ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANKARA İLYAKUT TOROS SEDİRİ (*Cedrus libani* A. Rich.) ORİJİN DENEMELERİNDE BAZI ORİJİNLERİN DONA DAYANIKLILIKLARININ BELİRLENMESİ

Fevzi ÇAKMAK

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ÇANKIRI
2021

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Fevzi ÇAKMAK tarafından hazırlanan **"Anlara İlyakut Toros Sediri *(Cedrus libani* A. Rich.) Orijin Denemelerinde Bazı Orijinlerin Dona Dayanıklılıklarının Belirlenmesi"** adlı tez çalışması 16/02/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Bora İMAL

İkinci Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Akkın SEMERCİ

Jüri Üyeleri:

Başkan: Prof. Dr. Nuri ÖNER

Üye: Doç. Dr. Süleyman ÇOBAN

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Bora İMAL

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Dr. Öğr. Üyesi İlkay ÇORAK ÖCAL

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ANKARA İLYAKUT TOROS SEDİRİ (*Cedrus libani* A. Rich.) ORİJİN DENEMELERİNDE BAZI ORJİNLERİN DONA DAYANIKLIKLARININ BELİRLENMESİ

Fevzi ÇAKMAK

Çankırı Karatekin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Bora İMAL
İkinci Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Akkın SEMERCİ

Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) farklı stres koşullarına adaptasyon yeteneği yüksek bir tür olup gerek doğal yayılış alanı içinde gerekse doğal yayılış alanı dışında bozuk ve verimsiz orman alanlarının yeniden ağaçlandırılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle türün doğal yayılış alanı dışında veya yüksek alanlardaki ağaçlandırmalarının başarısı için dona dayanıklı orijinlerin seçimi büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada Ankara-İlyakut orijin deneme sahasından örneklenen bazı orijinler dona dayanıklılık testlerinde kullanılmıştır. Dona dayanıklılık testleri için 2018 yılı şubat ayında beş orijine ait bir yaşındaki sürgün örnekleri alınmıştır. Çalışma Tesadüf Parselleri Deneme Deseninde 10 tekerrürle yürütülmüştür. Kontrol grubu ($+4^0$C) düşük sıcaklığa maruz bırakılmamıştır. Sürgünler -15, -20, -22.5, -25 ve -30 ^{0}C'de yapay dondurma testlerine tabi tutulmuştur. Dondurma testleri sonrasında sürgünlerde meydana gelen zarar klorofil floresans ve görsel değerlendirme yöntemleri kullanılarak tespit edilmiştir. Her iki yönteme göre de Toros sedirinde don zararı orijinlere göre değişmekle birlikte -20 ve -22.5 ^{0}C'de başlamış, -25 ^{0}C de ise tüm orijinlerde ölümcül don zararı meydana gelmiştir. Bozdağ, Konya ve Elmalı orijinlerinin Damlaçalı ve K. Maraş orijinlerine kıyasla dona daha dayanıklı oldukları belirlenmiştir. Toros sedirinde dona dayanıklılık bakımından bir tür içi varyasyon olduğu tespit edilmiştir. Ancak bu varyasyon genişliğinin diğer ağaç türlerine kıyasla dar olduğu belirlenmiştir. Bu dar varyasyonun nedeni örneklenen orijinlerin yükseltilerinin benzer olması ve Toros sedirinin dar bir alanda doğal yayılış göstermesi olabilir.

2021, 65 sayfa

ANAHTAR KELİMELER: Toros sediri, Stres Fizyolojisi, Dona dayanıklılık, Klorofil floresans, Görsel değerlendirme

ABSTRACT

Master Thesis

DETERMINATION OF COLD HARDINESS OF SOME TAURUS CEDAR (*Cedrus libani* A. Rich.) PROVENANCES IN ANKARA-İLYAKUT PROVENANCE TRIALS

Fevzi ÇAKMAK

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

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Bora İMAL
Co-supervisor: Assist. Prof. Dr. Akkın SEMERCİ

Due to its high adaptation capacity to various stress factors, Taurus cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) is commonly used within and outside of its natural distribution areas in reforestation works for improving degraded and unproductive forests. Especially, selection of cold tolerant provenances is necessary to be more successful for establishing new plantations at higher altitudes or outside of its natural distribution. Several provenances of Taurus cedar sampled from Ankara-İlyakut provenance trials were used in cold hardiness tests. The study was conducted Randomized Plots Design with 10 replicates. Control group ($+4^0$C) was not subjected to freezing temperature. One year old twigs of five provenances were sampled in February 2018 for cold hardiness tests. Twigs were subjected to cold temperatures of -15, -20, -22.5, -25, -30 and -30 ^{0}C. After freezing treatments, cold damages on needless were determined by using chlorophyl fluorescence and visual screening methods. Results of both screening methods showed that damages of cell membranes began between -20 and -22.5 ^{0}C among provenances but lethal damage occurred in all provenances when the temperature was about -25 ^{0}C. Bozdağ, Konya and Elmalı provenances were more tolerant than Damlaçalı and K. Maraş provenances. Provenance variation in cold hardiness was determined. But this variation was small relative to other tree species. Source of this small variation may be narrow distribution area of species and similar altitude of tested provenances in this study.

2021, 65 Pages

KEY WORDS: Taurus cedar, Stress physiology, Cold hardiness, Chlorophyll Fluorescence, Visual observation

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

"Anlara İlyakut Toros Sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) Orijin Denemelerinde Bazı Orijinlerin Dona Dayanıklılıklarının Belirlenmesi" 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. Ayrıca eş danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Akkın SEMERCİ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Araştırmada kullanmış olduğumuz bitki materyallerini bize sağlayan Orman Genel Müdürlüğü İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsüne teşekkür ederim.

Çalışmamın laboratuvar aşamasındaki yardımları için Hilal ARSLAN'a, Doç. Dr. Süleyman ÇOBAN'a ve adını burada sayamadığım, katkısı olan tüm arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca online tez savunmama katılıp değerli katkı ve görüşlerini esirgemeyen Toros sediri ile özdeşleşmiş sayın hocamız Prof. Dr. Melih BOYDAK'a teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

Bugünlere gelmemde hakkını hiçbir zaman ödeyemeyeceğim, sahip olduğum en değerli unvan ve hazinem annem, babam ve sevgili kardeşime, desteğiyle her zaman yanımda olan Büşra AKKAYA'ya minnet ve şükranlarımı sunarım.

Fevzi ÇAKMAK

Çankırı

2021

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **i**
ABSTRACT ..... **ii**
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR ..... **iii**
SİMGELER ..... **v**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **vi**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **vii**
1. GİRİŞ **1**
2. GENEL KISIMLAR **6**
2.1 Düşük Sıcaklık Stresi ve Bitkilere Etkisi **6**
2.2 Odunsu Bitkilerde Dona Dayanıklılığın Belirlenmesi **9**
2.3 Toros Sedirinin (*Cedrus libani* A. Rich.) Genel Özellikleri **10**
3. KAYNAK ÖZETLERİ **15**
4. MATERYAL VE YÖNTEM **22**
4.1 Materyal **22**
4.1.1 Orijinlerin seçimi ve biyoiklim zonlarının belirlenmesi **22**
4.1.2 Orijinlere ait ağaçlardan sürgün örneklerinin alınması **25**
4.1.3 Araştırmada kullanılan araç ve gereçler **26**
4.2 Yöntem **27**
4.2.2 Klorofil floresans yöntemi kullanılarak sürgünlerde oluşan don zararının belirlenmesi **30**
4.2.3 Görsel Değerlendirme Yöntemi Kullanılarak Sürgünlerde Oluşan Don Zararının Belirlenmesi **32**
4.2.4 Verilerin Değerlendirilmesi ve İstatistiksel Analiz **33**
5. BULGULAR **34**
5.1 Fotosentetik Verimlilik (Fv/Fm) Değerlerine Ait Bulgular **34**
5.2 Maksimum Birincil Verim (Fv/Fo) Değerlerine Ait Bulgular **37**
5.3 Görsel Değerlendirme (GD) İkinci Hafta Sonuçlarına Ait Bulgular **41**
6. TARTIŞMA VE SONUÇ **45**
KAYNAKLAR **50**
ÖZGEÇMİŞ **56**

SİMGELER

^{0}C	Santigrad Derece
Fv/Fm	Maksimum Fotosentetik Verimlilik
Fv/Fo	Maksimum Birincil Verim
Fo	Minimum Floresans Verimi
Fm	Maksimum Floresans Verimi
PSII	Fotosistem II
ha	Hektar
m	Metre
CF	Klorofil Floresans
GD	Görsel Değerlendirme
cm	Santimetre
%	Yüzde

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Dünya üzerinde düşük sıcaklıkların dağılımı (Larcher 2003'e atfen İmal 2015)..... 7
Şekil 2. 2 Hücre içi (a) ve hücreler arası buz oluşumu (b) (Larcher, 2003'e atfen İmal 2015). 8
Şekil 2.3 Sedir türlerinin Dünyadaki yayılış haritası..... 11
Şekil 2.4 Toros Sediri'nin Türkiye'deki doğal yayılış haritası (Baş 2018)..... 12
Şekil 4.1 Araştırmaya konu olan Toros sediri orijinleri ve İlyakut orijin deneme sahası..... 23
Şekil 4.2 Ankara-İlyakut Toros sediri orjin deneme sahasından genel bir görünüm..... 23
Şekil 4.3 Sürgün örneklerinin toplanması ve orijin bazında etiketlenmesi 25
Şekil 4.4 Ağaçlardan örneklenen Toros sediri sürgünleri 26
Şekil 4.5 Dondurma işlemi öncesi sürgünlerin uygun boyutlarda kesilmesi..... 27
Şekil 4.6 Sürgünlerin 24 saat süreyle +4 ^{0}C derecede soğuğa uyumu..... 28
Şekil 4.7 Kesilen sürgünlerin ağzı kilitli poşete konulması ve etiketlenmesi 29
Şekil 4.8 Sürgün örneklerine 10 ml civarında saf su püskürtülmesi 29
Şekil 4.9 Örneklerin soğutucu kabine yerleştirmesi ve dondurma işlemleri 30
Şekil 4.10 İbrelerde karanlığa adepte işlemi ve klorofil florometre ölçümleri..... 31
Şekil 4.11 Serada sürgünlerin görsel olarak değerlendirilmesi 32
Şekil 5.1 Sıcaklık derecelerine göre her bir orijinin Fv/Fm değerleri 36
Şekil 5.2 Sıcaklık kademelerinde orijinlere ait Fv/Fm değerleri..... 37
Şekil 5.3 Sıcaklık derecelerine göre her bir orijinin Fv/Fo değerleri 40
Şekil 5.4 Sıcaklık kademelerinde orijinlere ait Fv/Fm değerleri..... 41
Şekil 5.5 Toros sedirinde sıcaklık kademelerine ait görsel don zararı 43
Şekil 5.6 GD yönteminde sıcaklıklara göre orijinlerin sıra değerleri ve ikili karşılaştırmaları 44

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1 Toros Sediri orijinlerine ait coğrafik bilgiler 22
Çizelge 4.2 Toros sediri orijinleri ve İlyakut orijin deneme sahasının Emberger Biyoiklim Sınıflandırmasına göre iklim karakteristikleri (Akman 1999) 24
Çizelge 4.3 Görsel değerlendirme skalası 33
Çizelge 4.4 Sürgünlerde meydana gelen zararı gösteren çizelge 33
Çizelge 5.1 Orijinlerin Fv/Fm değerlerine ait tanıtıcı istatistik değerleri 34
Çizelge 5.2 Fv/Fm değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları 35
Çizelge 5.3 Düşük sıcaklık stresinin Fv/Fm değerleri üzerine etkisini gösteren Tukey testi sonuçları 35
Çizelge 5.4 Orijinlerin Fv/Fo değerlerine ait tanıtıcı istatistik değerleri 38
Çizelge 5.5 Fv/Fo değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları 39
Çizelge 5.6 Düşük sıcaklık stresinin Fv/Fo değerleri üzerine etkisini gösteren Tukey testi sonuçları 39
Çizelge 5.7 GD-2.hafta Kruskal-Wallis testi sonuçları 41
Çizelge 5.8 Farklı sıcaklık kademelerinde her bir orijinin GD (2.hafta) sonuçlarına (yaralanma yüzdeleri) ait sıra ortalaması değerleri ve bunlara ait Dunn testi sonuçları 42
Çizelge 5.9 Farklı sıcaklık kademelerinde orijinlerin GD (2.hafta) sonuçlarına ait sıra ortalaması değerleri ve bunlara ait Dunn testi sonuçları 43
Çizelge 6.1 Don testlerinde çeşitli parametrelere ait korelasyon analizi sonuçları 47

1. GİRİŞ

Türkiye'nin konumu itibariyle farklı edafik faktörler ve iklimsel çeşitlilik ile değişik orman ekosistemlerine sahip olması; ağaçlandırmalarda uygulanacak teknikleri ve kültürel tedbirleri farklı kılmaktadır. Nemli iklim bölgelerinde ideal ekolojik koşullara sahip alanlarda ağaçlandırma çalışmaları daha kolay yapılabilmekteyken, kuraklık ve don etkisinin olduğu alanlarda şartlar güçleşmektedir (Ürgenç 1998).

Bitkilerin yaşam süreçlerinde karşılaştıkları en önemli stres faktörlerinden olan don, kuraklık ve tuzluluk bitkilerin gelişimlerini çok yönlü etkilemektedir. Don stresi özellikle ılıman bölgelerde ve kuzey enlemleri üzerindeki soğuk kuşakta bitkilerin sıkça karşılaştıkları bir durumdur. Dünya karalarının yaklaşık %28'lik kısmında kuraklık, %24'ünde sığ topraklar, %23'ünde bitki besin maddesi eksikliği veya fazlalığı ve %16'lık kısmında ise don stresinin bitkilerin büyüme ve gelişimini olumsuz yönde etkilediği bilinmektedir (Kalefetoğlu ve Ekmekçi 2005; Semerci vd. 2008).

Bitkiler olumsuz çevre şartlarından kaçınmak ve korunmak için diğer bazı canlıların yaptığı gibi yer değiştiremez. Bu sebeple bitkiler ekstrem çevre koşullarına karşı, canlılıklarını sürdürebilmek için fizyolojik ve biyokimyasal cevaplar geliştirmektedir. Bu sebeple bitkiler belirli süreçlerde olumsuz çevresel faktörlere adaptasyon sağlamaktadır.

Bir bitki türünün herhangi bir coğrafi bölgedeki başarısını, maksimum ve minimum sıcaklıklar belirlemektedir. Yüksek ve düşük sıcaklıklar, şiddeti ve etki sürelerine göre değişen düzeyde bitkilerin büyümelerini, metabolik aktivitelerini ve canlılıklarını bozmakta türlerin doğal yayılışını sınırlandırmaktadır (Semerci, 2005).

Son yıllarda görülen hızlı iklim değişikliğinden dolayı, ağaç türlerinin ekstrem hava şartlarına (don, kuraklık vb.) uyumu konusundaki çalışmalara olan gereksinim de artmaktadır. İklim değişikliğinin en önemli etkisi küresel ısınmadır. Bununla beraber küresel iklim değişiminin aynı zamanda olağanüstü hava koşullarının sıklığını, süresini ve şiddetini arttıracağı tahmin edilmektedir. Örneğin yaşanacak tek bir şiddetli don olayı bitkiler üzerinde ölümcül zararlar meydana getirebilmektedir.

İklim değişikliği, beklenmedik yağış ve sıcaklıkların (yüksek veya düşük) yaşanma sıklığının artması anlamına da gelmektedir. Bu sebeple ağaçlandırma çalışmalarında don, kuraklık ve tuzluluk gibi streslere dayanıklı tür ve orijin seçimi gelecekte, bugüne kıyasla çok daha önemli olacaktır. Ağaç türlerinin iklim değişikliğine uyumu konusundaki çalışmalara olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır.

İklim değişikliğine uyum araştırmalarında, 200 yıla aşkın bir süredir kullanılan yöntemlerden birisi de orijin denemeleridir (Matyas 1996). Orijin denemeleri, çeşitli yörelere ait tohum kaynaklarının transferi sonucunda doğal ortamdan farklı ekolojik koşullara nasıl uyum sağladığını ve ağaçlandırma çalışmalarında seçilecek en verimli orijinin tespitini amaçlayan uzun yıllar gözlemlenmesi gereken çalışmalardır. İlk çalışmalarda ekonomik açıdan en fazla gelir getirici orijinin tespiti için kurulan orijin denemelerinin şu an ki en önemli faydası iklim değişikliği sonucu yeni oluşabilecek çevresel streslere karşı en dayanıklı orijinin belirlenmesidir.

Ağaçlandırma çalışmalarında kullanılan fidanların morfolojik ve fizyolojik özelliklerinin iyi seçilmesi, meydana gelebilecek stres faktörlerini ve şiddetini azaltmaz; ancak böylesi bir iyi seçim sayesinde çevresel streslerin şiddetli olduğu alanlarda tutma şansları yüksek olan fidan çeşitleri belirlenebilir. Morfolojik ve fizyolojik özellikleri iyi olan fidanların kullanılmasıyla da ağaçlandırmanın başarısı arttırılabilir (Semerci 2002).

Toros sediri; doğal yayılış alanları dışında iyi bir uyum yeteneğine sahip, iyi gelişim gösteren ve elastikiyeti oldukça yüksek bir türdür (Boydak ve Dirik 1990). Son 20 yılda ülkemizde yapılan ağaçlandırmaların %0.07'si ile doğal gençleştirme çalışmalarının %1,2'sinde Toros Sediri kullanılmıştır (Koski and Antola 1993). Ağaçlandırma çalışmalarında orijini belli materyal kullanmak çok önemlidir. Bu nedenle ülkemiz şartlarında, iklim ve toprak yapısı ile çok büyük değişiklik gösteren bölge ağaçlandırmalarında hangi orijinlerin kullanılabileceği, orijin denemeleri ile mutlaka belirlenmelidir (Şimşek vd. 1995).

Toros sediri doğal yayılış alanında, nemli ve ılıman iklimden nispeten kuru ve soğuk karlı kışlara sahip iklime kadar, çeşitli karakterdeki iklim özelliklerine rastlanmaktadır. Yeni

ağaçlandırma sahalarında bu farklı yetişme ortamları göz önüne alınarak, buralarda kullanılacak fidan materyalinin orijin bakımından uygun olması çok önemlidir.

Ağaçlandırmalarda yöreye uygun en iyi biyolojik ve ekonomik uyumu sağlayacak orijinlerin seçimi çok önemlidir. Bu sebeple; Türkiye'de genetik çeşitliğin korunması amacıyla Toros sediri için; 22 adetten oluşan 3437.8 hektar tohum meşceresi, 21 adetten oluşan 2709 hektar gen koruma ormanı ve 9 adetten oluşan 60.55 hektar tohum bahçesi tesis edilmiştir (Ayan 2017, Anonim 2019).

Ülkemizde ağaçlandırma faaliyetlerinde kullanılacak uygun Toros sediri orijinlerinin tespiti amacı ile 1984 yılında Ormancılık Araştırma Enstitülüleri bünyesinde, "Türkiye'de Toros Sediri Orijin Denemeleri" çalışmalarına başlanmıştır. Tohum toplama ve fidanlıklarda yetiştirme işlemleri sonrası, 1989 sonbahar ve 1990 ilkbahar mevsiminde Türkiye genelinde 16 deneme alanında dikimler yapılmıştır. Denemelerde 35 orijin kullanılmıştır. Tesadüfi bloklar deneme desenine göre denemeler 3 yinelemeli olarak kurulmuş ve yinelemelerde orijinler 16 fidan ile temsil edilmiştir. 2012 yılı itibari ile bu orijin denemelerinin 20.yıl sonuçları yayınlanmıştır (Gökdemir vd. 2012).

Ağaçlandırma çalışmalarında kullanılacak yabancı türlerin seçiminde öncelikle o türün tesis değeri üzerinde durulmaktadır. Bir ağaç türü seçiminde tesis değerinden maksat: o türde iktisadi ve mali yönden, doğal olarak bulunan, türe nazaran daha yüksek artım ve kıymet hasılası almak anlaşılmaktadır. Tesis ehliyeti ve tesis değeri noktasından Toros sediri Türkiye koşullarında üzerinde dikkatle durulması gereken türlerimizdendir. Nitekim türün tutma başarısının yüksek olmasının yanında değişik yetişme ortamlarında kullanım değeri yüksek ve kuraklığa da dayanıklı bir tür olduğu bilinmektedir (Bayar ve Deligöz 2019).

Bitkilerin çeşitli stres faktörlerine karşı toleranslarının belirlenmesi amacıyla önceleri kolaylığı nedeni ile bitkilerin morfolojik özelliklerine göre çalışmalar yürütülmüştür. Teknolojik gelişmelere paralel olarak günümüzde ise kök yenileme potansiyeli, bitki su bileşenleri, yaprakların klorofil içeriği, fotosentetik aktivitenin belirlenmesi gibi birçok özellik çeşitli cihazlar kullanılarak yapılmaktadır (Kramer 1983, Kozlowski and Pallardy

1996, Yahyaoğlu ve Genç 2007, Deligöz 2007, Kilis 2007, Lambers et al. 2008, Gonzales 2009, Deligöz 2011, Martin 2012, İmal 2015).

Toros sedirinin Türkiye'nin farklı iklim bölgelerinde ağaçlandırma çalışmalarında başarılı olması, uyum kabiliyetinin yüksek olmasına bağlanmaktadır (Boydak ve Çalıkoğlu 2008). Toros sedirinin Fransa, İspanya, Almanya ve Avusturya gibi birçok ülkede doğal yayılışının olduğu, çok eski jeolojik dönemlerde Alplerde doğal olarak bulunduğunun bilindiği ve yapılacak yeni sedir ağaçlandırmaları ile tekrar geriye dönüş olacağı düşünülmektedir (Mayer ve Sevim 1959). FAO tarafından; Toros sediri diğer sedir türlerine göre genetik çeşitlilik ve polimorfizm oranının yüksek olduğu ifade edilmiştir (Kharrat et al. 2007)

Toros sediri, Türkiye'de Anadolu karaçamından sonra ağaçlandırma çalışmalarında en çok tercih edilen, plastisitesi yüksek bir tür olup özellikle İç Anadolu Bölgesinde don ve kuraklık etkilerinin bulunduğu alanlarda ağaçlandırma çalışmalarında yoğun olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, Toros sedirinin kuraklık ve dona karşı uyum kabiliyeti sayesinde değişen iklim koşulları altında doğal ağaç türleri yerine kullanılabilecek potansiyel bir tür olduğu belirtilmektedir (Semerci 2002, Gökdemir vd. 2012, Ayan 2017).

Dona dayanıklılık testleri; bitkilerin düşük sıcaklık derecelerine uyumluluğunu anlamak için fizyolojik, anatomik, termodinamik ve biyokimyasal özellikleri araştırılarak geliştirilmiştir. Bu metotlarla dona dayanıklılığı hızlı bir şekilde belirleyip doğru sonuçlar elde edilebilmektedir. Ormancılıkta özellikle ağaçlandırma çalışmalarının başarısını arttırmak için bu yöntemlerden faydalanılmaktadır (Burr et al. 2001).

Ağaçlandırma çalışmaları kapsamında dona dayanıklı orijinlerin seçilmesine katkı sağlayacak bu çalışmada, Ankara-İlyakut Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) Orijin Denemesinden seçilen bazı orijinlerden elde edilen ibre örneklerinde don zararının meydana geldiği sıcaklık derecelerini belirleyerek dona dayanıklı orijinleri tespit etmek amaçlanmıştır.

Çalışmanın alt amaçları ise şunlardır:

- Dona dayanıklılık bakımından tür içi varyasyonun saptanması,
- Orijinlerin don stresi karşısındaki tutumları ile temsil ettikleri biyoklimatik rejyonların iklim özellikleri arasında olası ilişkilerin ortaya konması,
- Doğal yayılış alanı dışında Toros sediri kullanılarak yapılacak ağaçlandırma çalışmalarında uygun orijinlerin seçiminde uygulayıcılara katkı sağlamak,
- Toros sedirinin ekofizyolojik özellikleri konusundaki bilgi havuzuna katkı sağlamak.

2. GENEL KISIMLAR

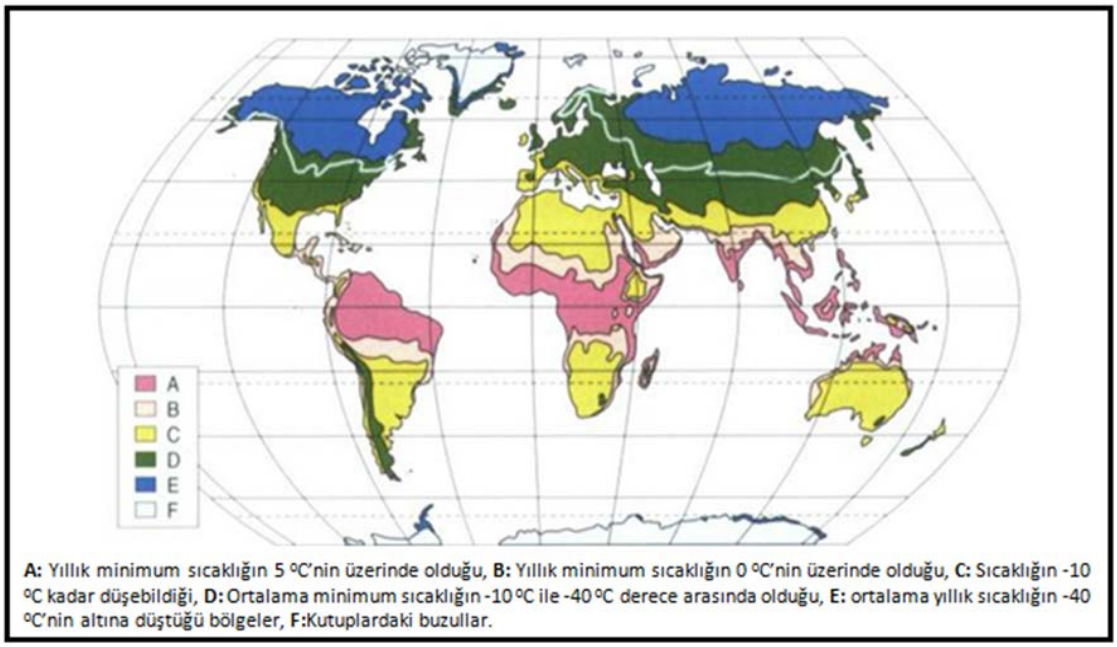
2.1 Düşük Sıcaklık Stresi ve Bitkilere Etkisi

Stres değişik şekillerde tarif edilmekle birlikte özetle; bitkilerin gelişim ve verimliliklerini olumsuz yönde etkileyen çevresel faktörler olarak tanımlanmaktadır (Kozlowski ve Pallardy 1996, Larcher 2003, Özen ve Onay 2007, Lambers et al. 2008). Ayrıca canlılarda hasar meydana getiren güç olarak da belirtilmektedir. Bitkilerin en duyarlı oldukları çevresel stres etmeni ise düşük ve yüksek sıcaklıklardır (Kocaçalışkan 2008, İmal 2015).

Bitkilerin büyümesini, verimliliğini ve yayılışını etkileyen stres etmenlerinden düşük sıcaklık stresi de diğer stres faktörleri gibi bitkideki biyokimyasal aktiviteleri sekteye uğratmaktadır. 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 2001).

Düşük sıcaklık stresi ise, 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). Dünya yüzölçümünün %42'sinde yıllık ortalama minimum hava sıcaklığını -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 oynar ve hücreleri buz oluşumu ile zarara uğratır (Pearce 1999, Turan ve Ekmekçi 2008).



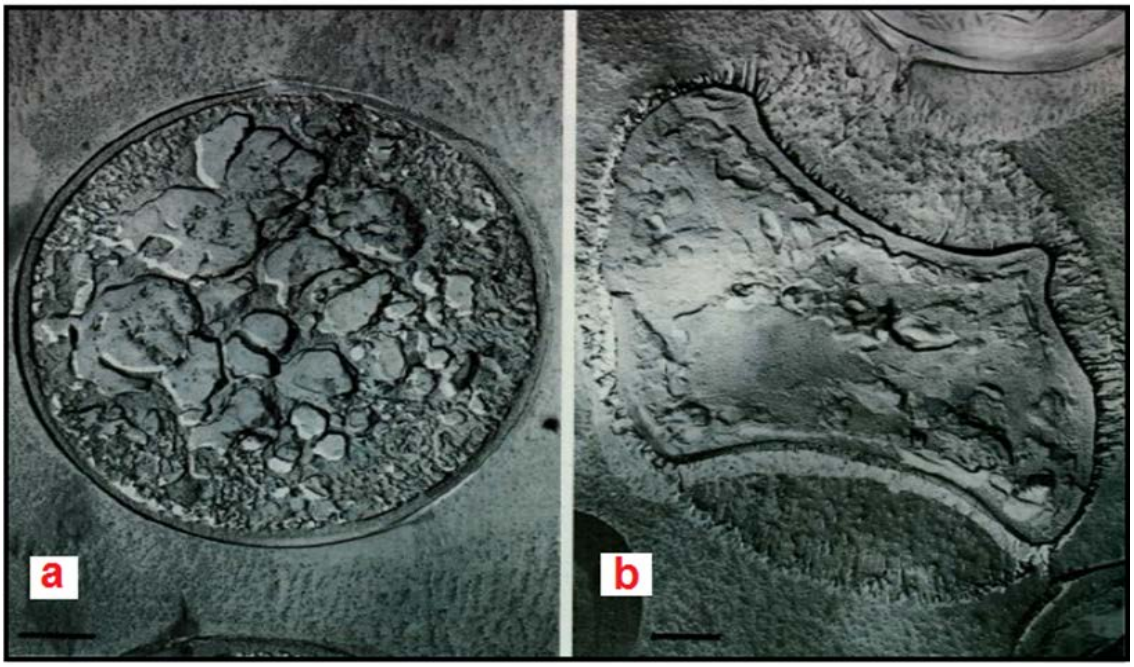
Şekil 2.1 Dünya üzerinde düşük sıcaklıkların dağılımı (Larcher 2003'e atfen İmal 2015)

0 ^{0}C'ın altındaki sıcaklıklarda oluşan don stresinin zararlı etkisi çevre sıcaklığının düşük olmasından çok, hücre suyunun donmasından kaynaklanmaktadır (Kacar vd. 2002).
Sıvı suya göre buzun kimyasal potansiyeli çok daha azdır. Buz oluşumu önce hücreler arası boşlukta başlar. 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).

Bitkide su 0 ^{0}C'nin altına düştüğü zaman öncelikle apoplasttaki su donar. Hücre duvarlarında ve hücreler arası boşlukta buz kristalleri oluşur. Apoplasttaki su tamamen donsa bile, dona dayanıklı bitkiler havaların ısınması ile tekrar eski haline dönebilir ancak apoplasttan sonra simplastta da buz kristalleri oluşur ise bitki eski durumuna dönemez. Don stresindeki en önemli zarar bu buz kristallerinin oluşumu ile meydana gelmektedir (Larcher 2003, Çolak 2012).

Hücrede meydana gelen soğuma hızlı ise hücre içi buz oluşumu, soğuma yavaş ise hücre dışı buz oluşumu (Şekil 2.2) görülmektedir (Steponkus, 1984; Çolak, 2012). Hücre içi buz oluşumunda önceden bitki tarafından soğuğa herhangi bir uyum gösterilmez iken hücre dışı buz oluşumunda ise hücre su kaybına uğramaktadır. Bu su kaybını ile hücrenin

hacmi azalmakta ve sitoplazması geri dönüşümsüz olarak bozulmaktadır (Larcher 2003, Semerci 2005, İmal 2015).



Şekil 2. 2 Hücre içi (a) ve hücreler arası buz oluşumu (b) (Larcher, 2003'e atfen İmal 2015).

Dona dayanıklılık; bitkinin 0 ^{0}C'nin altındaki düşük sıcaklıklarda zarar görmeksizin, canlı kalabilme yeteneği şeklinde 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. 2003, Semerci vd. 2019).

Bitkiler dona dayanabilmek için fizyolojik işlevlerinde yeni düzenlemelere gitmektedir. Bu düzenlemeler dona hassas durumdan, dona dayanıklı duruma geçiş sürecini oluşturur. Bu süreç soğuğa uyum (*cold acclimation, cold hardening*) olarak adlandırılır (Bigras et al. 2001). Uyum ve adaptasyon kavramları ise sıklıkla birbirine karışmaktadır. Adaptasyon pek çok generasyon sonrasında oluşur ve genetiksel özelliklere bağlı olarak dona dayanıklılık seviyesinin belirlenmesini ifade etmektedir (Taiz and Zeiger 1998).

Bitkiler soğuk ve donlara karşı tutumları bakımından 3 sınıfa ayrılmaktadır (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; bitki büyüme hızının azalması, yaprak genişliğinin azalması, hücresel otolizin ve yaşlanmanın artması, programlanmış hücre ölümleri, hücre zar yapılarının bozulması ve bunun sonucunda hücresel bütünlüğün bozulması şeklinde özetlenebilir (Turan ve Ekmekçi 2008).

2.2 Odunsu Bitkilerde Dona Dayanıklılığın Belirlenmesi

Bilindiği gibi soğuğa dayanıklılık doğada yavaş yavaş gelişen bir süreçtir. Bu işlev fotoperiyodun kısalması ile başlar sıcaklığın düşmesi ile devam eder. Meydana gelen düşük sıcaklıklar ile dona dayanıklı bitki türleri hayatta kalır. Don zararında bitkilerin içinde bulunduğu gelişme dönemi, düşük sıcaklığın şiddeti, düşme hızı ve süresi büyük önem taşımaktadır. Doğadaki bu durum göz önünde bulundurularak bitkilerde dona dayanıklılık çalışmaları planlanmaktadır (İmal 2015).

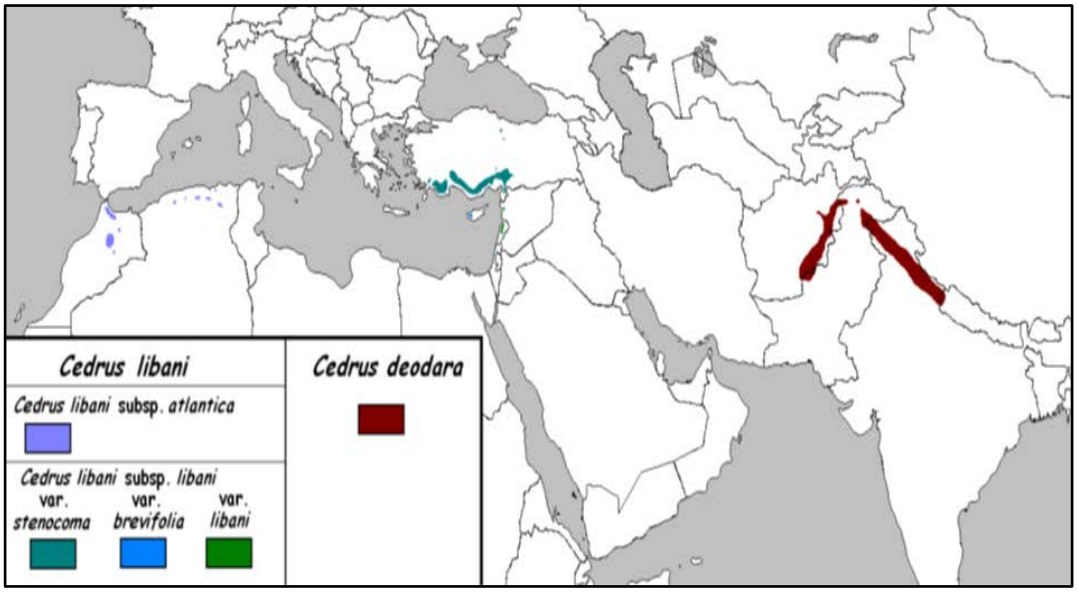
Doğada oluşan bir don olayı sonrasında bitkilerde oluşan zararların gözlenmesi şeklinde bir çalışma yapılabilir. Bu tip bir arazi çalışmasının avantajı, dayanıklılığın gerçek arazi koşulları altında gözlenmiş olmasıdır. Ancak arazide yapılan bir gözlem ile tamamen doğru sonuç alınması ve testin standardize edilmesi çok güçtür. Yine arazi koşullarında oluşan zararın dondan mı, yoksa başka çevresel etkenlerden mi kaynaklandığını anlamak zordur (Keates 1990). Arazi koşulları kontrol edilemez, arazideki gözlemler ve

örneklemeler pahalıdır (Simpson 1994). Bu yüzden dona dayanıklılık testleri genelde kontrollü ortamlarda yani laboratuvar koşullarında yapılmaktadır.

Bitkilerde dona dayanıklılık testlerinde, bütün bir bitki ya da bitkinin organ veya dokusu dondurularak değerlendirmeler yapılmaktadır. Genellikle, bu testlerde koniferlerde iğne yapraklar, geniş yapraklılar ve herdem yeşil türlerde ise tomurcuklar kullanılmaktadır. Ancak, küçük fidanlarda (örneğin, bir ya da iki yaşındaki fidanlarda) testler bitkinin tamamı dondurularak yapılmaktadır (Colombo et al. 1984, Burr et al. 2001, Hirondelle et al. 2006). Dona dayanıklılık düzeyinin ölçülmesi için yapılan testler, kontrollü bir ortama yerleştirilen bitkinin önce belirlenmiş bir sıcaklığa (hedef sıcaklık) kadar kademeli olarak soğutulması (-10, -20, -30, -40 ^{0}C sıcaklıklara ve saatte 2-6 °C/h^{-1} bir sıcaklık azaltması gibi); ulaşılan bu düşük sıcaklıkta bir süre bekletilmesi (genelde 4-6 saat); sonra başlangıçtaki sıcaklığa kadar tekrar kademeli olarak dönülmesi ve bu uygulamalar sonrasında oluşan zarar miktarının çeşitli metotlarla (iyon sızıntısı, klorofil floresans, görsel değerlendirme vb.) belirlenmesi olmak üzere aşamalardan oluşmaktadır (Ritchie 1984, Burr vd. 2001, Semerci 2005, İmal 2015, Semerci vd. 2019).

2.3 Toros Sedirinin (*Cedrus libani* A. Rich.) Genel Özellikleri

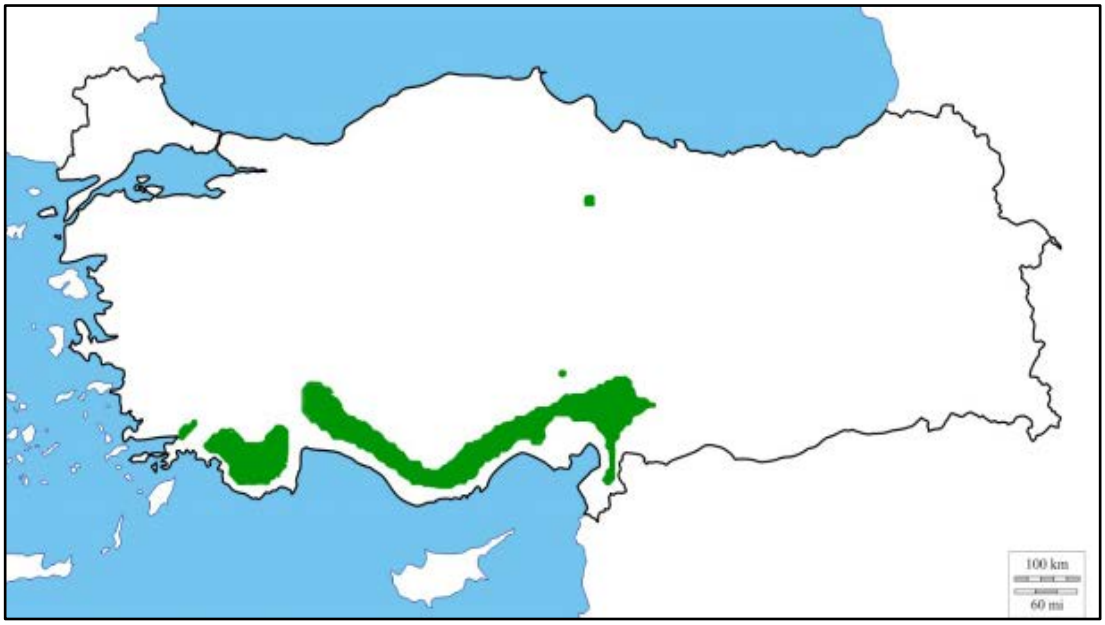
Toros sediri Spermatophyta bölümü, Gymnospermae alt bölümü, *Coniferopsida* sınıfı, Pinales takımı, Pinaceae familyası, Laricoideae alt familyası, *Cedrus* Link. cinsi içerisinde sınıflandırılmıştır (Boydak ve Çalıkoğlu 2008). Sedir dünya genelinde doğudan batıya Himalaya sediri (*Cedrus deodora* Loud.), Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.), Kıbrıs Sediri (*Cedrus brevifolia* Hen.) ve Atlas sediri (*Cedrus atlantica* Manettii) türleriyle temsil edilmektedir (Boydak ve Çalışkan 2014). Türkiye'deki türü Toros sediridir (*Cedrus libani* A. Rich). Toros sediri Lübnan'ın kuzeyinde ve Suriye'deki birkaç meşcere dışında asıl yayılışını Toros Dağlarında yapmaktadır (Sevim 1952, Işık 1992, Boydak ve Çalıkoğlu 2008).



Şekil 2.3 Sedir türlerinin Dünyadaki yayılış haritası

Toros sediri, Anadolu'da Toros Dağları'nda tahribatlar sonucu kısmen kalıntılar halinde de kalsa güneyde Suriye ve Lübnan'da doğal olarak yayılış sergilemektedir (Odabaşı 1990, Alptekin 1996, Boydak ve Çalıkoğlu 2008). Ülkemizdeki yayılışı batı Toroslarda Acıpayam-Bozdağ, Tavas-Konak, Köyceğiz-Çaldağı'ndan başlar batı Toroslar'dan (Elmalı, Bucak-Çığlıkara, Katrandağı ve Susuzdağ) doğuya doğru ilerleyerek Kahramanmaraş-Ahırdağları'na ulaşır. Güneyde Osmaniye Amanos dağlarında, kuzeyde lokal olarak Erbaa-Çatalan ve Niksar Akıncıköy yöresinde ayrıca stebe geçiş zonu olan Orta Anadolu iklim kuşağında bulunur. Ayrıca Afyon- Emirdağ-Yukarı Çaykışla Vadisi'nde de izole yayılışlar göstermektedir (Boydak ve Çalıkoğlu 2008, Dağdaş 2012).

Ülkemizde Toros sediri 487.819 hektarlık bir alanda yayılış göstermektedir. Bu alanların 252.590 hektarı (%51.8) normal, 235.229 hektarı (%48.2) bozuk orman niteliğindedir (Anonim 2019).



Şekil 2.4 Toros Sediri'nin Türkiye'deki doğal yayılış haritası (Baş 2018)

Toros sediri, dikey yayılışını genel olarak 800-2100 m.yükseltilerde yapar. Ancak yükseltinin yaklaşık 500-650 m olduğu Fethiye Babadağ-Boğaziçi havzası ile Antakya-Hassa Yolluklar ile söğüt köyleri arasında da görülmektedir. Bireysel olarak inebildiği en düşük yükselti ise Antalya- Finike'dir. Ayrıca Bolkar ve Amonos Dağlarında 2400 m yükseltiye çıkabilmektedir (Boydak ve Çalıkoğlu 2008).

Toros sediri, herdem yeşil genellikle kalın dallı, dolgun, düzgün gövdeli ve 40 m ye kadar boy yapabilen, gençlikte piramidal ancak yaşlandıkça yayvan bir tepe yapısına sahip olup şemsiye tipi bir görünüm alır. Dalları gövdeden genellikle 90 derecelik bir açı ile çıkar. Yaprağını dökmeyen ve 2 m ye kadar gövde çapına ulaşabilen bir ağaç türümüzdür Odunu çok dayanıklı olup hızlı büyür ve uzun ömürlü bir ağaçtır (Öner ve Uysal 2006, Boydak ve Çalıkoğlu 2008).

Toros sediri, gençlikten başlayarak derine giden kazık kök ve ona bağlı ikinci derece köklerle derin bir kök sistemi oluşturmaktadır. Kökleri, özellikle kireç taşı toprakları üzerinde yarık ve çatlaklardan yararlanarak fazlasıyla derine gidebilmektedir. Yarı ışık ağacı olup, yan ve üst gölge baskısına dayanıklılığı oldukça yüksek bir ağaç türümüzdür (Aksoy 1987). Toros sediri değişik bakı ve iklim şartlarında kolay yetişebilmektedir.

Sedirde renk ve gövde şekilleri farklı on bir ayrı form tespit edildiği bildirilmektedir (Kantarcı 1990). Bütün bunlar, Sedirin değişik yetişme ortamlarına iyi uyum sağlayan (plastisitesi yüksek) bir tür olduğunu göstermektedir. (Boydak vd. 1990, Boydak 1996). Sedir genetik varyasyon derecesi yüksek olan ve ıslah amaçlarına uygun bir tür olarak değerlendirilmektedir (Ürgenç, 1986).

Toros sediri ağaçlarında yaklaşık 30 yaşından itibaren kozalak oluşmakta ve kozalaklar 25. veya 26. ayda olgunlaşıp kasım ayı sonu ile aralık ayında dökülmektedir. Hasat için en uygun zaman iki yıllık kozalaklarda ekim ayıdır. Toros sediri meşcerelerinde bol kozalak tutan ağaç az olup zengin tohum yılı 3-5 yıl aralıklarla görülmektedir. Toros sediri tohumlarında embriyonun tam teşekkül etmemesi, dinlenme ihtiyacında olması ve endosperm ile kabuk arasında reçine bulunmasından kaynaklı çimlenme engeli olup bu engel 30 gün süreli soğuk-ıslak katlama (%70 nemlendirilmiş kum üzerinde) kullanılarak giderilmektedir. Çimlenme engeli bulunan Toros sediri tohumları kullanılarak yapılacak ağaçlandırma çalışmalarında ekimler kar yağışından hemen önce yapıldığı taktirde, tohumlar kar altında doğal bir katlama geçirerektir. Ardından karların kalkması sonucu kısa sürede çimlenebilecektir (Odabaşı 1990, Öner ve Uysal 2006, Boydak ve Çalıkoğlu 2008, Ayrancı 2019).

Toros sediri görkemli görünümü, köklü tarihi, anıt ağacı olma özelliğinden dolayı kültürel, bilimsel ve ekonomik açıdan kıymetli bir orman ağacı türümüzdür. Toros sedirinin odunu atmosferik koşullara ve çürümeye dayanıklı bir tür olup özel bir renk ve kokuya sahiptir. El aletleri ve makine ile kolay işlenmektedir. Geçmişten günümüze odunun değerli olmasından dolayı aşırı kesimler, yangınlar ve otlatma sonucu büyük bir yıkıma uğramış ve bu tahribatlar sonucu saf doğal sedir ormanları bozuk sahalara dönüşmüştür, bu alanlar ekim veya dikim yoluyla rehabilite edilmektedir (Boydak 2014).

Toros sedirinin doğal yayılış alanında, nemli ve ılık iklimden nispeten kuru ve soğuk karlı kışlara sahip iklime kadar, çeşitli karakterde iklim özelliklerine rastlanmaktadır. Ayrıca İç Anadolu Bölgesi gibi doğal yayılış alanları dışındaki yetişme ortamlarında yapılan ağaçlandırma çalışmalarında düşük sıcaklıklar başarı açısından önem arz etmektedir. Söz

konusu bu ağaçlandırma alanlarında yetişme ortamı özellikleri dikkate alınarak dona daha dayanıklı orijinlerin seçimi ön planda olmalıdır.

FAO Toros sedirini zor koşullara adaptasyonu kolay, dona, yangına, aşırı sıcaklığa dayanıklı gerek doğal yayılış alanında gerekse doğal yayılış alanı dışında bozuk ve verimsiz orman alanlarının yeniden ağaçlandırılmasında yaygın olarak kullanılan bir tür olarak belirtilmiştir (Yahyaoğlu ve Genç 1990). Toros sediri farklı stres koşullarına adaptasyon yeteneği yüksek, ekstrem stres koşullarına dayanıklı bir tür olup ağaçlandırma çalışmalarında tür seçiminde başarı oranı yüksek bir türdür.

Toros Sediri'nin yayılış alanında yıllık ortalama yağış 650-1200 mm arasındadır. Bağıl nemin dağılışı Sedir'in yayılış alanını belirler. Bağıl nemin yazın %10'un altına düştüğü yerlerde Sedir' in yetişmediği görülür. Optimum yetişme alanında yıllık ortalama sıcaklık 7- 8 ^{0}C'dir. Temmuz ayına ait maksimum sıcaklık 35^{0}C, ocak ayına ait minimum sıcaklık ise -15^{0}C'nin altında kaydedilmiştir. Emirdağ çevresinde, 36 yıllık (1953-1988) iklim verilerine sahip Emirdağ Meteoroloji İstasyonu kayıtları ve bu kayıtların enterpole edilmiş değerlerine göre, en düşük sıcaklık şubat ayında -27,5 ^{0}C olarak kaydedilmiştir. Toroslardaki yayılışında; Göksun, Aslanköy, Cevizli ve Akseki çevresinde ocak ayında ortalama minimum sıcaklık -35 ^{0}C'ye kadar düşmüştür. Sedir' in Akdeniz iklimini geçip İç Anadolu'ya doğru sokulduğu geçiş zonunda ise ocak ayında en düşük sıcaklık -20 ^{0}C'den düşük olarak ölçülmüştür (Atalay, 1990). Amerikan Tarım Servisi (USDA)'nin 1940 yılında yaptığı çalışmasında, türlerin doğal yayılış gösterdikleri alanlarda karşılaştıkları en düşük sıcaklıkları baz alarak yapılan ve 11 iklim zonundan oluşan sınıflamada Toros sedirinin yayılış gösterdiği alanlarda sıcaklığın -17 ^{0}C'ye kadar düştüğü dolayısıyla da türün bu don düzeyine dayanabildiği ifade edilmektedir (Bannister and Neuner 2001, Çolak 2012).

3. KAYNAK ÖZETLERİ

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. Fidanların iğne yapraklarında oluşan zararlar, iyon sızıntısı, klorofil floresans ve MDA (Malondialdehit) analizleri ile belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, don zararının iyon sızıntısı ve klorofil floresans'a (Fv/Fm) etkisinin olduğunu ve bu iki parametre arasında kuvvetli bir ilişkinin (r=-0,806) bulunduğunu göstermiştir. Fakat MDA analizleri, kullanılan düşük sıcaklıkların neden oldukları zararların ayırt edilebilmesini sağlayamamıştır. Bu çalışmaya göre Anadolu karaçamı'nda dona dayanıklılık mevsimsel olarak değişim göstermektedir. Kışın yapraklardaki hücre zarlarında gözlenen don zararının -20 ^{0}C ile -25 ^{0}C arasında, ilkbaharda ise –3 ^{0}C ile –7 ^{0}C arasında başladığı belirlenmiştir. Orijinler arasında kışın dona dayanıklılık bakımından farklar olduğu; ilkbaharda ise orijinler arasında dona dayanıklılık bakımından bir fark olmadığı belirlenmiştir. İyon sızıntısı ve klorofil floresans ölçümleri Andırın, Göksun ve Mengen orijinlerinin dona daha dayanıklı, Balıkesir ve Mustafa Kemal Paşa orijinlerinin ise en hassas orijinler olduğunu göstermiştir. Yine bu çalışmada Orijinlerin dona dayanıklılık düzeyleri ile şeker içerikleri arasında bir korelasyon olmadığı tespit edilmiştir.

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. Kış mevsiminde yapılan dona dayanıklılık testleri kapsamında ise fidanlar 4 farklı sıcaklık derecesine maruz bırakılmış (-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 ilkbaharda yapılan don testlerinde dayanıklılık bakımından orijinler arasında herhangi 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 düzeyinin, 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 (2002), 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.

Ayrancı 2019, Antalya-Elmalı, Antalya-Alanya, Konya-Ermenek, Afyon-Çay, Isparta-Senirkent, Isparta- Ş. Karaağaç gibi Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich) orijinlerine ait tohumlarda var olduğu bilinen reçine ve embriyodan kaynaklanan çimlenme engelini giderecek en uygun yöntemin belirlenmesi amacıyla tohumlarda kontrol, katlama, 100 ppm GA3, 500 ppm GA3, 100 ppm GA3+katlama ve 500 ppm GA3+katlama olmak üzere toplam 6 farklı ön işlem uygulamıştır. Araştırmada soğuk-ıslak katlama işlemi 30 gün

+4°C'de dikey soğutucuda, çimlendirme testleri ise 25±1°C'de çimlendirme kabininde 28 gün sürede gerçekleştirmiştir. Yapılan her bir ön işlem sonrası tohumlar çimlendirme testlerine tabi tutularak orijinlere ait çimlenme yüzdeleri (ÇY) ve çimlenme hızları (ÇH) tespit edilmiştir. ÇY' si en yüksek ön işlem olarak katlamaya alınan tohumlardan Alanya (%73) orijininde, en düşük ÇY' si ise ön işlemi 500 ppm GA3 olan Senirkent ve Ş. Karaağaç (%4) orijinlerinde elde edilmiştir. Sonuç olarak; Toros sediri tohumlarında çimlenmeye en etkili faktör olarak katlama ve 100 ppm GA3 ön işlemleri ön plana çıkarken, 500 ppm GA3 ön işlem uygulamasının çimlenme parametreleri üzerinde etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

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.

Semerci (2014), İç Anadolu Bölgesi'nde Ankara, Eskişehir ve Konya alanlarına dikilen 2+0 yaşlı Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) fidanlarında 5. vejetasyon mevsimi sonrasında, boy, kök boğazı çapı ve yaşama yüzdelerini tespit etmiştir. Araştırma sonucunda deneme alanlarına dikilen fidanların 5 vejetasyon mevsimi sonrasındaki yaşama yüzdeleri sırasıyla %84.4, 77.9 ve 54.7; ortalama boyları da sırasıyla 78.5, 51.8 ve 48.7 cm olarak bulunmuştur. Yazar, yaşama yüzdesi ve boy bakımından deneme alanları arasında beşinci yıl sonunda görülen farkların, deneme alanları arasındaki klimatik ve fizyografik farklılıklardan kaynaklanmış olabileceğini ifade etmiştir. Ayıca yazar fidanların dikim anındaki boy ve kök boğazı çapı büyüklüklerinin fidanların yaşama yüzdeleri üzerine etkisinin olmadığı, fidanların boy büyümeleri üzerinde yalnızca fidan kök boğazı çapının etkisinin olduğu belirlemiştir. Çalışmada, Toros sediri türünde kullanılan fidanların morfolojisinin, arazideki tutma başarısının önceden tahmini için iyi

bir gösterge olmadığı fakat dikim sonrası büyüme potansiyelinin belirlenmesinde kök boğazı çapının iyi bir gösterge olduğu tespit edilmiştir.

Bayar ve Deligöz (2019), Isparta il merkezinde bulunan Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) ve Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) ağaçlandırma sahasında yaz kuraklığı döneminde ağaçların su ilişkilerinde ve biyokimyasal özelliklerinde oluşan değişimleri incelenmişlerdir. Çalışma sonunda Toros sedirinin eylül ayında Anadolu karaçamına göre daha düşük solma noktasındaki osmotik potansiyele sahip olduğu, Eylül ayında Toros sedirinin Anadolu karaçamına göre kuraklığa karşı daha toleranslı olduğunu belirtmişlerdir.

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 ile dona dayanıklılık hakkında yapmış oldukları çalışmada; genel olarak Anadolu karaçamı orijinlerinde don zararının -15.9 ile -27.3 ^{0}C sıcaklıklar arasında oluştugunu belirlemişlerdir. 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.

Rose and Haase (2001), “Duglas fidanlarında düşük sıcaklık stresinde dokuların dona dayanıklılığı bakımından klorofil floresans ve varyasyonları” isimli çalışmalarında; iki farklı orijine ait Douglas göknarı fidanlarını Ekim 1993’ten Nisan 1994’e kadar her 4 haftada bir kontrollü olarak düşük sıcaklıklara maruz bırakmışlardır. Düşük sıcaklık uygulamasından 1 gün sonra klorofil floresans ölçümleri ve 7 gün sonra ise tomurcuk, kambiyum ve iğne yapraklardaki zarar değerlendirilerek meydana gelen zararı ortaya koymuşlardır. Çalışma sonunda mevsimlere göre orijinler arasında farklılıklar tespit edilmiştir. Sıcaklık derecesinin düşmesi ile dokulardaki hasar çoğalmış ve mevsimsel olarak değişkenlik göstermiştir. Kasım ve aralık aylarında don zararı en yüksek seviyede gerçekleşmiş ve bu durum dokulardaki morfolojik değerlendirme ile de güçlü bir ilişki göstermiştir.

Grossnickle (1992), *Thuja plicata* fidanları ile gerçekleştirdiği dona dayanıklılık çalışmasında; iyon sızıntısı yöntemi ile fidanlarda kışın önemli don zararının (LT50) -20 ^{0}C de başladığını, ilkbaharda ise -6 ^{0}C de başladığını belirlemiştir.

Lu et al. (2003), *Pinus monticola* fidanlarında dona dayanıklılık bakımından coğrafik varyasyonları araştırmışlardır. Araştırma sonucunda; *Pinus monticola* türüne ait fidanlarda iyon sızıntısı yöntemi ile -11 ^{0}C de %4 lük bir don zararı, -20 ^{0}C de ise %83 lük bir don zararı tespit etmişlerdir.

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

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 yapmış olduğu don testleri sonucunda; daha güney enlemde ve ılıman bölgede yetişen *Quercus oleoides*

fidanlarının Fv/Fm değerlerini 0.20-0.10 arasında belirleyerek don zararının -10 ^{0}C de başladığını belirlemiştir. Daha kuzey enlemdeki North Carolina orijinli *Quercus virginiana* fidanlarının ise Fv/Fm değerini 0.80 olarak tespit ederek -10 ^{0}C de dondan zarar görmediğini tespit etmiştir.

Karataş (2017), tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada; Eskişehir, Afyonkarahisar ve Ankara illerindeki Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) ağaçlandırmalarının boy gelişimi ile bazı yetişme ortamı özellikleri arasındaki ilişkiler 55 farklı alanda araştırılmıştır. Çalışmada örnek alanlara en yakın mesafede bulunan meteoroloji istasyonu verileri kullanılmıştır. Örnek alanlardaki ağaçların üst boy değerleri ile edafik, klimatik ve fizyografik faktörler arasındaki ilişkiler korelasyon, aşamalı regresyon ve regresyon ağacı yöntemleri ile değerlendirilmiştir. Örnek alanlardaki ağaçların üst boy değerleri ile fizyografik yetişme ortamı faktörlerinden enlem ve yamaç konumu; iklim özelliklerinden ortalama yüksek sıcaklık, potansiyel evapotranspirasyon, su fazlası, en soğuk ayın ortalama sıcaklığı, en sıcak ayın ortalama sıcaklığı ve dört yaz ayının ortalama sıcaklığı; toprak özelliklerinden toz miktarı arasında istatistiksel bakımdan önemli ilişkiler bulunmuştur.

4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1 Materyal

Bu çalışmanın ana materyalini Ankara-İlyakut Toros sediri orijin deneme sahasından 2018 yılında 5 farklı orijinden elde edilen sürgün örnekleri oluşturmaktadır.

Çalışmada kullanılan orijinlerin seçimi, orijinlere ait biyoiklim zonlarının belirlenmesi ve sürgün örneklerinin elde edilmesine ait bilgiler aşağıda alt başlıklar halinde verilmiştir.

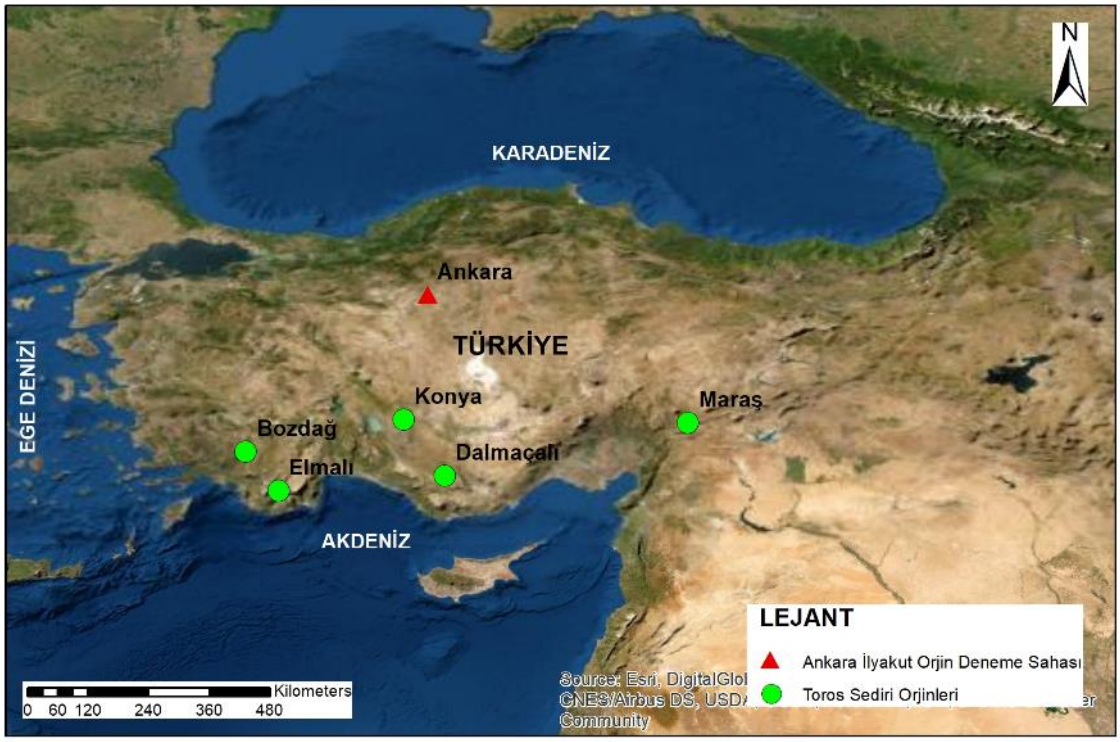
4.1.1 Orijinlerin seçimi ve biyoiklim zonlarının belirlenmesi

İlgili orijinlerin seçiminde Toros sediri orijin denemesi sonuçlarından (5. 10. ve 20. yıl) faydalanılmıştır. Yüksek bölgeleri temsil eden hayatta kalma yüzdesi yüksek olan orijinlerin seçimi ön planda tutulmuştur. Ayrıca 1 adet orijinde ılıman bölgeden seçilmiştir. Orijinlerin seçiminde yörelerin farklı biyoiklim zonlarını temsil etmesine özen gösterilmiştir. Bununla birlikte Toros sedirinde yapılan yüksek alan ağaçlandırmalarda en yaygın orijinlerin kullanımı ve çeşitli uzman kişilerin daha önce yapmış oldukları çalışmalar da orijinlerin seçiminde etkili olan diğer faktörler olarak ele alınmıştır. Orijinlere ve İlyakut orijin denemesi alanına ait bilgiler Çizelge 4.1 ile Şekil 4.1 de verilmiştir. Ayrıca İlyakut Toros sediri orijin deneme sahasının genel bir görünümü Şekil 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Toros Sediri orijinlerine ait coğrafik bilgiler

Orijin Kodu	Orj. Den. No	Orijin Adı	İli ve İşletme Müd.	Enlem	Boylam	Yükselti (m)
BOZ	2	Bozdağ	Denizli-Acıpayam	37° 15'	29° 13'	1730
ELM	19	Elmalı-Bucak	Antalya-Elmalı	36° 33'	29° 48'	1500
DAM	23	Damlaçalı	Karaman-Ermenek	36° 32'	32° 46'	1600
MAR	36	Maraş-Elmalar	Kahramanmaraş*	37° 46'	37° 06'	1450
KON	24	Gökyurt-Konya	Konya*	37° 49'	32° 02'	1650
		ANKARA	*İlyakut*	40° 03'	32° 28'	980

*****İl ve işletme müdürlüğü ismi aynıdır



Şekil 4.1 Araştırmaya konu olan Toros sediri orijinleri ve İlyakut orijin deneme sahası



Şekil 4.2 Ankara-İlyakut Toros sediri orjin deneme sahasından genel bir görünüm

Orijinlerin biyoiklim zonları Emberger Biyoiklim sınıflandırma yöntemine göre belirlenmiştir. Bu belirlemede orijinlere en yakın yerdeki meteoroloji istasyonu verileri kullanılmıştır. Orijinlerin iklim verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Orijinlerin iklim karakteristikleri ile ilgili bilgiler Çizelge 4.2'de verilmiştir.

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).

Çizelge 4.2 Toros sediri orijinleri ve İlyakut orijin deneme sahasının Emberger Biyoiklim Sınıflandırmasına göre iklim karakteristikleri (Akman 1999)

No	Orijini ve En yakın İstasyon	İstasyon Yükseltisi (m)	P (mm)	M (^{0}C)	m (^{0}C)	Q	PE (mm)	S	Biyoiklim zonu	Min. sıcaklık (^{0}C) ve yılı
1	BOZ-Acıpayam	941	504.2	32.6	-2,4	50,0	57.6	1.8	***Yarı kurak-Soğuk***	**-18.0 2002**
2	ELM-Elmalı	1095	454.2	32.0	-2,0	46,3	46.4	1.5	***Yarı kurak-Soğuk***	**-18,6 1974**
3	DAM-Ermenek	1415	473.8	30.6	-1,8	50,8	41.5	1.4	***Yarı kurak-Soğuk***	**-14.0 2015**
4	MAR-K.Maraş	572	719.7	36.0	1,3	71,0	13.6	0.4	***Az yağışlı-Serin***	**-9.6 1997**
5	KON-Konya	1031	327.7	30.1	-4,1	33.5	39.3	1.3	***Yarı kurak-Çok soğuk***	**-28.2 1942**
	Orijin deneme sahasına ait iklim verileri									
1	Sincan	646	367.3	30.8	-4.2	58.4	36.6	2.0	***Yarı kurak-Çok soğuk***	**-24.6 1974**

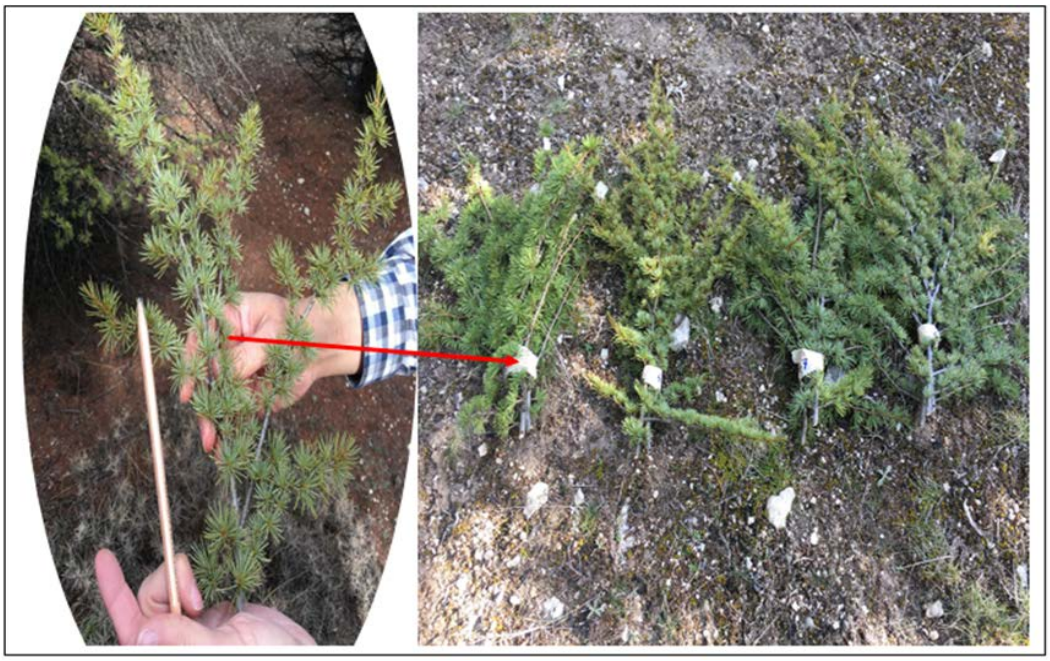
P (mm): Yıllık ort. yağış, **M (^{0}C):** En sıcak ayın mak. Sıcaklık ort., **m (^{0}C):** En soğuk ayın min. sıcaklık ort., **Q:** Yağış-sıcaklık katsayısı, **PE (mm):** Yaz ayları (6.,7. ve 8. aylar) yağış ort., **S:** Yaz kuraklık indisi= Yaz yağısı (Haz, Tem. Ağt.) / aynı üç ayın max. sıc .ort

4.1.2 Orijinlere ait ağaçlardan sürgün örneklerinin alınması

Don testlerine tabi tutulacak ibre yaprakların toplanması için Orman Genel Müdürlüğü'ne bağlı İç Anadolu Ormancılık Araştırma Müdürlüğü'nden yardım ve destek alınarak tesadüfi bloklar deneme desenine göre kurulan İlyakut orijin deneme sahasında 3 farklı blokta orijinlerin yerleri tespit edilmiştir. Ardından ağaçların güneye bakan ve tepe tacının orta kısımlarından 1 yaşındaki sürgünler teleskopik budama makası yardımı ile toplanmıştır (Şekil 4.3). Toplama işlemi sırasında sürgünler orijin bazında ayrı ayrı torbalara konularak etiketleme işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.4). Torbalara konulan sürgünler, su kaybını azaltmak için buz kutuları içinde, en kısa sürede donma testlerinde kullanılmak üzere İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Silvikültür Anabilim Dalı Laboratuvarı'na götürülmüştür. 12-13 Şubat 2018 tarihlerinde sürgün toplama işlemleri gerçekleştirilmiş ve tüm süreçler fotoğraflanmıştır.



Şekil 4.3 Sürgün örneklerinin toplanması ve orijin bazında etiketlenmesi



Şekil 4.4 Ağaçlardan örneklenen Toros sediri sürgünleri

4.1.3 Araştırmada kullanılan araç ve gereçler

Toros sediri orijinlerinin dona dayanıklılıklarını belirlemek için arazi ve laboratuvar aşamasında kullanılan araç ve gereçler aşağıda belirtilmiştir.

- Teleskopik budama makası, budama makası.
- 13x18 cm boyutlarında ağzı kilitli poşetler.
- Bant, etiket, su spreyi.
- Canon EOS 700D fotoğraf makinesi
- Lovibond marka inkübatör.
- VÖTCH marka VT3-4034 model ayarlanabilir soğutucu kabin. Cihazın sıcaklık sınırları -42 ^{0}C ve +180 ^{0}C'dir. Programlanabilmekte ve otomatik olarak kontrol edilebilmektedir.
- Opti-Science OS-30P marka Klorofil Florometre cihazı ve karanlığa adapte klipsleri.
- ELİX-Millipore marka saatlik 10 litre üretim kapasiteli saf su cihazı.

4.2 Yöntem

4.2.1 Düşük sıcaklık kademelerinin belirlenmesi, sürgünlerin dondurulması ve dona dayanıklılık testleri

Orijin deneme sahasından toplanıp laboratuvara getirilen Toros sediri sürgünleri dona dayanıklılık testi öncesinde budama makası yardımı ile kesilerek uygun boyutlara getirilmiş ve 24 saat süreyle +4 ^{0}C'de soğuğa uyum için inkübatörde bekletilmiştir (Şekil 4.5 ve Şekil 4.6). Dona dayanıklılık testleri 12-18 Şubat 2018 tarihlerinde yapılmıştır. Sürgünler, kontrol grubu (+4 ^{0}C) haricinde, beş sıcaklık kademesinde (-15, -20, -22.5, -25 ve -30 ^{0}C) dondurulmuştur. Toplamda 600 sürgün örneği üzerinde ölçümler gerçekleştirilmiştir (6 orijinx6 sıcaklık x10 tekrar= 600).



Şekil 4.5 Dondurma işlemi öncesi sürgünlerin uygun boyutlarda kesilmesi



Şekil 4.6 Sürgünlerin 24 saat süreyle +4 ^{0}C derecede soğuğa uyumu

Donma testleri öncesinde her sıcaklık kademesinin bir tekrarı için 3-4 adet sürgün 13x18cm ebatlarındaki ağzı kilitli poşetlere konulmuş (Şekil 4.7), hücreler arası buz oluşumunu sağlamak ve örneklerin kurumasını önlemek üzere üzerlerine 10 ml civarında saf su püskürtülerek ıslatılmıştır (Şekil 4.8). Islatma işleminden sonra sürgünler dondurulmak üzere soğutucu kabine yerleştirilmiştir (Şekil 4.9). Oda sıcaklığındaki soğutucu kabinin sıcaklığı 5 ^{0}C sa^{-1} azaltılarak, hedeflenen sıcaklık kademelerine ulaştırılmıştır. Düşük sıcaklık kademelerinde sürgünler 5 saat bekletilmişlerdir. Dondurulmuş fidanların yavaş yavaş çözülmelerini sağlamak için soğutma kabinlerinin sıcaklıkları 5 ^{0}C sa^{-1} artırılarak oda sıcaklığına çıkarılmıştır. Dondurma testleri ve ölçümler İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Orman Fakültesi Silvikültür Anabilim Dalı Tohum Teknolojisi ve Orman Ekofizyolojisi Laboratuvarında yapılmıştır.



Şekil 4.7 Kesilen sürgünlerin ağzı kilitli poşete konulması ve etiketlenmesi



Şekil 4.8 Sürgün örneklerine 10 ml civarında saf su püskürtülmesi



Şekil 4.9 Örneklerin soğutucu kabine yerleştirmesi ve dondurma işlemleri

4.2.2 Klorofil floresans yöntemi kullanılarak sürgünlerde oluşan don zararının belirlenmesi

Klorofil floresans (CF) tekniği fotosentez çalışmaları için güçlü bir belirleyici olup, çeşitli stres koşullarının bitkilerin fotosentetik performansları üzerindeki etkilerini değerlendirmede yaygın olarak kullanılmaktadır (Maxwell and Johnson 2000, Burr et al. 2001, Semerci 2005). Hızlı, pratik ve güvenilir bir teknik olan CF yöntemi, don zararını doğrudan belirlemekte ve strese karşı bitkilerin dayanıklılığının saptanmasında bir tarama tekniği olarak kullanılmaktadır.

Çalışmada her bir düşük sıcaklık kademesinden sonra CF ölçümleri yapılmıştır. Bu bağlamda soğutucu kabinden çıkarılan ibre yapraklar öncelikle 5 saat süreyle 1500 lux ışık şiddeti altında bekletilmiştir. Daha sonra ibrelere takılan klipsler yardımıyla 30 dakika karanlığa adapte işlemi sağlananmış sonrasında ise oda sıcaklığında ibrelerde klorofil florometre (OptiScience OS-30P +) cihazı ile klorofil floresans ölçümleri yapılmıştır (Şekil 4.10).



Şekil 4.10 İbrelerde karanlığa adepte işlemi ve klorofil florometre ölçümleri

Ölçümlerde don zararının değerlendirilmesinde; fotosentetik verimlilik (Fv/Fm), minimum floresans (Fo), maksimum floresans (Fm) ve OJİP parametreleri kullanılmıştır. Bitkilerde fotosentetik olayların belirlenmesinde en yaygın kullanılan parametre Fv/Fm oranı olup, bu oran PS II'nin fotokimyasal reaksiyonlarının maksimum verimini ifade etmektedir ve normal koşullar altında 0,832 ± 0,004 olduğu ve bu değerin stres koşullarında azaldığı bildirilmektedir (Maxwell and Johnson 2000, Kocheva et al. 2004, Semerci 2005).

Klorofil floresans ölçümlerinde diğer bir parametre olan Fv/Fo değeri ise Fv/Fm değerine nazaran bitkide daha hassas olarak stresleri belirlemektedir. Özellikle yüksek sıcak derecelerinde bu parametre daha anlamlı sonuçlar vermektedir.

4.2.3 Görsel Değerlendirme Yöntemi Kullanılarak Sürgünlerde Oluşan Don Zararının Belirlenmesi

Toros sedirinde kış döneminde uygulanan don testlerinde, değişik sıcaklık kademelerine tabi tutulan ve kontrol gruplarına ait sürgün örnekleri laboratuvarda gerekli ölçümlerin ardından görsel değerlendirme yöntemi için (GD) Çankırı Karatekin Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Serasında 3 hafta süre ile 15-20 ^{0}C arasında gözetim altında tutularak oluşan zarar miktarı haftalık olarak belirlenmiştir. Bu esnada her iki günde bir sürgün örneklerinin üzeri ıslatılarak sürgünlerin aniden kurumasının önüne geçilmiştir (Şekil 4.11). Bilindiği gibi dondan zarar gören dokularda kahverengi ve sarımsı renk oluşumu gözlenmektedir. Ayrıca zararın diğer bir görsel belirtisi de dokulardaki yumuşaklık ve sulu görünümdür (Ritchie 1984, Linden 2002, Semerci 2005).



Şekil 4.11 Serada sürgünlerin görsel olarak değerlendirilmesi

Sürgünlerde meydana gelen zarar miktarını ölçmek için öncelikle sürgün gözlem skalası oluşturulmuştur (Çizelge 4.3). Sürgünlerdeki renk değişimine bağlı olarak haftalık görsel değerlendirme çizelgeleri skalaya göre doldurulmuştur (Çizelge 4.4). Tüm işlemler her sıcaklık kademesinde ve her bir orijinde ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.3 Görsel değerlendirme skalası

Sürgünde meydana gelen zarar oranı	Görsel değerlendirme skala puanı
%0-20	0
%21-40	1
%41-60	2
%61-80	3
%81-100	4

Çizelge 4.4 Sürgünlerde meydana gelen zararı gösteren çizelge

Orijin	**Sıcaklık Kademesi ^{0}C**			**Kontrol**			**Ölçüm tarihleri**								
Zarar oranı	***%1-20 (0)***			***%21-40 (1)***			***%41-60 (2)***			***%61-80 (3)***			***%81-100 (4)***		
Haftalar	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Ağaç no															
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															

4.2.4 Verilerin Değerlendirilmesi ve İstatistiksel Analiz

Değişik orijin ve sıcaklık kademelerinden elde edilen klorofil floresans (CF) ölçümleri ve görsel değerlendirmeden (GD) elde edilen sonuçlar SPSS versiyon 26.0 istatistik programında değerlendirmeye tabi tutulmuştur. CF ölçümlerindeki parametrelere ait (Fv/Fm, Fv/Fo) ölçümlerin değerlendirilmesinde iki yönlü varyans analizi (two-way ANOVA) kullanılmış ve farklı ortalamalar Tukey çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir. Görsel değerlendirme sonuçlarına ait bulgular ise Kruskal-Wallis testi ile değerlendirilmiş, test sonucunda farklı grupların belirlenmesinde ise Dunn çoklu karşılaştırma testleri kullanılmıştır. %5 önem düzeyinde yapılan çoklu karşılaştırma testlerinin sonuçları harfli gösterim şeklinde ifade edilmiştir.

5. BULGULAR

5.1 Fotosentetik Verimlilik (Fv/Fm) Değerlerine Ait Bulgular

Fv/Fm değerlerine ilişkin tanıtıcı istatistik değerleri (Çizelge 5.1) ve varyans analizi sonuçları (Çizelge 5.2) verilmiştir.

Çizelge 5.1 Orijinlerin Fv/Fm değerlerine ait tanıtıcı istatistik değerleri

Orijinler	Sıcaklıklar (^{0}C)	Min	Max.	Art. Ort.	Std. Hata
Bozdağ	Kontrol	0.631	0.797	0.726	0.018
	-15	0.662	0.792	0.738	0.015
	-20	0.651	0.783	0.730	0.014
	-22.5	0.650	0.740	0.707	0.009
	-25	0.061	0.179	0.117	0.034
	-30	0.000	0.000	0.000	0.000
Elmalı	Kontrol	0.686	0.785	0.740	0.011
	-15	0.606	0.787	0.750	0.017
	-20	0.619	0.756	0.706	0.016
	-22.5	0.389	0.721	0.604	0.047
	-25	0.002	0.137	0.050	0.030
	-30	0.000	0.000	0.000	0.000
Damlaçalı	Kontrol	0.647	0.743	0.717	0.011
	-15	0.632	0.755	0.691	0.018
	-20	0.423	0.661	0.516	0.031
	-22.5	0.293	0.566	0.405	0.049
	-25	0.016	0.090	0.059	0.017
	-30	0.000	0.000	0.000	0.000
K.Maraş	Kontrol	0.648	0.751	0.708	0.014
	-15	0.673	0.765	0.731	0.013
	-20	0.421	0.682	0.564	0.026
	-22.5	0.396	0.681	0.535	0.028
	-25	0.042	0.070	0.059	0.005
	-30	0.000	0.000	0.000	0.000
Konya	Kontrol	0.636	0.811	0.754	0.016
	-15	0.631	0.736	0.705	0.011
	-20	0.606	0.747	0.691	0.016
	-22.5	0.557	0.756	0.651	0.021
	-25	0.088	0.168	0.131	0.023
	-30	0.000	0.000	0.000	0.000

N: 10 (her bir orijinde her bir her bir sıcaklık kademesi için toplam: 10*6*5=300)

Orijinlere ve düşük sıcaklık derecelerine göre Fv/Fm verileri değerlendirildiğinde, tüm orijinlerde söz konusu parametre değerleri kontrol, -15, -20 ve -22.5 ^{0}C sıcaklık kademelerinde yüksek değerler alırken, -25 ^{0}C düşük değerler, -30 ^{0}C de ise tüm orijinlerde sıfır değerleri almıştır.

Çizelge 5.2 Fv/Fm değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Fv/Fm değerlerine ait sonuçlar				
Varyasyon kaynağı	DF	Kareler Ortalaması	F Hesap	P
Orijin	4	0,088	22,737	0,000
Sıcaklık	4	1,581	406,379	0,000
Orijin*Sıcaklık	16	0,022	5,684	0,000

Önem seviyesi (P) < 0.005

Toros sedirinde 5 farklı orijin ve 6 farklı sıcaklık kademesinde uygulanan dona dayanıklılık çalışması sonucunda; orijin, sıcaklık ve orijin*sıcaklık etkileşimlerinin Fv/Fm değerleri üzerinde $p<0.005$ önem seviyesinde etkili olduğu bulunmuştur (Çizelge 5.2). Varyans analizi sonucunda Fv/Fm değerlerinde homojen alt grupları gösteren Tukey testi sonuçları ise harfli gösterim şeklinde Çizelge 5.3'te verilmiştir.

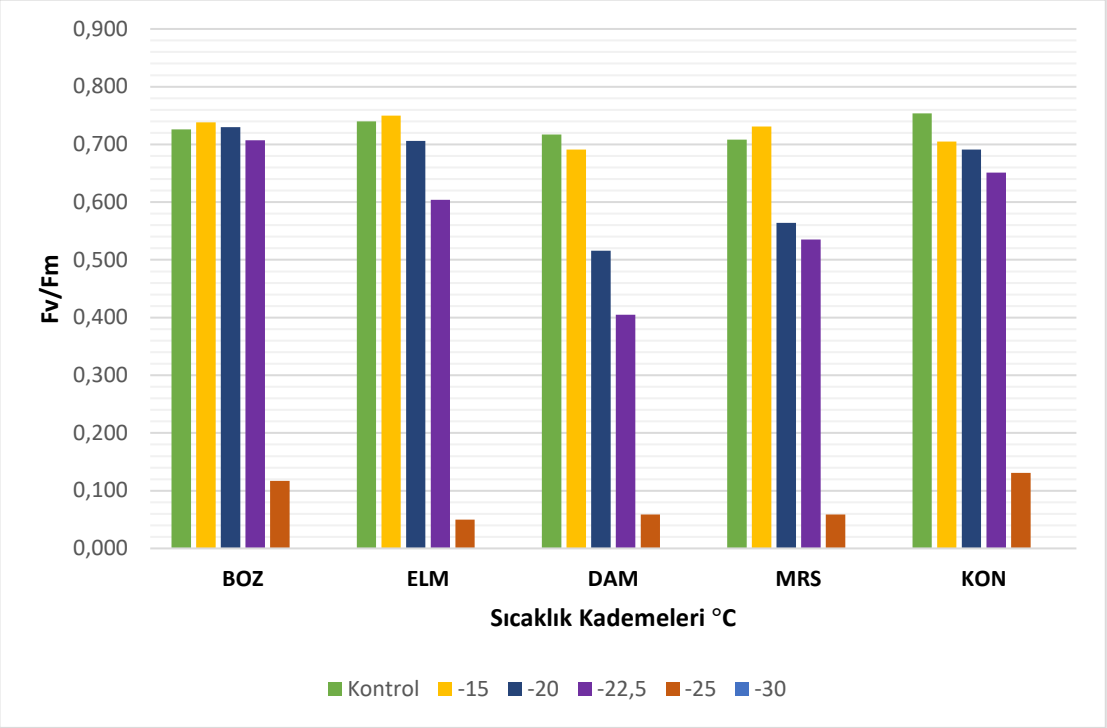
Çizelge 5.3 Düşük sıcaklık stresinin Fv/Fm değerleri üzerine etkisini gösteren Tukey testi sonuçları

Orijinler	**Düşük sıcaklık dereceleri ^{0}C**					
	Kontrol	**-15**	**-20**	**-22.5**	**-25**	**-30!**
Bozdağ	$0.726^{a}{}_{A}$	$0.738^{a}{}_{A}$	$0.730^{a}{}_{A}$	$0.707^{a}{}_{A}$	$0.117^{b}{}_{A}$	0.000
Elmalı	$0.740^{a}{}_{A}$	$0.750^{a}{}_{A}$	$0.706^{ab}{}_{A}$	$0.604^{b}{}_{AB}$	$0.050^{c}{}_{A}$	0.000
Damlaçalı	$0.717^{a}{}_{A}$	$0.691^{a}{}_{A}$	$0.516^{b}{}_{B}$	$0.405^{b}{}_{C}$	$0.059^{c}{}_{A}$	0.000
K.Maraş	$0.708^{a}{}_{A}$	$0.731^{a}{}_{A}$	$0.564^{b}{}_{B}$	$0.535^{b}{}_{B}$	$0.059^{c}{}_{A}$	0.000
Konya	$0.754^{a}{}_{A}$	$0.705^{ab}{}_{A}$	$0.691^{ab}{}_{A}$	$0.651^{b}{}_{AB}$	$0.131^{c}{}_{A}$	0.000
Ortalama	***0.729***	***0.723***	***0.641***	***0.580***	***0.083***	***0.000***

*****Aynı satırdaki küçük harfler sıcaklık kademelerinde her orijinin kendi içinde oluşan farklı grupları göstermektedir ($p<0,05$)
******Aynı sütundaki büyük harfler, her bir sıcaklık kademesinde orijinler arasındaki farklı grupları göstermektedir ($p<0,05$)
! Bu sıcaklık kademesinde tüm ölçümler sıfır değerini aldığı için istatistiki değerlendirmeye tabi tutulmamıştır

Düşük sıcaklık stresinin Fv/Fm değerleri üzerine etkisini gösteren Tukey testi sonuçları orijin bazında değerlendirildiğinde; Bozdağ orijininde kontrol, -15, -20 ve -22.5 ^{0}C deki Fv/Fm değerleri arasında istatistiksek olarak fark tespit edilmemiş ($p>0.05$), -25 ^{0}C de ise farklılık tespit edilmiştir. Elmalı ve Konya orijinlerinde kontrol ile -15 ^{0}C arasında istatistiksel olarak fark bulunmazken, -22.5 ve -25 ^{0}C arasında farklı gruplar tespit edilmiş

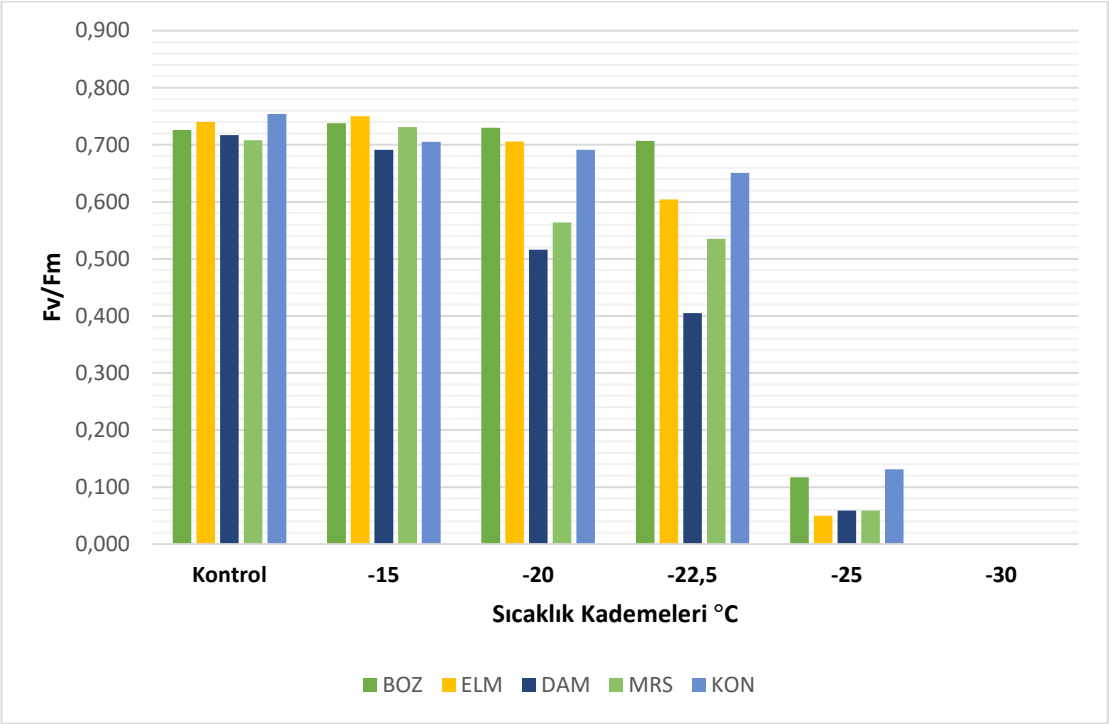
-20 ^{0}C ise Fv/Fm değerleri -15 ve -22.5 ^{0}C derecedeki değerlere benzerlik göstermiştir. Damlaçalı ve K. Maraş orijinlerinde kontrol ile -15 ^{0}C arasında ve -20 ile 22.5 ^{0}C arasında istatistiksel olarak fark bulunmamış -25 ^{0}C de ise diğer sıcaklık kademelerinden farklılık tespit edilmiştir. Bu sonuçlardan Bozdağ, Elmalı ve Konya orijininde ölümcül don zararının -22.5 ^{0}C den sonra, Damlaçalı ve K.Maraş orijinlerinde ise -20 ile -22.5 ^{0}C arasında başladığı, -25 ve -30 ^{0}C sıcaklık kademelerinde tüm orijinlere ait sürgünlerin öldüğü anlaşılmaktadır (Çizelge 5.3 ve Şekil 5.1).



Şekil 5.1 Sıcaklık derecelerine göre her bir orijinin Fv/Fm değerleri

Düşük sıcaklık stresinin Fv/Fm değerlerinde olan etkisi sıcaklıklar bazında değerlendirildiğinde ise; kontrol ve -15 ^{0}C de orijinler arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark tespit edilmezken -20 ve -22.5 ^{0}C de orijinler arasında farklılaşma tespit edilmiş, -25 ^{0}C de yine orijinler arasında farklılık tespit edilmemiştir. Bu bulguların ışığı altında; Fv/Fm değerlerine göre Toros sediri orijinlerinde don zararı -20 ^{0}C de başlamış ölümcül don zararı ise -22.5 ^{0}C ve sonrasında başlamıştır. -20 ^{0}C de dona en hassas orijinler Damlaçalı ve K. Maraş olurken en dayanıklı orijinler Bozdağ, Elmalı ve Konya orijinleri olmuştur. -22.5 ^{0}C de ise yine dona en hassas orijinler sırası ile Damlaçalı ve K. Maraş olurken en dayanıklı orijinler sırası ile Bozdağ, Konya ve Elmalı orijinleri olmuştur. -25

ve -30 ^{0}C'de ise Fv/Fm değerleri tüm orijinlerde ani bir düşüş göstererek ölümcül etki meydana gelmiştir (Çizelge 5.3 ve Şekil 5.2).



Şekil 5.2 Sıcaklık kademelerinde orijinlere ait Fv/Fm değerleri

5.2 Maksimum Birincil Verim (Fv/Fo) Değerlerine Ait Bulgular

Toros sediri orijinlerine ait düşük sıcaklık derecelerinde ölçülen Maksimum Birincil Verim (Fv/Fo) değerlerine ilişkin tanıtıcı istatistik değerleri (Çizelge 5.4) ve varyans analizi sonuçları (Çizelge 5.5) aşağıda verilmiştir.

Orijinlere ve düşük sıcaklık derecelerine göre Fv/Fo verileri değerlendirildiğinde, tüm orijinlerde söz konusu parametre değerleri kontrol, -15, -20 ve -22.5 ^{0}C sıcaklık kademelerinde yüksek değerler alırken, -25 ^{0}C ve -30 ^{0}C de ise tüm orijinlerde sıfır değerlerini almıştır (Çizelge 5.4).

Çizelge 5.4 Orijinlerin Fv/Fo değerlerine ait tanıtıcı istatistik değerleri

Orijinler	Sıcaklıklar (^{0}C)	Min	Max.	Art. Ort.	Std. Hata
Bozdağ	Kontrol	1.717	3.930	2.788	0.242
	-15	1.959	3.820	2.919	0.217
	-20	1.869	3.627	2.795	0.195
	-22.5	1.858	2.846	2.442	0.097
	-25	0.000	0.000	0.000	0.000
	-30	0.000	0.000	0.000	0.000
Elmalı	Kontrol	2.186	3.657	2.913	0.165
	-15	1.542	3.711	3.124	0.196
	-20	1.628	3.101	2.491	0.173
	-22.5	1.231	2.596	2.119	0.233
	-25	0.000	0.000	0.000	0.000
	-30	0.000	0.000	0.000	0.000
Damlaçalı	Kontrol	1.833	2.905	2.570	0.128
	-15	1.723	3.098	2.320	0.203
	-20	0.001	1.956	0.840	0.313
	-22.5	1.137	1.308	1.223	0.086
	-25	0.000	0.000	0.000	0.000
	-30	0.000	0.000	0.000	0.000
K.Maraş	Kontrol	1.848	3.021	2.473	0.162
	-15	2.065	3.272	2.780	0.169
	-20	1.142	2.150	1.585	0.138
	-22.5	1.052	2.135	1.430	0.165
	-25	0.000	0.000	0.000	0.000
	-30	0.000	0.000	0.000	0.000
Konya	Kontrol	1.751	4.307	3.206	0.240
	-15	1.710	2.796	2.433	0.115
	-20	1.544	2.952	2.310	0.160
	-22.5	1.261	3.102	1.974	0.191
	-25	0.000	0.000	0.000	0.000
	-30	0.000	0.000	0.000	0.000

N: 10 (her bir orijinde her bir her bir sıcaklık kademesi için toplam: 10*6*5=300)

Toros sedirinde 5 farklı orijin ve 6 farklı sıcaklık kademesinde uygulanan dona dayanıklılık çalışması sonucunda; orijin, sıcaklık ve orijin*sıcaklık etkileşimlerinin Fv/Fo değerleri üzerinde $p<0.005$ önem seviyesinde etkili olduğu bulunmuştur (Çizelge 5.5). Varyans analizi sonucunda Fv/Fo değerlerinde homojen alt grupları gösteren Tukey testi sonuçları ise harfli gösterim şeklinde Çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.5 Fv/Fo değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Fv/Fo değerlerine ait sonuçlar				
Varyasyon kaynağı	DF	Kareler Ortalaması	F Hesap	P
Orijin	4	3.412	11.587	0,000
Sıcaklık	3	6.984	23.717	0,000
Orijin*Sıcaklık	12	0.666	2.263	0,000

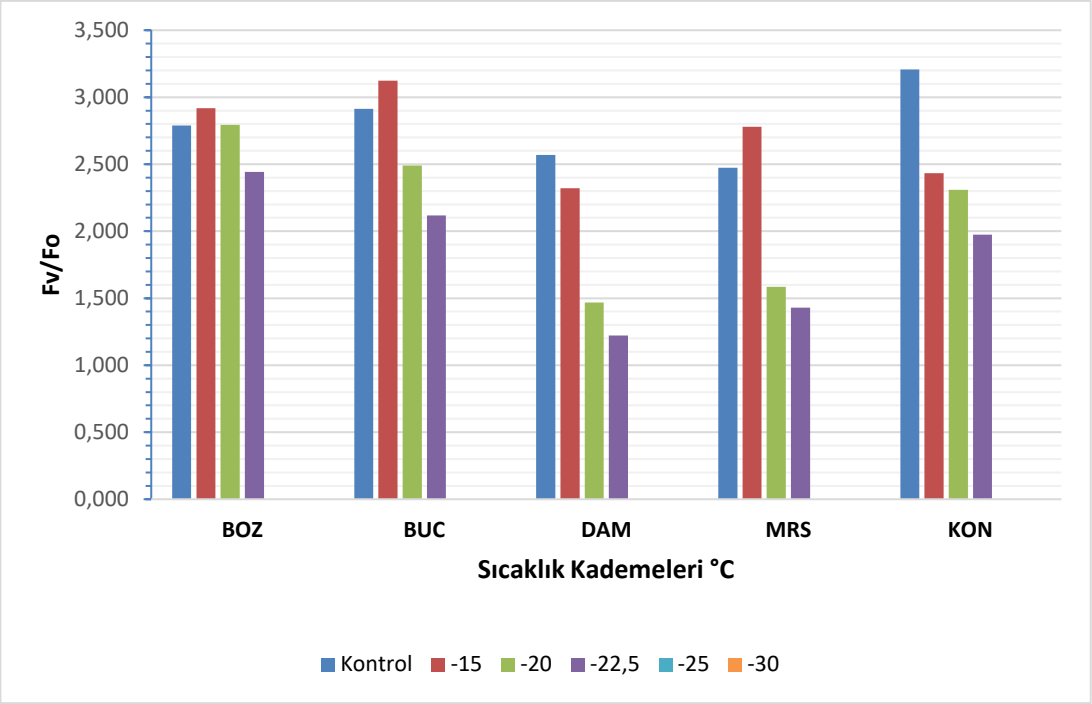
Önem seviyesi (P) < 0.005

Çizelge 5.6 Düşük sıcaklık stresinin Fv/Fo değerleri üzerine etkisini gösteren Tukey testi sonuçları

Orijinler	**Düşük sıcaklık dereceleri ^{0}C**					
	Kontrol	**-15**	**-20**	**-22.5**	**-25$^!$**	**-30$^!$**
Bozdağ	$2.788^{a}{}_{A}$	$2.919^{a}{}_{AB}$	$2.795^{a}{}_{A}$	$2.442^{a}{}_{A}$	0.000	0.000
Elmalı	$2.913^{a}{}_{A}$	$3.124^{a}{}_{A}$	$2.491^{b}{}_{A}$	$2.119^{b}{}_{AB}$	0.000	0.000
Damlaçalı	$2.570^{a}{}_{A}$	$2.320^{ab}{}_{B}$	$1.469^{bc}{}_{C}$	$1.223^{c}{}_{C}$	0.000	0.000
K.Maraş	$2.473^{a}{}_{A}$	$2.780^{a}{}_{AB}$	$1.585^{b}{}_{BC}$	$1.430^{b}{}_{BC}$	0.000	0.000
Konya	$3.206^{a}{}_{A}$	$2.433^{b}{}_{AB}$	$2.310^{b}{}_{AB}$	$1.974^{b}{}_{ABC}$	0.000	0.000
Ortalama	***2.790***	***2.715***	***2.130***	***1.838***	***0.000***	***0.000***

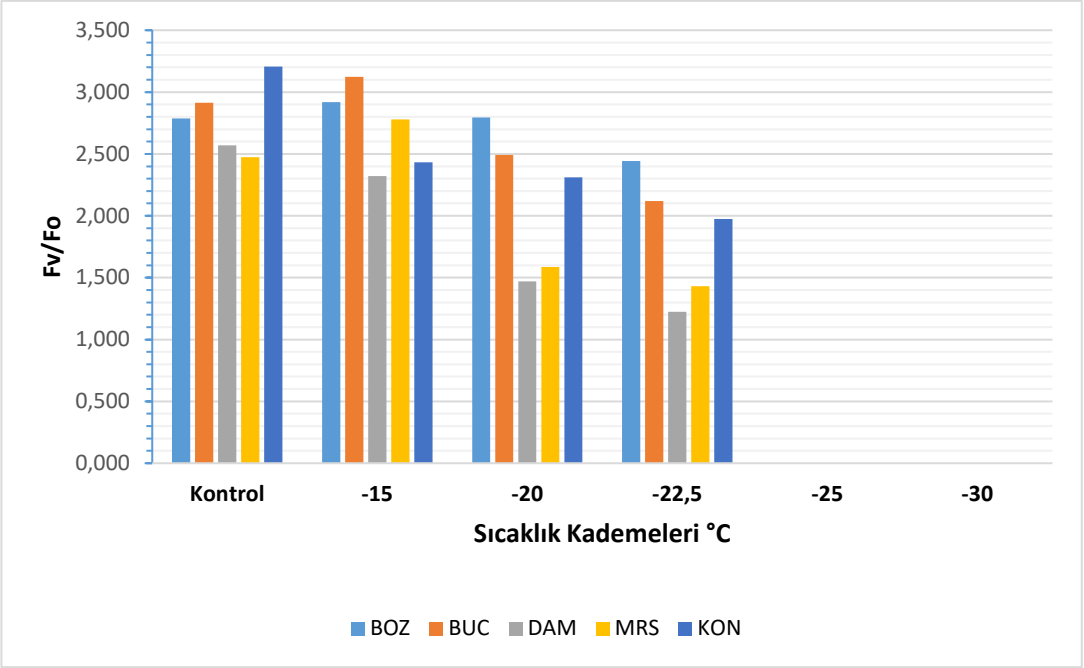
*****Aynı satırdaki küçük harfler sıcaklık kademelerinde her orijinin kendi içinde oluşan farklı grupları göstermektedir ($p<0,05$)
****** Aynı sütundaki büyük harfler, her bir sıcaklık kademesinde orijinler arasındaki farklı grupları göstermektedir ($p<0,05$)
! Bu sıcaklık kademesinde tüm ölçümler sıfır değerini aldığı için istatistiki değerlendirmeye tabi tutulmamıştır

Düşük sıcaklık stresinin Fv/Fo değerleri üzerine etkisini gösteren Tukey testi sonuçları orijin bazında değerlendirildiğinde; Bozdağ orijininde kontrol, -15, -20 ve -22.5 ^{0}C'deki Fv/Fo değerleri arasında istatistiksek olarak fark tespit edilmemiş ($p>0.05$), -25 ^{0}C'de ise farklılık tespit edilmiştir. Elmalı ve K. Maraş orijinlerinde ise kontrol ile -15 ^{0}C ve -20 ^{0}C ile -22.5 ^{0}C'de Fv/Fo değerleri bakımından istatistiksel olarak fark tespit edilmemiştir. Konya orijininde ise kontrol gurubu diğer sıcaklık kademelerinden istatistiksel anlamda farklılık göstermiştir. Son olarak Damlaçalı orijininde, kontrol, -20 ve -22.5 ^{0}C'ler arasında istatistiksel anlamda farklılıklar bulunduğu tespit edilmiş, -15 ^{0}C'nin kontrol grubuna, -20 ^{0}C'nin ise -15 ^{0}C ye benzer olduğu bulunmuştur. Bu sonuçlardan Bozdağ, orijininde ölümcül don zararının -22.5 ^{0}C den sonra, Elmalı ve Konya orijinlerinde -20 ^{0}C den sonra, Damlaçalı ve K.Maraş orijinlerinde ise -15 ve-20 ^{0}C arasında başladığı -25 ^{0}C sıcaklık kademelerinde tüm orijinlere ait sürgünlerin öldüğü anlaşılmaktadır (Çizelge 5.6 ve Şekil 5.3).



Şekil 5.3 Sıcaklık derecelerine göre her bir orijinin Fv/Fo değerleri

Düşük sıcaklık stresinin Fv/Fo değerlerinde olan etkisi sıcaklıklar bazında değerlendirildiğinde ise; kontrol grubunda orijinler arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark tespit edilmezken -15 , -20 ve -22.5 ^{0}C'de orijinler arasında farklılaşma tespit edilmiş, -25 ^{0}C'de yine orijinler arasında farklılık tespit edilmemiştir. Bu bulguların ışığı altında; Fv/Fo değerlerine göre Toros sediri orijinlerinde don zararı -15 ^{0}C'de başlamış ölümcül don zararı ise -22.5 ^{0}C ve sonrasında başlamıştır. -20 ^{0}C de dona en hassas orijinler Damlaçalı, K. Maraş ve Konya olurken en dayanıklı orijinler Bozdağ ve Elmalı orijinleri olmuştur. -22.5 ^{0}C'de ise yine dona en hassas orijinler sırası ile Damlaçalı, K. Maraş ve Konya olurken en dayanıklı orijinler sırası ile Bozdağ ve Elmalı orijinleri olmuştur. -25 ve -30 ^{0}C'de ise Fv/Fo değerleri tüm orijinlerde ani bir düşüş göstererek ölümcül etki meydana gelmiştir (Çizelge 5.6 ve Şekil 5.4).



Şekil 5.4 Sıcaklık kademelerinde orijinlere ait Fv/Fm değerleri

5.3 Görsel Değerlendirme (GD) İkinci Hafta Sonuçlarına Ait Bulgular

Toros sedirinde 5 farklı orijin ve 6 farklı sıcaklık kademesinde uygulanan dona dayanıklılık çalışması sonucunda; elde edilen görsel değerlendirme verilerine ait Kruskal-Wallis testi sonuçları Çizelge 5.7'de, Kruskal-Wallis testi sonucunda homojen alt grupları gösteren Dunn çoklu karşılaştırma test sonuçları ise Çizelge 5.8 ve 5.9'da verilmiştir.

Çizelge 5.7 GD-2.hafta Kruskal-Wallis testi sonuçları

Orijinlerin kendi içindeki değerlere göre				
Orijinler	**N**	**F**	**Serbestlik Derecesi**	**P**
Bozdağ	60	52.309	5	0.000
Elmalı	60	54.346	5	0.000
Damlaçalı	60	53.262	5	0.000
K. Maraş	60	53.036	5	0.000
Konya	60	55.650	5	0.000
Her bir sıcaklık kademesine göre				
Sıcaklıklar (^{0}C)	**N**	**F**	**Serbestlik Derecesi**	**P**
Kontrol	50	3.728	4	0.444
-15	50	5.560	4	0.234
-20	50	26,936	4	0.000
-22.5	50	35.233	4	0.000
-25	50	1.065	4	0.900
-30	50	0.000	4	1.000

Önem seviyesi (P) < 0.005

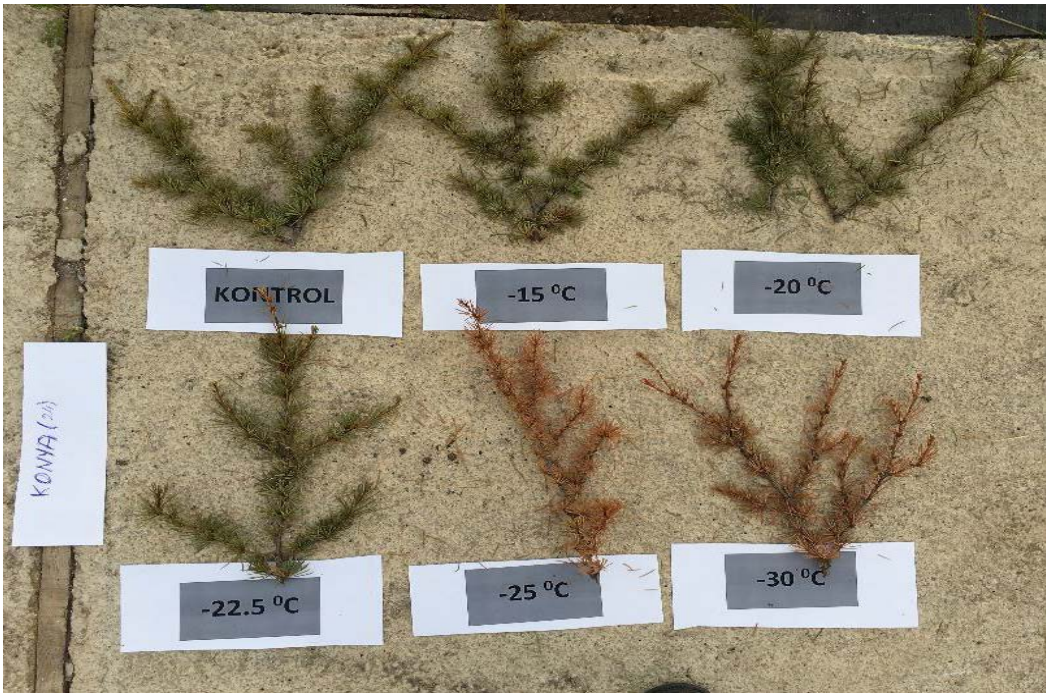
Çizelge 5.7 incelendiğinde; sıcaklık kademelerinde orijinlerin kendi içindeki sonuçlar GD değerleri üzerinde $p<0.005$ önem seviyesinde etkili bulurken, -20 ve -22.5 ^{0}C sıcaklık kademelerinde orijinler arasındaki sonuçlar GD değerleri üzerinde $p<0.005$ önem seviyesinde etkili bulunmuştur.

Farklı sıcaklık kademelerinde her bir orijinin GD (2.hafta) sonuçlarına ait sıra ortalaması değerleri ve bunlara ait Dunn testi sonuçları incelendiğinde (Çizelge 5.8); Bozdağ ve Konya orijinlerinde Kontrol, -15, -20 ve -22.5 ^{0}C'lerde GD değerleri arasında istatistiksel anlamda fark tespit edilmemiş $p>0.05$), Elmalı ve K. Maraş orijinlerinde de benzer bir durum gözlenmiş yalnızca -22.5 ^{0}C'deki GD değerleri -25 ^{0}C'deki ile benzerlik göstermiştir. Damlaçalı orijininde ise kontrol ve -15 ^{0}C ile -25 ^{0}C ve -30 ^{0}C'deki GD değerleri arasında istatistiksel olarak fark tespit edilmezken -20 ve -22.5 ^{0}C'deki değerler bir önceki ve bir sonraki sıcaklık kademesi değerleri ile benzerlik göstermiştir. Bu sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde; GD sonuçlarına göre Bozdağ ve Konya orijinlerinde don zararının -22.5 ile -25 ^{0}C arasında, Elmalı ve K. Maraş orijinlerinde -20 ile -22.5 ^{0}C arasında ve son olarak ta Damlaçalı orijininde -20 ^{0}C'de başladığı anlaşılmaktadır. Yine tüm orijinlerde -25 ^{0}C'den son sonra ölümcül bir etkinin başladığı ilgili çizelgeden anlaşılmaktadır. Toros sedirinde farklı sıcaklık kademelerine ait görsel don zararı Şekil 5.5'te verilmiştir (Konya orijini).

Çizelge 5.8 Farklı sıcaklık kademelerinde her bir orijinin GD (2.hafta) sonuçlarına (yaralanma yüzdeleri) ait sıra ortalaması değerleri ve bunlara ait Dunn testi sonuçları

Orijinler	**Düşük sıcaklık dereceleri ^{0}C**					
	Kontrol	**-15**	**-20**	**-22.5**	**-25**	**-30**
Bozdağ	18.0^a	18.0 ^{a}	24.0^a	22.0^a	50.0^b	51.0^b
Elmalı	15.2^a	15.2^a	17.0^a	34.5^{ab}	50.0^b	51.0^b
Damlaçalı	11.2^a	11.2^a	25.4^{ab}	38.2^{ab}	48.5^b	48.5^b
K.Maraş	15.2^a	13.5^a	20.3^a	33.1^{ab}	49.9^b	51.0^b
Konya	19.5^a	19.5^a	19.5^a	23.5^a	50.0^b	51.0^b

*****Aynı satırdaki küçük harfler sıcaklık kademelerinde her orijinin kendi içinde oluşan farklı grupları göstermektedir ($p<0,05$)



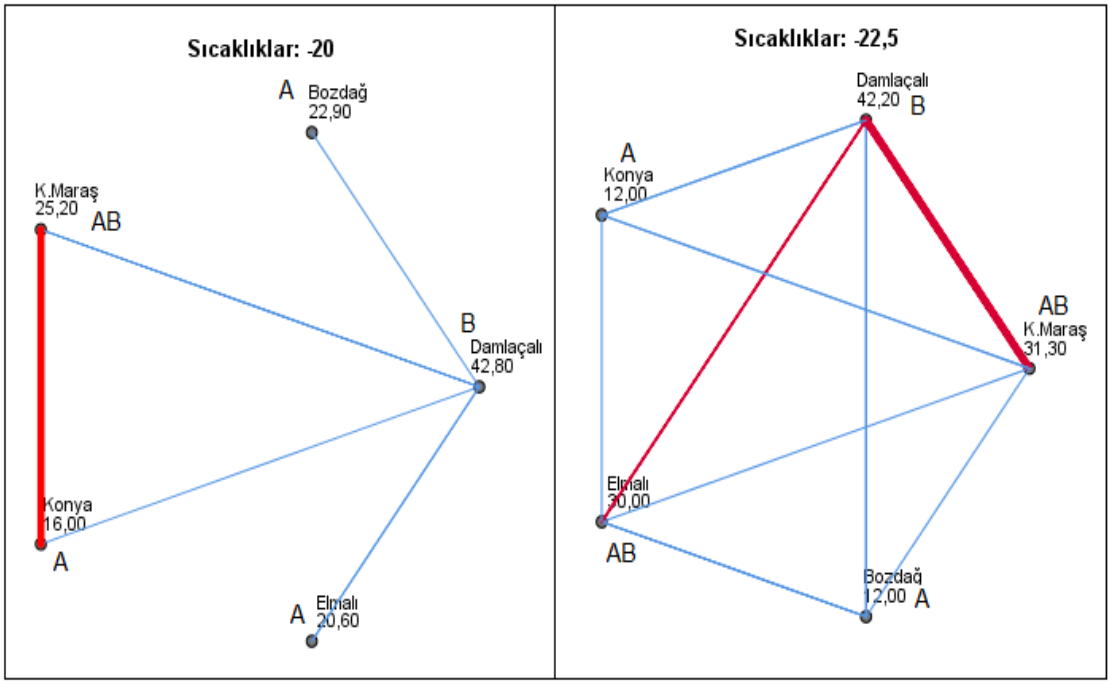
Şekil 5.5 Toros sedirinde sıcaklık kademelerine ait görsel don zararı

Farklı sıcaklık kademelerinde orijinlerin kendi arasındaki GD (2.hafta) sonuçlarına ait sıra ortalaması değerleri ve bunlara ait Dunn testi sonuçları incelendiğinde ise; yalnızca -20 ve -22.5 ^{0}C sıcaklıklarda orijinler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. -20 ^{0}C'de Bozdağ, Elmalı ve Konya orijinleri dona en dayanıklı orijinler olurken Damlaçalı orijini en dayanıksız orijin olmuştur. Yine -22.5 ^{0}C'de benzer olarak Bozdağ ve Konya orijinleri dona en dayanıklı orijinler olurken bunu sırası ile K. Maraş, Elmalı ve en dayanıksız Damlaçalı orijini izlemiştir. Her iki sıcaklık kademesi birlikte değerlendirildiğinde; Bozdağ ve Konya orijinleri don zararına diğer orijinlerden daha dayanıklı bir tutum sergilemiştir (Çizelge 5.10 ve Şekil 5.6).

Çizelge 5.9 Farklı sıcaklık kademelerinde orijinlerin GD (2.hafta) sonuçlarına ait sıra ortalaması değerleri ve bunlara ait Dunn testi sonuçları

Orijinler	**Düşük sıcaklık dereceleri ^{0}C ve Sıra Ortalaması Değerleri**					
	Kontrol	**-15**	**-20**	**-22.5**	**-25**	**-30**
Bozdağ	23.5^{A}	24.0^{A}	22.9^{A}	12.0^{A}	25.0^{A}	25.5^{A}
Elmalı	26.0^{A}	26.5^{A}	20.60^{A}	30.0^{AB}	25.0^{A}	25.5^{A}
Damlaçalı	28.5^{A}	29.0^{A}	42.8^{B}	42.2^{B}	27.5^{A}	25.5^{A}
K.Maraş	26.0^{A}	24.0^{A}	25.2^{AB}	31.3^{AB}	25.0^{A}	25.5^{A}
Konya	23.5^{A}	24.0^{A}	16.0^{A}	12.0^{A}	25.0^{A}	25.5^{A}

*****Aynı sütundaki büyük harfler her bir sıcaklık kademesinde orijinler arasındaki farklı grupları göstermektedir ($p<0,05$)



Şekil 5.6 GD yönteminde sıcaklıklara göre orijinlerin sıra değerleri ve ikili karşılaştırmaları

6. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada farklı biyoiklim zonlarını temsil eden 5 farklı Toros sediri orijininde don uygulamasının etkisi tespit edilmiştir. Bu amaçla Ankara-İlyakut orijin deneme sahasından 5 farklı orijine ait sürgün örnekleri alınmıştır. Bu örneklerden kontrol grubu haricindekiler -15, -20, -22.5, -25 ve -30 ^{0}C donlara maruz bırakılmışlardır. Düşük sıcaklık derecelerinde 5 saat bekletilen sürgünlerde meydana gelen don zararının miktarı klorofil floresans (CF) ve görsel değerlendirme (GD) yöntemleri kullanılarak belirlenmiştir.

CF ve GD ölçümlerinde orijin, sıcaklık ve sıcaklık*orijin etkileşiminin istatistiki olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir (Çizelge 5.2, 5.5 ve 5.7). Uygulanan donun şiddeti arttıkça artan don zararı miktarına bağlı olarak CF değerlerinde azalış, GD değerlerinde ise artış göstermiştir. Bu bulgular bitkilerde stresin şiddeti ve süresi arttıkça oluşan zararın artacağı görüşüne uygunluk göstermektedir (Larcher 2003).

Klorofil floresans yöntemi çeşitli stres faktörlerinin bitki üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla bitki fizyolojisi çalışmalarında kullanılmaktadır. Klorofil floresans ölçümlerinde stres koşullarındaki bitkilerde fotosentetik cevapların belirlenmesinde en yaygın kullanılan parametre Fv/Fm oranı olup, bu oran PS II'nin fotokimyasal reaksiyonlarının maksimum verimini ifade etmektedir. Klorofil floresans ölçümlerinde Fv/Fo değeri de kullanılan diğer bir parametredir. Özellikle yüksek sıcaklığın fotosenteze olan etkisini araştıran çalışmalarda bu parametre daha anlamlı sonuçlar verebilmektedir.

Fv/Fv ile Fv/Fo değerleri bakımından Toros sedirinde don zararı -20 ^{0}C başlamış ve-25 ^{0}C ise ölümcül don zararı meydana gelmiştir (Çizelge 5.3 ve 5.6). Çolak (2012) 2 yaşındaki Toros sediri fidanlarında ölümcül don zararının -25 ^{0}C başladığı tespit etmiştir. Her ne kadar bahsedilen çalışmanın deney koşulları, kullanılan soğutucu kabinlerin özellikleri ve dondurulan organların yaşları bizim çalışmamızdan biraz farklı olsa da, her iki çalışmada da -25 ^{0}C'de ölümcül zararın başladığı tespit edilmiştir.

Fotosentetik verimlilik bakımından Fv/Fm ile Fv/Fo değerleri orijin bazında değerlendirildiğinde; Bozdağ, Konya ve Elmalı orijinlerinde don zararı -22.5 ^{0}C den sonra başlamış Damlaçalı ve K. Maraş orijinlerinde ise -20 ^{0}C den sonra başlamıştır. -25 ^{0}C de ve daha şiddetli donda ise tüm orijinlere ait sürgünler ölmüştür (Çizelge 5.3 ve 5.6, Şekil 5.2 ve 5.4). Buradan dona en dayanaklı orijinlerin sırası ile Bozdağ, Konya ve Elmalı orijinleri olduğu söylenebilir.

Yine fotosentetik verimlilik bakımından Fv/Fv ile Fv/Fo değerleri orijinlerde sıcaklık kademesinin artması ile azalmaya başlamış ve belirli bir sıcaklık kademesinden sonra (-20 ile -22.5 ^{0}C) ani bir düşüş göstermiştir. Semerci (2005), Semerci vd. (2008) ve İmal (2015) tarafından Anadolu karaçamında yapılan çalışmalarda, Fv/Fm değerlerinin -25 ^{0}C'den sonra ani bir düşük gösterdiği, dolayısıyla don zararının bu sıcaklık kademesinde başladığı belirlenmiştir. Kızılçam türü ile yapılan diğer çalışmalarda ise (Semerci vd. 2019) tarafından Fv/Fm değerlerinin -16.8 ile -21.2 ^{0}C'den sonra ani bir düşüş göstererek türde ölümcül don zararının bu sıcaklık aralığında başladığı tespit edilmiştir. Bu nedenle Toros sedirinin kızılçamdan dona daha dayanıklı ancak Anadolu karaçamından az dayanıklı olduğu söylenebilir.

Toros sediri orijinlerinde meydana gelen don zararı görsel değerlendirme yöntemine göre ele alındığında, Toros sedirinde don zararı -20 ile -22.5 ^{0}C arasında başlamış, -25 ^{0}C'de ise tüm orijinlerde ölümcül zarar meydana gelmiştir. Söz konusu yöntem sonuçlarına göre Bozdağ ve Konya orijinleri çalışmada kullanılan diğer orijinlere göre dona daha dayanıklı bulunmuştur (Çizelge 5.8 ve 5.9, Şekil 5.5). Ayrıca GD yönteminde sağlıklı bir şekilde değerlendirme yapılabilmesi için, Toros sedirinde 15 günlük bir sürenin en ideal süre olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çolak (2012)'de benzer şekilde 2 yaşındaki Toros sediri fidanlarında uyguladığı dondurma işleminden 15 gün sonra yapılacak görsel değerlendirmeyle iyi sonuç alınabileceğini ifade etmiştir.

Don zararının ölçülmesinde kullanılan Fv/Fm, Fv/Fo ölçümleri ve görsel değerlendirme yöntemlerinin, Toros sedirinde dona dayanıklılığın belirlenmesinde kullanılabileceği söylenebilir. Yapılan korelasyon analizleri neticesinde de bu üç parametre arasında kuvvetli ve anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 6.1 Don testlerinde çeşitli parametrelere ait korelasyon analizi sonuçları

Değişkenler	Sıcaklık Kad.	Fv/Fm	F_v/Fo	GD
Sıcaklık Kad.	1.000			
Fv/Fm	0.706**	1.000		
F_v/Fo	0.744**	0.981**	1.000	
GD	-0.745**	-0.964**	-0.951**	1.000

* p<0,05, ** p<0,01

Çizelge 6.1 incelendiğinde, sıcaklık kademelerinin tüm parametreleri etkilediği görülmektedir. Sıcaklık kademeleri ile CF değerleri arasında kuvvetli pozitif, GD değerleri arasında ise kuvvetli negatif bir ilişki olduğu ilgili çizelgeden anlaşılmaktadır. CF değerlerinden Fv/Fm ve Fv/Fo arasında kuvvetli pozitif bir ilişki var iken CF değerleri ve GD değerleri arasında ise kuvvetli negatif bir ilişki olduğu yine ilgili çizelgeden anlaşılmaktadır.

Çalışmada Toros sediri orijinlerinin dona dayanıklılıkları ile temsil ettikleri biyoklimatik zonlar arasında anlamlı ilişkiler tespit edilmiştir. Nitekim soğuk zonları temsil eden alanlarda, mutlak minima ve en soğuk ayın minimum sıcaklık ortalama değerleri (m) düşük olan orijinler (Bozdağ ve Konya) uygulanan testler sonucunda dona en dayanıklı orijinler olarak tespit edilmiştir. Yine çalışma sonuçları ile Toros sedirinde dona dayanıklılık bakımından bir tür içi varyasyon olduğu kanısına varılmıştır. Söz konusu varyasyondaki genişlik ise Kızılçam ve Karaçam türlerine göre dar olarak tespit edilmiştir. Bu durum örneklenen orijinlerin yükselti basamaklarının benzer olması ve Toros sedirinin dar bir enlem derecesinde doğal yayılış göstermesi ile açıklanabilir.

Toros sedirinin yayılış gösterdiği Akdeniz dağ ikliminin egemen olduğu alanlarda kış mevsiminde sıcaklıkların -30 ^{0}C'ye kadar düştüğünü belirtilmektedir (Atalay 1987, Cengiz 1994). Sedir'in Akdeniz iklimini geçip İç Anadolu'ya doğru sokulduğu geçiş zonunda ise ocak ayında en düşük sıcaklığın -20 ^{0}C'den düşük olduğu bildirilmektedir (Atalay 1990). Amerikan Tarım Servisi (USDA)'nın 1940 yılında yaptığı araştırmasında ise Toros sedirinin -12,2^{0}C ile -17,7 ^{0}C arasında minimum sıcaklığa sahip alanlarda yayılış gösterdiği belirtilmiştir (Bannister and Neuner 2001). Genel olarak yukarıda

açıklanan ifadeler çalışmamızda Toros sedirinde don zararının -20 ^{0}C ile -22.5 ^{0}C başladığı sonucu ile örtüşmektedir. Ancak Akdeniz dağ ikliminin egemen olduğu alanlarda sıcaklıkların -30 ^{0}C ye düştüğü bölgelerde Toros sedirinin bu sıcaklık derecelerine dayanabileceği sorusu akla gelebilir. Bu durum öncelikle bitki türlerinde meydana gelen don zararının düşük sıcaklığın şiddeti yanında süresi ile de doğru orantılı olduğu kurgusu ile yanıtlanabilir. Nitekim araştırmamızda düşük sıcaklık kademelerine maruz bırakılan sürgün örnekleri bu kademelerde 5 saat bekletilmişlerdir. Doğada meydana gelen -30 ^{0}C sıcaklığın muhtemelen 5 saat süreden daha az olabileceği ile de bu olay desteklenebilir. Buna ek olarak Toros sediri genel olarak dikey yayılışını 800-2100 m'ler arasında yapsa da bahsedildiği gibi Akdeniz Bölgesi dağ katında 2400 m yüksekliklere kadar çıkabilmektedir. Muhtemelen -30 ^{0}C ve daha düşük sıcaklıkların bu yükselti kuşağında kaydedilmiş olması mümkündür. Çalışmamızda ise düşük sıcaklık derecelerine maruz bırakılan orijinler 1500-1730 yükselti kademesinde yer alıp, 30 sene önce 930 m. yükseklikteki Ankara-İlyakut orijin deneme sahasına getirilmişlerdir. Nitekim farklı yükseltilerden alınan örneklerle yapılan sonuçlarda dona dayanıklılık derecesinin farklı çıkabileceği de unutulmamalıdır. Çünkü don öncesi yaşanan ve iklime uyumu tetikleyen düşük sıcaklıklar dona dayanma düzeyini ve türlerin adaptasyonlarını etkileyerek don zararını azaltabilmektedir (Turan ve Ekmekçi 2012). Bu durumun sağlıklı bir şekilde irdelenebilmesi ve anlaşılabilmesi için yeni çalışmaları yukarıdaki hususları da dikkate alarak yapmak isabetli bir tercih olacaktır.

Düşük sıcaklıkların görüldüğü özellikle yüksek rakımlarda gerçekleştirilen ağaçlandırma çalışmalarında don olayı başarıyı kısıtlayan abiyotik stresler arasında yer almaktadır. Bu nedenle özellikle don olaylarının sıkça görüldüğü alanlarda başarı açısından, dona dayanıklı tür ve türlerin orijinlerinin tespiti yanında, bitkilerde dona toleransı ve uyumu sağlayan fizyolojik ve biyokimyasal mekanizmaların aydınlatılması da büyük önem taşımaktadır.

Toros sedirinin doğal yayılış alanında, nemli ve ılıman iklimden nispeten kuru ve soğuk karlı kışlara sahip iklime kadar, çeşitli karakterde iklim özelliklerine rastlanmaktadır. Ayrıca İç Anadolu Bölgesi gibi doğal yayılış alanları dışındaki yetişme ortamlarında yapılan ağaçlandırma çalışmalarında yaşanılan kurak periyotlar yanında düşük sıcaklıklar

da başarı açısından önem arz etmektedir. Bu nedenle Toros sedirinin doğal yayılış alanı dışında yapılacak ağaçlandırmalarda dona dayanıklı orijinlerin yanında kuraklığa dayanıklı orijinlerinde seçimi ön planda olmalıdır.

Bu çalışmada, Toros sedirinde düşük sıcaklık derecelerinin etkisi araştırılmıştır. Araştırma sonucunda, orijin denemelerinin uzun zaman alan kesin sonuçlarını beklemeden, kısa sürede dona daha dayanıklı orijinlerin belirlenmesine yardımcı olunmuştur. Ayrıca türün ekofizyolojisine katkı sağlanmıştır.

KAYNAKLAR

Aksoy, H. 1987. Silvikültür I (Silvikültürün Biyolojik Temeli) Ders Notları. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.

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.

Alptekin, C.Ü., Çalışkan, A., 1996. Türkiye'de saf sedir meşcerelerinde uygulanan silvikültürel işletme şekillerinin irdelenmesi. Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 2, 113-123, Mersin.

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.

Ayrancı, A. 2019. Farklı orijinli Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) tohumlarında bazı ön işlemlerin çimlenmeye etkisi. Yüksek lisans tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 54 s, Çankırı.

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.

Baş, B., 2018. Antalya yöresi doğal sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) meşcerelerinin çap dağılımının Johnson Sb dağılımı kullanılarak modellenmesi. Yüksek lisans tezi (basılmamış), Isparta Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 54 s., Isparta.

Bayar, E., Deligöz, A., 2019. *Cedrus libani* ve *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* ağaçlandırma alanında kurak dönemde ağaç-su ilişkisi değişimleri. Turkish Journal of Forestry, 20(4); 317-323.

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.

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.

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.

Dağdaş, S. 2012. The results of origin tests implemented on 6th and 10th rears old Taurus cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) in Eastern Mediterranean Region of Turkey. KSU J. Nat. Sci. Special Issue, p. 169-177.

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.

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).

Gonzales, C. A. 2009. Interactions between xylem structure and water relatıons of Southern Pines,Thesis (PhD), University of Florida School Of Forest Resources and Conservation.

Gökdemir, Ş., Örtel, E., Çetinay, Ş., Altun, Z.G., Karatay, H., Boza, A. 2012. Türkiye'de Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich) orijin denemeleri yirminci yıl ara sonuçları. İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, 298, 1-40.

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.

Kalefetoğlu, T., Ekmekçi, Y., 2005. The effects of drought on plants and tolerance mechanisms (Review). G.U. Journal of science,18 (4); 723-740.

Kantarcı, M.D., 1990. Türkiye Sedir ormanlarının yayılış alanında ekolojik ilişkiler. Uluslararası Sedir Sempozyumu, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayın No:59, s 12-25, Antalya.

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

Keates, S. E., 1990. Assessing cold hardines in conifers. A Problem Analysis A Discussion Paper, FRDA Report no:106, Victoria, 20p.

Kilis, Y., 2007. Tüplü toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) ve Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) fidanlarıyla kurulmuş plantasyonlarda kuraklığa dayanıklılık analizleri, Yüksek lisans tezi (Basılmamış), Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 51 s., Isparta.

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.

Kocheva,K., Lambrev, P., Georgiev, G., Goltsev, V., Karabaliev, M., 2004. Evaluation of chlorophyll fluorescence and membrane injury in the leaves of barley cultivars under osmotic stress, Bioelectrochemistry, 63, 21-124.

Kramer, P. J., 1983. Water reations of plants. Acedemic Press Inc. United States of America, ISBN: 0-12-425040-8

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.

Lu, P., Joyce, D. G., Sinclair, W., 2003. Geographic variation in cold hardiness among eastern white pine (*Pinus strobus* L.) provenance in Ontaria, Forest ecology and management, 178, 329-340.

Martin, T. A., 2012. Plant water relations techniques, using pressure-volume curves to calculate plant water relations parameters, University of Florida School of Forest Resources and Conservation, class notes.

Matyas, C., 1996. Climatic adaptation of trees, rediscovering provenance tests. Euphytica, 92: 45-54.

Maxwell, K., Johnson, G. N., 2000. Chlorophyll fluorescence a practical guide. Journal of experimental botany, 345, 659-668.

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.

Öner, N., Uysal, M., 2006. Mindos Tepe-Yeğren (Konya) yöresinde yesis edilen Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) ve Mahlep (*Cerasus mahalep* (L.) Miller.) ağaçlandırmalarında dip çap-boy ilişkileri, Gazi Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 6(1); 11-25.

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.

Rose, R., Haase, D., 2002. Chlorophyll fluorescence and variations in tissue cold hardiness in response to freezing stress in Douglas-firseedlings Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands, New Forests 23, 81-96.

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.

Sevim, M., 1952. Lübnan Sedirinin (*Cedrus libani* Barr.) Türkiye'deki Tabii Yayılış ve Ekolojik Şartları, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 2, 19-46.

Simpson, D.G., 1994. Seasonal and geographic origin effects on cold hardiness of White spruce buds, foliage, and stems. Can. journal forest resarch, 24, 1066-1070.

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

Şimşek, Y., Erkuloğlu, Ö.S., Tosun, S., 1995. Türkiye'de Karaçam (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) orijin denemelerinin ilk sonuçları. İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, 247, 1-64.

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.

Ürgenç, S., 1986. Ağaçlandırma tekniği, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, Rektörlük No:3314, Fakülte No:375, İstanbul.

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

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

Yahyaoğlu, Z., ve Genç, M., 2007. Fidan standardizasyonu, SDÜ Üniversitesi Orman Fak yayınları, Isparta.

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

Adı Soyadı :Fevzi ÇAKMAK

Doğum Yeri :Kartal/İstanbul

Doğum Tarihi :20.10.1993

Medeni Hali :Bekar

Yabancı Dili :İngilizce

E-Posta :fevzicakmak153@gmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Orhan Gazi Anadolu Lisesi-Maltepe, İstanbul (2006-2010)

Lisans :İ.Ü, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü (2010-2014)

Yüksek Lisans :ÇKÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı (2017-2021)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Orman Genel Müdürlüğü, Sakar Orman Bölge Müdürlüğü, İzmit Orman İşletme Müdürlüğü danışman mühendis (2015-2020)