

ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İSTANBUL-ATATÜRK ARBORETUMU'NDAN ÖRNEKLENEN DOĞAL VE
EGZOTİK BAZI SEDİR (*Cedrus ssp.*) TAKSONLARININ DONA
DAYANIKLILIKLARI

Tuğba HAMZAOĞLU

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ÇANKIRI

2024

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Tuğba HAMZAOĞLU tarafından hazırlanan “İstanbul-Atatürk Arboretumu’ndan Örneklenen Doğal ve Egzotik Bazı Sedir (*Cedrus spp.*) Taksonlarının Dona Dayanıklılıkları” adlı tez çalışması 03/05/2024 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

Jüri Üyeleri :

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

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

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Akkın SEMERCİ
Niksar Meslek Yüksek Okulu
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Hamit ALYAR

Enstitü Müdürü

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum “**İstanbul-Atatürk Arboretumu’ndan Örneklenen Doğal ve Egzotik Bazı Sedir (*Cedrus spp.*) Taksonlarının Dona Dayanıklılıkları**” konulu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, tezin Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’nden başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve bu çalışmanın Çankırı Karatekin Üniversitesi tarafından kullanılan “Bilimsel İntihal Tespit Programı ile tarandığını, “intihal içermediğini” beyan ederim. Çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması halinde ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm. Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim (03/05/2024).

Tuğba HAMZAOĞLU

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

İSTANBUL-ATATÜRK ARBORETUMU'NDAN ÖRNEKLENEN DOĞAL VE EGZOTİK BAZI SEDİR (*Cedrus ssp.*) TAKSONLARININ DONA DAYANIKLILIKLARI

Tuğba HAMZAOĞLU

Çankırı Karatekin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Bora İMAL

Bu çalışmada İstanbul-Atatürk Arboretumunda bulunan Atlas sediri (*Cedrus atlantica*), Himalaya sediri (*Cedrus deodara*) ve Toros sediri (*Cedrus libani*) türlerinde mevsimsel olarak donaya dayanıklılık belirlenmiştir. Bu amaçla türlerden elde edilen sürgün örnekleri kasım, şubat ve mart aylarında 10 farklı düşük sıcaklık derecelerine maruz bırakılmıştır. Sürgünler kasım ve mart aylarında; Kontrol, -5, -7.5, -10, -12.5, -15, 17.5, -20, -25, -30 °C sıcaklık derecelerine, şubat ayında ise Kontrol, -5, -10, -15, -17.5, -20, -22.5, -25, -27.5, -30 °C sıcaklık derecelerine maruz bırakılmıştır. Uygulanan düşük sıcaklık dereceleri sonrası sürgünlerde meydana gelen zarar klorofil florometre (CF) ve görsel değerlendirme (GD) yöntemleri ile tespit edilmiştir. Elde edilen bulgulardan doğrusal olmayan regresyon modeli ile türlerin dondan zarar gördüğü sıcaklık kademeleri LT50 hesaplanmıştır. Türlerin donaya dayanıklılık düzeyleri (LT50) CF ve GD yöntemlerine göre sırası ile, Sonbaharda Atlas sedirinde -15.4 °C ve -15.7 °C, Himalaya sedirinde -13.1 °C ve -13.0 °C, Toros sedirinde -15.5 °C ve -15.6 °C, kışın Atlas sedirinde -19.7 °C ve -19.9 °C, Himalaya sedirinde -16.8 °C ve -16.6 °C, Toros sedirinde -21.0 °C ve -20.8 °C, ilkbaharda ise Atlas sedirinde -18.0 °C ve -15.5 °C, Himalaya sedirinde -14.7 °C ve -14.3 °C, Toros sedirinde -18.0 °C ve -17.9 °C olarak tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular neticesinde türler arasında donaya en dayanıklı tür olarak Toros sediri ardından Atlas sediri bulunmuştur. Donaya en dayanıksız tür olarak Himalaya sediri tespit edilmiştir. Araştırmadan elde edilen sonuçlar neticesinde, özellikle kentsel ve peyzaj amaçlı yapılacak ağaçlandırma çalışmalarında Toros sedirinde sıcaklıkların -20.9 °C, Atlas sedirinde -19.8 °C ve Himalaya sedirinde -16.7 °C'nin altına düştüğü bölgelerde söz konusu türlerin kullanılmaması tavsiye edilebilir.

2024, 39 sayfa

ANAHTAR KELİMELELER: Sedir, Ekofizyoloji, Donaya dayanıklılık, Klorofil floresans, Görsel değerlendirme, Bitki stres fizyolojisi

ABSTRACT

Master of Science Thesis

FROST HARDINESS OF SOME NATIVE AND EXOTIC CEDAR (*Cedrus* ssp.)
TAXA SAMPLED FROM ISTANBUL-ATATÜRK ARBORETUM

Tuğba HAMZAOĞLU

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

Advisor: Asst. Prof. Dr. Bora İMAL

In this study, the seasonal frost resistance of Atlas cedar (*Cedrus atlantica*), Himalayan cedar (*Cedrus deodara*), and Taurus cedar (*Cedrus libani*) species located in the Istanbul-Atatürk Arboretum was determined. For this purpose, shoot samples obtained from the species were exposed to 10 different low-temperature levels in November, February, and March. In November and March, the shoots were subjected to temperature levels of control, -5, -7.5, -10, -12.5, -15, -17.5, -20, -25, and -30 °C, while in February, they were subjected to temperature levels of control, -5, -10, -15, -17.5, -20, -22.5, -25, -27.5, and -30 °C. Damage to the shoots after the application of low temperatures was determined by chlorophyll fluorometer (CF) and visual assessment (VO) methods. From the obtained findings, the temperature gradients at which the species were damaged by frost (LT50) were calculated using a nonlinear regression model. According to the CF and VO methods, the frost resistance levels (LT50) of the species were determined as follows: In autumn, -15.4 °C and -15.7 °C for Atlas cedar, -13.1 °C and -13.0 °C for Himalayan cedar, and -15.5 °C and -15.6 °C for Taurus cedar; in winter, -19.7 °C and -19.9 °C for Atlas cedar, -16.8 °C and -16.6 °C for Himalayan cedar, and -21.0 °C and -20.8 °C for Taurus cedar; in spring, -18.0 °C and -15.5 °C for Atlas cedar, -14.7 °C and -14.3 °C for Himalayan cedar, and -18.0 °C and -17.9 °C for Taurus cedar. Based on the findings, Taurus cedar was found to be the most frost-resistant species among the three, followed by Atlas cedar. Himalayan cedar was identified as the least frost-resistant species. As a result of the research, it can be recommended that Taurus cedar should not be used in afforestation projects, particularly for urban and landscape purposes, in regions where temperatures fall below -20.9 °C, Atlas cedar below -19.8 °C, and Himalayan cedar below -16.7 °C.

2024, 39 pages

Keywords: Cedar, Ecophysiology, Cold hardiness, Chlorophyll fluorescence, Visual evaluation, Plant stress physiology

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

“İstanbul-Atatürk Arboretumu’ndan Örneklenen Doğal ve Egzotik Bazı Sedir (*Cedrus* spp.) Taksonlarının Dona Dayanırlılıkları” adlı bu çalışma 2022-2023 yılları arasında hazırlanarak Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında “Yüksek Lisans” tezi olarak sunulmuştur.

Yüksek lisans hayatım boyunca her safhada bana yardımcı olan değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Bora İMAL’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Araştırmada kullanmış olduğumuz bitki materyallerinin sağlanmasında İstanbul Orman Bölge Müdürlüğüne, Atatürk Arboretumu Şefliğine ve bu kurumlar bize yardımları donunan meslektaşlarımıza. Ayrıca türlerde düşük sıcaklık testlerinin yapılmasında Laboratuvar imkanlarından faylanmamı sağlayan İ.Ü. Cerrahpaşa Orman Fakültesi Silvikültür Anabilim dalına çok teşekkür ederim.

Çalışmamın laboratuvar aşamasındaki yardımları için Hüsna GEDİKBAŞ’a ve Kübra DURSUN’a Eda İLKEMEN, Büşra BİNDAL, Metehan DUMAN, Oğuz ALTUNDAL, Dilara ÇOBANOĞLU, Ebru ARĞA, Elif Çağla ÇETİNKAYA’ya teşekkür ederim. Ayrıca serada görsel değerlendirme yöntemi çalışmalarında yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen Rümeyza AKBAŞ, Defne KARATAŞ, Yusuf Can KULAZ, Onur TEZCAN, Aleyna Hatice ÇELİK, Mustafa ÇALÇOBAN ile öğrenciler Osman Can YÜCESOY, Meltem ÇOBAN, Samet Can ÇAPAR, Sude Nur KÖSE ve Yasemin Nur PALALI’ya çok teşekkür ederim.

Bugünlere gelmemde hakkını hiçbir zaman ödeyemeyeceğim, sahip olduğum en değerli unvan ve hazinem annem Fatma HAMZAOĞLU’na, babam Selahattin HAMZAOĞLU’na ve sevgili kardeşlerim Atilla Serdar HAMZAOĞLU’na, Ayşenur HAMZAOĞLU’na ve Melek HAMZAOĞLU’na destekleriyle her zaman yanımda oldukları için minnet ve şükranlarımı sunarım.

Tuğba HAMZAOĞLU

Çankırı, Mayıs 2024

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iv
KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	5
2.1 Düşük Sıcaklık Stresinin Bitkiler Üzerine Etkisi	5
2.2 Odunsu Bitkilerde Dona Dayanıklılığın Belirlenmesi	8
2.3 Araştırmada Kullanılan Türler Hakkında Genel Bilgiler	9
2.3.1 Toros sedirinin (<i>Cedrus libani</i>) genel özellikleri	9
2.3.2 Atlas sedirinin (<i>Cedrus atlantica</i>) genel özellikleri	10
2.3.3 Himalaya sedirinin (<i>Cedrus deodara</i>) genel özellikleri	11
2.4 Dona Dayanıklılık Çalışmaları Hakkında Literatür Özeti	12
3. MATERYAL ve METOT	18
3.1 Materyal	18
3.1.1 Atatürk Arboretumu hakkında bilgi	18
3.1.2 Don testlerine tabi tutulacak ibre yaprakların toplanması ve dondurma işlemi 19	
3.1.3 Araştırmada kullanılan araç ve gereçler	21
3.1.4 Don testlerine sürgünlerde meydana gelen zararın belirlenmesi	22
3.1.4.1 Klorofil Floresans Yöntemi	22
3.1.4.2 Görsel değerlendirme yöntemi.....	23
3.1.5 Verilerin değerlendirilmesi ve istatistiksel yöntemler	24
4. BULGULAR.....	25
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	31
KAYNAKLAR	34
ÖZGEÇMİŞ.....	39

SİMGELER DİZİNİ

'	Dakika
"	Saniye
%	Yüzde
°C	Santigrat derece



KISALTMALAR DİZİNİ

mm	Milimetre
cm	Santimetre
vd.	ve diğerleri
CF	Klorofil flourometre
GD	Görsel değerlendirme
LT50	Öldürücü sıcaklık
sa	Saat
lux	Aydınlatma değeri
NE	North East



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Dünyada ülkelerin yıllık ortalama sıcaklıkları (ERA5 2001)	6
Şekil 2.2 Bitkilerde Hücre İçi Buz Oluşumunun Yüksek Hızlı Kamera İle Elde Edilen Görüntüleri (Stegner <i>et al.</i> 2020).....	7
Şekil 2.3 Toros sedirinin yayılış alanı (WIKIPEDIA 2024)	10
Şekil 2.4 Atlas sedirinin doğal yayılış alanı (WIKIPEDIA 2022)	11
Şekil 2.5 Himalaya sediri doğal yayılış alanı (WFC 2009)	12
Şekil 3.1 Atatürk Arboretumundan sedir türlerine ait sürgün örneklerinin toplanması..	20
Şekil 3.2 Klorofil Floresans yöntemiyle ölçümlerin yapılması	21
Şekil 3.3 Kesilen sürgünlerin ağzı kilitli poşete konulması ve Sürgün örneklerinin soğutucu kabinde don testine tabi tutulması.....	22
Şekil 4.1 Klorofil florometre yöntemi ile elde edilen dona dayanıklılık düzeyleri (LT50)	26
Şekil 4.2 Türlerin sıcaklığa bağlı Fv/Fm değerleri	27
Şekil 4.3 Görsel değerlendirme yöntemi ile elde edilen dona dayanıklılık düzeyleri (LT50).....	28
Şekil 4.4 Türlerin sıcaklığa bağlı GD değerlendirmedeki zarar miktarları.....	29
Şekil 4.5 Atlas sedirinde kış ayında görsel don zararı	29
Şekil 4.6 Himalaya sedirinde kış ayında görsel don zararı	30
Şekil 4.7 Toros sedirinde kış ayında görsel don zararı	30

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1	Sedir taksonlarına ait bilgiler	18
Çizelge 3.2.	Araştırma alanına ait iklim verileri	19
Çizelge 3.3	Görsel değerlendirme skalası	23
Çizelge 4.1	Klorofil flourometre (CF) ve görsel değerlendirme (GD) yöntemine göre belirlenen LT50 değerleri.....	25



1. GİRİŞ

Günümüzde küresel ısınma kışların daha ılıman olmasına sebep olmakta iken aslında kutuplardaki yüksek basınç alanlarının da dengesini bozmakta, böylece sıcakların daha değişken olmasına ve ekstrem hava koşullarının daha sık yaşanmasına neden olmaktadır. Ağaç türlerinin iklim değişikliği altında yayılışını modelleyen çalışmalar, Avrupa’da ağaç türlerinin gelecekte daha yüksek rakımlara çıkacağını öngörmektedir (Hanewinkel *et al.* 2013). Ağaçların, yeryüzünde daha yüksek rakımlara ve kuzeye yayılışını sınırlandıran en önemli faktör onların düşük sıcaklıklara olan hassasiyetleridir. Bu nedenle iklim değişikliğinin en önemli sonucu kuraklık olarak öngörülse de gelecekte kuraklık ile don zararı ağaçların üstesinden gelmesi gereken bir abiyotik stresler olarak önemini koruyacaktır.

Türkiye’nin konumundan dolayı farklı edafik faktörler ve iklimsel çeşitlilik ile değişik orman ekosistemlerine barındırması nedeniyle, ağaçlandırmalarda uygulanacak teknikler ve kültürel tedbirler farklılık göstermektedir. Nemli iklim bölgelerinde ideal ekolojik koşullara sahip alanlarda ağaçlandırma çalışmaları daha kolay uygulanabilirken, kuraklık ve don etkisinin olduğu alanlarda şartlar zorlaşmaktadır (Ürgenç 1998). Düşük sıcaklık stresi bitkiler üzerinde çeşitli etkilere sahiptir. Bu etki soğuğa maruz kalma şiddeti ve süresinin yanı sıra bitki türlerine göre değişiklik gösterir. Düşük sıcaklık stresi bitkide enzim aktivitelerinin bozulması, büyüme ve gelişmede azalma gibi etkileri olabilir.

Toplumsal hizmetlerin ön planda olduğu kentsel alanlardaki estetik ve ekolojik amaçlı ağaçlandırma çalışmaları gün geçtikçe önemini artırarak geniş hale gelmiş ve küresel bir boyuta ulaşmıştır. Farklı konseptlere göre düzenlenen parklar, yeşil kuşaklar, korular, arboretumlar, botanik bahçeleri, çeşitli tiplerdeki bahçe düzenlemeleri vb. alanlarda yapılan ağaçlandırmalar kentlerin prestiji ve yaşam kalitesinin bir göstergesi olmuştur (Dirik 2008). Söz konusu ağaçlandırma çalışmalarında alan etüdü (fizyografik, iklim, toprak ve vejetasyon) tür seçimi, morfolojik ve fizyolojik yönden kaliteli fidan materyali kullanımı, saha hazırlığı ve toprak işleme, dikim yöntemi ve tekniği ile bakım ve koruma gibi çalışmalar başarı yönünden çok önem arz etmektedir (İmal vd. 2023).

Bitkilerin yaşam süreleri boyunca karşılaştıkları don, kuraklık gibi en önemli stres faktörleri bitkilerin gelişimine ve büyümesini farklı yönlerden etkilemektedir. Bitkiler aşırı hava şartlarına karşı yaşamlarını sürdürebilmek çevre şartlarına uyum sağlayabilmek için soğuk ve sıcak stresine, soğuk sıcak toleransı ile ilgili özel genlerinin aktive ederek çevre şartlarına uyum sağlamasına yardımcı olur. Bitki türlerinin bir coğrafi alanda hayatta kalabilme şansı ortamın en yüksek ve en düşük sıcaklıklarına bağlıdır (Çakmak 2021). Sıcaklıkların alçak veya yüksek olması, şiddeti ve etki süresine göre bitkilerin gelişmesini, metabolik aktivitelerini ve büyümelerini negatif yönde etkilemektedir (Semerci 2005).

İklim değişikliğinin son zamanlarda artmasıyla ağaç türlerinin aşırı hava şartlarına uyum sağlaması konusunda araştırmalar artmıştır. Ayrıca ülkemizde kentsel ağaçlandırmalar yapılarak yeşil alanları geliştirmek çevresel kaliteyi artırmak ve sosyal ve ekolojik fayda sağlamak için kentsel ağaçlandırma çalışmaları yapılmaktadır. Kentsel ağaçlandırmanın faydaları; hava kalitesini iyileştirmesi, sıcaklık düzenlenmesi, biyolojik çeşitliliğinin artması, estetik ve rekreasyonel faydalarını sayabiliriz. Bununla ilgili en güzel örnekler Arboretumlardır. Arboretumlar bilimsel araştırma ve gözlem amacıyla her biri doğru ve dikkatli bir şekilde bir araya getirilmiş olup çoğunluğu ağaç ve odunsu bitkilerin yetiştirilip sergilendiği tabiat alanlarıdır (OGM 2024).

Kentsel ağaçlandırmalarda kullanılan fidanların özellikleri bakımından doğru seçilmesi oluşabilecek stres etmenlerini ve şiddetini azaltmaz fakat doğru seçimle çevresel olabilecek negatif streslerin olduğu bölgelerde fidanların yaşama süresi yüksek olacaktır (Çakmak 2021).

Sedir (*Pinacea*) ailesindeki iğne yapraklı ağaçların bir cinsini ifade etmektedir. Sedir ailesi içinde Atlas sediri (*Cedrus atlantica*) genellikle park ve bahçelerde süs amaçlı kullanılan bu tür mavi-yeşil ile gümüş iğneleri olan büyük bir ağaçtır. Himalaya Sediri (*Cedrus deodara*) Batı Himalayalar'a özgü bir tür olan Himalaya Sediri dalları sarkık ve uzun iğneleri yumuşak olan bir türdür. Süs olarak bahçelerde ve parklarda kullanılır. Toros sediri ise kendi yayılış alanları dışında farklı yerlere olumlu bir uyum yeteneğine sahip gelişimi iyi olup dayanıklı bir ağaçtır (Boydak ve Dirik 1990). Sedir ağaçları

ekonomik ve kültürel önemlerinin yanında çevrenin korunmasında da rol oynayan bir türdür. Yaşadıkları ekosistemlerin ekolojik dengesini korumak için korunmaları önemlidir.

Toros sediri doğal yayılış alanlarında nemli ve ılıman iklimden kısmen kuru ve soğuk karlı kışlara sahip iklime kadar farklı karakterdeki iklim özelliklerine rastlanan bir türdür. Sedir türleri ile yapılacak olan ağaçlandırma ve peyzaj ağaçlandırmalarında yetiştirme ortamları dikkate alınmalı ve mutlaka yetiştirme ortamı koşullarına uygun sedir türleri ve orijinleri tespit edilmelidir. Uygun tür ve orjinlilerin seçimi söz konusu ağaçlandırma çalışmalarının başarısında önemli bir katkı yapmaktadır. Özellikle türlerin yetiştirme ortamına uyumlarında kuraklığa ve dona dayanıklılıklarının tespit edilmesi en önemli dikkat edilmesi gerek teknikler başında yer almaktadır.

Türkiye'deki kentsel ağaçlandırma çalışmalarında kullanılan bazı ağaç türleri; Meşe (*Quercus* ssp.), Akçaağaçlar (*Acer* ssp.), Çınar (*Platanus* ssp.), Doğu Sığla Ağacı (*Liquidambar Orientalis*), Karaağaçlar (*Ulmus* ssp.), Sedir türleri (*Cedrus* ssp), Çam türleri (*Pinus* ssp.), Servi türleri (*cupressus* ssp), Ladin türleri (*Picea* ssp.).Ülkemizde bu türlerin bazılarının dona ve kuraklığa karşı dirençli oldukları genel olarak bilinmekle birlikte, ekofizyolojik olarak dona dayanıklılık testleri yapıp bu türlerin direnebilecekleri don seviyeleri somut olarak belirlenmemiştir (Çakmak 2021).

Ülkemizde kent ağaçlandırmaları ve arboretum tesislerinde; alan etüdü (fizyografik, iklim, toprak ve vejetasyon), tür seçimi, kaliteli fidan materyali kullanımı, saha hazırlığı ve toprak işleme, dikim yöntemi ve tekniği ile bakım ve koruma hakkında çeşitli araştırmalar bulunmaktadır (Dirik 2008, Şat 2006). Fakat bu alanlarda kullanılan yerli ve yabancı türlerin abiotik stres koşullarına vermiş oldukları tepkimeler hakkında yapılan çalışma sayısı sınırlı düzeydedir olup yeni çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmada İstanbul-Atatürk Arboretumundaki yerli ve yabancı Sedir taksonlarının dona dayanıklılıkları belirlenmiştir. Çalışmanın hedefi doğrultusunda belirlenen amaçlar aşağıda verilmiştir.

- Sedir taksonlarında dona dayanıklılığın mevsimsel değişiminin belirlenmesi (sonbahar, kış ve ilkbahar)
- Dona dayanıklılık düzeylerine göre taksonların sınıflandırılması
- İncelenen taksonların insan eliyle göç ettirilebileceği (assisted migration) mesafeler konusunda bilgi edinmek
- Ağaç türlerinin dona dayanıklılık düzeylerini belirleyerek bitki türlerinin dona dayanıklılık haritalarının oluşturulmasına altlık hazırlamak
- Yabancı türlerle yapılacak ağaçlandırma çalışmalarında tür seçimine katkıda bulunmak
- Sedir taksonlarının donaya dayanıklılık düzeylerinde iklim değişikliğinin olası etkileri irdelenerek ulaşılan sonuçlar ve elde edilen deneyimlerin ulusal ve uluslararası ölçekte paylaşılması amaçlanmaktadır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1 Düşük Sıcaklık Stresinin Bitkiler Üzerine Etkisi

Farklı ifadelerle tarif edilen stres özetle; bitkilerin gelişim ve verimliliklerini olumsuz yönde etkileyen çevresel faktörler olarak tanımlanmıştır (Kozlowski and Pallardy 1996, Larcher 2003, Özen ve Onay 2007, Lambers *et al.* 2008). Bununla beraber bitkilerde hasar meydana getiren faktör olarak da ifade edilmiştir. Bitkilerin en hasas oldukları çevresel stres faktörü ise düşük ve yüksek sıcaklıklar olduğu gösterilmiştir (İmal 2015, İmal vd. 2023).

Tüm organizmaların hayati süreçlerini önemli ölçüde etkileyen ve en önemli etken olan sıcaklık abiyotik çevresel faktörleri arasındadır. Bitkilerin maruz kaldığı sıcaklık stresleri genel olarak üç alanda sınıflandırılır: (a) soğuk stresi (donma noktasının altındaki sıcaklıklarda meydana gelir), (b) donma stresi (donma noktasının üzerindeki düşük sıcaklıklarda meydana gelir) ve (c) yüksek sıcaklık stresi. Bu bölüm, düşük ve yüksek sıcaklığın bitkilerdeki fizyolojik ve metabolik süreçlere etkisini göstermektedir (Żróbek-Sokolnik 2012).

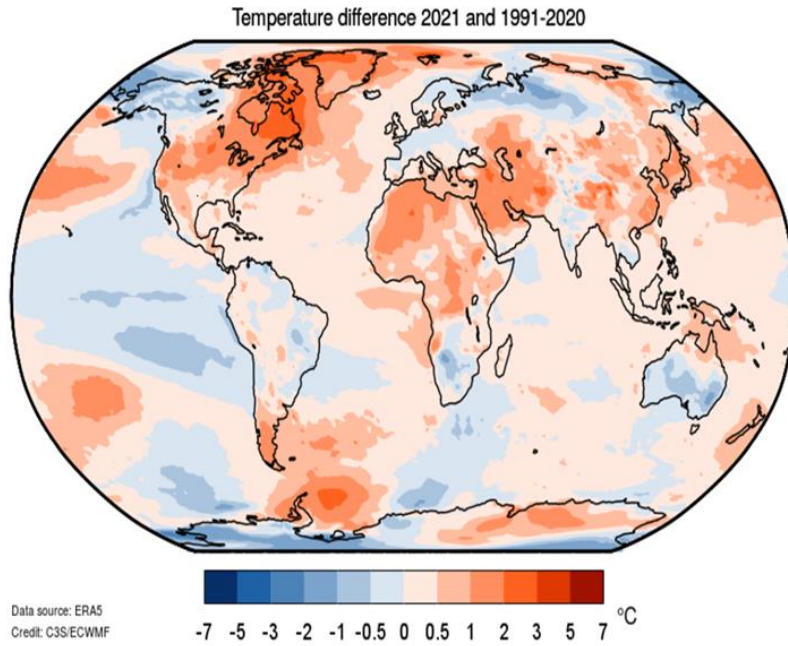
Diğer çevre koşullarından streslerden ayrı olarak, soğuk her bitkinin her bir hücresinde mikroklimasında değişimler oluşturmaktadır (Kratsch and Wise 2000). Bitki türlerinin gelişimini sağlayabilmesi için belirli bir sıcaklık aralığına ihtiyacı olmakta ve bu sıcaklık aralığının altında veya üstündeki sıcaklıklar bitki türlerinde stres meydana getirmektedir (Mahajan and Tuteja 2005). Düşük sıcaklık etkilerinin bitkilerde kuraklığa duyarlılığı artırdığı, sitoplazmasında meydana getirdiği değişimlerle bitkinin su tutma kapasitesinde azalmalar meydana getirdiği de görülmüştür.

Bitkiler düşük sıcaklıklara dayanma kapasitelerine göre 3 gruba ayrılırlar bunlar; Düşük sıcaklıklara hassas olanlar (12 °C'nin altındaki sıcaklıklardan zarar görürler) Düşük sıcaklıklara hassas ama toleranslı olanlar (12 °C'nin altındaki sıcaklıklara uyum

sağlayabilen) Düşük sıcaklıklara dayanıklı olanlar (Donma sıcaklığından düşük sıcaklıklara dayanabilen (Dirik 2008).

Soğuk ile don stresi arasında farklılıklar vardır. Soğuk, doğrudan hücrelere düşük sıcaklığın metabolik etkisiyken, bitkiye dolaylı olarak fiziksel bir zarar veren don olayında buzlanma oluşur (Pearce 2001).

Bir bitkinin dona dayanıklılık derecesi, ya o bitki popülasyonun %50'sinin ya da o bitkinin dokularının %50'sinin öldüğü düşük sıcaklık değeri olan LT50 (Lethal Temperature) olarak nitelendirilmektedir. (Bannister and Neuener 2001, Burr *et al.* 2001, Semerci vd. 2019).

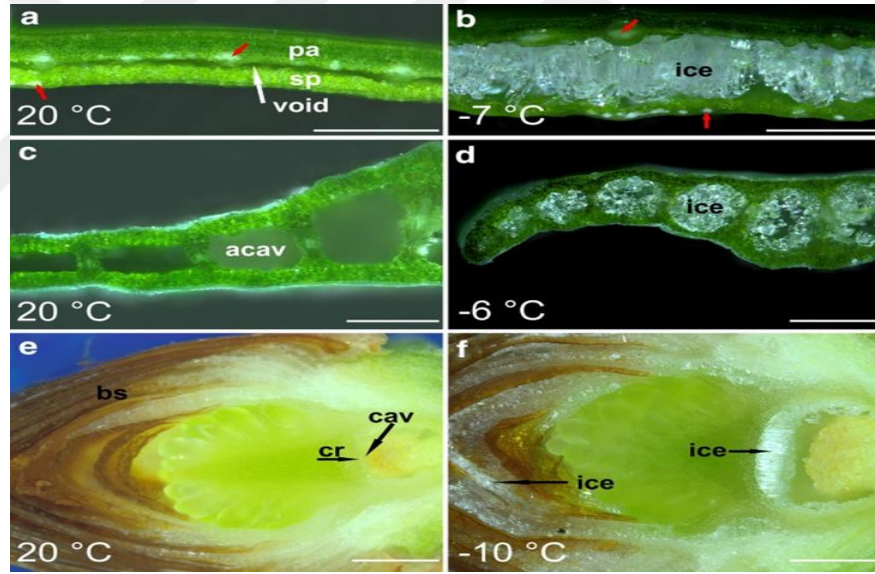


Şekil 2.1 Dünyada ülkelerin yıllık ortalama sıcaklıkları (ERA5 2001)

Bitkilerin düşük sıcaklıklara maruz bırakılması, bitkinin kök bölümündeki iletimin ve su alımının düşmesine, kökün uç tarafında ise dökülmelere sebep olmakta ve gelişmesini engel olmaktadır (Rab and Saltveit 1996). Bitkinin su alımı ve transpirasyonda oluşacak değişim ile bitki yeterli su ihtiyacını karşılayamadığından bitkide dehidrasyona sebep olur (Vernieri *et al.* 2001).

Düşük sıcaklıklar köklerde olduğu gibi bitkinin gövdesinde ve gelişmesini engel olmakla birlikte hücrelerde otolizi artırarak yaşlanmayı hızlandırmakta ve yaşlanma sonucu yaprakta çukurluklar ve lezyonlar oluşur. Bitkide klorofilin bozulması nedeniyle yaprakta sararma ve benek oluşumu gerçekleşir (Saltveit and Morris 1990).

Bitkide su 0 °C'nin altındaki seviyelere indiğinde öncelikli olarak apoplasttaki su donmaktadır. Bitkinin hücresinde bulunan duvarlarındaki ve hücreler arasında bulunan boşlukta buz kristalleri oluşur. Apoplasttaki suyun tamamıyla donması, havanın sıcaklığının tekrardan yükselmesi ile bitki tekrar sağlıklı haline dönebilir fakat apoplastın donmasından sonra bitkide simplasttaki suyun donması ile bitki eski haline dönüşemez. Don stresinde oluşabilecek hasar bu buz kristallerinin hücrenin içinde oluşması sonucunda oluşur (Larcher 2003, Çolak 2012).



Şekil 2.2 Bitkilerde Hücre İçi Buz Oluşumunun Yüksek Hızlı Kamera İle Elde Edilen Görüntüleri (Stegner *et al.* 2020)

Bitkinin -1 °C'nin altına düşmesi ile hücrenin içindeki buz oluşumu (Şekil 2.2) meydana gelmektedir. Hücre içinde buz oluşmaya başladığında bitki ilk önce buna karşı bir uyum sağlayamazken, hücrenin dışında oluşan buz oluşumunda ise bitkide su kaybı meydana gelmektedir. Bunun neticesinde ise sitoplazmada geri dönüşü olmayan büyük zararlar oluşmaktadır (Stegner *et al.* 2020, Avşar 2022).

Bitkiler bulundukları doğal ortamlarına karşı dona dayanıklılık bakımından genetik olarak farklılıklar gerçekleştirerek, genetik potansiyelin yanı sıra yetiştirme ortamındaki ışık, nem, bitki beslenmesi gibi unsurlar bitkinin dona dayanıklılığını etkileyen diğer önemli faktörlerdir.

Bitkilerin strese karşı dirençli olması için, direnci sağlayan genlerinin olması gereklidir. Bitkinin bazı genlerinin bulunduğu ortamdan sürekli bağlı olmadığı, genlerden bazısında ise bitkide oluşacak stres durumlarına adaptasyonu ihtiyaç halinde olduğu belirtilir. Bu sebeple, bitkinin kendi genetik durumunun, indükleyici durumlarda oluşturabilmesidir. Düşük sıcaklıklara adaptasyon durumundan da ve sıfırın hemen üzerindeki sıcaklık seviyelerinde, çevreden kaynaklı indükleyici faktördür. Soğuk mevsimlerde düşük hava koşullarına dayanabilen bitkilerde bazı metabolik olayların hızlarında artış meydana geldiği rapor olarak sunulmuştur (Pearce 2001).

2.2 Odunsu Bitkilerde Dona Dayanıklılığın Belirlenmesi

Mevsimsel sıcaklık değişimlerine uyum, Türkiye'deki odunsu bitki yaşamı için önemli bir koşul olmaktadır. Ilıman bitki örtüsü bölgeleri yıllık soğuk iklimlendirme durumunda; daha düşük bir düzeyden daha yüksek bir düzeye geçiş durumunda yapısal ve metabolik ayarlamalarda soğuğa dirençli olma durumu belirlenmelidir.

Odunsu bitkilerin hayatta kalması sadece soğuğa dirençli olmasına bağlı olmayan bir durumdur. Bu durum ayrıca soğuğa alışmanın zamanlama hızı ve deaklimasyon, soğuğa dirençliliğin stabilitesi ve iklim değişikliğinden sonra yeniden iklimlenme yeteneğine bağlıdır (Larcher 2003).

Bitkilerde dona dayanıklılık testleri yapılırken, bitki ilk önce belirli sıcaklık kademelerinde belirlenen sürelerde tutularak soğutulup, tekrardan aynı sıcaklık kademelerine getirilerek başlangıçtaki sıcaklık kademesine kadar çıkartılarak bu aralıkta meydana gelen zarar farklı yöntemlerle (iyon sızıntısı, klorofil floresans, görsel değerlendirme vb.) belirlenip ortaya koyulur (Ritchie 1984, Burr *et al.* 2001).

2.3 Araştırmada Kullanılan Türler Hakkında Genel Bilgiler

2.3.1 Toros sedirinin (*Cedrus libani*) genel özellikleri

Genel olarak Akdeniz ikliminin (Güney Anadolu deniz iklimi) hâkim olduğu yerlerde, Dünyada Lübnan'da, Anadolu'da ise batı, orta ve doğu Toroslarda doğal olarak yayılış gösteren bir türdür. Kuzeyde Erbaa, Niksar ve Afyon-Emirdağ çevrelerinde küçük ve izole bir yayılış gösterir. Herdem yeşil orman ağaçları arasındadır (OGM 2019).

Toros Sediri 1000 yaşına kadar yaşayabilen ve uzun yaşamı boyunca 40 m.ye kadar boy, 2 m.ye kadar çap ve 35 cm kabuk kalınlığına ulaşabilen bir türdür. Genç iken piramit görünüşlü, yaşlılarda geniş, yassı tepeli, düzgün gövdeli güzel görünüşlü bir ağaçtır. Yurdumuzda birçok yerde görülebilen bu tür nispeten kurak ve kalkerli yamaçlarda çoğu kez kayalar arasında yetişebilen bir ağaç türüdür. Serin ve derin topraklarda güzel bir gelişme ve büyüme yapabilir. Sedir özellikle gevşek, sıcak, havalanması ve suyu geçirgenliği iyi, biyolojik bakımdan aktif, nötr ya da hafif alkali reaksiyonlu balçık ve ince kum balçıklı topraklarda yetişmekle beraber, doğal yayılışı bu topraklara bağılıdır (OGM 2019, Akkemik 2014, Zsolnay *et al.* 2023).

Sık meşcerelerde gövde yapısı düz, az dallı ve dolgun bir yapıya sahiptir. Derine giden kazık kök sistemine sahip olan bir türdür. Özellikle kireçtaşı topraklarda yarık ve çatlaklarda oldukça derine giderek köklenir. Kök sistemini geliştiremediği yerlerde rüzgâr etkilerine karşı hassastır (OGM 2013, Akkemik 2014).



Şekil 2.3 Toros sedirinin yayılış alanı (WIKIPEDIA 2024)

2.3.2 Atlas sedirinin (*Cedrus atlantica*) genel özellikleri

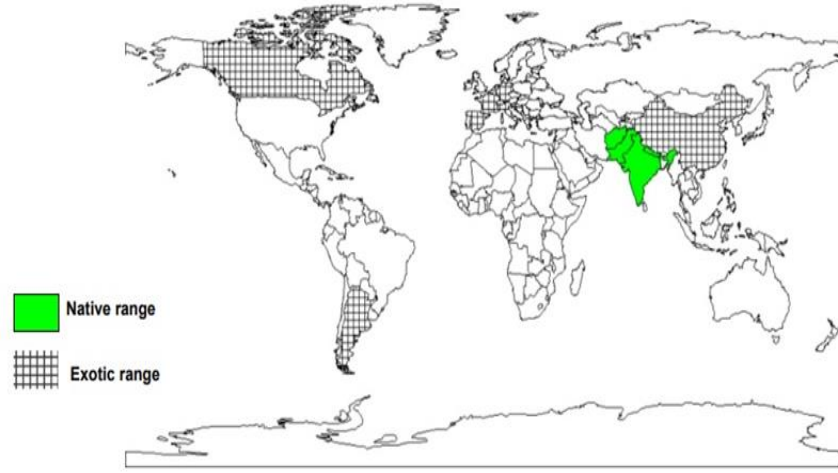
Atlas Sediri (*Cedrus atlantica*) Türkiye’de doğal kaydı bulunmayan egzotik bir tür olup; doğal yayılış bölgesi dışına çıkarılarak Türkiye’ye getirilerek ekilmiş veya dikilmiştir; Türkiye’de doğal ortamda çoğalmaz, ancak insan eliyle yetiştirilebilen bir türdür. 50 m’ye kadar boylanabilen, 10 m’ye kadar tepe çapı oluşturabilen herdem yeşil, gençken piramidal ileri yaşlarda geniş ve yassı tepeli bir türdür. Gövde kabuğu koyu gri renkli, gençlik evresinde pürüzsüz, ileri yaşlarda pürüzlü ve çatlaklı olan bir ağaçtır. Dolgun ve silindirik gövde ile hemen hemen 90 derecelik açı yaparak çıkan dallar gençlikte yukarı doğru yönelmiş olsa da yaşlılarda tam yatay olarak uzanmış bir durumdadır. Yapraklar 19-28’li gruplar halinde iğne şeklinde, sert, batıcı ve sivri uçlu 1.5-3.5 cm boylarındadır. Enine kesitleri genellikle 3 köşelidir. Tozlaşma sonbaharda olur. Dişi kozalak fıçı veya yumurta şeklinde, boz kahverengi olup olgunlaştığı zaman dağılmaya başlar. Kozalak pulları yelpaze şeklinde ve odunsu olan bir ağaçtır (WIKIPEDIA 2022).



Şekil 2.4 Atlas sedirinin doğal yayılış alanı (WIKIPEDIA 2022)

2.3.3 Himalaya sedirinin (*Cedrus deodara*) genel özellikleri

Himalaya Sediri (*Cedrus deodara*) Türkiye’de doğal olarak bulunmayan egzotik bir türdür; doğal yayılış bölgesi dışına çıkarılarak Türkiye’ye getirilerek ekilmiş veya dikilmiştir; Türkiye’de doğal ortamda çoğalmaz sadece insan eliyle yetiştirilebilir. 1500–3200 m yükseklikler arasında; Batı Himalayalar’da doğal yayılış gösteren bir türdür. 40-50 m boylanabilen, 3 m kadar gövde çapı oluşturabilen, herdem yeşil, kozalaklı bir ağaçtır. Piramidal formda, tepesinin ve yan dal uçlarının aşağı doğru sarkık; gövde kabuğu koyu gri renkli, gençlik evresinde pürüzsüz, ileri yaşlarda pürüzlü ve çatlak bir yapıdadır. Yapraklar iğne şeklinde, 3-5 cm uzunlukta, bir kında çoklu (diğer türlere göre seyrek) demetler halindedir. Erkek çiçekler silindir şeklinde ve 5 cm uzunlukta; dişi çiçekler yumurta şeklinde, kırmızımsı 1.5 cm uzunluğundadır. Kozalaklar yukarı doğru dik, 5-6 x 7-10 cm boyutlarında ve fiçı görünümünde olan (şişkin) bir türdür. (WFC 2009)



Şekil 2.5 Himalaya sediri doğal yayılış alanı (WFC 2009)

2.4 Dona Dayanıklılık Çalışmaları Hakkında Literatür Özeti

Araştırmanın bu kısımda dona dayanıklılık çalışmaları hakkında yapılan yerli ve yabancı literatür bilgilerine değinilmiştir.

İmal vd. (2023), İstanbul-Atatürk Arboretumundaki yerli ve yabancı 6 adet göknar taksonunun dona dayanıklılıkları mevsimsel olarak ele aldıkları çalışmalarında; kasım, şubat ve mart aylarında Göknar taksonlarını 10 farklı düşük sıcaklık kademesine maruz bırakmışlardır. Bu amaçla Göknar türlerine ait sürgünler Kasım ve Mart aylarında; Kontrol, -5, -10, -15, -20, -22.5, -25, -27.5, -30 ve -40 °C sıcaklık kademelerine, Şubat ayında ise Kontrol, -5, -10, -15, -20, -25, -27.5, -30, -35 ve -40 °C sıcaklık kademelerine maruz bırakılmıştır. Araştırmacılar düşük sıcaklık testleri sonrası sürgünlerde meydana gelen zararı klorofil florometre (CF) ve görsel değerlendirme (GD) yöntemleri ile tespit ederek taksonların dondan zarar gördüğü sıcaklık kademelerini LT50 hesaplanmışlardır. Araştırma sonucunda yazarlar 6 farklı göknar taksonunda iki farklı yöntemden edilen LT50 değerlerine göre dona en dayanıklı türler olarak sırasıyla Kaz Dağı Göknarı (CF -30.7 °C, GD -31.9 °C), Uludağ Göknarı (CF -28.5 °C, GD -29.8 °C) Toros Göknarı (CF -28.3 °C, GD -28.4 °C) ve Orta Avrupa Göknarı sıralamışlardır (CF -28.2 °C, GD -27.8 °C). Bunun yanında yazarlar dona en dayanaksız olan takson olarak ise İspanyol

Göknarını tespit etmişlerdir (CF-24.5 °C, GD-24.7 °C). Araştırmada yazarlar türleri kendi içerisinde değerlendirmeye tabi tuttuğunda ise, türlerin dormansiye giriş zamanı (Kasım) ve dormansiden çıkış zamanlarında (Mart) dona dayanıklılık bakımından her iki mevsimde de dona dayanıklılık düzeyi bakımından benzer davranış sergilediklerini belirtmişlerdir. Bu durum da söz konusu türlerin doğal yayılış alanlarındaki iklim koşullarına uyum sağlaması ile açıklamışlardır.

İmal (2015) yaptığı araştırmasında; Farklı Biyoiklim zonlarında bulunan Anadolu Karaçamı fidanlarında dona ve kurağa dayanıklılıkla ilgili çalışma yapmıştır. Kış ve ilkbahar aylarında dona dayanıklılık testleri uygulanmıştır. Kışın yapılan dona dayanıklılık testlerinde fidanlar (-20, -25, -30 ve -40 °C) olmak üzere 4 farklı sıcaklık seviyesine maruz bırakılıp incelenmiştir. Yapılan çalışmada uygulanan yöntem; İyon sızıntısı yöntemi, klorofil floresans tekniği ve görsel değerlendirme tekniği kullanılarak yapılan değerlendirmelere göre zararın orijinlere göre değişmekle beraber -20 °C ile -25 °C arasında başladığı gözlemlenmiştir. Bazı kullanılan orijinlerin -30 °C düşük sıcaklıklara kadar direndikleri tespit edilmiş olup Karaman, Çerkeş ve Kargı orijinlerinin çalışmada kullanılan orijinler içinde diğerlerine kıyasla daha dirençli oldukları ve Dirgine orijininin ise dona en hassas orijin olduğu belirlenip ortaya koyulmuştur.

Semerci vd (2019), kızılçamın kendi yetiştirme ortamının dışında 201a olan Ankara ve Doğal yetiştirme ortamı olan Antalya'da kurulu orijin denemelerinden aldıkları sürgün numuneleri kullanarak bazı orijinlerin dona dayanıklılığını gözlemlenmiştir. Sürgünler -5, -10, -12.5, -15, -17.5, -20, -22.5, -25, -30 ve -40 °C'de dondurularak izlenmiştir. Oluşan zarar iyon sızıntısı yöntemi ortaya koyulmuştur. İyon sızıntısı yöntemine göre, kızılçam hücrelerinde dondan dolayı oluşan zarar ocak ayının sonlarında -15 ile 17,5 °C aralığında başladığı görülmüştür. Dona dayanıklılık yönünden orijinler arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar görülmüştür. Antalya orijin denemesinden alınan numunelerde, Samsun ve Burdur orijinlerinin diğer orijinlere göre dona karşı daha dirençli oldukları tespit edilmiştir. Ankara orijin denemesi alanından alınan örneklerde ise Burdur, Antalya ve Kıbrıs orijinlerinin dona daha dirençli olduğu belirlenmiştir.

Kreyling *et al.* (2015) Almanya’da bir arboretumda bulunan 27 adet taksonun dona dayanıklılığını belirleyen bir çalışma yapmışlardır. Gerçekleştirilen bu çalışmada ilkbahar, kış ve sonbaharda dona dayanıklılık testleri uygulamışlardır. Dona direnci fazla olan türlerin, kendi yetiştirme ortamlarında fazla yağış ve daha az soğukla karşı karşıya kaldıkları görülmüştür. Bu sebeple, türlerin dona dayanıklılık seviyelerinin o türün kendi yayılış gösterdiği alanda karşılaştıkları en az sıcaklıkla bağlantılı olduğu yani soğuk bölgelerde yetişen türlerin sıcak bölgelerde yetişenlere kıyaslandığında dona daha dirençli olduğu görülmüştür.

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

Aldrete *et al.* (2008), kuzey ve güney enlemlere ait 9 farklı orijinden üretilen *Pinus greggii* fidanları ile don olayına dayanma ile ilgili çalışması yürütülmüştür. Çalışmada elektriksel iletkenlik ile ilgili testin sonuç kısmında kuzeyde ve güneyde bulunan enlemlerde fidanların arasında don olayına dayanıklı olma konusunda birbiri arasında farklılık olduğu tespit edilmiştir. Kış mevsiminde şubat ayında kuzeyde yer alan enlemlerde bulunan orijinlerde don olayından dolayı meydana gelen zarar -18°C oluşmaya başlamış güney kısımlarda yer alan enlemlerde ise -12°C de zarar meydana gelişmiştir. Nisan ayında ise dondan dolayı meydana gelen zararı kuzey kısımdaki enlemlere ait orijinlerde -11°C , güney kısımda yer alan enlemlerde ise -9°C de meydana gelmiştir.

Derridj *et al.* (2014) Atlas sedirinin (*Cedrus atlantica*) (Manneti) iklim değişkenliğine uzun süreli tepkisini analiz etmişlerdir. Çalışma alanı olarak Guetiane'deki (Batna,

Cezayir) Atlas sediri ormanı seçilmiştir ve materyal ve yöntem olarak Dendrokronolojik yaklaşımda bulunmuşlardır. Yirmi ağaçtan bir Atlas sediri ağaç halkası kronolojisi oluşturulmuştur. Atlas sedirinin iklim değişkenliğine karşı tepkisi, işaretçi yıllar (PY'ler), birinci bileşen (PC1) ile ifade edilen bireysel kronolojiler arasındaki ortak iklim sinyali, ortalama duyarlılık (msx) ve ağaç halkası indeksi ile iklim verilerini (aylık ortalama sıcaklık ve toplam yağış) içeren tepki fonksiyonu ve korelasyon analizi yöntemiyle değerlendirilmeye alınmışlardır. En yüksek büyüme değişkenliği 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren kayıt altına alınmıştır. Ortalamadan daha düşük PY'ler, PC1 ve msx incelenen süre boyunca belirgin bir şekilde artma göstermiştir. PC1 ve msx'de 1970'lerin sonunda ağaçların iklime bağlı durumları daha eşzamanlı tepki vermesine yönelik artan bir eğilimi güçlendiren daha kuru durumlara doğru bir kaymayı yansıtan dramatik artışlar görülmüştür. Cevap fonksiyonu ve korelasyon analizi, ağaç büyümesinin esas olarak yağış değişkenliğinden etkilendiğini bulmuştur. Bulgular, Cezayir'in şu ana kadar yaşadığı en kurak döneme denk gelen son yıllarda yüksek düzeyde ağaç ölümlerinin gözlenmiş olduğu güney dağılım sınırında Atlas sedirinin iklim değişkenliğine verdiği ekolojik tepkiye ilişkin bilgileri vermiştir. Bu bilgi, bölgede devam eden ekosistem yönetimi çabalarını desteklemek için hayati önem taşımaktadır (Slimani *et al.* 2014).

Kalla *et al.* (2012) yaptıkları araştırmada Atlas sediri türünde yıllık halka incelemeleri ve iklim verileri arasındaki ilişkileri incelemişler ve türe özgü yıllık halka kronolojisi geliştirmişlerdir. yapmışlardır. Yazarlar araştırma sonucunda Cezayir'in kuzeydoğusundaki atlas sediri ormanlarının alanının yoğun ağaç ölümleri nedeniyle azalmış olduğunu tespit etmişlerdir. Bazı bölgelerde ağaçların %95'inden fazlasının yakın zamanda ölmüş olduğunu tespit etmişlerdir. Meydana gelen ağaç ölümlerinin kuraklık kaynaklı olduğunu belirtmişlerdir. Kuraklıkların sıklığı ve şiddeti açısından, yirminci yüzyılın sonraki yarısının daha kötü olduğunu açıklamışlardır.

Ilmen *et al.* (2014) yaptıkları çalışmada iklim değişikliğinin giderek daha fazla görülmesinden dolayı ve etkilerinin önemli olan bir gerçekliği temsil ettiğini belirtip küresel ölçekte ve özellikle Fas sedir ormanlarında artış beklenmiş olduğunu ifade etmişlerdir. Fas'taki sedir ormanı ekosistem verimliliğini etkileyebilecek iklim değişikliği etkisini incelemek için farklı bir model haline getirmiş olduklarını ifade etmişlerdir. Bu

nedenle, ağaç büyümesinin ölçülmesini destekleyen dendroekoloji, iklim unsurlarının orman meşcerelerinin verimliliği üzerindeki etkilerini incelemek için iyi adapte edilmiş verilere sahip olduğunu görmüşlerdir. Bu çalışma, Doğu Orta Atlas'ta bulunan "Taoalt" adlı bir ormanlık alanda gerçekleştirilmiş olup örnekleme, 20 *Cedrus atlantica* M. ağacından 2 karot/ağaç alınmasını ve bütün sahadan 40 karot alınmasını içermiştir. Çıkan sonuçlar, MS 1498'den 2011'e kadar olan ağaç halkası kronolojilerinin, 0,267 gibi yüksek bir ortalama hassaslıkla iklimsel değişimlere karşı çok duyarlı olduğunu ve sedir ormanını etkileyen belirli bir doğal düzensizlik sebebiyle önemli olabilecek dalgalanmaların fark edildiğini ortaya koymuşlardır. Sonuç olarak odun üretimi için gerekli olan Eylül ayındaki yağışlar sedir büyümesini olumlu yönde etkilediğini görmüşlerdir. Kış ayında (Ocak) düşük sıcaklıklar ve özellikle don olayları büyümenin büyük ölçüde bir şekilde azalmasına neden olabileceğini ortaya koymuşlardır.

Aas *et al.* (2023) devam etmekte olan iklim değişikliğinin Orta Avrupa'da *Picea abies* (Norveç ladini) ve *Pinus sylvestris* (Sarıçam) gibi yerli kozalaklı ağaçların büyüme koşullarını gittikçe daha fazla etkilediğini göstermek için bu çalışmayı yapmışlardır. Ekolojik ve ekonomik olarak devamlı ormanlar elde etmek için ormancılıkta *Cedrus libani* (Lübnan sediri) gibi yeni iklim koşullarına daha az etkilenebilecek alternatif türler aramışlardır. Bu çalışmada Orta Avrupa'da 25 yıl boyunca (1994-2019) yerli *P. abies* ve *P. sylvestris*'e kıyasla *C. libani*'nin iklim değişikliğine karşı büyüme tepkilerini amaçlanmıştır. Büyüme tepkileri, sıcaklık ve kuraklık gibi iklimsel olarak stres olaylarına karşı toleranslı bir tür olarak kullanılmıştır. *Cedrus libani* ve yerli kozalaklı ağaçların 40 yıllık ağaç meşcereleri için boy, göğüs yüksekliğindeki çap (DBH) ve radyal artış ölçülmüş olup seçilen iklim parametrelerine radyal büyüme tepkileri, kuraklık yılları (2003, 2012, 2015, 2018) için büyüme indeksi kronolojileri ve büyüme tepki indeksleri ile bootstrapped korelasyonları kullanılarak analiz edilip toleransa bakmışlardır. *C. libani* için radyal büyüme, kış sonu ve ilkbaharda yüksek su varlığı ile pozitif korelasyon gösterdiği görülmüştür. İklim değişikliğine karşı, *C. libani* en fazla direnci iyileşmeyi ve esnekliği gösterdiğinden dolayı Orta Avrupa'da iklime dayanıklı canlı ormanlar kurabilmek için alternatif bir kozalaklı ağaç türü olarak hizmet edebileceği görülmüştür.

Ayan ve Yer (2017) potansiyel ağaçlandırma çalışmalarına katkı sağlamak ve Toros sediri ağaçlandırma sahalarının tespiti için;türün yayılış haritası temel alınarak çalışmalarında Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.), Karaçamdan(*Pinus nigra*) sonra ağaçlandırma çalışmalarında en çok tercih edilen, plastitesi yüksek bir tür olduğunu ortaya koymuşlardır. Çalışmanın sonucunda; 15 Orman Bölge Müdürlüğünde 26 işletme müdürlüğü bünyesinde ve takriben 85 işletme şefliğinde/lokalitede Toros sediri ağaçlandırmalarının varlığını tespit etmişlerdir. Mevcut ağaçlandırma sahaları iklim sınıflandırmalarına göre incelendiğinde; De Martonne göre; Yöntemin belirlediği 8 iklim indisinden "Step-nemli arası", "Yarı nemli" ve "Step-yarı kurak" olan üç iklim tipinde Toros sediri plantasyonları görülmektedir. Erinç'e göre; "Nemli", "Yarı nemli" ve "Step-yarı kurak" iklim tipleri; Aydeniz'e göre ise belirlenen 7 iklim sınıflandırmasından "Kurak", "Yarı kurak", "Nemli" ve "Yarı nemli" iklim tiplerinin Toros sediri plantasyon alanlarında hakim olduğunu belirlemişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda Toros sedirinin iklim amplitudesinin fazla olduğunu teyit etmişlerdir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

Çalışmanın ana materyalini 3 farklı Sedir taksonundan elde edilen sürgün örnekleri oluşturacaktır. Yerli ve yabancı sedir türlerine ait bilgiler (Çizelge 3.1) verilmiştir. Ayrıca Atatürk Arboretumu'na ait genel bilgiler aşağıda verilmiştir.

Çizelge 3.1 Sedir taksonlarına ait bilgiler

No	Türkçe Adı	Latince Adı	Anavatanı- Orijini	Yaşı
1	Atlas Sediri	<i>Cedrus atlantica</i> (Endl.) Carr.	Kuzey Afrika	61
2	Himalaya Sediri	<i>Cedrus deodara</i> (Rox.) G. Don.	Himalayalar	56
3	Toros Sediri	<i>Cedrus libani</i> A. Rich	Anadolu ve Lübnan	61

3.1.1 Atatürk Arboretumu hakkında bilgi

Kuruluşu 1958 yılına dayanan Atatürk Arboretumu, Sarıyer İli sınırları içerisinde Belgrad Ormanının güney doğusunda 445 h a 'lık bir alanı kaplamaktadır. Coğrafi konum açısından 41°- 42° kuzey enlemleri ile 28°-29° doğu boylamları arasında yer almaktadır. Arboretum, İstanbul'a yaklaşık 20 km uzaklıktadır. Doğu sınırı İstanbul Boğazı'ndan 5 km, kuzey sınırı ise Karadeniz'den 8 km içeride kalmaktadır. Büyükdere ve Bahçeköy'ü Kemerburgaz'a bağlayan yol üzerinden ulaşım sağlanmaktadır. Arazinin genel bakışı güney-doğu ve güneybatı istikametindedir (Yaltırık 1988, Şat 2006). 3 ayrı flora bölgesine ait 450 türü bünyesinde barındırmaktadır. Doğal ve egzotik türlerle birlikte arboretumda 2000 takson bulunmaktadır (Öztürk ve Alan 2014). Atatürk arboretumuna ait iklim bilgileri aşağıda verilmiştir (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. Araştırma alanına ait iklim verileri

İklim Parametreleri	A Y L A R												Yıllık Ort.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Ort. Sıcaklık (°C)	4.6	4.3	6.3	10.7	15.2	19.6	22.0	22.1	18.3	14.3	9.5	6.5	12.7
En Yük. Sıcaklık (°C)	18.3	22.2	25.4	32.9	33.9	37.3	40.7	37.9	34.1	33.1	25.2	19.9	40.7
En düşük sıcaklık (°C)	-11.0	-11.4	-8.2	-2.2	0.3	6.1	8.2	8.0	6.4	0.2	-2.8	-7.6	-11.4
Yağış (mm)	149.9	111.2	101.0	56.3	44.1	42.2	39.4	63.8	70.5	117.3	132.5	183.2	1111.4
Bağıl nem (%)	81.4	78.3	76.9	75.0	77.2	76.6	77.9	78.5	78.4	80.4	80.5	80.6	78.4
Karla örtülü gün say.	3.9	5.6	2.0	-	-	-	-	-	-	-	0.1	2.1	13,7
Rüzgar yönü	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE

3.1.2 Don testlerine tabi tutulacak ibre yaprakların toplanması ve dondurma işlemi

Don testlerine tabi tutulacak sürgün örnekleri ağaçların güneye bakan kısımlarından ve tepe tacının orta kısımlarından alınmıştır. Donma testlerinde kullanmak üzere 20-30 adet ibre yaprak bulunan 1 yaşındaki sürgünler teleskopik budama makası ile yardımcı ile ağaçlardan toplanarak plastik torbalara konulmuştur. Don testlerinin önce ibreler 24 saat süreyle +4 °C derecede soğuğa uyum için bekletilmiştir. Dona dayanıklılık mevsimsel olarak Kasım ayı ortası, Şubat ve Mart ayı başında yapılmıştır. Dona dayanıklılık testlerinde 10 farklı düşük sıcaklık kademesi kullanılmıştır. Sürgün örnekleri Kasım ve Mart aylarında; Kontrol, -5, -7.5, -10, -12.5, -15, 17.5, -20, -25, -30 °C sıcaklık kademelerinde, Ocak ayında ise Kontrol, -5, -10, -15, -17.5, -20, -22.5, -25, -27.5, -30 °C düşük sıcaklık derecelerine maruz bırakılmıştır.

Donma testleri sürgünler kullanılarak yapılmıştır. Her sıcaklık kademesinde sürgün örnekleri 19x25 cm boyutlarındaki ağzı kilitli poşetlere konulmuştur. Örnekler hücreler arası buz oluşumunu ve örneklerin kurummasını önlemek amacı ile 10 ml civarında saf su püskürtülerek ıslatılmıştır. Sonrasında örnekler dondurulmak üzere oda sıcaklığındaki

soğutucu kabine yerleştirilerek sıcaklık saatte 5 °C azaltılarak hedeflenen sıcaklık kademelerine ulaşılmıştır. Düşük sıcaklık kademelerinde sürgünler 5 saat süreyle bekletilmiştir. Ardından dondurulmuş fidanların yavaş yavaş çözümlerini sağlamak amacı ile soğutma kabininin sıcaklığı saatte 5 °C artırılarak oda sıcaklığına çıkarılmıştır (Burr *et al.* 2001, Semerci, 2005, Semerci ve ark. 2008, İmal 2015). Mevsimsel olarak yapılacak dona dayanıklılık testlerinde her bir sedir türünün her bir sıcaklık kademesi 10 tekrarlı yürütülmüştür. Toplamda 900 adet sürgün örneği dondurulmuştur (3 tür x 10 sıcaklık x 10 tekrar x 3 mevsim=900).



Şekil 3.2 Atatürk Arboretumundan sedir türlerine ait sürgün örneklerinin toplanması



Şekil 3.3 Klorofil Floresans yöntemiyle ölçümlerin yapılması

3.1.3 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 °C ve +180 °C'dir. Programlanabilmekte ve otomatik olarak kontrol edilebilmektedir.
- Opti-Science OS-30P marka Klorofil Florometre cihazı ve karanlığa adapte klipsleri.

- ELIX-Millipore marka saatlik 10 litre üretim kapasiteli saf su cihazı.



Şekil 3.4 Kesilen sürgünlerin ağzı kilitli poşete konulması ve Sürgün örneklerinin soğutucu kabinde don testine tabi tutulması

3.1.4 Don testlerine sürgünlerde meydana gelen zararın belirlenmesi

3.1.4.1 Klorofil Floresans Yöntemi

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 sağlanmıştır. Karanlığa adapte işlemi sonrası ise oda sıcaklığında ibrelerde klorofil floresans ölçümleri klorofil florometre (OptiScience OS-30P +) cihazı ile yapılmıştır. Ölçümlerde, Fotosentetik verimlilik (F_v/F_m), Minimum floresans (F_o) ve Maksimum floresans (F_m) ve F_v/F_o parametreleri elde edilerek ve don zararının değerlendirilmesinde kullanılmıştır. 3 mevsimde toplamda 900 sürgündeki ibre yapraklar üzerinde ölçüm yapılmıştır.

3.1.4.2 Görsel değerlendirme yöntemi

Sedir türlerinde uygulanan don testlerinde, değişik sıcaklık kademelerine tabi tutulan ve kontrol gruplarına ait sürgün örnekleri laboratuvarında gerekli ölçümlerin ardından görsel değerlendirme yöntemi Sera ortamında 30 gün süre ile gözetim altında tutularak oluşan zarar miktarı belirlenmiştir. Bilindiği gibi dondan zarar gören dokularda kahverengi ve sarımsı renk oluşumu gözlenmektedir. Ayrıca zararın diğer bir görsel belirtisi de dokulardaki yumuşaklık ve sulu görünümüdür (Ritchie 1984, Semerci 2005).

Sürgünlerde meydana gelen zarar miktarını ölçmek için öncelikle sürgün gözlem çizelgesi oluşturulmuştur. Sürgünlerdeki renk değişimine bağlı olarak her bir orijin ve sıcaklık kademesi için ilgili skala 7, 14 ve 21. günde doldurularak meydana gelen don zararı görsel olarak değerlendirilmiştir. Yöntemde her bir sıcaklık kademesi ve türde 10 adet sürgün örneği kullanılmıştır.

Çizelge 3.3 Görsel değerlendirme skalası

Sürgünde meydana gelen zarar oranı	Görsel değerlendirme skala puanı
%0	0
%1-20	1
%21-40	2
%41-60	3
%61-80	4
%81-100	5

3.1.5 Verilerin değeriendirilmesi ve istatistiksel yöntemler

Bitkilerin dondan zarar gördüğü sıcaklık kademesi olarak ifade edilen LT50 değeri, sıcaklık ve doku zararı (CF ve GD) arasındaki ilişkiyi ortaya koyan doğrusal olmayan 17 regresyon model ve aşağıdaki formül kullanılarak tahmin edilmiştir (Kreyling *et al.* 2012).

$$Y_T = Y_{min} + \frac{Y_{max} - Y_{min}}{1 + e^{k \cdot (T_m - T)}}$$

Modelde;

Y_T : Sıcaklık kademelerindeki doku hasarı (CF ve GD)

Y_{min} : Bağımlı değişkenin alt yatay asimptotik değeri

Y_{max} : Bağımlı değişkenin üst yatay asimptotik değeri

k : Bağımlı eğrinin dikliğini temsil eden değer

T_m : LT50 değerine karşılık gelen eğrinin kırılma noktası ifade etmektedir.

Doğrusal olmayan regresyon eğrisi, regresyon analizi yöntemi ile oluşturulduktan sonra T_m değeri ile LT50 sıcaklık kademesi tahmin edilmiştir. Tüm işlemler JMP Pro-16 istatistik paket programı ile gerçekleştirilmiştir.

4. BULGULAR

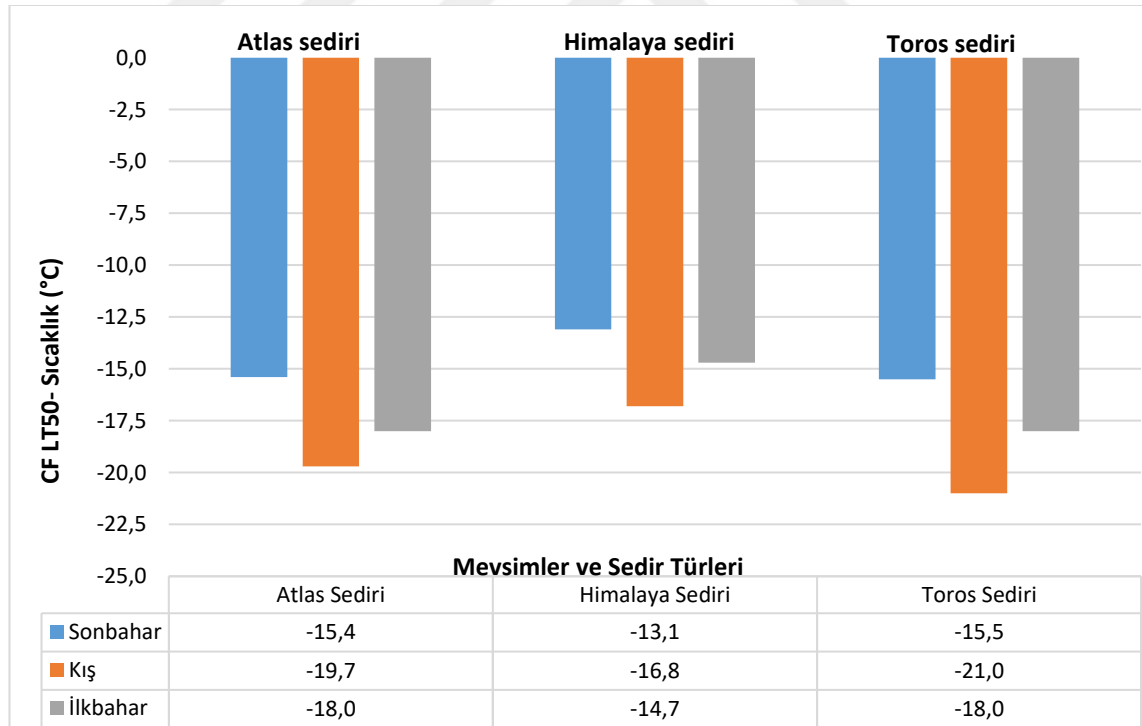
Atlas sediri, Himalaya sediri ve Toros sediri türlerinde sonbahar, kış ve ilkbahar mevsiminde yapılan dona dayanıklılık testleri sonrasında sürgünlerde meydana gelen zarar Klorofil florometre (CF) ve Görsel değerlendirme (GD) yöntemi ile belirlenmiştir. Söz konusu yöntemlerden elde edilen veriler ile doğrusal olmayan regresyon analizi kullanılarak belirlenen LT50 değerleri Çizelge 4.1 de verilmiştir. Araştırmadaki veriler genel olarak değerlendirildiğinde dona dayanıklı türler olarak Toros sediri ve Atlas sediri belirlenmiş, bu iki türe göre Himalaya sediri dona dayanıksız olarak belirlenmiştir. İlgili çizelgeden de anlaşılacağı üzere CF ve GD yöntemine göre belirlenen LT değerleri birbirine yakın sonuçlar göstermiştir.

Çizelge 4.1 Klorofil flourometre (CF) ve görsel değerlendirme (GD) yöntemine göre belirlenen LT50 değerleri

Türler	Klorofil floresans yöntemi Fv/Fm				Görsel değerlendirme- GD			
	Sonbahar Mevsimi							
	LT50 (°C)	SE	RMSE	R ²	LT50 (°C)	SE	RMSE	R ²
Atlas sediri	-15.4	0.246	0.034	0.991	-15.7	0.161	0.269	0.979
Himalaya sediri	-13.1	0.354	0.063	0.973	-13.0	0.122	0.384	0.971
Toros sediri	-15.5	0.102	0.064	0.972	-15.6	0.206	0.554	0.935
Türler	Klorofil floresans yöntemi Fv/Fm				Görsel değerlendirme- GD			
	Kış Mevsimi							
	LT50 (°C)	SE	RMSE	R ²	LT50 (°C)	SE	RMSE	R ²
Atlas sediri	-19.7	0.172	0.055	0.972	-19.9	0.173	0.406	0.966
Himalaya sediri	-16.8	0.137	0.051	0.978	-16.6	0.135	0.396	0.968
Toros sediri	-21.0	0.144	0.094	0.923	-20.8	0.204	0.509	0.937
Türler	Klorofil floresans yöntemi Fv/Fm				Görsel değerlendirme- GD			
	İlkbahar Mevsimi							
	LT50 (°C)	SE	RMSE	R ²	LT50 (°C)	SE	RMSE	R ²
Atlas sediri	-18.0	0.123	0.054	0.975	-17.5	0.207	0.513	0.915
Himalaya sediri	-14.7	0.150	0.068	0.961	-14.3	0.156	0.390	0.965
Toros sediri	-18.0	0.121	0.050	0.977	-17.9	0.184	0.438	0.932

* SE: standar hata, RMSE: modelin standart hatası ($\sqrt{\text{sse}/n}$), sse: standart hataların toplamı, n: 10 fidan, R² korelasyon katsayısı

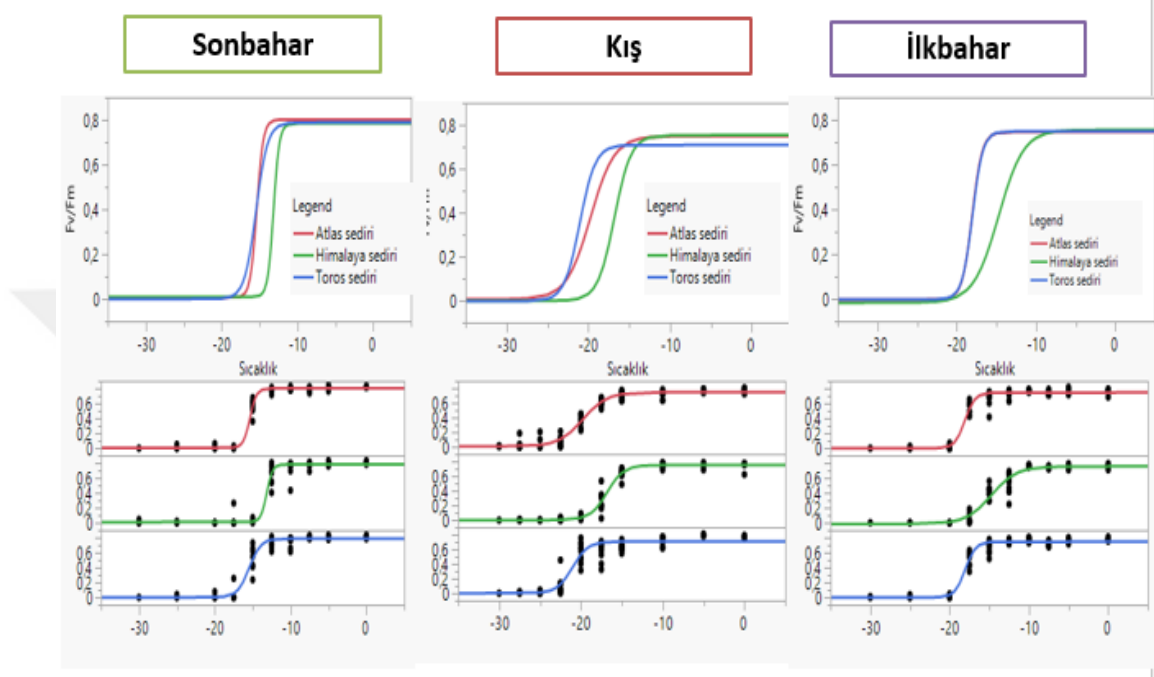
CF yöntemine ait elde edilen LT50 değerleri türlere göre incelendiğinde (Şekil 4.1); Atlas sedirinde don zararı sonbaharda -15.4°C , kışın -19.7°C , ilkbaharda -18.0°C de başlamıştır. Himalaya sedirinde don zararı mevsimlere göre sonbaharda -13.1°C , kışın -16.8°C , ilkbaharda -14.0°C de, Toros sedirinde ise don zararı mevsimlere göre sonbaharda -15.5°C , kışın -21.0°C , ilkbaharda -18.0°C de başlamıştır. CF yöntemine göre elde edilen LT50 değerleri türler arasında değerlendirildiğinde ise, sonbahar, kış ve ilk bahar mevsimlerinde dona en dayanıklı tür olarak Toros sediri yer almış onu sırası ile Atlas sediri ve Himalaya sediri izlemiştir. İlgili şekilden de anlaşılacağı üzere türlerin dona dayanıklılık düzeyleri aylara göre farklılık göstermektedir. Tüm türlerde dona dayanıklılık kış mevsiminde ilkbahar ve sonbahar mevsimlerine göre yüksek bulunmuştur. Bu sonuç kış mevsiminde bitlerin tam dormansiye girmesi ile doğru orantılıdır. Mevsimlere göre türlerin dona dayanıklılık düzeyleri arasında Atlas sedirinde -4.3°C lik bir fark, Himalaya sedirinde -3.7°C lik Toros sedirinde ise 5.5°C lik bir fark meydana gelmiştir.



Şekil 4.1 Klorofil florometre yöntemi ile elde edilen dona dayanıklılık düzeyleri (LT50)

CF yönteminde türlere ve mevsimlere göre ölçülen fotosentetik verimlilik değerleri tüm türlerde sıcaklık kademelerinin artması ile düşüş göstermiştir. Türlerin fotosentetik

verimlilik değerleri sonbaharda ortalama -14.6°C de, kışın -19.1°C de ilkbaharda ise -16.9°C de azalış göstermeye başlamıştır. Fotosentetik verimlilik bakımından Toros sediri tüm mevsimlerde diğer türlere kıyasla daha yüksek bir değer almıştır. Himalaya sedirinde ise Fotosentetik verimlilik tüm mevsimlerde daha düşük değerler göstermiştir (Şekil 4.2).

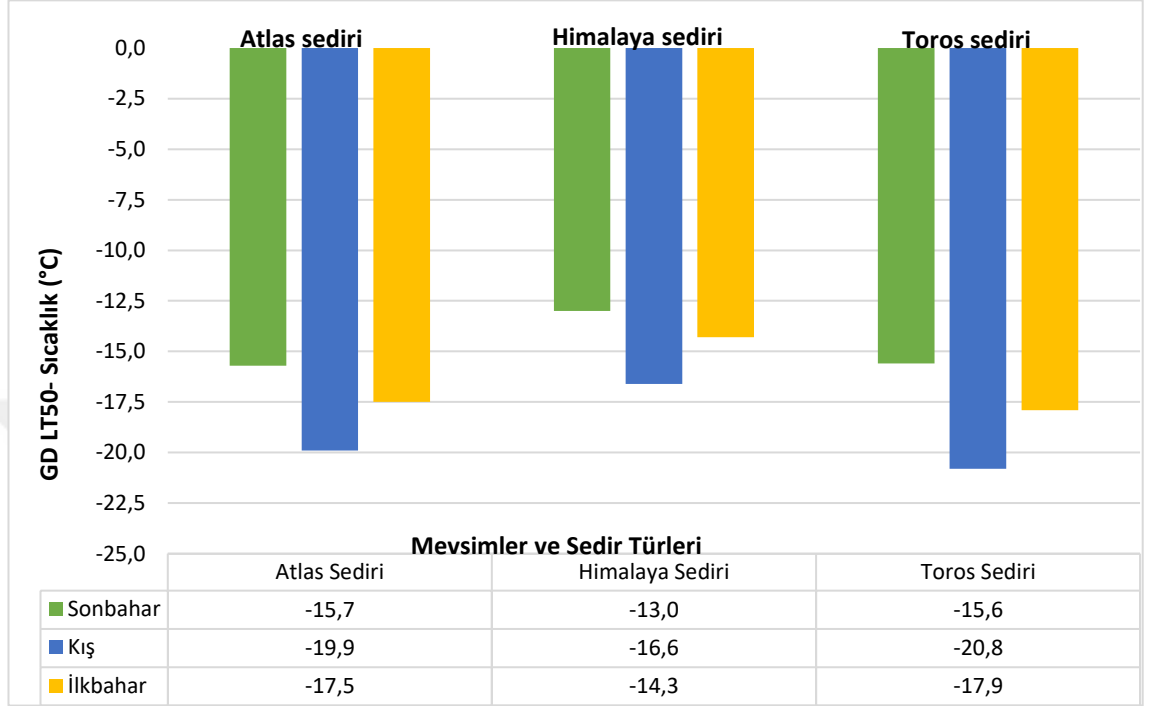


Şekil 4.2 Türlerin sıcaklığa bağlı Fv/Fm değerleri

Araştırmada don zararının belirlenmesinde diğer bir yöntem olan Görsel değerlendirme (GD) sonuçlarından elde edilen LT50 değerleri türlere göre incelendiğinde (Şekil 4.3); Atlas sedirinde don zararı sonbaharda -15.7°C , kışın -19.9°C , ilkbaharda -17.5°C de başlamıştır. Himalaya sedirinde don zararı mevsimlere göre sonbaharda -13.0°C , kışın -16.6°C , ilkbaharda -14.3°C de, Toros sedirinde ise don zararı mevsimlere göre sonbaharda -15.6°C , kışın -20.8°C , ilkbaharda -17.9°C de başlamıştır.

GD yöntemine göre elde edilen LT50 değerleri türler arasında değerlendirildiğinde, sonbahar, kış ve ilk bahar mevsimlerinde dona en dayanıklı tür olarak Toros sediri yer almış onu sırası ile Atlas sediri ve Himalaya sediri izlemiştir. CF yönteminde olduğu gibi GD yönteminde de türlerin dona dayanıklılık düzeyleri aylara göre farklılık göstermiş, tüm türlerde dona dayanıklılık kış mevsiminde ilkbahar ve sonbahar mevsimlerine göre yüksek bulunmuştur. Mevsimlere göre türlerin dona dayanıklılık düzeyleri arasında Atlas

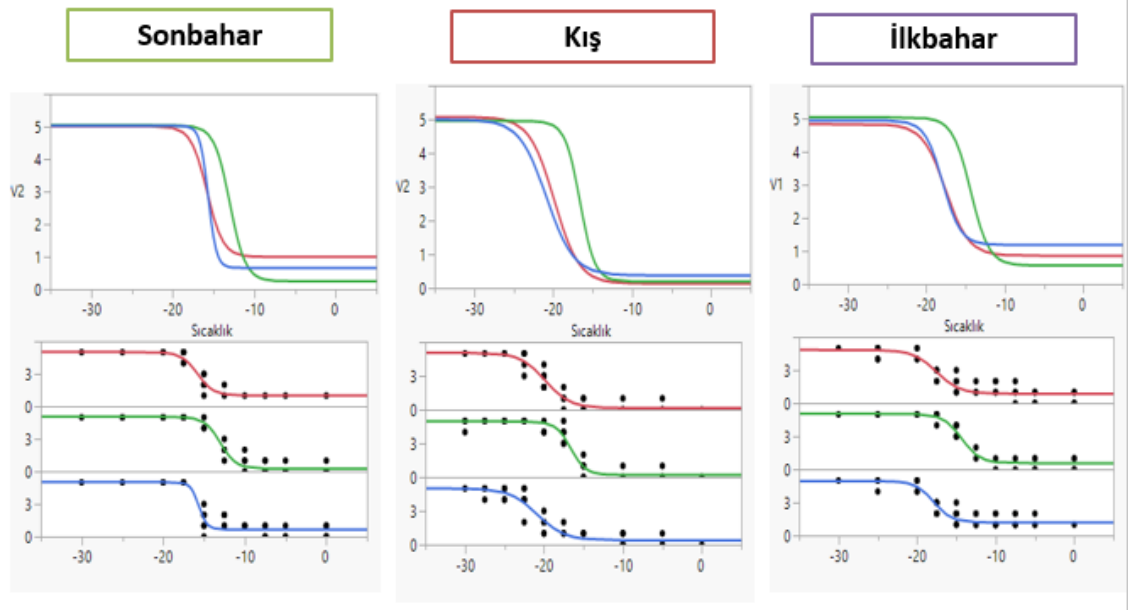
sedirinde -4.2°C lik bir fark, Himalaya sedirinde -3.6°C , Toros sedirinde ise 5.2°C lik bir fark oluşmuştur.



Şekil 4.3 Görsel değerlendirme yöntemi ile elde edilen dona dayanıklılık düzeyleri (LT50)

GD yöntemine göre bitki dokularında ölçülen zarar miktarı don şiddeti arttıkça artış göstermiştir. İlgili şekilden de anlaşılacağı üzere grafiksel olarak kritik değer olan %50 oranındaki zarar türlerine ve mevsimlere göre ortalama sonbaharda -14.7°C de, kışın -19.1°C ilkbaharda ise -16.5°C den sonra başlamıştır. GD yönteminde de CF yönteminde olduğu gibi Toros sediri tüm mevsimlerde Atlas sediri ve Himalaya sedirine kıyasla hücrelerinde daha az zarar alarak dona dayanıklılık bakımından ilk sırada yer almıştır (Şekil 4.3).

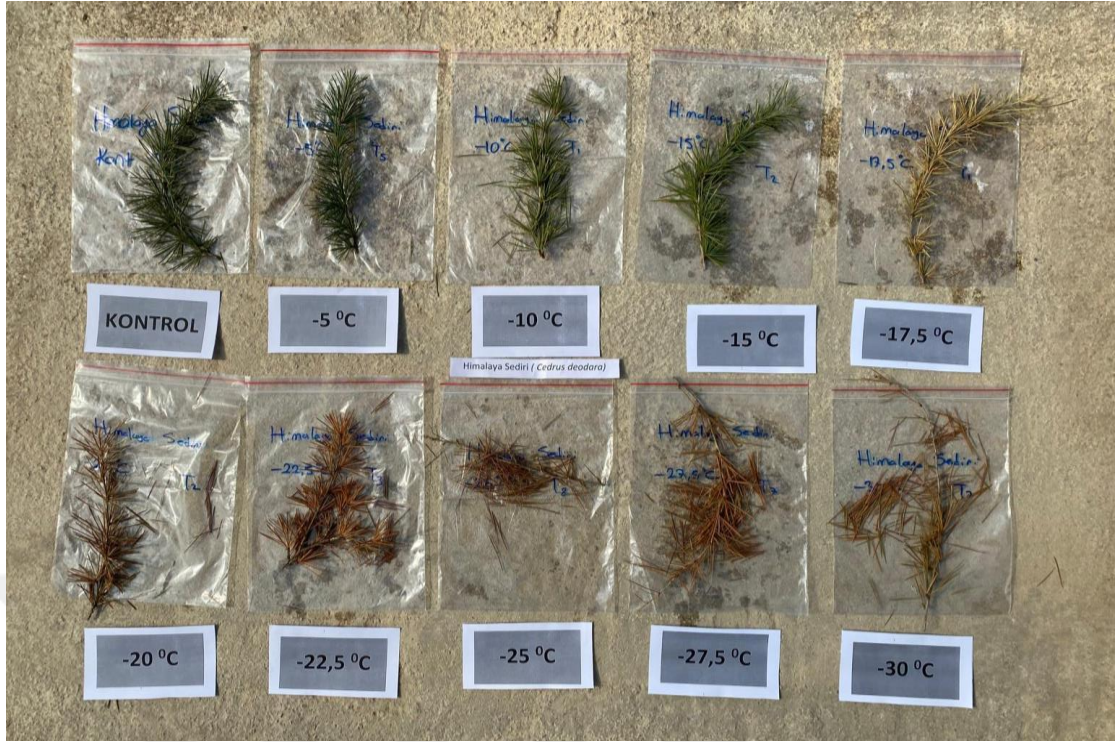
Araştırmada kullanılan CF ve GD yöntemlerinden elde edilen bulgular genel olarak benzerlik göstermektedir. Her iki yöntemde de Toros sedirini dona daya dayanıklı tür olarak tespit edilmiş, Toros sedirini sorası ile Atlat ve Himalaya sediri izlemiştir. Aşağıda kış ayında türlerin dokularında meydana gelen don zararı görsel olarak Şekil 4.4, Şekil 4.5, Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’de verilmiştir.



Şekil 4.4 Türlerin sıcaklığa bağlı GD değerlendirmedeki zarar miktarları



Şekil 4.5 Atlas sedirinde kış ayında görsel don zararı



Şekil 4.6 Himalaya sedirinde kış ayında görsel don zararı



Şekil 4.7 Toros sedirinde kış ayında görsel don zararı

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Günümüzde küresel iklim değişikliğinin genel sonucunun ortalama sıcaklıkların artması olacağı tahmin edilmektedir. Ancak bir diğer önemli sonucu da ekstrem hava olaylarının (don, kuraklık, sel, yüksek sıcaklıklar vs) sıklığının ve şiddetinin artması şeklinde olacağı tahmin edilmektedir. Bu nedenle gelecekte de bitkiler don olayları ile karşılaşacak ve zarar görmeye devam edecektir. Bu nedenle orman ağaçlarının dona dayanıklılık düzeylerinin araştırılması gereklilik arz etmektedir. Yine orman ağaçların peyzaj amaçlı kullanılmaları durumunda götürülecekleri yerde başarılı olmaları için orada oluşacak donlara da dayanıklı olmaları gerekir. Bu çalışmada Atlas sediri, Himalaya sediri ve Toros sediri türlerinde dona dayanıklılık düzeyleri mevsimsel olarak tespit edilmiştir. Türlerin dona dayanıklılık düzeyleri (LT50) Klorofil floresans (CF) ve Görsel değerlendirme (GD) yöntemleri ile belirlenerek orijinal bulgulara ulaşılmıştır.

Türlerin dona dayanıklılık düzeyleri (LT50) CF ve GD yöntemlerine göre sırası ile, Sonbaharda Atlas sedirinde -15.4 °C ve -15.7 °C, Himalaya sedirinde -13.1 °C ve -13.0 °C, Toros sedirinde -15.5 °C ve -15.6 °C, kışın Atlas sedirinde -19.7 °C ve -19.9 °C, Himalaya sedirinde -16.8 °C ve -16.6 °C, Toros sedirinde -21.0 °C ve -20.8 °C, ilkbaharda ise Atlas sedirinde -18.0 °C ve -15.5 °C, Himalaya sedirinde -14.7 °C ve -14.3 °C, Toros sedirinde -18.0 °C ve -17.9 °C olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.1, Şekil 4.1, Şekil 4.3). Elde edilen bulgular neticesinde türler arasında dona en dayanıklı tür olarak Toros sediri ardından Atlas sediri ve en dayanıksız tür olarak ta Himalaya sediri tespit edilmiştir. Nitekim elde edilen bu sonuçlar türlerin doğal yetişme ortamındaki iklim koşullarını temsil ettiklerini göstermektedir.

Amerikan Tarım Bakanlığına bağlı ormancılık servisi (USDA) tarafından yapılan dona dayanıklılık araştırmasında Toros sediri ve Atlas sediri Zon 7 (-12.2 ile -17.7 °C arası) de yer almakta, Himalaya sediri ise Zon 8 (-6.7 ile -12.1 °C arası) de yer almaktadır (Bannister and Neuener 2001). Araştırmamızdan elde ettiğimiz sonuçlar bu sınıflandırma sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Araştırmamızda Toros sediri türünde kışın dona dayanıklılık CF ve GD yöntemlerine göre ortalama -20.9 °C olarak tespit edilmiştir. Çakmak (2021) yapmış olduğu çalışmasında farklı orijinlere ait Toros sedirlerinde don

zararının kışın -20°C ile -22.5°C arasında başladığını yine İmal et al. (2024) Toros sedirinde kışın don zararının -22.9°C 'de, Kreyling et al. (2015) ise -23.9°C 'de başladığını tespit etmişlerdir. Söz konusu araştırmacıların bulmuş oldukları sonuçlar çalışmadan elde edilen sonuçlar ile uyumaktadır. Bununla birlikte araştırmacıların elde ettikleri sonuçlar arasında $2-3^{\circ}\text{C}$ farklılık olması son derece doğaldır. Zira dona dayanıklılık araştırmalarında bitkinin geldiği yükselti kuşağı, orijin, testin hangi zamanda yapıldığı, gübreleme, sulama, laboratuvarında kullanılan cihaz ve aletlerin farklılık göstermesi gibi birçok etken rol oynamaktadır.

Araştırmada don zararının belirlemede kullanılan CF ve GD yöntemlerinden elde edilen sonuçlar birbirine benzerlik göstermiştir. Bu durum bulguların daha sağlıklı değerlendirilmesine de olanak sağlamıştır. Nitekim CF ve GD yöntemlerine göre elde edilen LT50 değerleri arasında sonbaharda Atlas sedirinde -0.3°C , Himalaya sediri ve Toros sedirinde -0.1°C , Kışın Atlas sediri ve Himalaya sedirinde -0.2°C , Toros sedirinde -0.3°C ilkbahar mevsiminde ise Atlas sedirinde -0.5°C , Himalaya sedirinde -0.4°C ve Toros sedirinde -0.1°C lik bir fark tespit edilmiştir. Bu sonuçlar neticesinde bitkilerde dona dayanıklılık düzeylerinin belirlenmesinde daha hızlı ve kolay sonuçların alındığı CF yöntemi tavsiye edilebilir. Nitekim İmal et al.(2024) dona dayanıklılık çalışmalarında don zararının belirlenmesinde CF yönteminin kullanılmasını önermişlerdir.

Araştırmadan elde edilen sonuçlar neticesinde, özellikle kentsel ve peyzaj amaçlı yapılacak ağaçlandırma çalışmalarında Toros sedirinde sıcaklıkların -20.9°C , Atlas sedirinde -19.8°C ve Himalaya sedirinde -16.7°C 'nin altına düştüğü bölgelerde söz konusu türlerin kullanılmaması tavsiye edilebilir. Ayrıca çalışma sonuçları kentsel ve peyzaj amaçlı ağaçlandırma çalışmalarında tür seçimine yardımcı olarak uygulama çalışmalarında pratik çözüm önerileri getirmesi bakımından önemlidir.

Orman ağaçlarının dona dayanıklılık düzeyleri onların dormansinin hangi aşamasında olduklarıyla yakından ilgilidir. çoğunlukla aktif büyümenin olduğu vejetasyon mevsiminde dona dayanıklılık en düşük seviyede iken tam dormansi aşamasında yaşandığın kış ortasında ise dona dayanıklılık düzeyi en yüksek seviyesine ulaşır. Çalışmamızda da dona dayanıklılığın en yüksek olduğu ay Şubat ayı olmuştur. Kasım ve

Mart aylarında ise dona dayanıklılık düzeyi Şubat ayına kıyasla daha düşük olmuştur ve bu beklenen bir durumdur. Ağaçların su içerikleri, hormonal düzeyleri gibi faktörler kışın dona dayanıklılığın diğer mevsimlere kıyasla daha yüksek olmasında etkili faktörlerdendir.

Bitkilerin stres koşullarına cevap verme yetenekleri onların coğrafik dağılımları üzerinde de etkilidir. Özellikle olumsuz toprak ve iklim koşulları sonucu oluşan stres faktörlerine karşı iyi bir savunma geliştiren bitkiler hayatta kalırken, geliştiremeyenler büyük oranda zarar görmekte ya da ölmektedir. Bu nedenle stresin oluşturduğu zararın ve bitkilerin bu streslere verdikleri tepkilerin fizyolojik olarak belirlenmesi bitkilerin ıslahı için önem taşımaktadır (Kramer 1986, Dirik 1994, Kozłowski and Pallardy 1996).

KAYNAKLAR

- Ahmad, P., Prasad, M. N. V., 2011. Environmental adaptations and stress tolerance of plants in the era of climate change. Springer Science, Business Media, 515 page, London.
- Akkemik, Ü., 2014. Türkiye'nin doğal-egzotik ağaç ve çalıları Gymnospermler, Angiospermler (AG). TC Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, 736 sayfa, Ankara.
- Ayan, S., Yer, E. N., Gülseven, O., 2017. Türkiye'deki Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) ağaçlandırma sahalarının iklim tipi açısından değerlendirilmesi. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 18(2): 152-161.
- Bannister, P. and Neuner, G. 2001. Frost resistance and the distribution of conifers. Conifer Cold Hardiness, In: Kluwer Academic Publishers Bigras, F. J. and Colombo, S. J. (eds), Kluwer Academic Publishers Chapter 1, pp. 3-21, New York
- 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.
- Burr, K. E., Hawkins, C. D. B., Hironelle, 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, pp 369-401, Canada.
- Çakmak, F., 2021. Ankara-İlyakut Toros Sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) Orijin Denemelerinde Bazı Orijinlerin Dona Dayanıklılıklarının Belirlenmesi Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, 96 sayfa, Çankırı.
- 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, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 51 sayfa, Trabzon.
- Dirik, H. 2008. Plantasyon (Bitkilendirme ve Dikim) Teknikleri, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, 543 sayfa, İstanbul.

- Doğru, A. 2006. Kolza (*Brassica napus* L. ssp. *oleifera*)’nın bazı kışlık çeşitlerinde düşük sıcaklık toleransı ile ilgili fizyolojik ve biyokimyasal parametrelerin araştırılması. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, 166 sayfa, Ankara.
- ERA5, 2021. Web sitesi. www.iklimhaber.org. Erişim Tarihi:21.02.2024
- FLORANATOLICA-CEDRUS DEODORA, 2024. Web sitesi. <https://www.floranatolica.com/index.php>. Erişim Tarihi: 21.02.2024.
- Hanewinkel, M., Cullmann, DA, Schelhaas, MJ, Nabuurs, G.J., Zimmermann, NE., 2013. Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land. *Nature climate change*, 3(3): 203-207.
- Ilmen, R., Sabir, A., Benzyane, M., Karrouk, M. S., 2014. Variability and dynamic response of the cedar to climate change in the Eastern Middle Atlas Mountains, Morocco. *Moroccan Journal of Chemistry*, 2(5): 2-5.
- İmal, B. 2015. Bazı Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arnold ssp. *pallasiana* [Lamb.] Holmboe) orijinlerinin dona ve kuraklığa karşı dayanıklılıklarının ekofizyolojik olarak belirlenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, 179 sayfa, İstanbul.
- İmal, B., Caliskan, A., Coban, S., Meşe, Ö., 2018. The effect of low temperature degrees on Pedunculate Oak (*Quercus robur* L.) seeds,. International Congress on Engineering and Life Science, 26-29 April 2018, Kastamonu,TURKEY. (Oral presentation).
- İmal, B., Semerci, A., & Gonzalez-Benecke, C. A. 2024. Intraspecific variability in cold hardiness of Taurus cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) in Türkiye. *European Journal of Forest Research*, 143(2): 727-737.
- İmal, B., Semerci, A., Çoban, S., Özel, H.B., Çiçek, N., 2023. İstanbul-Atatürk Arboretumundaki doğal ve egzotik bazı Gökmar (Abies spp.) taksonlarının dona dayanıklılıkları, ÇAKÜ Bilimsel Araştırma Projesi Sonuç raporu.
- Kherchouche, D., Kalla, M., Gutiérrez, E. M., Attalah, S., Bouzghaia, M. 2012. Impact of droughts on *Cedrus atlantica* forests dieback in the Aurès (Algeria). *Journal of Life Sciences*, 6(11): 1262-1269.
- Kozłowski, T. T. and Pallardy, S. G. 1996. *Physiology of woody plants*, Second Edition, Academic press, 411 pages, United States of America.
- Kratsch, H. A., Wise, R. R. 2000. The ultrastructure of chilling stress. *Plant, Cell Environment*, 23(4): 337-350.

- Kratsch, H.A., Wise, R.R., 2000. The ultrastructure of chilling stress. *Plant, Cell Environment*, 23(4): 337-350.
- Kreyling, J., Schmid, S. and Aas, G., 2015. Cold tolerance of tree species is related to the climate of their native ranges. *Journal of Biogeography*, 42(1):156-166.
- Larcher, W., 2003. *Physiological plant ecology* 4th edition, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 604 pages, New York.
- Linden, L., 2002, *Measuring cold hardiness in woody plants*, University of Helsinki Department of Applied Biology Publication, 57 pages, Helsinki.
- Mahajan, S., Tuteja, N. 2005. Cold, salinity and drought stresses: an overview. *Archives of biochemistry and biophysics*, 444(2): 139-158.
- Mahajan, S., Tuteja, N., 2005. Cold, salinity and drought stresses: an overview. *Archives of biochemistry and biophysics*, 444(2): 139-158.
- Maxwell, K. and Johnson, G. N., 2000. Chlorophyll fluorescence a practical guide. *Journal of Experimental Botany*, 345: 659-668.
- NGBB Bizim Bitkiler, 2022. Web sitesi: <https://bizimbitkiler.org.tr>. Erişim tarihi: 20.01.2024.
- OGM, 2013. Web sitesi: <http://www.ogm.gov.tr>. Erişim Tarihi: 20.02.2024.
- OGM, 2019. Web sitesi: <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane-sitesi/Yayinlar>. Erişim tarihi: 22.01.2024.
- OGM, 2024. Web sitesi. <https://ataturkarboretumu.ogm.gov.tr>. Erişim Tarihi: 12.02.2024.
- Özen, H. Ç., Onay, A. 2007. *Bitki fizyolojisi*, Nobel Yayınları, 332 sayfa Ankara. ISBN: 978-605-395-017-2.
- Öztürk, M., Alan, M., 2014. *Arboretum planlama ilkeleri*, Orman Genel Müdürlüğü Yayınları. 128 Sayfa, Ankara.
- Pearce, R. S. 2001. Plant freezing and damage. *Annals of botany*, 87(4): 417-424.
- Rab, A., Saltveit, M. E. 1996. Sensitivity of seedling radicles to chilling and heat-shock-induced chilling tolerance. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 121(4): 711-715.
- Rab, A., Saltveit, M.E., 1996. Differential chilling sensitivity in cucumber (*Cucumis sativus*) seedlings. *Physiol. Plantarum.*, 96: 375-382.

- Ritchie, G. A. 1984. Assessing seedling quality. In: Springer, Forestry nursery manual: production of bareroot seedlings. Marry, L. D. and Landis, T. D. (eds), Springer, pp. 243-259, Holland.
- Saltveit, M.E. and Morris, L. L. 1990. Overview of chilling injury in horticultural crops, In: Chilling Injury of Horticultural Crops. C.Y. Wang, (eds), CRC Press, pp. 3-15, Florida.
- Semerci, H., 2005, Farklı zonlarından örneklenen Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold subspecies *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) orijinlerinin soğuğa dayanıklılıkları, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, 97 sayfa, Ankara.
- Semerci, H., Semerci, A., İmal, B. ve 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.
- Slimani, S., Derridj, A., Gutierrez, E., 2014. Ecological response of *Cedrus atlantica* to climate variability in the Massif of Guetiane (Algeria). Forest Systems, 23(3): 448-460.
- Stegner, M., Wagner, J., Neuner, G., 2020. Ice accommodation in plant tissues pinpointed by cryo-microscopy in reflected-polarised-light. Plant Methods, 16: 1-9.
- Stegner, M., Wagner, J., & Neuner, G. 2020. Ice accommodation in plant tissues pinpointed by cryo-microscopy in reflected-polarised-light. Plant Methods, 16: 1-9.
- Şat, B., 2006. Doğa koruma ve çevre eğitimi açısından arboretumların işlevleri ve Atatürk Arboretumu. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, 56(2): 253-270.
- Şat, B., 2006. Doğa koruma ve çevre eğitimi açısından arboretumların işlevleri ve Atatürk Arboretumu. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri A, 56 (2):253-270.
- Ürgenç, S., 1998. Ağaçlandırma tekniği yenilenmiş ve genişletilmiş ikinci baskı. İ.Ü. Orman Fak. Yayınları, 600 sayfa, İstanbul, ISBN. 975-404-446-5.
- Vernieri, P., Lenzi, A., Figaro, M., Tognoni, F. Pardossi, A., 2001. How the roots contribute to the ability of *Phaseolus vulgaris* L. to cope with chilling-induced water stress. J. Exp. Bot., 52: 2199-2206.

- Vernieri, P., Lenzi, A., Figaro, M., Tognoni, F., & Pardossi, A. 2001. How the roots contribute to the ability of *Phaseolus vulgaris* L. to cope with chilling-induced water stress. *Journal of Experimental Botany*, 52(364): 2199-2206.
- WFC, 2009. Web sitesi: <http://www.apps.worldforestry.org>. Erişim Tarihi: 24.02.2024.
- WIKIPEDIA, 2022. https://tr.wikipedia.org/wiki/Atlas_sediri. Erişim Tarihi:22.01.2024
- WIKIPEDIA, 2024. http://tr.wikipedia.org/wiki/Toros_sediri. Erişim Tarihi:22.01.2024
- Yaltırık, F., 1988. Atatürk Arboretumu, İstanbul Üniversitesi Orman Fakóltesi Dergisi, Seri A, 38.Cilt, Sayı: 2.
- Żróbek-Sokolnik, A.,2012. Temperature stress and responses of plants,In: Environmental adaptations and stress tolerance of plants in the era of climate change. Ahmad, P., and Prasad M.N.V. (eds), Springer Science & Business Media, pp 113-134, New York City.
- Zsolnay, N., Walentowitz, A., & Aas, G.,2023. Impact of climatic conditions on radial growth of non-native *Cedrus libani* compared to native conifers in Central Europe. *Plos one*, 18(5): 1-23

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı- Soyadı : Tuğba HAMZAOĞLU

Eğitim

Yüksek Lisans	Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı	2020-2024
Lisans	İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü	2009-2015

İş Deneyimi

Yıl	Kurum	Görev
2017-2022	Orman Genel Müdürlüğü	Danışman Mühendis