiştir.

Tohum özellikleri; Kızılçam türü bir cinsli, bir evcikli, tozlaşması rüzgarla olan, önemli ağaç türlerimiz arasında yer almaktadır. Türde erkek çiçek tomurcukları mart-nisan ayı başlarında şişmeye, ardından bir hafta sonra da tomurcuklar patlamaya ve 7-10 gün sonra da tomurcuk pulları dökülmeye başlar. Bu olayların ardından 10-15 gün ise sonra polen saçımı başlayarak 15-20 gün devam etmektedir. Polen saçımı yükseltiye bağlı nisan ve mayıs aylarına kadar devam etmektedir.

Kızılçamda dişi çiçekler mart ayında tomurcuk pulları açıldıktan sonra görülür. Sürgün uzaması sonrası uç tarafta bulunan çiçek tomurcukları, diğer sürgünlerde gelişecek olan tomurcuklardan, daha ince ve uzunca olmaları ile kolayca ayırt edilebilirler. Kızılçamda idşi çiçekler ortalama 7-10 içerisinde ortaya çıkmaktadır. Yukarıya doğru bakan ve viyolet renginde olan dişi çiçek pulları, orta yükseltilerde nisan ayı sonuna tozlaşmadan sonra viyolet rengini kaybetmektedir. Genç kozalaklar, haziran ayında yaklaşık fındık büyüklüğünde, soluk kahve rengini alır ve sertleşmeye başlayarak, sonbaharda 1.5-2 cm boy ve 1 cm genişliğinde olurlar. Kışı bu boyutlarda atlatan kozalaklar, ilkbaharda süratle gelişmeye başlarlar. Haziran sonu ile temmuz başında doğal büyüklüklerine ulaşan kozalaklar, yeşil ve yumuşak bir yapıdadır. Sonbaharda yeknesak renk alan kozalaklar, kışın, doğal olgunluk rengi olan kahverengiye dönüşür. Böylece kesin renklerini alan kozalaklar 2 yıllık olgun kozalak olarak ilkbaharda hasada elverişli duruma gelirler.

Genellikle kızılçam kozalakları, dip tarafları şişkin ve uca doğru daralan düz bir koni şeklkindedir. Çoğunlıkla kızılçam türü yöre ve yükseltiye bağlı kalmak koşulu ile 4-5 yaşından itibaren kozalak tutma yeteneğine kavulmaktadır. Yine yöreye ve yükseltiye bağlı olarak değişmekle birlikte, her yıl ya da 2-3 yılda bir bol tohum verebilmektedir. Yıl boyu tohum dökümü devam eden kızılçamda genelde temmuz-ekim ayları arasında maksimum tohum döküm zamanı olmaktadır. Kozalaklar ağaç üzerinde 3-4 yıl açılmadan kalmaktadır (Odabaşı 1990). Kızılçamda othum hasadı dikili ağaçlardan yapılmaktadır. Hasat işlemlerinde olgun kozalakların toplanması önemlidir. Olgun kozalakların ışığa

dönük tarafları boz, alt tarafları esmer renkte ve dalların üçüncü yıllık halkaları üzerinde bulunur. Kızılçamda tohum hasadı mart-temmuz ayları arasında yapılmaktadır.

Kızılçam kozalaklarından tohum elde etmek biraz zaman almaktadır. Bu yüzden kozalaklar güneşte kututma yöntemi ile üzerine su serperek karıştırmak suretiyle daha kolay açılabilmektedir. Bunun yanında kozalaktan tohum çıkarma tesislerinde 40- 45 °C sıcaklıklarda kolayca kozalakların açılması sağlanarak tohum elde edilebilmektedir. Kızılçamda kozalak boyu ortalama 7.2 cm (2.0 -12.5 cm), kozalak genişliği ortalama 4.1 cm (1.9 - 5.6 cm) ve ortalama kozalak ağırlığı ortalama 40.7 gr (2.5- 107.9 gr) olarak tespit edilmiştir (Saatçioğlu 1971). Taze kozalak ağırlığının% 4- 5'i saf tohumdur.

Kızılçam tohumlarında ortalama bindane ağırlığı genellikle 51.94 gr (41.05- 66.20 gr), tohum boyu 7.02 mm (6.09- 7.92 mm), tohum eni 4.33 mm (4.05 - 4.94 mm) ve embriyo boyu 5.51 mm (4.84- 6.38 mm) olarak tesbit edilmiştir. Yapılan bu tespitler 28 kızılçam orijini üzerinde yürütülmüştür.

Kızılçam tohumunu kanatlarından ayırmada kanat kırma makinesi yerine tohumları bir çuvala koyup sopa ile vurmak ya da düz bir zemin üzerine yığarak ovmak suretiyle kanatlarından ayırmak tercih edilir.

Kızılçam tohumunda ibr çimlenme engeli mevcut olup bu engel tohum kabuğundan kaynaklanmaktadır. Bu yüzden tohumlar çimlendirme testleri öncesinde 4-6 hafta soğuk katlamya ihtiyaç duymaktadır. Katlama işleminden sonra kızılçam tohumlarında çimlenme testleri 28 gün sürede yapılır. Genel olarak kızılçam tohumlarında ortalama çimlenme yüzdesi% 82.32 (% 27-% 99) olarak tesbit edilmiştir.

Kızılçam tohumlarında yapılan bir araştırmada, tohum büyüklüğü ile fidan kalitesi ve fidan verimi arasında olumlu ilişkiler tespit edilmiştir. Tohum boyutu ve büyüklüğü arttıkça fidan kaliteside artmıştır. Bu durum genelde 7 mm'den fazla boya sahip tohumlarda tespit eidlmiştir. Kızılçam tohumları + 4°C de soğuk hava deposunda çimlenme enerjisi ve yüzdesini kaybetmeden 5-6 yıl saklanabilmektedir. Ayrıca kızılçam

tohumları oda sıcaklığında 6 ay süreyle saklanabilmektedir. Kızılçam tohumununun kozalaktan çıkmadan önceki rutubet içeriği % 20, kozalaktan çıktığında %10' un altında ve genellikle % 5-8 arasında olduğu tespit edilmiştir (Ürgenç 1998).

2.5 Kaynak Özetleri

Çalışmanın bu bölümünde; orman ağaçlarında ve tohumlarında yapılan stres çalışmaları hakkında özet bilgiler verilmiştir.

Çolak (2012) "Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) ve Toros sedirine (*Cedrus libani* A. Rich) ait fidanlarda don stresi hakkında yaptığı çalışmada; türlere ait fidanları 16 saat süre ile 3 farklı donma sıcaklığına (-15 ^{0}C, -25 ^{0}C ve -45 ^{0}C) maruz bırakmıştır. Fidanların iğne yapraklarında oluşan zarar iyon sızıntısı yöntemi ile belirlenmiştir. Çalışmada Toros sedirinde -25 ^{0}C, Anadolu Karaçamında ise -45 ^{0}C de önemli don zararının başladığını, Sarıçam fidanlarında ise bu sıcaklık kademelerinde önemli bir zarar görülmediği tespit etmiştir.

Semerci (2005) Anadolu karaçamı'nda (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) 11 orijine ait bir yaşındaki (1+0) fidanları, kışın (-20, -25, -30 ve -40 ^{0}C) ve ilkbaharda (+3, -3, -7 ve -14 ^{0}C) düşük sıcaklığa maruz bırakmıştır. Sonrasında don zararı, iyon sızıntısı, klorofil floresans ve MDA (Malondialdehit) yöntemleri ile tespit edilmiştir. Araştırmada don zararını tespit etmede en elverişli yöntem klorofil floresans olmuştur. Çalışma sonucunda, Anadolu karaçamı'nda dona dayanıklılığın mevsimsel olarak değişim gösterdiği tespit eidlmiştir. Araştırmada kışın don zararının -20 ^{0}C ile -25 ^{0}C arasında, ilkbaharda ise –3 ^{0}C ile –7 ^{0}C arasında başlamıştır. Kış mevsiminde yapılan dona dayanıklılık testlerinde orijinler arasında farklılıklar tespit edilirken ilkbahar mevsiminde bir farklılık tespit edilmemiştir. Çalışmada Andırın, Göksun ve Mengen orijinlerinin dona daha dayanıklı, Balıkesir ve Mustafa Kemal Paşa orijinlerinin ise dayanıksız olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte dona dayanıklılık ile orijinlerin şeker içerikleri arasında önemli bir ilişki tespit edimemiştir.

İmal (2015) "Bazı Anadolu Karaçamı *(Pinus nigra* Arnold ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) orijinlerinin dona ve kuraklığa karşı dayanıklılıklarının belirlenmesi" isimli araştırmasında 6 farklı biyoiklim zonunu temsil eden 7 Anadolu Karaçamı orijininde dona dayanıklılık çalışması yapılmıştır. Araştırmada toplanan kozalaklardan elde edilen tohumlar, enso tipi kaplara ekilerek yetiştirilen 2+0 yaşlı Anadolu karaçamı fidanları ile kuraklığa dayanıklılık, 3+0 yaşlı fidanlar ile de dona dayanıklılık testleri yapmıştır. Çalışma sonunda; Karaman, Nallıhan ve Kızılcahamam orijinleri kuraklığa en dayanıklı orijinler olarak tespit edilmiştir. Kışın yapılan dona dayanıklılık testlerinde ise fidanlar 4 farklı sıcaklık kademesine maruz bırakılarak (-20, -25, -30 ve -40 ^{0}C), fidanlarda oluşan don zararı iyon sızıntısı, klorofil floresans ve görsel değerlendirme yöntemleri kullanılarak belirlenmiştir. Karaçam fidanlarında -20 ile-25 ^{0}C arasında don zararının başladığı, -25 ^{0}C'nin altındaki sıcaklıklarda orijinler arasında farklılaşmaların başladığı bazı orijinlerin -30 ^{0}C düşük sıcaklıklara kadar dayandığı, -40 ^{0}C sıcaklık kademesinde ise tüm orijinlerin hayatını kaybettiği tespit edilmiştir. Dona en dayanıklı orijinlerin Karaman, Çerkeş ve Kargı olduğu, Dirgine orijininin ise dona en duyarlı orijin olduğunu tespit edilmiştir. Yazar ilkbahar mevsiminde -5, -10 ve -15 ^{0}C de aynı testleri yapmış Anadolu karaçamı fidanlarında don zararının -5 ile -10 ^{0}C arasında başladığını ve baharda yapılan düşük sıcaklık testlerinde dayanıklılık bakımından orijinler arasında bir fark olmadığını tespit etmiştir.

Semerci vd. (2019) "Ankara ve Antalya Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) orijin deneme sahalarında bazı orijinlerin dona dayanıklılıklarının belirlenmesi" isimli çalışmalarında; ocak ayı sonunda tesadüfi parseller deneme desenine göre her iki orijin deneme sahasından 9 orijinden alınan son yıl sürgünleri üzerinde -5, -10, -12.5, -15, -17.5, -20, -22.5, -25, -30 ve -40 ^{0}C de yapay dondurma testleri uygulamışlar ve düşük sıcaklıklar sonrası hücrelerde meydana gelen zararı iyon sızıntısı yöntemine göre belirlemişlerdir. Çalışma sonunda, kızılçam hücre mebranlarında don zararının ocak ayı sonunda; -15 ile -17.5 ^{0}C arasında, asıl ölümcül zararı ise -20 ^{0}C'de başladığı belirlenmiştir. Yine araştırma sonucunda Antalya deneme alanından alınan örneklerde Samsun-Bafra ve Burdur-Gölhisar orijinlerinin diğer orijinlerden dona daha dayanıklı olduğu, Ankara deneme alanından alınan örneklerde ise Burdur-Gölhisar Antalya-Kaş ve Kıbrıs-Güzelyurt orijinlerinin dona diğer orijinlerden daha dayanıklı olduğu bulunmuştur.

Mersin-Gülnar, Antalya-Kaş, Kıbrıs-Güzelyurt ve Mersin-Anamur orijinlerinin Ankara deneme sahasından alınan örneklerinin dona dayanıklılık seviyesinin, Antalya deneme sahasından alınan aynı orijindeki örneklerden daha yüksek olduğu, bu orijinlerin dona dayanıklılığındaki artışın nedeninin ise fenotipik plastisite olabileceğini tespit edilmiştir.

Yıldız vd. (2014) düşük sıcaklık derecelerine maruz bırakılan 4 kızılçam orijininde düşük sıcaklıklar sonrası iğne yapraklarda meydana gelen fizyolojiksel ve kimyasal tepkimeleri araştırmışlardır. Çalışmada 24, 28 ve 32 haftalık kızılçam fidanlarına -5, -10, -15 ve -20 ^{0}C'lik düşük sıcaklık derelerini uygulanmış, düşük sıcaklıklar sonrası iyon sızıntısı, klorofil floresans ve karbonhidrat konsantrasyonu ölçümleri ile meydana gelen zararı tespit edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre fidanların çap ve boy değerleri arasındaki farklılık hafta ve orijin bazında farklılık göstermemiştir. Don testi sonuçlarında fizyolojiksel ölçümlerde kızılçam fidanlarında don zararı -15 ^{0}C ve altına düştüğünde başlamış, klorofil floresans yönteminde düşük sıcaklıklarda orijinler arasında herhangi bir farklılık tespit edilememiştir. Korbonhidrat konsantrasyonları bakımından fidanların büyüme aşamaları ve orijinler arasında dona dayanıklılık bakımından değişkenlikler tespit edilmiştir. Yüksek rakımdaki birkaç orijinde çözünebilir şeker konsantrasyonu yüksek çıkmıştır. Yazarlar orijinlerin yükseltisi ve çözünebilir şeker miktarı içeriklerinin dona dayanıklılık düzeylerini etkilediklerini belirlemişlerdir.

Semerci (2005) tarafından yapılan çalışmada, çıplak köklü 2+0, Belceğiz (Isparta) orijinli Toros sediri Fidanlarında fidan boyunun, kök boğazı çapının ve bazı fizyolojik fidan karakteristiklerinin (dormansi, fidan su potansiyeli, yapraklardaki glikoz konsantrasyonu gibi) dikim başarısı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonunca, fidan boyu ile tutma başarısı arasında anlamlı bir ilişki bulunurken kök boğazı çapı ile tutma başarısı arasında anlamlı bir ilişki bulamamıştır. Yazar kök geliştirme potansiyeli değerleri ve dikim denemelerinin sonuçlarını dikkate aldığında, Toros sedirinde İç Anadolu ekolojik koşullarında en uygun söküm-dikim döneminin erken ilkbahar olduğunu önermiştir.

Ayan vd. (2017) "Türkiye'deki Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) ağaçlandırma sahalarının iklim tipi açısından değerlendirilmesini araştırmışlardır. Çalışmada türün dijital yayılış haritası baz alınarak mevcut ağaçlandırma sahaları De Mortonne, Erinç ve Aydeniz iklim sınıflandırmalarına göre irdelenmiştir. Çalışma sonucunda, De Mortonne sınıflandırmasına göre; "Step-nemli arası", "Yarı nemli" ve "Step-yarı kurak" olan üç iklim tipinde Toros sediri plantasyonlarının görüldüğü, Erinç'e göre "Nemli" ve "Step-yarı kurak" iklim tiplerinde, Aydeniz'e göre ise "Kurak", "Yarı kurak", "Nemli" ve "Yarı nemli" iklim tiplerinin Toros sediri plantasyon alanlarında hâkim olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlardan da Toros sedirinin iklim amplitüdünün geniş olduğu belirlenmiştir.

Deans and Harvey (1996) "İskoçya da yetişen 16 Avrupa orjinli Sapsız meşe (*Quercus petraea*) orijinlerinin dona dayanıklılığı" isimli araştırmalarında; orijinlerin dona dayanıklılıklarını sonbahardan ve ilkbahara kadar tomurcuk örnekleri üzerinde elektriksel iletkenlik yöntemi ile belirlemişlerdir. Araştırma sonucunda orijinler arasında dona dayanıklılık bakımından önemli farklılıklar tespit etmişlerdir. Yine araştırma ile sonbaharda oluşan tomurcukların ilkbaharda oluşan tomurcuklardan dona daha dayanıklı olduklarını ve ilkbaharda dona dayanıklılık bakımından orijinler arasında önemli farkların olmadığını belirlemişlerdir. Genel olarak; Almanya, Polonya, Danimarka orijinlerinin Fransa ve Avusturya'dan dona daha dayanıklı oldukları tespit edilmiştir.

Larsen and Suner (1986) Anadolu Karaçamı orijinleri dona dayanıklılık çalışması ile; genel olarak Anadolu karaçamı orijinlerinde don zararının -15.9 ile -27.3 ^{0}C sıcaklıklar arasında meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Kullandıkları orijinlerden Çerkeş orijininin dona en dayanıklı olduğu tespit etmişlerdir.

Pina *et al.* (2008) Sarıçam ibreleri üzerinde kışın gerçekleştirdikleri don testleri sonucunda, Sarıçamda don zararının Fv/Fm oranına göre -27.5 ^{0}C, elektriksel iletkenlik testi sonuçlarına göre -25 ^{0}C ve görsel değerlendirme yöntemine göre de -25.2 ^{0}C de başladığını tespit etmişlerdir.

Aldrete *et al.* (2008) kuzey ve güney enlemlere ait 9 farklı orijinden yetiştirilen *Pinus greggii* fidanları ile dona dayanıklılık çalışması yapmışlardır. Çalışma sonucunda elektriksel iletkenlik test sonuçlarına göre kuzey ve güney enlemleri temsil eden fidanlar arasında dona dayanıklılık bakımından farklılıklar belirlenmiştir. Kuzey enlemlerde Şubat ayında ortalama don zararının -18 ^{0}C başladığı güney enlemler ise ise -12 ^{0}C de başladığı tespit edilmiştir. Nisan ayında ise don zararı kuzey enlemlere ait orijinlerde -11 ^{0}C, güney enlemlere ait orijinlerde ise -9 ^{0}C de tespit edilmiştir.

Bares (2007) farklı yetişme ortamlarını temsil eden 2 yaşındaki *Quercus oleoides* ve *Quercus virginina* fidanları ile şubat ayında 0, -2, -5 ve -10 ^{0}C de dona dayanıklılık çalışması yürütmüştür. Çalışma sonunda daha güney enlemde ve ılıman bölgede yetişen *Quercus oleoides* fidanlarının Fv/Fm değerlerini 0.20-0.10 arasında tespit ederek don zararının -10 ^{0}C de başladığını bildirmiştir. Daha kuzey enlemdeki North Carolina orijinli *Quercus virginiana* fidanlarında ise Fv/Fm değerini 0.80 tespit ederek -10 ^{0}C de dondan zarar görmediğini tespit etmiştir.

Suszka *et al.* (2005) *Picea abies* L. tohumlarının ne kadar uzun süre saklanabileceğine ilişkin gerçekleştirmiş oldukları çalışmalarında 17 yıl -5 ve -6 ºC'de, 12 yıl -3 ºC'de olmak üzere toplamda tohumları 29 yıl saklamışlardır. Saklama süreleri sonunda tohumlarda çimlenme kapasitesinin 12 yıl saklanan tohumlarda %5, 29 yıl saklana tohumlarda ise %15 oranında azaldığını tespit etmişlerdir. Bonner (2008), çalışmasında *Picea sitchensis* (Bong.) Carr. tohumlarında 2-4 ºC %7-9.5 nem içeriğine sahip olan tohumların 17-18 yıl saklanması sonucunda yaşam oranının % 8 oranlarında azaldığını belirlemiştir.

Usta (2007) ''Yüksek sıcaklık soku uygulamalarının dogal çam türlerinin (*Pinus* sp.) tohum özelliklerine etkisi'' isimli çalışmada; Türkiye'de genis yayılış gösteren Anadolu karaçamı (Pinus nigra Arnold. subsp. pallasiana (Lamb.) Holmobe), sarıçam (Pinus sylvestris L. var . hamata (Steven) Fomin.) ve kızılçam (*Pinus brutia Ten.*) türlerinin tohum ve dolayısıyla gençleştirmeleri üzerine yangınlar sonrası olusan yüksek sıcaklıkların etkisini belirlemişlerdir. Deneme kapsamında kullanılan doğal türlere, sistematik botanik açıdan yakın türlerdeki sıcaklık şoku ve süreleri uygulamaları baz

alınarak toplam 5 farklı sıcaklık şoku [kontrol (sıcaklık soku uygulanmamış tohum), 80, 100, 120 ve 140 ^{0}C] ve 5 değişik maruz kalma süresi (1, 3, 5, 7 ve 9 dakika) tatbik etmişlerdir. Çalışma kapsamında kullanılan üç türün çimlenme yüzdeleri üzerine sıcaklık şoku, sıcaklık uygulama süresi ve her iki faktörün birlikte etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca, gerek çimlendirme dolabı gerekse fidanlık kosullarında yürütülen denemelerde; sarıçam ve Anadolu karaçamı tohumlarına uygulanan tüm sıcaklık şoklarında, kontrole göre diğer islemlerde çimlenme yüzdesi düserken, kızılçam tohumlarında 80 ºC'lik sıcaklık şoku uygulaması tohumun çimlenmesi üzerinde teşvik edici rol oynamıştır. Üç çam türünde yapılan denemelerde 120 ºC'nin üzeri ve 5 dk'dan daha uzun süreli sıcaklık uygulamalarının çimlenmeyi düşürdüğü ve tohum canlılığını yok edici etki yaptığı belirlemiştir. Deneme kapsamında kullanılan aynı türün farklı orijinlerinden ve aynı orijinli tohumlara uygulanan farklı işlemlerin önemli çimlenme varyasyonu göstermesi, yüksek sıcaklık şoku ve süresi ile ilgili çalısmaların orijin ve genotip bazında daha ileri çalışmalara gereksinim gösterdiğini belirtmektedir. Diğer bir ifadeyle, yüksek sıcaklık şoku streslerine dayanıklılık gösteren populasyon ve genotiplerin belirlenmesi gerektiği sonucuna varmıştır.

Ayan vd. (2017) çalışmalarında; değişik yükseltilerden seçilen 14 farklı kızılçam popülasyonlarından toplanan tohumların farklı sıcaklık şoku şiddetlerine ve sürelerine maruz bırakılmasının tohum çimlenme kabiliyeti ve canlılığı üzerine etkisinin belirlenmesini amaçlamışlar. Bu amaçla, 14 farklı popülasyondan temin edilen kızılçam tohumları, kontrol işlemi hariç olmak üzere dört farklı sıcaklık şokuna (70, 90, 110 ve 130 ºC) 1 ve 5 dk. süresince maruz bırakılmıştır. Çalışma sonucunda; genel olarak kızılçam tohumlarının yüksek sıcaklıklara karşı dayanıklı bir tür olduğu belirlenmiştir. Çalışma kapsamında; dört farklı ıslah zonu ve 60 ile 925 metre rakımlar arasındaki 14 farklı popülasyonun tohumlarının tamamının 130 °C'ye kadarki yüksek sıcaklık şoklarında yaşam kabiliyetlerini koruyabildiklerini tespit etmişlerdir. Ayrıca, 1 dk. boyunca 130 ºC yüksek sıcaklık şoku uygulanan tohumlarda çimlenme kabiliyetinin de maksimum olduğu belirlenmiştir.

Çetin (2010) çalışmasında, Anamur ve Mersin yörelerinden seçilen 2 kesitteki 4'er yükselti kusagından (0-400 m, 400-800 m, 800-1200 m ve ≥1200 m) toplanan kızılçam

(*Pinus brutia* Ten.) tohumlarının morfolojik, fizyolojik ve kantite özelliklerinin yükselti kusaklarına göre degisimi arastırılmıstır. Arastırılan morfolojik özellikler; kabuk kalınlıgı, tohum boyu, genis çapı, dar çapı, fizyolojik özellikler; optimum çimlenme sıcaklıgı, soguk katlama, nem denetimli çıplak katlama (NDÇK), ozmotik stres ile kosullandırmanın (PEG-6000) çimlendirmeye etkileri ve kantite özellikleri; 1000 tane agırlıgı ve endosperm agırlıgının tohum agırlıgına oranı (ETO) olarak belirlemişlerdir. Buna ek olarak tohumların nem düzeyi ve ısıtılan tohumların çimlenme özelliklerini de incelemislerdir. Ayrıca, her iki kesitte, gençliklerin konelet ve kozalak tutma yasları saptanmıstır. Sadece Anamur kesitinde ise, farklı bir yükselti kusagı sınıflandırması ile alt (0-250 m) ve üst (750-1000 m) yükselti kusaklarında, yıllayan kozalakların tespiti yapılmış, yükseltiye baglı degisimini de araştırmıştır. Kızılçam tohumlarında optimum çimlenmeler bütün yükselti kusaklarında 20 (21) °C'de olduğunu tesbit etmiştir. Yapılan çimlendirme denemelerine göre, yükseltinin artmasıyla çimlenme performanslarının düştüğünü belirlemiştir. Alt yükselti kuşagında (0-400 m) daha düşük sıcaklıkta (15 °C) yüksek çimlenme yüzdesi elde edilirken, orta ve özellikle yüksek kuşakta 24 °C'deki çimlenmeler 15 °C'deki çimlenme yüzdelerinden daha fazla olduğunu tesbit etmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

Bu çalışmanın ana materyalini 6 farklı kızılçam orijininden elde edilen tohumlar oluşturmaktadır. Tohumlar tohum meşcerelerinden temin edilmiştir.

Çalışmada kullanılan orijinlerin seçimi ve orijinlere ait biyoiklim zonlarının belirlenmesine ait bilgiler aşağıda alt başlıklar halinde verilmiştir.

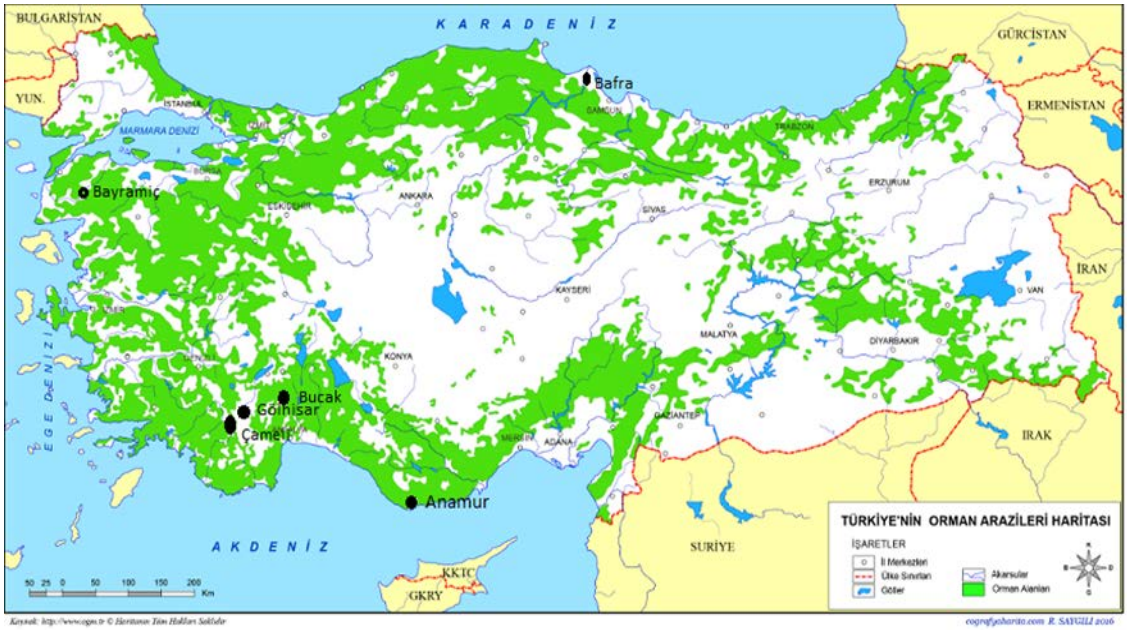
3.1.1 Orijinlerin seçimi ve biyoiklim zonlarının belirlenmesi

Bu çalışmada orijinlerin tespit edilmesinde Kızılçamın ülkemizdeki doğal yayılışı dikkate alınmıştır. Bu husus göz önünde bulundurularak farklı bölge ve rakımlarda 6 adet orijin belirlenmiştir.

Tohumlar tohum meşcerelerinden temin edilmiştir. Orijinlere ait bilgiler aşağıda (Çizelge 3.1) verilmiştir. Orijinlerin seçiminde farklı bölgelerden, yükselti kuşaklarından ve biyoiklim zonlarından olması ön planda tutulmuştur. Ayrıca orijinlerin seçiminde daha önce fidan aşamasında don testleri için kullanılan orijinler ile aynı olmasına özen gösterilmiştir. Orijinlere ait iklim verileri Emberger yöntemine göre değerlendirilmiş ve Biyoiklim sınıflandırılması yapılmıştır (Çizelge 3.2).

Emberger Biyoiklim Metodu; Emberger prensiplerine göre Akdeniz iklimi; fotoperiodizmi günlük ve mevsimlik olan, yağışları soğuk veya nispeten soğuk olan mevsimlere toplanmış, kurak mevsimi yaz olan ve bu yaz kuraklığı maksimum bir yaz sıcaklığı ile uyuşan tropikal dışı bir iklimdir. Çoğu kez belirgin fakat daima mevcut olan bir kurak devrenin bulunması ve bu devrede yüksek sıcaklıkla birlikte görülen çok az miktardaki yaz yağışları vejetasyon açısından bu iklimin en göze çarpan özelliğidir. Söz konusu bu kurak mevsimin süresinin ve yaz yağışı miktarının bilinmesi ekologlar,

ormancılar ve ziraatçiler bakımından büyük önem taşımaktadır (Akman 1999, Çalıkoğlu 2002).



Şekil 3. 1 Araştırmaya konu olan kızılçam orjinleri

Çizelge 3.1 Kızılçam orijinlerine ait genel bilgiler

No	TM UK No	TM UK No	Orijinin bulunduğu il	Orman İşletmesi ve Şefliği	Enlem	Boylam	Yükselti (m)
1	Bucak	TM5	Burdur	Bucak-Bucak	37° 30'	30° 41'	800
2	Bayramiç	TM18	Çanakkale	Bayramiç-Karaköy	39° 50'	25° 55'	450
3	Gölhisar	TM19	Burdur	Gölhisar-Gölhisar	37° 04'	30° 32'	1100
4	Bafra	TM349	Samsun	Bafra-Yakakent	41° 39'	35° 27'	100
5	Anamur	TM25	Mersin	Anamur-Anamur	36° 05'	32° 41'	500
6	Çameli	TM40	Denizli	Çameli-Göldağ	37° 06'	29° 07'	800

***TM:** Tohum Bahçesi ***UK No:** Ulusal Kayıt No

Çizelge 3.2 Kızılçam orijinlerinin Emberger Biyoiklim Sınıflandırmasına göre iklim karakteristikleri (Akman 1999)

İlçesi	İstasyon Adı	P (mm)	M (°C)	m (°C)	PE (mm)	Q	S	Biyoiklim Katı	Katların Alt Bölümleri	Min. Sıc. (°C)	Min. Sıc. Yılı
Bucak	Bucak	651.5	32.7	-0.5	59.5	67.8	1,8	Az-yağışlı	Soğuk	-15.8	(1993)
Bayramiç	Bayramiç	590.7	31.8	0.9	42.3	66.0	1.3	Az-yağışlı	Serin	-14.5	(1973)
Gölhisar	Gölhisar	521.5	30.8	-2.0	47.0	55.3	1.5	Yarı-kurak	Soğuk	-20.2	(1974)
Bafra	Bafra	731.1	27.6	3.2	112.4	103.8	4.1	Yağışlı	Ilıman	-10.9	(1973)
Anamur	Anamur	951.7	33.2	8.2	6.6	129.5	0.2	Yağışlı	Sıcak	-4.8	(2015)
Çameli	Çameli	614,7	33,1	-2,0	48,4	60,6	1,5	Yarı-kurak	Soğuk	-15,1	(2019)

3.1.2. Orijinlere ait bilgiler ve tohumların temin edilmesi

Söz konusu orijinlere ait tohumlar 2019 yılı içerisinde Orman Genel Müdürlüğü-Fidanlık ve Tohum İşleri Dairesi Başkanlığından 500 er gr olarak resmi yazı ile temin edilmiştir. Tohumlar temin edildikten sonra Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Tohum Teknolojisi Laboratuvarında ilgili tohum testleri yapılana kadar buzdolabında +4 ^{0}C ağzı kapalı kaplarda saklanmıştır.



Şekil 3.2 Temin edilen tohumların Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Tohum Teknolojisi Laboratuvarında buzdolabında +4 °C saklanması

3.1.3. Araştırmada kullanılan araç ve gereçler

Düşük sıcaklık stresi altındaki kızılçam tohumlarının çimlenme tepkisini tespit etmek için kullanılan araç ve gereçler aşağıda belirtilmiştir.

- Lovibond marka inkübatör.
- Filtre kâğıtları, cam kaplar, cımbız, beherglas, büyüteç, kesici jilet, cetvel ve diğer gereçler.
- 12,5 çapında petri kabı.
- Etil alkol.
- Etüv.
- Tohum sayma makinası.
- 13x18 cm boyutlarında ağzı kilitli poşetler.
- Bant, etiket, su spreyi.
- Canon EOS 700D fotoğraf makinesi.
- VÖTCH marka VT3-4034 model ayarlanabilir soğutucu kabin. Cihazın sıcaklık sınırları -42 0C ve +180 0C'dir. Programlanabilmekte ve otomatik olarak kontrol edilebilmektedir.
- Precisa XB 6200C model elektronik hassas terazi.

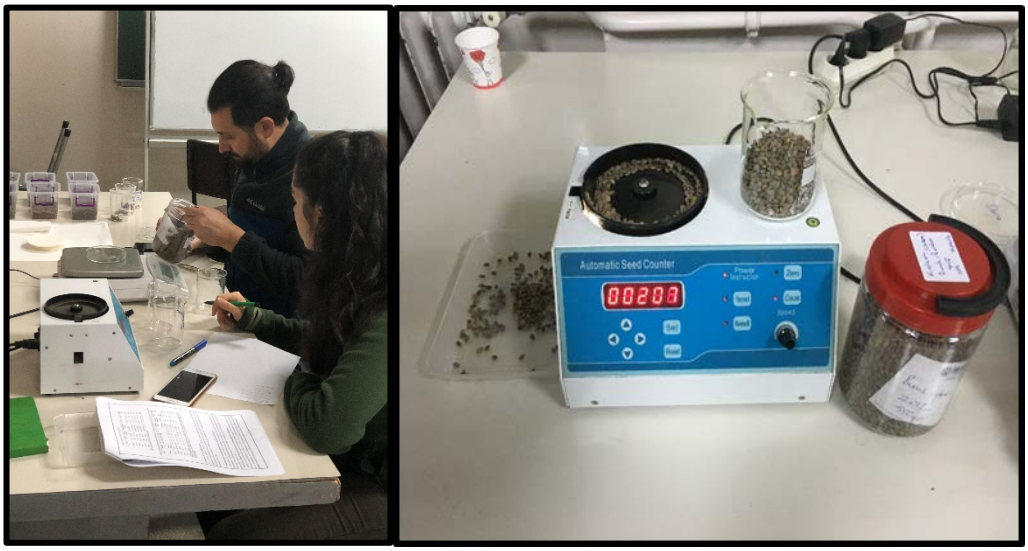
3.2 Yöntem

3.2.1 Tohumların bin dane ağırlığının belirlenmesi

Her bir kızılçam orijinine ait tohumların 1000-dane ağırlığının belirlenmesinde rastgele seçilen 8x100 = 800 tohum örneği kullanılmıştır. Rastgele örnekleme amacıyla toplanan tohumlar düz zemine serpilmiş ve farklı yerlerden 100 tanesi sayılarak elektronik hassas terazide tartılmıştır. 1000-dane ağırlığını hesaplamak için 8 yinelemenin ortalaması bulunarak 10 ile çarpılmıştır. Aşağıda yazılan formül aracılığı ile her orijin için 1000 tane ağırlığı ayrı ayrı belirlenmiştir (ISTA 1996).

$$1000 \text{ tane ağırlığı} = \frac{\sum xi}{8} x10$$

xi : yinelemelerin ortalaması



Şekil 3.3 Tohumların sayılarak bin dane ağırlığının hesaplanması

3.3 Tohumların hava kurusu, yarı doygun ve tam doygun neminin belirlenmesi

Orijinlere ait kızılçam tohumlarında nem tayini 3 yinelemeli 5 gr tohum örneğinde ISTA (1996)'ya göre tayin edilmiştir. Laboratuvara getirilen tohumlarda taze ağırlık (TA) ve 105±1 °C'de 17 saat etüvde kurutma işleminden sonra kuru ağırlık (KA) 0,001 g duyarlılığındaki terazi yardımı ile belirlenmiştir.



Şekil 3.4 Kızılçam tohumlarının taze ağırlığı (TA) ve etüvde kurutulduktan sonra kuru ağırlığının (KA) tesbit edilmesi

Tohumların hava kuru haldeki nem tayini; ISTA (1996)'e göre aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$HKN = \frac{THKA - TFKA}{THKA} x100$$

HKN: Hava kurusu nemi (%), THKA: Tohumun hava kurusu ağırlığı, TFKA: Tohumun fırın kurusu ağırlığı

Tam doygun nem ölçümleri ise, hava kurusu nemi daha önce tespit edilen tohum örnekleri ile tespit edilmiştir. Bunun için öncelikle tohum örnekleri 0,0001 gr duyarlılığındaki elektronik hassas terazi ile tartılmıştır. Tartma işlemi sonrası ağırlığı tespit edilen tohumlar, beherlere konan saf su içerisinde +10 ^{o}C'de bekletilerek, maksimum su alma

düzeyine ulaşması sağlanmıştır. Tohum örnekleri su alımı dengeleninceye kadar, zaman zaman sudan çıkarılıp, bir kaç dakika kurutularak tartılmış böylelikle tohumların nem alıp almağının kontrol edilmiştir. Su alımı duran ve maksimum nem değerine ulaşan tohumlar, tekrar tartılarak bütün orijinlerin tam doygunluk nemi aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanmıştır. %50 doygun haldeki tohum nemi ise tam doygun haldeki tohum ağırlığının yarısı alınarak hesaplanmıştır (Çetin 2010).

$$TDN = \frac{TTDA - TFKA}{TTDA} x100$$

TDN: Tam doygunluk nemi (%), TTDA: Tohumun tam doygunluk ağırlığı, TFKA: Tohumun fırın kurusu ağırlığı



Şekil 3.5 Saf suda bekletilen kızılçam tohumlarının yarı doygun ve tam doygun haldeki ağırlıklarının belirlenmesi

3.2.3 Tohumlara uygulanacak düşük sıcaklık derecelerinin belirlenmesi ve bu sıcaklık kademelerinin uygulanması

Tohumların içerdikleri rutubet miktarı ile düşük sıcaklık dereceleri arasında kuvvetli bir ilişki söz konusudur. Tohumun içerisindeki su miktarı arttıkça düşük sıcaklık derecesinde tohumda meydana gelecek zararda artacaktır. Bu nedenle don testlerinde 3 farklı rutubet derecesinde kızılçam tohumları kullanılmıştır (Hava kuru, %50 doygun, Tam doygun). Yapılan araştırmalarda Kızılçam Tohumun hava kurusu nemi %8,5 tam doygun haldeki nemi %34 olarak tespit edilmiştir (Çetin 2010). Farklı nem içeriklerine sahip kızılçam tohumlarında don zararının belirlenmesinde 6 farklı sıcaklık kademesi uygulanmıştır. Sıcaklık kademeleri Kontrol, -5, -10, -15, -20 ve -25 ^{0}C olarak belirlenmiştir. Orijinlerde her bir sıcaklık kademesinde ve her nem içeriğinde 400 tohum kullanılmıştır (6 orijin x 3 nem içeriği x 6 sıcaklık kad. x 400 tohum = 43200 tohum). Tohumlar 4 ^{0}C de ağzı kapalı kaplarda buzdolabında test gününe kadar bekletilmiştir. Dondurma testleri 4 ^{0}C de başlatılarak, sonrasında sıcaklık saatte 5 ^{0}C/h-1 azaltılarak hedeflenen sıcaklık kademelerine ulaşılarak, tohumlar bu derece de 5-8 saat bekletilerek ve tekrar aynı hızda sıcaklık artışı sağlanarak 4 ^{0}C ye getirilmiştir (Burr *et all.* 2001, Hawkins *et all.* 2001, Semerci 2005, İmal 2015). Ardından tohumlar çimlendirme testleri yapılıncaya dek 4 ^{0}C de saklanılmıştır.



Şekil 3.6 Farklı nem içeriklerine sahip kızılçam tohumlarının 6 farklı sıcaklık kademesine göre don zararının kontrolü

3.2.4 Düşük sıcaklık uygulama sonrası çimlendirme testleri

Düşük sıcaklık derecelerinin tohumlara verdiği zarar miktarı çimlendirme testleri ile belirlenmiştir. Orijinlere ait çimlendirme testleri her bir işlem grubunda 50 adet tohumda 4 yinelemeli olarak gerçekleştirilmiştir. Çimlendirmeler 11 cm çapındaki cam petri kaplarında yine 11 cm çapındaki filtre kağıtları kullanılmıştır. Çimlendirme testleri inkübatörde 20 ºC sabit sıcaklık ve %60-70 nem koşullarında 28 günlük sürede gerçekleştirilmiştir. Petri kaplarındaki filtre kağıtları her hafta değiştirilmiştir.



Şekil 3.7 Farklı sıcaklık kademelerine maruz bırakılan tohumların, cam petri kabına yerleştirilerek inkübatörde çimlendirme testlerinin gerçekleştirilmesi

Deneme sürecinde kökçüğü, tohum boyunun 1-1,5 katı olan tohumlar çimlenmiş kabul edilip ilgili çimlendirme föylerine kaydedilmiştir. İlgili tüm testler Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Silvikültür Anabilim Dalı Tohum Teknolojisi ve Orman Ekofizyolojisi Laboratuvarında yapılmıştır.



Şekil 3.8 Kökçüğü tohum boyunun 1-1,5 katı olmuş ve çimlenmesi kabul edilen tohum

Çimlenme testleri sonrası çimlenme yüzdesi (ÇY) ve ortalama çimlenme süresi (OÇS) aşağıdaki denklemler yardımı ile hesaplanmıştır (Bewley ve Black 1994, Yılmaz vd. 2013).

Çimlenme yüzdesi:

$$\text{ÇY } (\%) = \frac{\sum ni}{N} x100$$

ÇY (%) : Çimlenme yüzdesi, ni : i. Gündeki çimleme sayısı, N : Teste konulan toplam tohum sayısı

Ortalama çimlenme süresi:

$$OÇS = \frac{\sum (t_i . n_i)}{\sum n_i}$$

OÇS: Ortalama çimlenme süresi (gün) ti: Testin başlangıcından itibaren geçen süre (gün) ni: t(i) gündeki çimlenen tohum sayısı (adet)

3.2.5 Verilerin değerlendirilmesi ve istatistiksel analiz

Değişik orijin, farklı rutubet içeriği ve farklı sıcaklık kademelerinden elde edilecek çimlendirme parametrelerinden edilen sonuçların farklılıklarının belirlenmesinde çoklu Varyans Analizi (Multiple variance analysis: MANOVA) testi uygulanmıştır. Varyans analizleri sonucunda orijin, nem içeriği ve sıcaklık düzeylerine ilişkin ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey testi ile belirlenerek ve ortalamalar gruplandırılmıştır. İstatistiksel analizlerde %5 önem seviyesi esas alınmıştır.

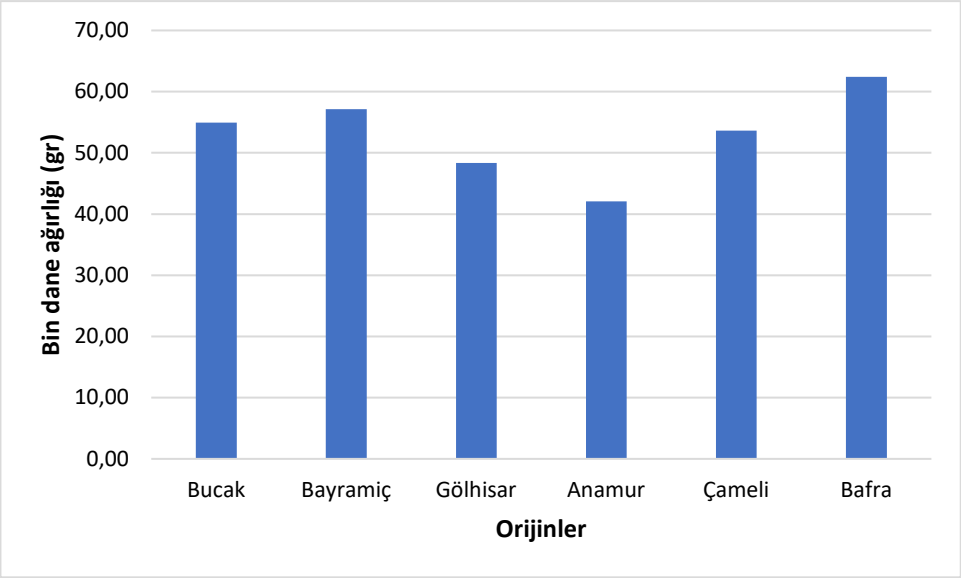
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Bin Dane Ağırlığı Değerlerine Ait Bulgular

Her bir kızılçam orijinine ait tohumların bin dane ağırlıkları Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1 de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Tohumlarda bindane ağırlığına ait bulgular

Orijinler	**Bin dane ağırlığı (gr)**
Bucak	57,93
Bayramiç	57,16
Gölhisar	48,33
Anamur	42,05
Çameli	63,63
Bafra	62,41
Ortalama	*55,25*



Şekil 4.1 Kızılçam orijinlerinin bindane ağırlığına ait bulgular

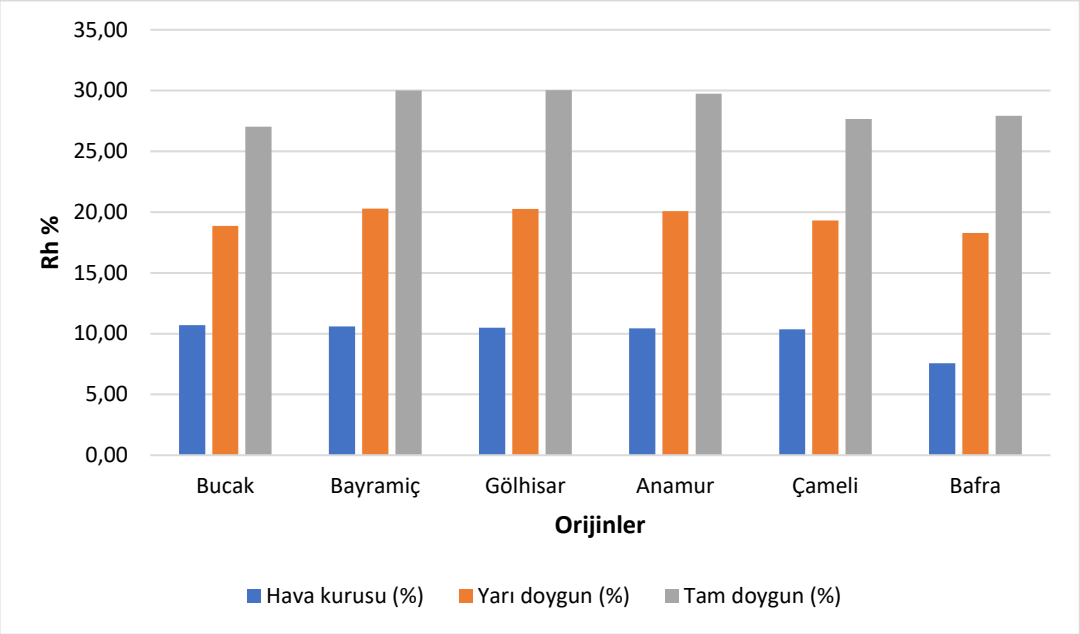
Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1. birlikte değerlendirildiğinde orinlerde en küçük bin dane ağırlı değeri 42,05 gr ile Anamur orijininde, en yüksek bin dane ağırlığı değeri ise 62,41 gr ile Bafra orijininde tespit eidlmiştir. Tüm orijinlerde ise ortalama bin dane ağırlığı değeri 55,25 gr olarak tespit edilmiştir.

4.2 Tohumların Hava Kurusu, Yarı Doygun ve Tam Doygun Rutubet Derecelerine Ait Bulgular

Kızıkçam tohumlarında rutubet değerleri hava kurusu (%10), yarı doygun (%20) ve tam doygun (%30) oranlarında olmak belirlenmiştir. Farklı kademeki tohumlara ait rutubet yüzdeleri (RH%) Çizelge 4.2 ve Şekil 4.2 de verilmiştir.

Çizelge 4.2 Orijinlerin rutubet yüzdelerine (RH%) ait bulgular

Orijinler	Hava kurusu RH %	Yarı doygun RH %	Tam doygun RH %
Bucak	10,69	18,86	27,03
Bayramiç	10,59	20,30	30,00
Gölhisar	10,49	20,27	30,04
Anamur	10,45	20,09	29,73
Çameli	10,37	19,31	27,66
Bafra	7,57	18,28	27,92
Ortalama	*10,03*	*19,52*	*28,73*



Şekil 4. 2 Hava kurusu, yarı doygun ve tam doygun tohumların rutubet yüzdeleri

Orijinlere ait tohumların rutubet yüzdeleri (RH %) değerlendirildiğinde, Hava kurusu halde en düşük RH %7,57 ile Bafra orijininde, en yüksek RH %10,69 ile Bucak orijininde,

yarı doygun halde en düşük RH %18,28 ile Bafra orijininde, en yüksek RH %20,30 ile Bayramiç orijininde son olarak tam doygun halde en düşük RH %27,66 ile Çameli orijininde, en yüksek RH %30,04 ile Gölhisar orijininde tespit edilmiştir. Araştırmada kızılçam türünde hava kurusu haldeki ortalama RH% 10,03, yarı doygun haldeki ortalama RH% 19,52 ve doygun haldeki ortalama RH% 28,73 olarak belirlenmiştir.

4.3 Düşük Sıcaklık Stresi Sonrası Tohumların Çimlenme Değerlerine Ait Bulgular

4.3.1 Çimlenme yüzdesi değerlerine ait bulgular

Kızılçam tohumlarında farklı rutubet oranlarında uygulanan düşük sıcaklıklar sonrası yapılan çimlenme testleri sonucunda elde edilen çimlenme yüzdesi (ÇY) değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.3'te verilmiştir. İlgili çizelge incelendiğinde orijin, rutubet, sıcaklık ve bu faktörlerin birlikte etkileşimlerinin tohumların çimlenme yüzdesi (ÇY) üzerinde $p<0.005$ güven düzeyinde etkili olduğu bulunmuştur. Orijinlerin, sıcaklıkların ve rutubet derecelerinin kendi içindeki gruplaşmalarına ait Tukey testi sonuçları ise Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4. 3 Çimlenme yüzdesi değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Çimlenme yüzdelerine ait sonuçlar (ÇY)				
Varyasyon kaynağı	DF	Kareler Ortalaması	F Hesap	P
Orijin	5	2,793	704,797	0,000
Rutubet	2	2,854	720,143	0,000
Sıcaklık	5	0,783	197,523	0,000
Orijin*Rutubet	10	0,192	48,517	0,000
Orijin*Sıcaklık	25	0,076	19,183	0,000
Rutubet*Sıcaklık	8	0,317	80,100	0,000
Orijin*Rutubet*Sıcaklık	40	0,027	6,754	0,000

Önem Düzeyi (P) < 0.005

Çizelge 4. 4 Farklı rutubet derecelerinde düşük sıcaklık stresinin çimlenme yüzdesine etkisini gösteren Tukey testi sonuçları

Orijinler	ÇY(%) değerleri RH %10						
	Sıcaklıklar (^{0}C)						
	Kontrol	**-5**	**-10**	**-15**	**-20**	**-25**	***Ort.***
Bucak	$83,0^{bc}{}_{A}$	$93,0^{a}{}_{A}$	$85,0^{b}{}_{A}$	$83,5^{bc}{}_{AB}$	$74,5^{c}{}_{B}$	$65,0^{d}{}_{B}$	*80,7*
Bayramiç	$59,0^{bc}{}_{B}$	$77,0^{a}{}_{C}$	$69,5^{ab}{}_{B}$	$65,0^{bc}{}_{C}$	$58,0^{c}{}_{C}$	$29,5^{d}{}_{D}$	*59,7*
Gölhisar	$73,5^{a}{}_{A}$	$79,5^{a}{}_{BC}$	$81,5^{a}{}_{A}$	$77,0^{a}{}_{B}$	$82,0^{a}{}_{AB}$	$75,5^{a}{}_{A}$	*78,2*
Anamur	$61,0^{a}{}_{B}$	$55,5^{ab}{}_{D}$	$55,0^{ab}{}_{B}$	$61,0^{a}{}_{C}$	$54,5^{ab}{}_{C}$	$49,5^{b}{}_{C}$	*56,1*
Çameli	$77,5^{b}{}_{A}$	$88,0^{a}{}_{AB}$	$80,0^{ab}{}_{A}$	$87,5^{ab}{}_{A}$	$86,0^{ab}{}_{A}$	$80,5^{ab}{}_{A}$	*83,3*
Bafra	$55,5^{ab}{}_{B}$	$57,5^{a}{}_{D}$	$47,5^{b}{}_{C}$	$48,0^{b}{}_{D}$	$53,0^{ab}{}_{C}$	$46,0^{b}{}_{C}$	*51,3*
Ort.	*68,3*	*77,1*	*69,8*	*70,3*	*68,0*	*57,7*	
Orijinler	**ÇY(%) değerleri - RH %20**						
	Sıcaklıklar (^{0}C)						
	Kontrol	**-5**	**-10**	**-15**	**-20**	**-25**	***Ort.***
Bucak	$83,0^{bc}{}_{A}$	$96,0^{a}{}_{A}$	$93,5^{a}{}_{A}$	$87,0^{b}{}_{A}$	$77,5^{c}{}_{AB}$	0 !	*72,9*
Bayramiç	$59,0^{b}{}_{B}$	$76,5^{a}{}_{C}$	$76,0^{a}{}_{C}$	$45,5^{c}{}_{C}$	$37,5^{c}{}_{C}$	0 !	*49,1*
Gölhisar	$73,5^{c}{}_{A}$	$95,5^{a}{}_{AB}$	$95,0^{a}{}_{A}$	$90,0^{ab}{}_{A}$	$83,0^{bc}{}_{A}$	0 !	*72,9*
Anamur	$61,0^{b}{}_{B}$	$80,5^{a}{}_{C}$	$79,0^{a}{}_{BC}$	$74,0^{a}{}_{B}$	$70,0^{ab}{}_{B}$	0 !	*60,8*
Çameli	$77,5^{c}{}_{A}$	$90,0^{a}{}_{B}$	$89,5^{a}{}_{AB}$	$87,5^{ab}{}_{A}$	$80,0^{bc}{}_{AB}$	0 !	*70,8*
Bafra	$55,5^{a}{}_{B}$	$51,0^{a}{}_{D}$	$39,0^{b}{}_{D}$	$24,5^{c}{}_{D}$	$19,5^{c}{}_{D}$	0 !	*31,6*
Ort.	*68,3*	*81,6*	*78,7*	*68,1*	*61,3*	0 !	
Orijinler	**ÇY(%) değerleri RH %30**						
	Sıcaklıklar (^{0}C)						
	Kontrol	**-5**	**-10**	**-15**	**-20**	**-25**	***Ort.***
Bucak	$83,0^{a}{}_{A}$	$81,0^{a}{}_{AB}$	$58,0^{b}{}_{A}$	$36,5^{c}{}_{B}$	$37,5^{c}{}_{C}$	0 !	*49,4*
Bayramiç	$59,0^{a}{}_{B}$	$54,0^{a}{}_{D}$	$36,0^{b}{}_{B}$	$16,5^{c}{}_{C}$	$14,0^{c}{}_{D}$	0 !	*29,9*
Gölhisar	$73,5^{b}{}_{A}$	$87,5^{a}{}_{A}$	$48,5^{c}{}_{A}$	$34,5^{d}{}_{B}$	$38,0^{cd}{}_{C}$	0 !	*47,0*
Anamur	$61,0^{b}{}_{B}$	$72,0^{a}{}_{C}$	$59,5^{b}{}_{A}$	$56,0^{b}{}_{A}$	$58,0^{b}{}_{A}$	0 !	*51,1*
Çameli	$77,5^{a}{}_{A}$	$78,5^{a}{}_{BC}$	$59,5^{b}{}_{A}$	$52,5^{b}{}_{A}$	$49,5^{b}{}_{B}$	0 !	*52,9*
Bafra	$55,5^{a}{}_{B}$	$27,0^{b}{}_{E}$	$10,0^{c}{}_{C}$	$13,0^{c}{}_{C}$	$10,0^{c}{}_{D}$	0 !	*19,3*
Ort.	*68,3*	*66,7*	*45,3*	*34,8*	*34,5*	0 !	

*Aynı satırdaki büyük harfler, her bir rutubet derecesi ve sıcaklık kademesinde orijinler arasındaki farklı grupları göstermektedir ($p<0,05$).

*Aynı sutundaki küçük harfler, her bir rutubet derecesindeki sıcaklık kademelerinde orijinlerin kendi içindeki farklı grupları göstermektedir ($p<0,05$).

! Bu sıcaklık kademesinde çimlenme elde edilmediğinden istatistiki değerlendirmeye tabi tutulmamıştır

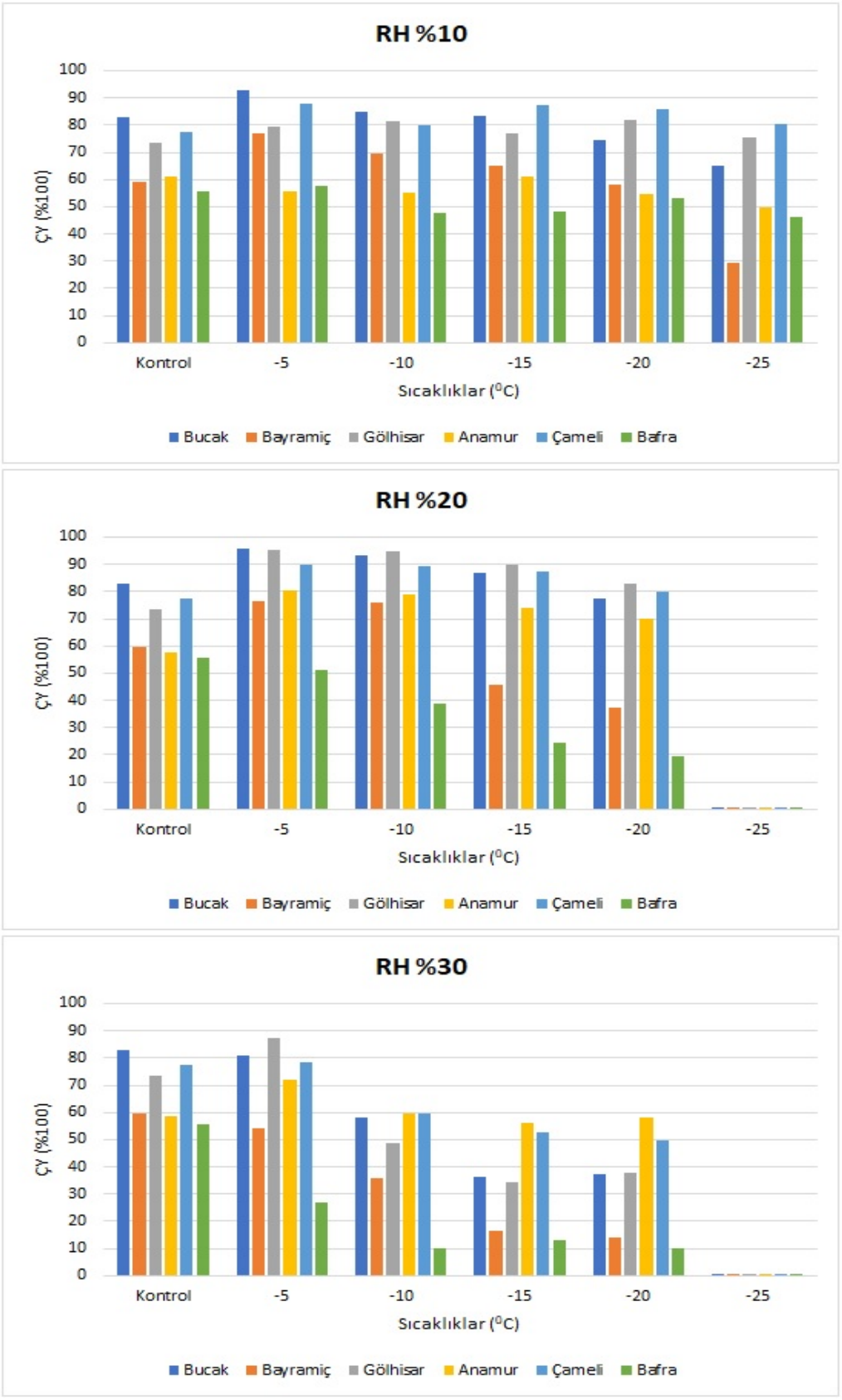
Her bir rutubet derecesi (RH%) ve her bir sıcaklık kademesinde çimlenme yüzdesi (ÇY) değerlerine ilişkin Tukey testi sonuçları orijinler arasında değerlendirildiğinde;

RH %10 derecesinde, tüm sıcaklık kademelerinde orijinler arasında farklı gruplaşmalar olduğu, çizelgeden anlaşılmaktadır (Çizelge 4.4). Rh %10 rutubet derecesinde, kontrol grubu ile tüm sıcaklık kademerinde en yüksek ÇY değerleri Bucak, Çameli ve Gölhisar orijinlerinde, en düşük ÇY değerleri ise Bayramiç Anamur ve Bafra orijinlerinde tespit edilmiştir. İlgili rutubet derecesinde Bucak, Çameli ve Gölhisar orijinleri -20 ve -25 ºC düşük sıcaklık kademlerinde bile yüksek çimlenme persormanslarını korumuşlardır (Şekil 4.3).

RH %20 derecesinde orijinler arası ÇY verileri değerlendirildiğinde, kontrol grubundan -20 ºC sıcaklık kademesine kadar orijinler arasında farklı gruplaşmalar meydana gelmiştir (Çizelge 4.4). Rh %20 rutubet derecesinde, kontrol -5 ºC, -10 ºC , -15 ºC ve -20 ºC sıcaklık kademerinde en yüksek ÇY değerleri Bucak, Çameli ve Gölhisar orijinlerinde, en düşük ÇY değerleri ise Bayramiç Anamur ve Bafra orijinlerinde tespit edilmiştir. İlgili rutubet derecesinde Bucak, Çameli ve Gölhisar orijinleri -20 ºC düşük sıcaklık kademesinde bile yüksek çimlenme persormanslarını korumuşlardır. -25 ºC sıcak kademesinde ise hiçbir orijinde çimlenme gözlemlenmemiştir (Şekil 4.3).

RH %30 derecesinde orijinler arası ÇY verileri değerlendirildiğinde, kontrol ve -5 ºC sıcaklık kademesinde en yüksek ÇY değerleri Bucak, Çameli ve Gölhisar orijinlerinde, en düşük ÇY değerleri ise Bayramiç Anamur ve Çameli orijinlerinde, -10 ºC ve -15 ºC sıcaklık kademelerinde en yüksek ÇY değerleri Bucak, Çameli, Gölhisar ve Anamur orijinlerinde, en düşük ÇY değerleri ise Bayramiç ve Bafra orijinlerinde, son olarak -20 ºC sıcaklık kademesinde en yüksek ÇY değerleri Anamur ve Çameli orijinlerinde, en düşük ÇY değerleri ise Bayramiç ve Bafra orijinlerinde tespit edilmiştir. -25 ºC sıcak kademesinde ise hiçbir orijinde çimlenme gözlemlenmemiştir (Şekil 4.3).

Orijinler arasındaki çimlenme yüzdesi (ÇY) değerleri, her bir rutubet derecesi (RH%) ve her bir sıcaklık kademesinde genel olarak değerlendirildiğinde, RH% 10 ve RH%20 rutubet derecelerinde düşük sıcaklık derecelerinde bazı orijinler ÇY değerlerini korumuş %RH 30 rutubet derecesinde ise -10 ºC den sonra orijinlerin ÇY değerlerinde rutubet artışı nedeni ile bir azalma olmuştur (Şekil 4.3).

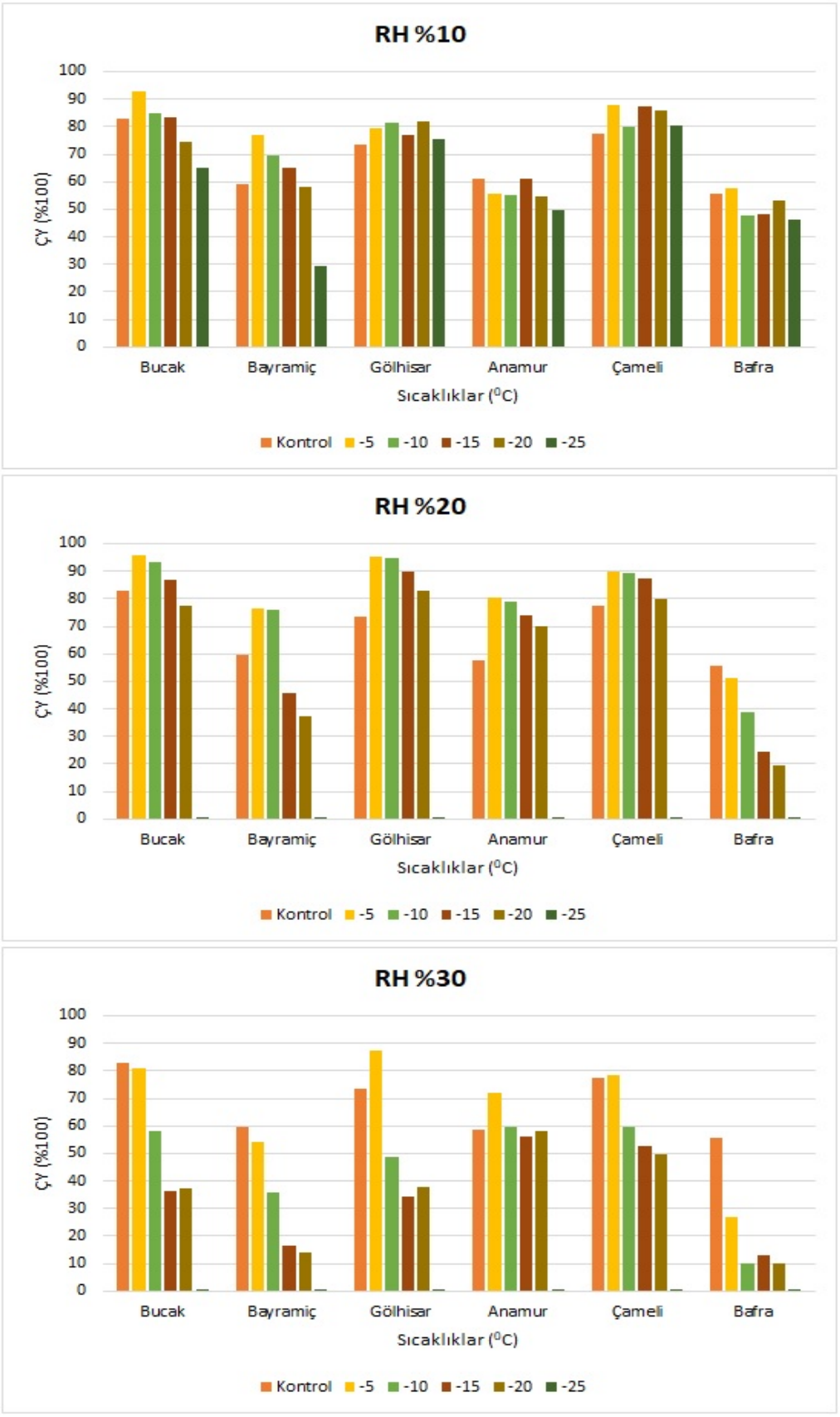


Şekil 4.3 Her bir rutubet derecesinde farklı sıcaklıklarda orijinlerin ÇY değerleri

Her bir rutubet derecesinde (RH%) sıcaklık kademelerindeki çimlenme yüzdesi (ÇY) değerlerine ilişkin Tukey testi sonuçları orijinlerin kendi içinde değerlendirildiğinde;

Bucak orijininde RH %10 ve RH %20 rutubet kedemesindeki ÇY değerleri -20 ºC sıcaklık kademesine kadar yüksek değerlerini korumuş, RH %30 rutubet kedemesinde ise ÇY değerleri -15 ºC sıcaklık kademesine kadar yüksek değerlerini korumuştur. Bayramiç orijininde RH %10, RH %20 ve RH %30 rutubet kedemesindeki ÇY değerleri -10 ºC sıcaklık kademesine kadar yüksek değerlerini korumuştur. Gölhisar orijininde ise RH %10 ve RH %20 rutubet kademesinde tüm sıcaklık kademelerinde ÇY değerleri yüksek değerlerini korumuş, RH %30 rutubet derecesinde ÇY değerleri ise -5 ºC sıcaklık kademesine kadar yüksek değerlerini korumuştur. Anamur orijininde tüm rutubet kademesindeki ÇY değerleri -20 ºC sıcaklık kademesine kadar yüksek değerlerini korumuştur. Çameli orijininde RH %10 rutubet derecesinde ÇY değerleri -25 ºC sıcaklık kademesine kadar yüksek değerlerini korumuş, RH %20 ve RH %30 rutubet kademesinde ise -15 ºC sıcaklık kademesine kadar yüksek değerlerini korumuştur. Son olarak Bafra orijininde RH %10 rutubet kademesinde ÇY değerleri kontrol grubuna göre yüksek değerlerini korumuş, RH %20 rutubet kedemesindeki ÇY değerleri -10 ºC, RH %20 rutubet kedemesindeki ÇY değerleri ise -5 ºC sıcaklık kademesine kadar yüksek değerlerini korumuştur (Şekil 4.4).

Herbir rutubet derecesinde orijinlerin kendi içindeli ÇY değerleri genel olarak değerlendirildiğinde, Bucak, Gölhisar, Anamur ve Çameli orijinleri RH %10 rutubet kademesinde -25 ºC sıcaklık kademesine kadar, RH %20 rutubet kademesinde -20 ºC sıcaklık kademesine kadar, RH %30 rutubet kademesinde ise -15 ºC ve -20 ºC sıcaklık kademesine kadar yüksek bir çimlenme performası sergilemişlerdir. Fakat RH %30 rutubet kademesinde genel olarak ÇY değerleri diğer rutubet derecelerine göre düşük tespit edilmiştir. Bayramiç ve Bafra orijinleri ise RH %10 ve RH%20 rutubet kademelerinde -10 ºC sıcaklık kademesine kadar, RH %30 rutubet derecesinde ise -5 ºC sıcaklık kademesine kadar ÇY değerlerini koruyarak diğer orijinlere göre düşük bir çimlenme performansı gerçekleştirmişlerdir (Şekil 4.4). Bu bulgular birlikte ele alındığında, Bucak, Gölhisar, Çameli ve Anumur orijinlerine ait tohumların dona dayanıklı olduğu söylebilir.



Şekil 4.4 Her bir rutubet derecesinde farklı sıcaklıklarda orijinlerin ÇY değerleri

Çizelge 4.5 Her bir sıcaklık kademesi ve rutubet derecesinde orijinlerin kendi içindeki ÇY değerlerine ilişkin Tukey testi sonuçları

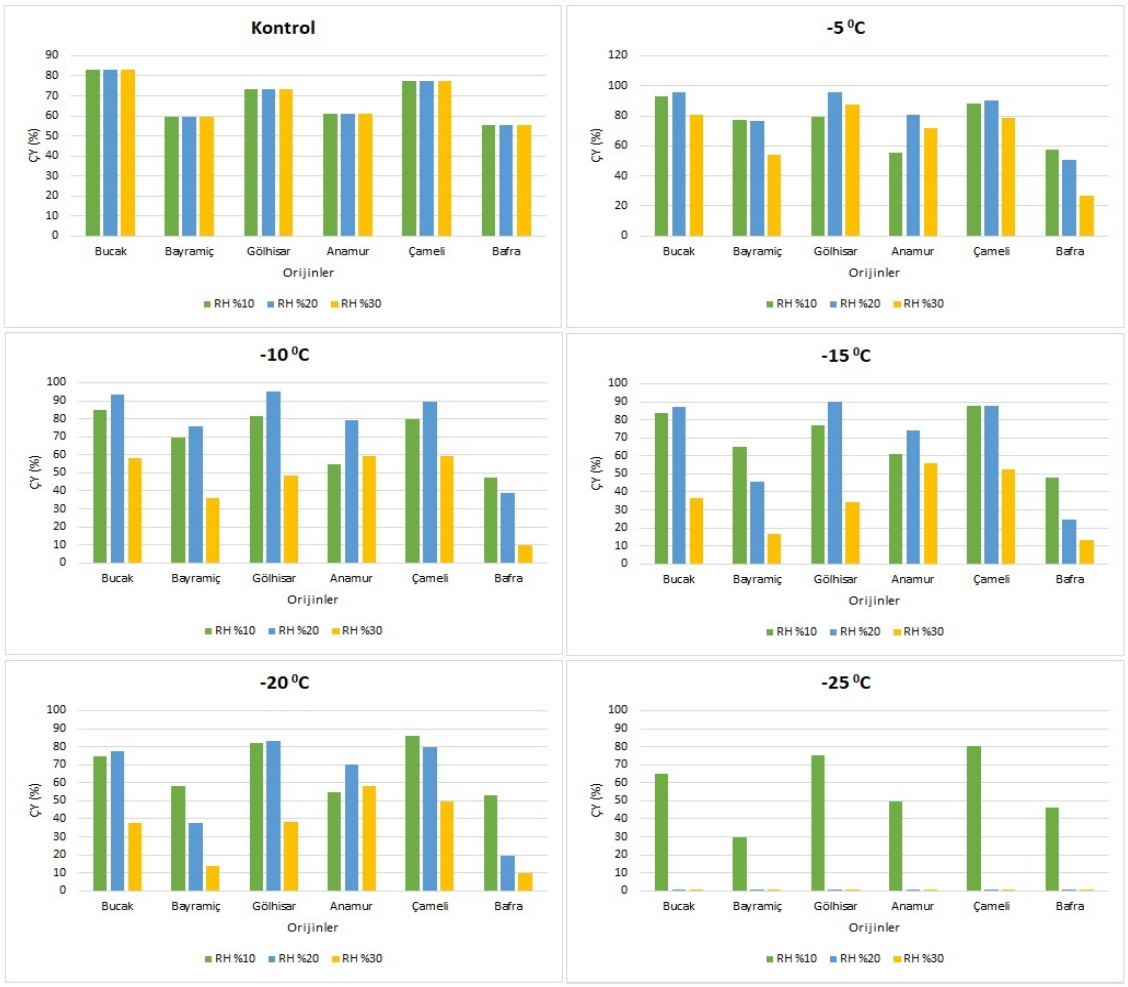
Sıcaklıklar	Orijinler	ÇY(%)değerleri		
		RH-%10	RH-%20	RH-%30
Kontrol	Bucak	83,0 a	83,0 a	83,0 a
	Bayramiç	59,5 a	59,5 a	59,5 a
	Gölhisar	73,5 a	73,5 a	73,5 a
	Anamur	61,0 a	61,0 a	61,0 a
	Çameli	77,5 a	77,5 a	77,5 a
	Bafra	55,5 a	55,5 a	55,5 a
-5	Bucak	93,0 a	96,0 a	81,0 b
	Bayramiç	77,0 a	76,5 a	54,0 b
	Gölhisar	79,5 c	95,5 a	87,5 b
	Anamur	55,5 b	80,5 a	72,0 b
	Çameli	88,0 a	90,0 a	78,5 b
	Bafra	57,5 a	51,0 a	27,0 b
-10	Bucak	85,0 b	93,5 a	58,0 c
	Bayramiç	69,5 a	76,0 a	36,0 b
	Gölhisar	81,5 b	95,0 a	48,5 c
	Anamur	55,0 b	79,0 a	59,5 a
	Çameli	80,0 b	89,5 a	59,5 c
	Bafra	47,5 a	39,0 a	10,0 b
-15	Bucak	83,5 a	87,0 a	36,5 b
	Bayramiç	65,0 a	45,5 b	16,5 c
	Gölhisar	77,0 b	90,0 a	34,5 c
	Anamur	61,0 b	74,0 a	56,0 b
	Çameli	87,5 a	87,5 a	52,5 b
	Bafra	48,0 a	24,5 b	13,0 c
-20	Bucak	74,5 a	77,5 a	37,5 b
	Bayramiç	58,0 a	37,5 b	14,0 c
	Gölhisar	82,0 a	83,0 a	38,0 b
	Anamur	54,5 b	70,0 a	58,0 b
	Çameli	86,0 a	80,0 a	49,5 b
	Bafra	53,0 a	19,5 b	10,0 c
-25	Bucak	65,0	0 !	0 !
	Bayramiç	29,5	0 !	0 !
	Gölhisar	75,5	0 !	0 !
	Anamur	49,5	0 !	0 !
	Çameli	80,5	0 !	0 !
	Bafra	46,0	0 !	0 !

*****Aynı sutundaki küçük harfler, her bir sıcaklık derecesindeki rutubet kademelerinde orijinlerin kendi içindeki farklı grupları göstermektedir ($p<0,05$).

! Bu sıcaklık kademesinde çimlenme elde edilmediğinden istatistiki değerlendirmeye tabi tutulmamıştır

Her bir sıcaklık kademesi ve rutubet derecesinde (RH%) orijinlerin kendi içindeki ÇY verileri değerlendirildiğinde (Çizelge 4.5); kontrol grubunda tüm orijin ve tüm rutubet derecelerinde orijinlerin ÇY değerleri bakımından istatistiki bir fark tespit edilememiştir. -5 ºC sıcaklık kademesine Gölhisar orijini hariç tüm orijinler RH %10 ve RH %20 rutubet kademesinde aynı grupta yer almış, RH %30 rutubet kademesinde ise ÇY değerlerini düşürerek istatistiki olarak farklı grupta yer almışlardır. Gölhisar orijini ise RH %10

rutubet kademesinde düşük sıcaklık performası göstererek diğer rutubet derecelerinden istatistiki olarak farklı grupta yer almıştır. -10 ºC sıcaklık kademesine Bayramiç ve Bafra orijini hariç tüm orijinler RH %10 rutubet kademesinde diğer rutubet kademelerine göre düşük bir ÇY değeri sergilemişler, Bafra ve Bayramiç orinleri ise RH %10 ve RH %20 rutubet kademesinde aynı grupta yer almışlardır. -15 ºC ve -20 ºC sıcaklık kademerinde, Bucak, Gölhiar, Çameli ve Anamur orijinleri RH %10 ve RH %20 rutubet kademesinde aynı ya da yakın gruplarda yer alarak yüksek ÇY değerleri sergilemişler, Bayramiç ve Bafra orijinleri ise rutubet derecesinin artmasıyla ÇY değerlerini düşürmüşlerdir. -25 ºC sıcaklık kademesinde ise Bucak, Gölhisar ve Çameli orijinleri RH %10 rutubet derecesinde yüksek bir ÇY değeri göstermiştir.Aynı sıcaklık kademesinde diğer rutubet derecelerinde hiçbir orijnde çimlenme gözlemlenmediği için istatistiki fark analize tabi tutulmamıştır (Çizelge 4.5).



Şekil 4.5 Her bir sıcaklık kademesi ve rutubet derecesinde orijinlerin ÇY değerleri

Orijinlerin kendi içindeki ÇY verileri, her bir sıcaklık kademesi ve rutubet derecesinde değerlendirildiğinde (Çizelge 4.5, Şekil 4.5); genel olarak tüm sıcaklık kademerinde orijinlerin ÇY değerleri RH %10 ve RH %20 rutubet kademesinde aynı kalmış, RH %30 rutubet kademesinde ise azalmıştır. Fakat bazı orijinlerde RH%10 rutubet kademesindeki ÇY değerleri RH%20 dekine göre düşük tespit edilmiştir. Örneğin -5 ºC sıcaklık derecesinde (Gölhisar, Anamur), -10 ºC sıcaklık derecesinde (Bucak, Gölhisar, Anamur ve Çameli) ve -20 ºC sıcaklık derecesinde (Anamur) ÇY değerleri gibi. Bu bulgular birlikte değerlendirilğinde, RH%20 rutubet kademesinde -15 ºC ye kadar olan sıcaklıklarda tohumların çimlenme değerlerini arttırmıştır (Şekil 4.5). Bu durum kızılçam tohumumunun soğuk katlamaya olan ihtiyacı ile desteklenebilir.

4.3.2 Ortalama çimlenme süresi değerlerine ait bulgular

Kızılçam tohumlarında farklı rutubet oranlarında uygulanan düşük sıcaklıklar sonrası yapılan çimlenme testleri sonucunda elde edilen ortalama çimlenme süresi (OÇS) değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir. İlgili çizelge incelendiğinde orijin, rutubet, sıcaklık ve bu faktörlerin birlikte etkileşimlerinin tohumların ortalama çimlenme süresi (OÇS) üzerinde $p<0.005$ güven düzeyinde etkili olduğu bulunmuştur. Orijinlerin, sıcaklıkların ve rutubet derecelerinin kendi içindeki gruplaşmalarına ait Tukey testi sonuçları ise Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4. 6 Çimlenme yüzdesi değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Ortalama çimlenme süresi ait sonuçlar (OÇS)				
Varyasyon kaynağı	DF	Kareler Ortalaması	F Hesap	P
Orijin	5	22,303	37,639	0,000
Rutubet	2	553,455	934,005	0,000
Sıcaklık	5	57,277	96,661	0,000
Orijin*Rutubet	10	31,313	52,843	0,000
Orijin*Sıcaklık	25	9,100	15,357	0,000
Rutubet*Sıcaklık	8	20,152	34,007	0,000
Orijin*Rutubet*Sıcaklık	40	6,119	10,327	0,000

Önem Düzeyi (P) < 0.005

Çizelge 4.7 Farklı rutubet derecelerinde düşük sıcaklık stresinin ortalama çimlenme süresine etkisini gösteren Tukey testi sonuçları

Orijinler	OÇS değerleri (gün) - RH %10						
	Sıcaklıklar (^{0}C)						
	Kontrol	**-5**	**-10**	**-15**	**-20**	**-25**	***Ort.***
Bucak	$17,7^{d}{}_{CD}$	$14,2^{a}{}_{AB}$	$17,3^{d}{}_{BC}$	$14,4^{ab}{}_{AB}$	$15,8^{c}{}_{BC}$	$15,2^{bc}{}_{A}$	*15,8*
Bayramiç	$18,4^{cd}{}_{D}$	$14,3^{a}{}_{AB}$	$16,4^{b}{}_{AB}$	$17,0^{bc}{}_{C}$	$19,6^{d}{}_{D}$	$18,2^{cd}{}_{B}$	*17,3*
Gölhisar	$17,6^{bc}{}_{BCD}$	$15,2^{a}{}_{B}$	$18,6^{c}{}_{C}$	$18,8^{c}{}_{B}$	$16,6^{ab}{}_{C}$	$15,4^{a}{}_{A}$	*17,0*
Anamur	$16,2^{a}{}_{B}$	$15,8^{a}{}_{B}$	$17,1^{a}{}_{BC}$	$15,9^{a}{}_{BC}$	$15,2^{a}{}_{BC}$	$15,3^{a}{}_{A}$	*15,9*
Çameli	$16,4^{cd}{}_{BC}$	$13,7^{a}{}_{A}$	$17,5^{d}{}_{BC}$	$17,3^{d}{}_{CD}$	$14,3^{ab}{}_{AB}$	$15,5^{bc}{}_{A}$	*15,8*
Bafra	$14,1^{abc}{}_{A}$	$13,4^{ab}{}_{A}$	$14,8^{bc}{}_{A}$	$14,2^{abc}{}_{A}$	$12,5^{a}{}_{A}$	$15,8^{c}{}_{A}$	*14,1*
Ort.	*16,7*	14,4	17,0	16,3	15,7	15,9	
Orijinler	**OÇS değerleri (gün) - RH %20**						
	Sıcaklıklar (^{0}C)						
	Kontrol	**-5**	**-10**	**-15**	**-20**	**-25**	***Ort.***
Bucak	$17,7^{b}{}_{CD}$	$11,9^{a}{}_{AB}$	$12,9^{a}{}_{AB}$	$12,6^{a}{}_{AB}$	$12,7^{a}{}_{A}$	0 !	*11,3*
Bayramiç	$18,4^{c}{}_{D}$	$11,0^{a}{}_{A}$	$12,5^{ab}{}_{AB}$	$13,9^{b}{}_{BC}$	$14,0^{b}{}_{AB}$	0 !	*11,7*
Gölhisar	$17,6^{c}{}_{BCD}$	$11,2^{a}{}_{AB}$	$12,2^{a}{}_{A}$	$11,7^{a}{}_{A}$	$14,8^{b}{}_{BC}$	0 !	*11,3*
Anamur	$16,2^{b}{}_{B}$	$12,5^{a}{}_{AB}$	$13,5^{a}{}_{AB}$	$13,5^{a}{}_{AB}$	$14,1^{a}{}_{ABC}$	0 !	*11,7*
Çameli	$16,4^{c}{}_{BC}$	$11,8^{a}{}_{AB}$	$12,6^{ab}{}_{AB}$	$12,9^{ab}{}_{AB}$	$13,9^{b}{}_{AB}$	0 !	*11,3*
Bafra	$14,1^{ab}{}_{A}$	$13,0^{a}{}_{B}$	$14,3^{ab}{}_{B}$	$15,8^{b}{}_{C}$	$15,6^{b}{}_{C}$	0 !	*12,2*
Ort.	*16,7*	11,9	13,0	13,4	14,2	0 !	
Orijinler	**OÇS değerleri (gün) - RH %30**						
	Sıcaklıklar (^{0}C)						
	Kontrol	**-5**	**-10**	**-15**	**-20**	**-25**	***Ort.***
Bucak	$17,7^{b}{}_{CD}$	$15,5^{a}{}_{AB}$	$16,5^{ab}{}_{A}$	$17,4^{b}{}_{A}$	$16,8^{ab}{}_{AB}$	0 !	*14,0*
Bayramiç	$18,4^{a}{}_{D}$	$18,0^{a}{}_{C}$	$21,3^{c}{}_{C}$	$21,7^{c}{}_{D}$	$19,8^{b}{}_{C}$	0 !	*16,6*
Gölhisar	$17,6^{ab}{}_{BCD}$	$17,4^{ab}{}_{BC}$	$17,9^{ab}{}_{B}$	$19,1^{b}{}_{B}$	$17,2^{a}{}_{B}$	0 !	*14,9*
Anamur	$16,2^{b}{}_{B}$	$15,4^{ab}{}_{A}$	$18,3^{c}{}_{B}$	$18,6^{c}{}_{AB}$	$14,6^{a}{}_{A}$	0 !	*13,9*
Çameli	$16,4^{ab}{}_{BC}$	$15,5^{a}{}_{AB}$	$20,9^{c}{}_{C}$	$20,9^{c}{}_{CD}$	$17,9^{b}{}_{BC}$	0 !	*15,3*
Bafra	$14,1^{a}{}_{A}$	$16,3^{b}{}_{ABC}$	$16,5^{b}{}_{A}$	$19,6^{c}{}_{BC}$	$18,7^{c}{}_{BC}$	0 !	*14,2*
Ort.	*16,7*	*16,4*	*18,6*	*19,6*	*17,5*	0 !	

*Aynı satırdaki büyük harfler, her bir rutubet derecesi ve sıcaklık kademesinde orijinler arasındaki farklı grupları göstermektedir ($p<0,05$).

*Aynı sutundaki küçük harfler, her bir rutubet derecesindeki sıcaklık kademelerinde orijinlerin kendi içindeki farklı grupları göstermektedir ($p<0,05$).

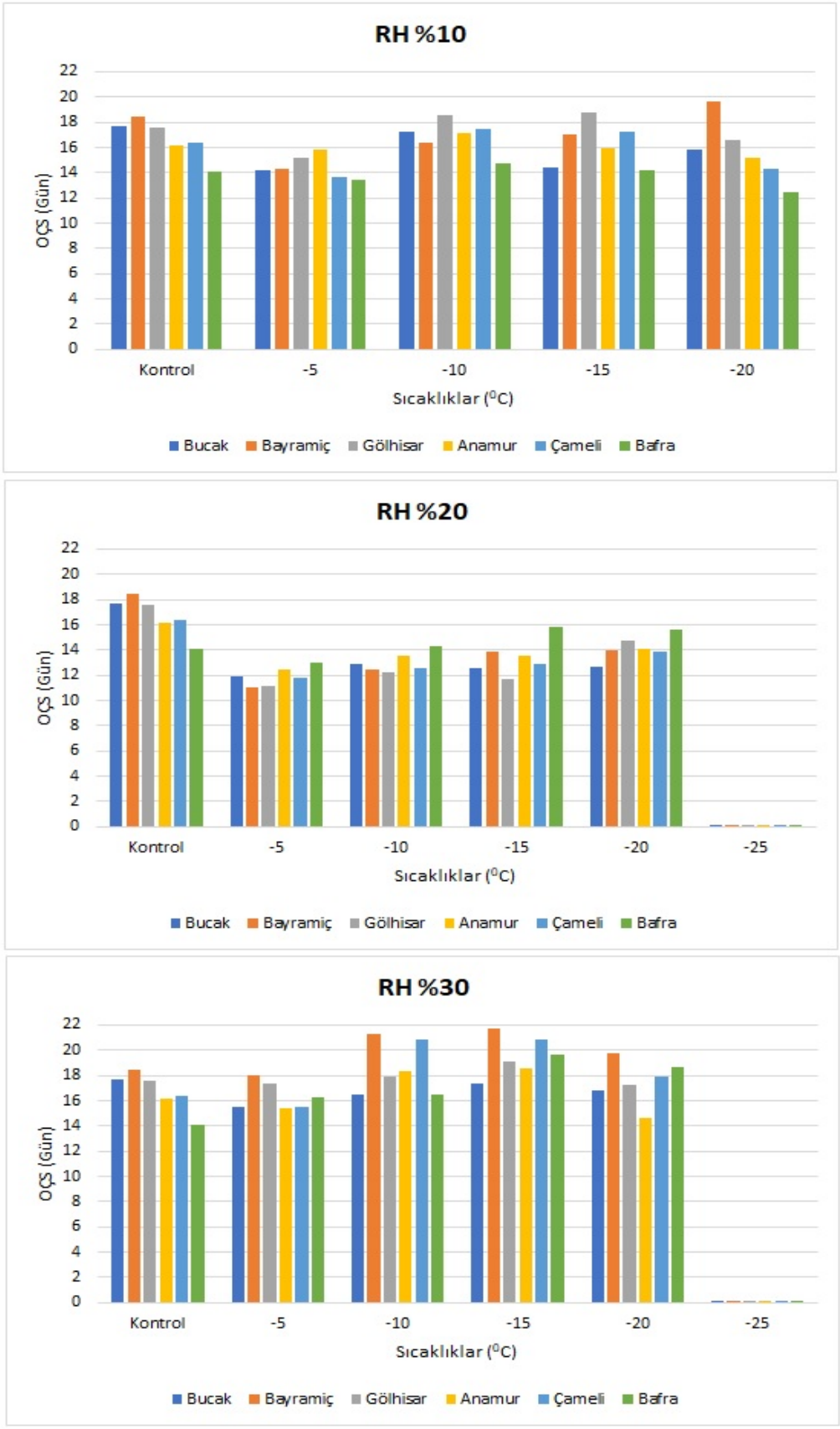
! Bu sıcaklık kademesinde çimlenme elde edilmediğinden istatistiki değerlendirmeye tabi tutulmamıştır

Her bir rutubet derecesi (RH%) ve her bir sıcaklık kademesinde ortalama çimlenme süresi (OÇS) değerlerine ilişkin Tukey testi sonuçları orijinler arasında değerlendirildiğinde;

RH %10 derecesinde, tüm sıcaklık kademelerinde orijinlerin OÇS değerleri arasında farklı gruplaşmalar olduğu, çizelgeden anlaşılmaktadır (Çizelge 4.7). RH %10 rutubet derecesinde, kontrol grubu ile tüm sıcaklık kademerinde genelde en düşük OÇS değerleri Bafra orijinde, en yüksek OÇS değerleri ise Bayramiç orijininde tespit edilmiştir. Tüm orijinler sıcaklık kademelerine göre ele alındığında kızılçam türünde ilgili rutubet kademesinde OÇS değerleri sırasıyla kontrol grubunda 16,7 gün, -5 ºC de 14,4 gün, -10 ºC de 14,8 gün, -15 ºC de 16,3 gün, -20 ºC de 15,7 gün ve -25 ºC de 15,9 gün olarak tespit edilmiştir. Bununla birlikte -5 ºC sıcaklık kademesinde tüm orijinlerin OÇS sürelerinde bir azalma meydana gelmiş ve ÇY değerleri artmıştır (Şekil 4.6).

RH %20 derecesinde orijinler arası OÇS verileri değerlendirildiğinde, kontrol grubundan -20 ºC sıcaklık kademesine kadar orijinler arasında farklı gruplaşmalar meydana gelmiştir (Çizelge 4.7). Rh %20 rutubet derecesinde, tüm sıcaklık kademelerinde genelde en düşük OÇS değerlerini Bayramiç, Gölhisar ve Bucak orijinleri elde etmiştir. RH %20 rutubet kademesinde OÇS değerleri tüm orijinlerde sırasıyla kontrol grubunda 16,7 gün, -5 ºC de 11,9 gün, -10 ºC de 13,0 gün, -15 ºC de 13,4 gün ve -20 ºC de 14,2 gün gün olarak tespit edilmiştir. -25 ºC sıcak kademesinde ise hiçbir orijinde çimlenme gözlemlenmediği için OÇS değerleri elde edilememiştir (Şekil 4.3). Bununla birlikte -5 ºC ve -10 ºC sıcaklık kademesinde tüm orijinlerin OÇS sürelerinde bir azalma meydana gelmiştir (Şekil 4.6).

RH %30 derecesinde orijinler arası OÇS verileri değerlendirildiğinde ise, kontrol grubundan -20 ºC sıcaklık kademesine kadar orijinler arasında farklı gruplaşmalar meydana gelmiştir (Çizelge 4.7). Rh %20 rutubet derecesinde, tüm sıcaklık kademelerinde genelde en düşük OÇS değerlerini Bafra, Anamur ve Bucak orijinleri elde etmiştir. RH %20 rutubet kademesinde tüm orijinlerde OÇS değerleri sırasıyla kontrol grubunda 16,7 gün, -5 ºC de 16,4 gün, -10 ºC de 18,6 gün, -15 ºC de 19,6 gün ve -20 ºC de 17,5 gün gün olarak tespit edilmiştir. -25 ºC sıcak kademesinde ise hiçbir orijinde çimlenme gözlemlenmediği için OÇS değerleri elde edilememiştir (Şekil 5.3). Bununla birlikte -5 ºC sıcaklık kademesinde tüm orijinlerin OÇS sürelerinde bir azalma meydana gelmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 Her bir rutubet derecesinde farklı sıcaklıklarda orijinlerin OÇS değerleri

Her bir rutubet derecesinde (RH%) sıcaklık kademelerindeki ortalama çimlenme süresi (OÇS) değerlerine ilişkin Tukey testi sonuçları orijinlerin kendi içinde değerlendirildiğinde (Çizelge 4.7, Şekil 4.7);

Bucak orijininde RH %10, RH %20 ve RH %30 rutubet kedemesinde en düşük OÇS değerleri -5 ºC sıcaklık kademesinde, en yüksek OÇS değerleri ise kontrol grubunda tespit edilmiştir. İlgili orijinde tüm sıcaklık kademerinde OÇS değeri rutubet derecelerine göre sırası ile 15,8, 11,3 ve 14,0 gün olarak tespit edilmiştir.

Bayramiç orijininde RH %10 ve RH %20 rutubet kedemesinde en düşük OÇS değerleri -5 ºC sıcaklık kademesinde, en yüksek OÇS değerleri kontrol grubunda, RH %30 rutubet kademesinde ise en düşük OÇS değerleri kontrol ve -5 ºC sıcaklık kademesinde, en yüksek OÇS değerleri -10 ve -15 ºC sıcaklık kademesinde gözlemlenmiştir. İlgili orijinde tüm sıcaklık kademerinde OÇS değeri rutubet derecelerine göre sırası ile 17,3, 11,7 ve 16,6 gün olarak tespit edilmiştir.

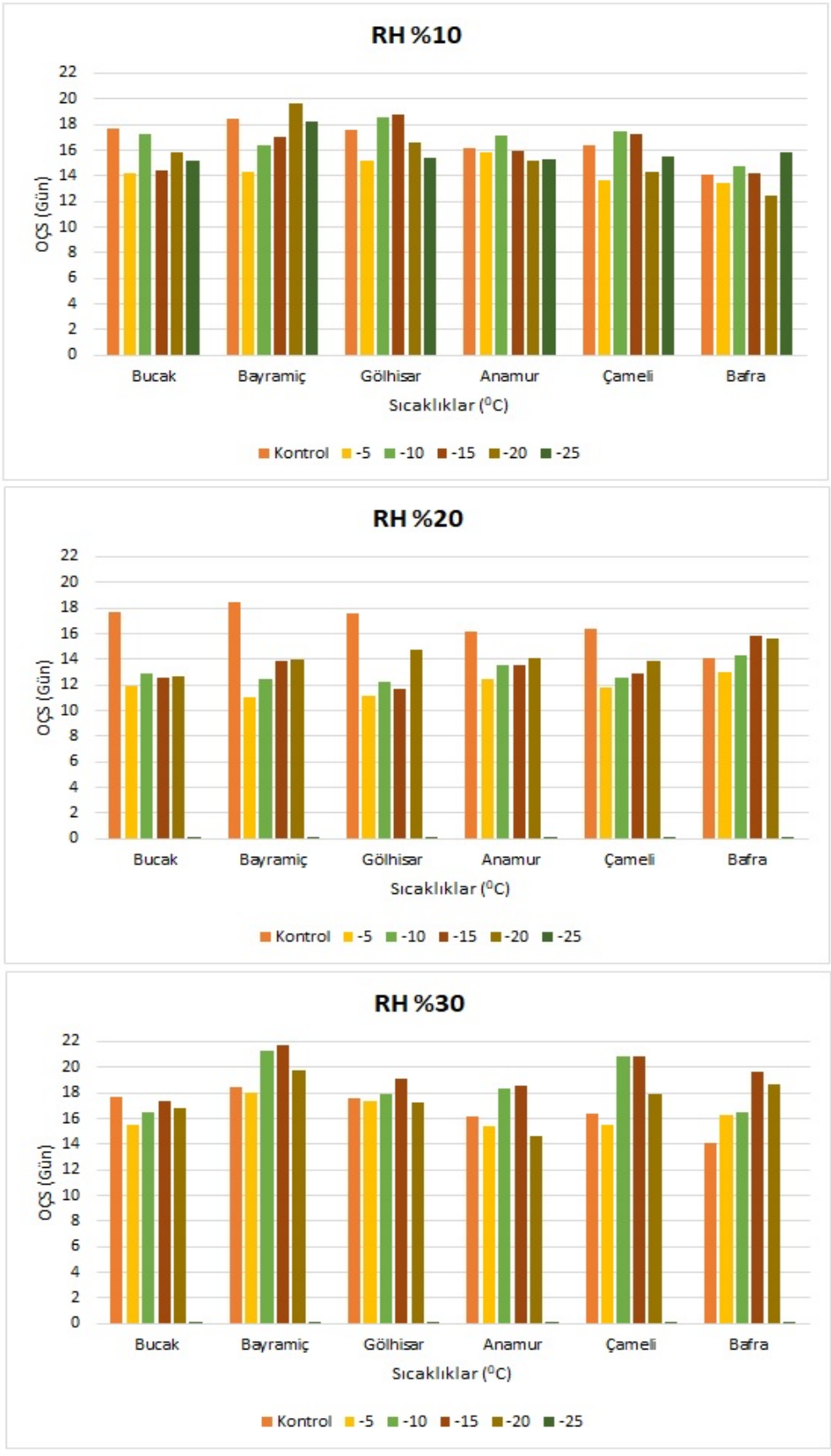
Gölhisar orijininde RH %10 rutubet kedemesinde en düşük OÇS değeri -5 ºC sıcaklık kademesinde, en yüksek OÇS değeri -15 ºC sıcaklık kademesinde, RH %20 rutubet kademesinde ise en düşük OÇS değeri -5 ºC sıcaklık kademesinde, en yüksek OÇS değeri kontrol grubunda RH %30 rutubet kademesinde ise en düşük OÇS değeri -20 ºC sıcaklık kademesinde, en yüksek OÇS değeri -15 ºC sıcaklık kademesinde gözlemlenmiştir. İlgili orijinde tüm sıcaklık kademerinde OÇS değeri rutubet derecelerine göre sırası ile 17,0, 11,3 ve 14,9 gün olarak tespit edilmiştir.

Anamur orijininde RH %10, RH %20 rutubet kedemesinde tüm sıcaklık kademerinde düşük OÇS değerleri gözlemlenmiş, RH %30 rutubet kademesinde ise en düşük OÇS değeri -20 ºC sıcaklık kademesinde, en yüksek OÇS değeri -5 ve -20 ºC sıcaklık kademesinde gözlemlenmiştir. İlgili orijinde tüm sıcaklık kademerinde OÇS değeri rutubet derecelerine göre sırası ile 15,9, 11,7 ve 13,9 gün olarak tespit edilmiştir.

Çameli orijininde RH %10 ve RH %20 rutubet kedemesinde en düşük OÇS değerleri -5 ºC sıcaklık kademesinde, en yüksek OÇS değerleri kontrol grubunda, RH %30 rutubet kademesinde ise en düşük OÇS değerleri kontrol ve -5 ºC sıcaklık kademesinde, en yüksek OÇS değerleri -10 ve -15 ºC sıcaklık kademesinde gözlemlenmiştir. İlgili orijinde tüm sıcaklık kademerinde OÇS değeri rutubet derecelerine göre sırası ile 15,8, 11,3 ve 15,3 gün olarak tespit edilmiştir.

Son olarak Bafra orijininde RH %10 rutubet kedemesinde en düşük OÇS değerleri -5 ºC ve -20 ºC sıcaklık kademelerinde, en yüksek OÇS değeri -25 ºC sıcaklık kademesinde, RH %20 rutubet kademesinde en düşük OÇS değeri -5 ºC sıcaklık kademesinde, en yüksek OÇS değerleri -15 ve -20 ºC sıcaklık kademesinde, RH %30 rutubet kademesinde ise en düşük OÇS değeri kontrol grubunda, en yüksek OÇS değerleri -15 ve -20 ºC sıcaklık kademesinde gözlemlenmiştir. İlgili orijinde tüm sıcaklık kademerinde OÇS değeri rutubet derecelerine göre sırası ile 14,1, 12,3 ve 14,2 gün olarak tespit edilmiştir.

Herbir rutubet derecesinde orijinlerin kendi içindeli ÇY değerleri genel olarak değerlendirildiğinde, RH %20 rutubet derecesi ve -5 ºC de orijinlerin çimlenme sürelerinde bir azalma meydana gelmiş ilgili rutubet ve sıcaklık derecesindeki stres etmeni tohum çimlenmesine olumlu yönde etki yapmıştır. Benzer durum RH %10 rutubet kademesinde de gözlemlenmiş fahat RH %20 rutubet kademesi kadar olmamıştır. İlgili rutubet kademleri ve sıcaklık derecesin kızılçam tohumunun çimlenme çimlenme oerformasını olumlu yönde etkilemiştir. Tüm rutubet kademerinde genel olarak -20 ve -25 ºC sıcaklık dereceleri orijinlerin çimlenme performanslarına olumsuz yönde bir etki yapmıştır. Bunun neticesi olarak orijinlerde bu sıcaklık kademerinde ortalama çimlenme süresi değerleri uzamıştır.



Şekil 4.7 Her bir rutubet derecesinde farklı sıcaklıklarda orijinlerin OÇS değerleri

Çizelge 4.8 Her bir sıcaklık kademesi ve rutubet derecesinde orijinlerin kendi içindeki OÇS değerlerine ilişkin Tukey testi sonuçları

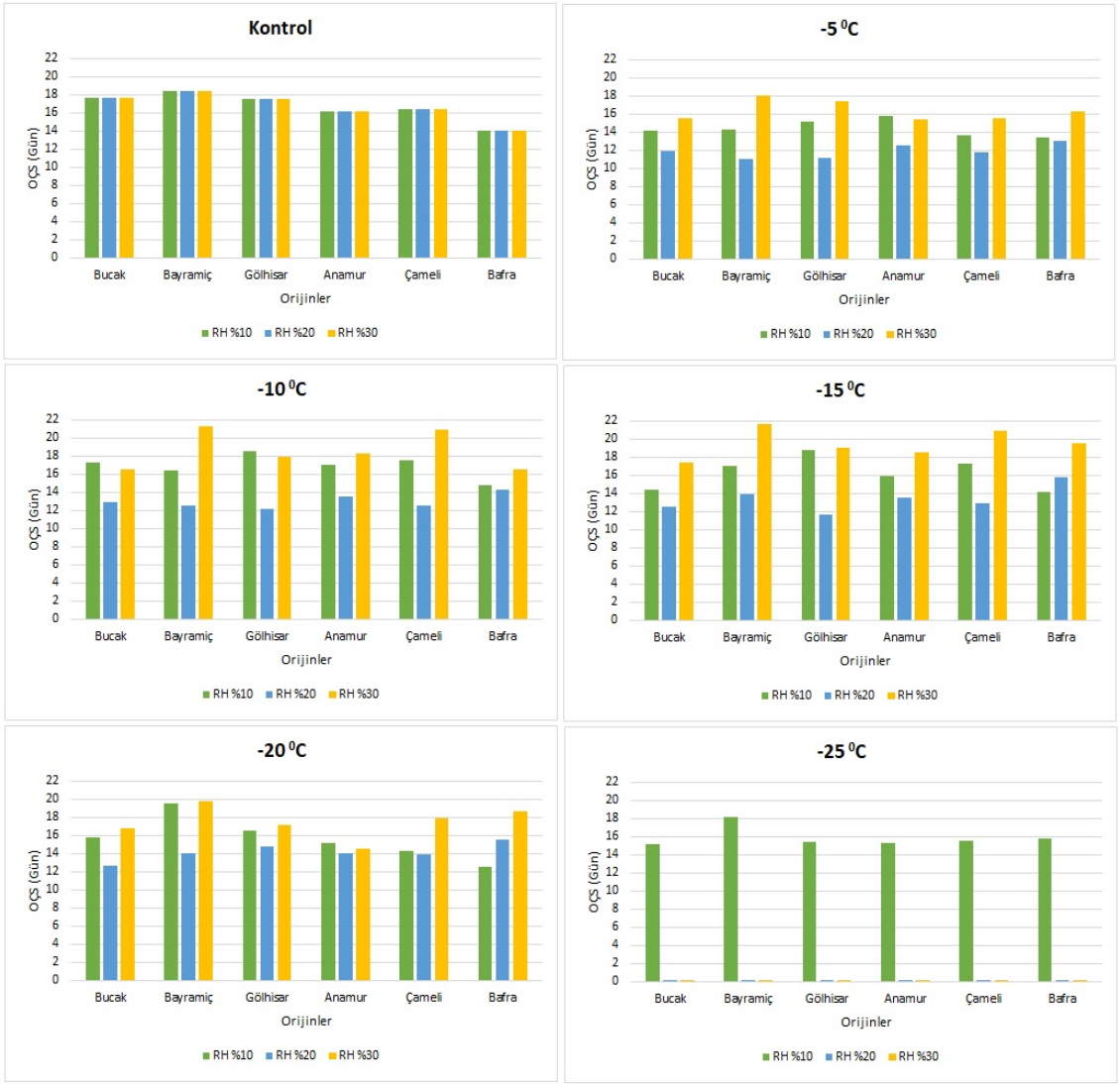
Sıcaklıklar	Orijinler	OÇS değerleri (gün)		
		RH-%10	RH-%20	RH-%30
Kontrol	Bucak	17,7 a	17,7 a	17,7 a
	Bayramiç	18,4 a	18,4 a	18,4 a
	Gölhisar	17,6 a	17,6 a	17,6 a
	Anamur	16,2 a	16,2 a	16,2 a
	Çameli	16,4 a	16,4 a	16,4 a
	Bafra	14,1 a	14,1 a	14,1 a
-5	Bucak	14,2 b	11,9 a	15,5 c
	Bayramiç	14,3 b	11,0 a	18,0 c
	Gölhisar	15,2 b	11,2 a	17,4 c
	Anamur	15,8 b	12,5 a	15,4 b
	Çameli	13,7 b	11,8 a	15,5 c
	Bafra	13,4 a	13,0 a	16,3 b
-10	Bucak	17,3 c	12,9 a	16,5 b
	Bayramiç	16,4 b	12,5 a	21,3 c
	Gölhisar	18,6 b	12,2 a	17,9 b
	Anamur	17,1 b	13,5 a	18,3 b
	Çameli	17,5 b	12,6 a	20,9 c
	Bafra	14,8 ab	14,3 a	16,5 b
-15	Bucak	14,4 b	12,6 a	17,4 c
	Bayramiç	17,0 b	13,9 a	21,7 c
	Gölhisar	18,8 b	11,7 a	19,1 b
	Anamur	15,9 b	13,5 a	18,6 b
	Çameli	17,3 b	12,9 a	20,9 c
	Bafra	14,2 a	15,8 b	19,6 c
-20	Bucak	15,8 b	12,7 a	16,8 b
	Bayramiç	19,6 b	14,0 a	19,8 b
	Gölhisar	16,6 b	14,8 a	17,2 b
	Anamur	15,2 a	14,1 a	14,6 a
	Çameli	14,3 a	13,9 a	17,9 b
	Bafra	12,5 a	15,6 b	18,7 c
-25	Bucak	15,2	0 !	0 !
	Bayramiç	18,2	0 !	0 !
	Gölhisar	15,4	0 !	0 !
	Anamur	15,3	0 !	0 !
	Çameli	15,5	0 !	0 !
	Bafra	15,8	0 !	0 !

*Aynı sutundaki küçük harfler, her bir sıcaklık derecesindeki rutubet kademelerinde orijinlerin kendi içindeki farklı grupları göstermektedir ($p<0,05$).

! Bu sıcaklık kademesinde çimlenme elde edilmediğinden istatistiki değerlendirmeye tabi tutulmamıştır

Her bir sıcaklık kademesi ve rutubet derecesinde (RH%) orijinlerin kendi içindekiortamala çimlenme süresi verileri değerlendirildiğinde (Çizelge 4.8); kontrol grubunda tüm orijin ve tüm rutubet derecelerinde orijinlerin OÇS değerleri bakımından istatistiki bir fark tespit edilememiştir. -5, -10, -15, ve -20 ºC sıcaklık kademelarinde tüm orijinlerde genelde RH%20 rutubet derecesinde OÇS değerleri azalış göstermiştir. Bu rutubet derecesinde orijinlerin çimlenme değerleri olumlu etkilenmiştir. Söz konusu

sıcaklık kademelerinde RH %10 ve RH %30 rutubet kademerinde ise OÇS değerleri genelde benzer grupta yer almış bazı orijinlerde ise RH %10 rutubet derecesi RH %30 a göre daha düşük OÇS değeri almıştır. Bununla birlikte her iki rutubet derecesinde elde edilen OÇS verileri RH %20 rutubet deresine göre düşük tespit edilmiştir. Son olarak -25 ^{0}C sıcaklık kademesinde ise RH %10 rutubet derecesinde orijinlerde OÇS değerleri elde edilmiş, fakat RH %20 ve RH %30 rutubet kademerinde orijinlerde herhangi bir çimlenme elde edilmediğinden değerler istatistiki analize tabi tutulmamıştır (Şekil 4.8).



Şekil 4.8 Her bir sıcaklık kademesi ve rutubet derecesinde orijinlerin OÇS değerleri

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, farklı yükselti ve biyoiklim zonunu temsil eden altı farklı kızılçam *(Pinus brutia Ten.)* orijinine ait tohumlarda düşük sıcaklık stresinin çimlenmeye olan etlileri araştırılmıştır. Bu amaçla tohumlar üzerinde düşük sıcaklık testleri 3 farklı rutubet kademesi (hava kurusu RH %10, yarı doygun RH %20, tam doygun RH %30) ve 6 farklı sıcaklık derecesinde (kontrol, -5, -10, -15, -20 ve -25 °C) yürütülmüştür. Öncesinde tohumlarda bin dane ağırlığı ve rutubet dereceleri tespit edilmiştir. Düşük sıcaklık testleri sonrasında tohumların çimlenme yüzdesi (ÇY) ve ortalama çimlenme süresi (OÇS) değerleri tespit edilmiştir.

Tohumların hayatiyet testleri arasında yer alan 1000 dane ağırlığının belirlenmesi ile tohumların boş veya dolu (sağlıklı embriyoya sahip) olup olmadığı belirlenebilmektedir. Bu çalışmada elde edilen en küçük bin dane ağırlığı değeri 42,05 gr. ile Anamur orijininde, en yüksek bin dane ağırlığı değeri ise 63,63 gr. ile Çameli orijininde tespit edilmiştir. Tüm orijinlerde ise ortalama bin dane ağırlığı değeri 55,25 gr. olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.1). Kızılçam türünde yapılan bazı araştırmalarda Çetin (2010) farklı yükselti basamaklarında kızılçam türünde ortalama 1000 dane ağırlığını 55,12 gr. olarak tespit etmiştir. Yine Yılmaz vd. (2013) kızılçamın uç popülasyonları ile yapmış oldukları çalışmada ortalama 1000 dane ağırlığını 55,50 gr. olarak tespit etmişlerdir. Çalışmamızdan edilen bulgular yapılan araştırma sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Çalışmamızda Anamur orijinin bin dane ağırlığının diğer orijinlere göre düşük çıkma nedeni olarak tohum toplanan alandaki ağaçların tohum verimini etkileyecek biotik ya da abiotik etmen koşullarının olumsuz etkileri belirtilebilir. Bunun yanında tohumların uygun koşullar altında saklanmaması diğer bir faktör olarak karşımıza çıkabilir.

Kızılçamda orijinlerinde farklı kademelerde elde edilen tohum rutubet dereceleri değerlendirildiğinde, tohumlarda hava kurusu haldeki rutubet yüzdesi (RH %10) ortalama %10,3, yarı doygun haldeki rutubet yüzdesi (RH %20) ortalama %19,5 ve tam doygun haldeki rutubet yüzdesi (RH %30) ortalama %28,73 olarak belirlenmiştir. Yine Çetin (2010), Mersin yöresinde farklı yükselti kuşaklarından temin ettiği kızılçam tohumlarında hava kurusu haldeki rutubet derecesini ortalama %8,26, tam doygun haldeki rutubet

derecesini %34,42 olarak tespit etmiştir. Çalışmamızda rutubet derecesi değerleri ilgili araştırıcının elde ettiği sonuçlar ile benzerlik göstermektedir.

Kızılçam tohumlarında farklı rutubet kademeleri (RH 510, RH 520 ve RH %30) ve sıcaklık derecelerinden (kontrol, -5, -10, -15, -20 ve -25 °C) elde edilen çimlenme yüzdesi (ÇY) ve ortalama çimlenme süresi (OÇS) değerleri genel olarak değerlendirildiğinde; tohumlardaki rutubet kademesinin artması sıcaklık derecesinin düşmesi ile genelde tohumlarda ÇY değerleri azalmış OÇS değerleri ise artış göstererek orijinler arasında önemli istatistiki farklılıklar meydana gelmiştir. Nitekim RH %10 rutubet kademesinde -25 °C ye kadar kadar, RH %20 rutubet kademesinde -20 °C ye kadar ve RH %30 rutubet kademesinde -10 °C sıcaklıklara kadar orijinler ÇY ve OÇS değerlerini genel olarak korumuşlardır (Çizelge 4.4, Çizelge 4.7).

Her ne kadar çalışmamızda rutubet kademesinin artması sıcaklık derecesinin düşmesiyle birlikte genel olarak çimlenme değerlerinin azaldığı ifade edilsede, rutubet derecelerinde bazı düşük sıcaklık stresi seviyeleri çimlenme verilerine olumlu etki yapmıştır. Örneğin ÇY değerleri bakımından RH %10 kademesinde Bucak ve Çameli orijinleri -5 ve -10 °C sıcaklık kademelerinde kontrol gurubuna göre yüksek ÇY değeri ve düşük OÇS değeri elde etmiş, RH %20 kademesinde Bafra orijini hariç tüm orijinler -20 °C sıcaklık kademesine kadar kontrol grubundan yüksek bir çimlenme performansı sergilemiş, son olarak RH %30 kademesinde ise Anamur ve Gölhisar orijinleri -5 °C sıcaklık kademesinde kontrol gurubuna göre yüksek bir çimlenme performansı sergilemiştir (Çizelge 4.4, Çizelge 4.7). Nitekim bazı orman ağacı tohumlarında ılımlı su stresi ve osmotik stres ile koşullandırmanın çimlenmeyi artırdığı da bildirilmektedir (Dirik vd., 1999). Yine Demir ve İmal (2021) yapmış oldukları çalışmada su stresi altında farklı Anadolu karamı orijinlerinin çimlenme performanslarını araştırdıkları çalışmalarında bazı orijinlerde ılımlı 0,2 MPa su stresi seviyesindeki çimlenme değerlerini kontrol gurubuna göre yüksek tespit etmişlerdir. Söz konusu araştırıcıların çalışmalarından elde edilen genel kanılar çalışmamız ile benzerlik göstermektedir.

Aynı zamanda yukarıda açıklanan bu durum kızılçam tohumunda bulunan çimlenme engeli ve bu engelin giderilmesi içim 4-6 hafta soğuk katlama uygulaması ile de desteklenebilir. Nitekim çalışmamızda %10 ve %20 rutubet kademelerinde -5 ve -10 °C sıcaklık derecelerinde, %30 rutubet kademesinde ise -5 °C derecesinde kontrol grubuna göre yüksek çimlenme değerleri elde edilmiştir. Çetin (2010) farklı yükselti kuşaklarından elde ettiği kızılçam tohumlarında katlama işlemleri sonrasında kontrol grubunda ÇY değerini %66,6, 30 gün katlama sonrasında %87,4 ve 90 gün katlama sonrasında %86,3 olarak tespit etmiştir. Yine Yılmaz vd. (2013) Kızılçamın uç popülasyonlarına ait tohumları üzerinde yaptıkları çalışmada, orijinlerde ortalama ÇY değerleri kontrol grubunda %35,5, 2 hafta katlama işleminde %50,8, 4 hafta katlama işleminde %70,9, 6 hafta katlama işleminde %77,4 ve 8 hafta katlama işleminde %80,8 olarak tespit etmişlerdir. Araştırıcılar OÇS değerlerini ise katlama işlemlerine göre sırasıyla, kontrol grubunda 16,3 gün, 2 hafta katlama işleminde 12,95 gün, 4 hafta katlama işleminde 10,50 gün, 6 hafta katlama işleminde 8,70 gün ve 8 hafta katlama işleminde 7,05 gün olarak tespit etmişlerdir. Açıklanan bu durumlar çalışmamızdan elde edilen sonuç ve kurgular ile benzerlik göstermektedir.

Çalışmamızdan elde eidlen bulgular birlikte değerlendirildiğinde; kızılçam tohumundaki çimlenme engelinin giderilmesi için pratik bir yöntem olarak, tohumların 24-48 saat arası soğuk suda bekletildikten sonra (%10-%20 rutubet içeriği arasında) -5 veya -10 °C derecelerine kademeli bir şekilde gelinerek bu sıcaklık kademlerinde 4-5 saat bekletilmesi önerilebilir. Böylelikle kızılçam tohumlarındaki çimlenme engelinin giderilmesi için 4-6 haftalık bir soğuk katlama işlemine göre zamandan kazanç sağlanacaktır.

Her bir rutubet derecesinde orijinlerin kendi içindeki ÇY ve OÇS değerleri genel olarak değerlendirildiğinde, Bucak, Gölhisar, Anamur, Çameli ve Bafra orijinleri RH %10 rutubet kademesinde -25 ^{0}C sıcaklık kademesine kadar, RH %20 rutubet kademesinde -20 ^{0}C sıcaklık kademesine kadar, RH %30 rutubet kademesinde ise -15 ^{0}C ve -20 ^{0}C sıcaklık kademesine kadar yüksek bir çimlenme performansı sergilemişlerdir (Çizelge 4.4, Çizelge 4.7). Bu bulgulara göre yüksek çimlenme performansı sergileyen orijinlerin dona daha dayanıklı orijinler oldukları söylenebilir. İlgili orijinlerden Çameli, Bafra ve Anamur orijinleri dona dayanıklı, Bucak ve Gölhisar orijinleri ise dona en dayanıklı

orijinler olarak sınıflandırılabilir. Nitekim Semerci vd. (2019) ve (2021) farklı kızılçam orijinlerinden elde ettikleri sürgün örnekleri üzerinde gerçekleştirdikleri dona dayanıklılık çalışmasında Bucak ve Gölhisar orijinleri dona dayanıklı olarak tespit etmişlerdir.

Bitkiler bulundukları doğal koşullara karşı dona dayanıklılık bakımından genetik olarak farklılıklar gerçekleştirmiş olup, genetik potansiyelin yanında yetişme ortamındaki bulunan ışık, nem, bitki beslenmesi gibi faktörler bitkinin dona dayanıklılığını etkileyen diğer önemli etmenlerdir. Nitekim tohumların içerdikleri rutubet miktarı ile düşük sıcaklık dereceleri arasında kuvvetli bir ilişki söz konusudur. Düşük sıcaklıklarda tohum dinlenme halinde olduğundan genelde toleranslıdır. Fakat tohumun su alımına başlamasıyla birlikte tohum düşük sıcaklıklara duyarlı hale gelmekte ve emilim sırasında hücre zarına zarar verebilmektedir (Bois et al. 2006). Nitekim çalışmamızda da tohumlardaki rutubet dereceleri artıkça orijinlerin çimlenme performansları azalış göstermiştir.

KAYNAKLAR

Akman, Y., 1999. İklim ve biyoiklim (Biyoiklim metodları ve Türkiye iklimleri). Kariyer Yayın evi, Ankara.

Aldrete, A., Mexal, J. G., Burr, K. E., 2008. Seedling cold hardiness bud set and bud break in nine provenances of *Pinus greggii* Engelm. Forest ecology and management, 255, 3672-3676.

Anonim. 2019. Orman Varlığımız, Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.

Atalay, İ. 1990. Regioning of seed transfer of Cedar (*Cedrus libani* A.Rich.) in Turkey. Uluslararası Sedir Sempozyumu, Or. Ar. Enst. Muhtelif Yayın No:59, s.166–179, Ankara.

Ayan, S. 2017. E.N. Yer, O. Gülseven. 2017. Türkiye'deki Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) ağaçlandırma sahalarının iklim tipi açısından değerlendirilmesi. AÇÜ Orman Fak Dergisi, 18(2), 152-161.

Bannister, P., Neuner, G., 2001. Frost resistance and the distribution of conifers. Conifer Cold Hardiness, In: Bigras, F. J. and Colombo, S. J. (eds), Chapter 1, Kluwer Academic Publishers, 3-21.

Bares, J. C. 2007. Chilling and freezing stress in live oaks (*Quercus* section Virentes): intra- and inter-specific variation in PS II sensitivity corresponds to latitude of origin. Photosynth research, 94, 437-453.

Bigras, F.J., Ryyppö, A., Lindström, A., Stattin, E., 2001. Cold acclimation and deacclimation of shoot sand roots of conifer seedlings. Conifer Cold Hardiness, In: Bigras, F.J. and Colombo, S. J. (eds), Chapter 3, KluwerAcademic Publishers, 57-89.

Bois, J.P., Winkel, T., Lhommee, J., Rafaillac, J.P. & Rocheteau, A. 2006. Response of some Andean cultivars of quinua (Chenopodium quinua Willd.) to temperature: Effects on germination, phenology, growth and freezing. European Journal of Agronomy, 25: 299-308.

Bou Dagher-Kharrat, M., Mariette, S., Lefevre F, Fady B., Grenier, G., Plomion, C., Savoure, A., 2007. Geographical diversity and genetic relationships among *Cedrus* species estimated by AFLP. Tree Genetics and Genomes, 3, 275-285.

Boydak, M., Dirik, H., 1990. Lübnan sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) fidanlarında su stresi ile koşullandırmanın dikim sonrasındaki su durumu ve kök regenerasyonuna etkileri. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayını, Uluslararası sedir sempozyumu bildirileri, s. 193-202, Antalya.

Boydak, M. 1996. Toros sedirinin (*Cedrus libani* A. Rich.) ekolojisi, silvikültürü ve doğal ormanlarının korunması. Orman Bakanlığı Yayın Dairesi Başkanlığı, No:12, Ankara, 78s.

Boydak, M., Çalıkoğlu, M., 2008. Toros sedirinin (*Cedrus libani* A. Rich.) biyolojisi ve silvikültürü. Lazer Ofset Matbaa, 1. Baskı, 284 s. Ankara.

Boydak, M., Çalışkan, S., 2014. Ağaçlandırma, OGEM-VAK Ormancılığı Geliştirme ve Orman Yangınları ile Mücadele Hizmetlerini Destekleme Vakfı Yayınları, (ISBN:978-975-93943-8-7), Ankara.

Burr, K. E., Hawkins, C. D. B., Hirondelle, S. J. L., Binder, W. D., George, F. M., Repo, T., 2001. Methods for measuring cold hardiness of conifers. Conifer cold hardiness, In: Bigras, F. J. , Colombo, S. J. (eds), Chapter 14, Kluwer Academic Publishers, 369-401.

Charrier, G., 2011. Mecanismes et modelisation de lacclimatation au gel des arbres: application au noyer Juglans regia L., Ecole doctorale Sciences de la Vie et de la Santé Agronomie et Environnement, Universite D'auvergne, 217.

Colombo, S.J., Webb, D.P., Glerum, C. 1984. Frost hardiness testing: An operational manual for use with extended greenhouse culture. Ontario, Min. of Nat. Resources, For. Res. Rep. No: 110. Toronto.

Çalıkoğlu, M., 2002. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold ssp. pallasiana (Lamb.) Holmboe) orijinlerinin kuraklığa karşı reaksiyonlarının ekofizyolojik analizi, Doktora Tezi (basılmamış). İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 99 s., İstanbul.

Çetin, B. 2010. Mersin Yöresinde Kızılçam (*Pinus brutia Ten*.) Kozalak ve Tohumuna Ait Bazı Özelliklerin Yükseltiye Bağlı Değişimi. İstanbul üniversitesi Fen Bil. Enstitüsü Yayınlanmamış Doktora Tezi, 185 sayfa, İstanbul.

Çolak, D. 2012. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. Subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) ve Toros Sedirinde (*Cedrus libani* A. Rich.)

don stresi üzerine bir araştırma. Yüksek lisans tezi (basılmamış). Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 51 s., Trabzon.

Deans, J. D., Harwey, F. J.,1996. Frost hardiness of 16 European provenances of sessile oak growingin Scotland. İnstitute of Charrered foresters Fornicn, Forstry, 69(1); 5-11.

Deligöz, A. 2007. Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* Arn.subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] fidanlarına ait bazı temel morfolojik ve eko-fizyolojik özelliklerin dikim başarısına etkisi. Doktora Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 299 s., Isparta.

Deligöz, A. 2011. Seasonal changes in the physiological characteristics of Anatolian black pine and the effect on seedling quality. Turish Journal of Agriculture Forestry, 35, 23-30.

Demir, E., İmal, B. 2021. Anadolu karaçamı [*Pinusnigra J.F. Arnold ssp. pallasiana (Lamb.) Holmboe*] tohumlarında polietilen glikol ile erken kuraklık testi. Turkish Journal of Forestry, 22(2): 65-72.

Dirik, H. 2014. Arborikültür (Kentsel ağaç kültürü). İstanbul Üniversitesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No:5200. Orman Fakültesi Yayın No:509. ISBN: 978-975-404-956-5, İstanbul.

Glerum, C. 1985. Frost hardiness of coniferous seedlings, Principles and Applications, Proceedings, Evaluating seedling quality, principles, procedures and predictive abilities of major tests. In; Duryea, M. L. (eds.), Oregon State University, (ISBN 0-87437-000-0).

Grossnickle, S. C., 1992. Relationship between freezing tolerance and shoot water relations of Western Red cedar, Tree physiology, 11, 229-240.

Grossnicklea, S.C., Russell, J., 2006.Yellow-cedar and western redcedar ecophysiological response to fall winter and early spring temperature conditions. Ann. For. Sci. 63,1-8.

Hirondelle, L. S. J., Simpson, D. G., Binder, W. D., 2006. Overwinter storability of conifer planting stock. Operational testing of fall frost hardiness. New forests, 32, 307-321.

Hopkins, W. G., 1995. Introduction to plant physiology. The University Of Western Ontario, John Wiley&Sons, Inc., New York.

Işık, F., 1992. Sedirin doğal yayılışı, Sedir el kitabı dizisi, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Muhtelif Yayınlar Serisi: 66, 43-52, Ankara,

İmal, B. 2015. Bazı Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arnold ssp. *pallasiana* [Lamb.] Holmboe) orijinlerinin dona ve kuraklığa karşı dayanıklılıklarının ekofizyolojik olarak belirlenmesi, Doktora tezi (basılmamış). İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,179 s., İstanbul.

Kacar, B., Katkat, A. V., Öztürk, Ş., 2002. Bitki fizyolojisi, Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın no: 198, ISBN: 975-564-133-5.

Karataş, R., 2017. Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) ağaçlandırmalarının gelişimi ile yetişme ortamı özellikleri arasındaki ilişkiler. Ormancılık Araştırma Dergisi, 4 (1), 12-21.

Kocaçalışkan, İ., 2008. Bitki fizyolofisi, 7. Baskı Nobel Yayın Evi Yayın no:1338, Ankara, ISBN: 978-605-395-135-3.

Koski, V., Antola, J., 1993. Turkish National Tree Breeding and Seed Production Program for Turkey (1994-2003), Prepared in Cooperation with ENSO Forest Development Inc and Forest Tree Seeds and Tree Breeding Institute, Ankara.

Kozlowski, T. T., Pallardy, S. G.,1996. Physiology of woody plants, Second Edition, Acedemic press. United States of America, ISBN: 0-12-424162-X.

Lambers, H., Chapin, F. S., Pons, T. L., 2008. Plant physiological ecology. Second edition, Springer Science Business Media, LLC, ISBN: 978-0-387-78340-6 e-ISBN: 978-0-387-78341-3.

Larcher, W., 1995. Physiological plant ecology, Ecophysiology and Stress Physiology of Functional Groups, Springer- Verlag, Berlin, 503 s.

Larcher, W., 2003. Physiological plant ecology 4th edition, Sipringer-Verlag berlin Heidelberg New York, ISBN: 3-540-43516-6.

Larsen, J.B. and A. Suner. 1986. Karaçam (*Pinus nigra*) orijinleri arasındaki kuraklığa ve dona dayanma farklılıkları. Ormancılık Arş. Enst. Yayınları, 30 (63); 93-109

Linden, L., 2002. Measuring cold hardiness in woody plants, University of Helsinki Department of Applied Biology Publication, Helsinki.

Mayer, H., Sevim, M., 1959. Lübnan sediri, Lübnan'daki 5000 yıllık tahribatı, Anadolu'da bugünkü yayılış sahası ve bu ağaç türünün Alplere tekrar getirilmesi

hakkında düşünceler (Çeviren: Necmettin Çepel). İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, 11(2); 111-142.

Odabaşı, T., 1990. Lübnan sediri (*Cedrus libani* L.) nin kozalak ve tohumu üzerine Araştırmalar. Orman Genel Müdürlüğü, Eğitim Dairesi Başkanlığı Yayınları, Ankara.

Özen, H. Ç., Onay, A. 2007. Bitki fizyolojisi, Nobel Yayınları, Ankara, ISBN: 978-605-395-017-2.

Pearce, R.S., 1999. Soğuğa alışmanın moleküler analizi. Bitki Büyüme Yönetmeliği, 29, 47-76.

Pina, J. J. P., Morales, F., Pelegrin, E. G., 2008. Frost damage in *Pinus sylvestris* L. stems assessed by chlorophyll fluorescence in cortical bark chlorenchyma, Ann. for. sci. 65 (813);1-6.

Ritchie, G. A., 1984. Assessing seedling quality. Forest nursey manual production of bareroot seedlings, In: Duryea, M. L., ve Landis, T. D., (Eds.), Chapter 23, Martinus Nijhoff,Dr. W. Junk Publishers. The Hague, 243-259.

Semerci, A., 2002. Sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) fidanlarına ait bazı morfolojik ve fizyolojik karakteristikler ile İç Anadolu'daki dikim başarısı arasındaki ilişkiler. İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi. 279, 1-142.

Semerci, A., 2005. Fifth Year Performance of Morphologically Graded Cedrus libani Seedlings in the Central Anatolia Region of Turkey, Turk J Agric For, 29,483-491.

Semerci, H., 2005. Farklı zonlarından örneklenen Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold sub. species *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) orjinlerinin soğuğa dayanıklılıkları, Yüksek lisans tezi (Basılmamış), Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, s 97., Ankara.

Semerci, H., Öztürk, H., Semerci, A., İzbırak, H., Ekmekçi, Y., 2008. Değişik ıslah zonlarından örneklenen Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold ssp. *nigra* var. *caramanica* (Loudon) Rehder) orijinlerinin dona ve kuraklığa dayanıklılıklarının belirlenmesi. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma Müdürlüğü, Teknik Bülteni, 21 (340-33), 1-68.

Semerci, H., Semerci, A., İmal, B., Kaşko Arıcı, Y., 2019. Ankara ve Antalya kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) orijin deneme sahalarında bazı orijinlerin dona dayanıklılıklarının belirlenmesi. Turkish Journal of Forestry, 20(4); 290-296.

Semerci, A., İmal, B., Gonzalez-Benecke, C. A., 2021. Intraspecific variability in cold tolerance in Pinus brutia sampled from two contrasting provenance trials. New Forests, 52, 621-637.

Steponkus, P. L., 1984. Role of the plasma membrane in freezing ınjury and cold acclimation, Ann. Rev. Plant Physiol., 35, 543-584.

Suszka, B., Chmielarz, P., Walkenhorst, R., 2005. How long can seeds of spruce (Picea abies (L.) Karst.) be stored? Ann. For. Sci., 62, 73-78

Taiz, L., Zaiger, E. 1998. Plant Physiology. Sinauer Associates, Inc., Publishers Massachusetts, 792p.

Turan. Ö., Ekmekçi, Y., 2008. Soğuk stresinin bitkiler üzerine etkileri ve tolerans mekanizmaları. Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 9(2); 177-198.

Usta, T. (2007). Yüksek sıcaklık şoku uygulamalarının doğal çam türlerinin (Pinus sp.) tohum özelliklerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Ürgenç, S., 1998. Ağaçlandırma tekniği yenilenmiş ve genişletilmiş ikinci baskı. İ.Ü. Orman Fak. Yayınları, İstanbul, ISBN. 975-404-446-5.

Yahyaoğlu, Z., Genç, M., 1990. Sedir (*Cedrus libani* A. Rich.)'de ıslah çalışmaları. Uluslararası Sedir Sempozyumu. Ormancılık Araştırma Enstitüsü yayınları, 59, 325-341.

Yılmaz, M., Kaplan, A., Vermez, Y. 2013. Kızılçam (*Pinus brutia Ten.*)'ın Üç Uç Populasyonuna Ait Bazı Tohum Özellikleri, KSÜ Doğa Bil. Dergisi, 16.

Yıldız, D., Nzokou, P., Deligoz, A., Koç, İ., Genç, M., 2014. Chemical and physiological responses of four Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.) provenances to cold temperature treatments. European Journal of Forest Research, 133(5): 809-818.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı- Soyadı : Hatice ÇETİNTÜRK

Eğitim

Yüksek Lisans	Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı	2018-2022
Lisans	İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü	2012–2016

İş Deneyimi

Yıl	**Kurum/Şirket**	**Görev**
2017-2020	Orman Genel Müdürlüğü, Antalya Orman Bölge Müdürlüğü, Kaş Orman İşletme Müdürlüğü	Danışman Mühendis
2020-2021	Orman Genel Müdürlüğü, Antalya Orman Bölge Müdürlüğü, Kumluca Orman İşletme Müdürlüğü	Danışman Mühendis
2021-Halen	Vadi Orman Mühendislik Bürosu	Orman Mühendisi