

T. C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DEĞİŞİK ISLAH ZONLARINDAN ÖRNEKLENEN KIZILÇAM (*Pinus brutia* Ten.)
AİLELERİNİN DONA DAYANIKLILIKLARININ BELİRLENMESİ

DOKTORA TEZİ

Abdullah KAPLAN

Danışman
Prof. Dr. Zafer ÖLMEZ

ARTVİN-2023

T. C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DEĞİŞİK ISLAH ZONLARINDAN ÖRNEKLENEN KIZILÇAM (*Pinus brutia* Ten.)
AİLELERİNİN DONA DAYANIKLILIKLARININ BELİRLENMESİ

DOKTORA TEZİ

Abdullah KAPLAN

Danışman
Prof. Dr. Zafer ÖLMEZ
Dr. Öğr. Üyesi Bora İMAL

ARTVİN-2023

TEZ BEYANNAMESİ

Artvin oruh Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsüne Doktora Tezi olarak sunduğum ‘‘Değişik Islah Zonlarından rneklenen Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Ailelerinin Dona Dayanıklılıklarının Belirlenmesi’’ başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanlarım Prof. Dr. Zafer ÖLMEZ ve Dr. Öğr. Üyesi Bora İMAL ‘in sorumluluğunda tamamladığımı, araştırmada kullandığım materyali Orman Genel Müdürlüğü, Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma Enstitüsü Müdürlüğünden izin alarak kullandığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı taahhüt ederim. Aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Lisansüstü Eğitim-ğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim.

- ☐ Tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.
- ☐ Tezim sadece Artvin oruh niversitesi yerleşkelerinden erişime açılabilir.
- ☒ Tezimin 6 ay süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.

19/06/2023

Abdullah KAPLAN

İmza

T. C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DEĞİŞİK ISLAH ZONLARINDAN ÖRNEKLENEN KIZILÇAM (*Pinus brutia*
Ten.) AİLELERİNİN DONA DAYANIKLILIKLARININ BELİRLENMESİ

Abdullah KAPLAN

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 02/06/2023

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 19/06/2023

Başkan : Prof. Dr. Ali Ömer ÜÇLER

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Zafer ÖLMEZ

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Sinan GÜNER

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Ercan OKTAN

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Aşkın GÖKTÜRK

İkinci Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Bora İMAL

ONAY:

Bu Doktora Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından 19/06/2023 tarihinde **oybirliği** ile uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun .../.../..... tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

.../.../.....

Doç.Dr. Mustafa Çağatay KORKMAZ
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

“Değişik Islah Zonlarından Örneklenen Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Ailelerinin Dona Dayanıklılıklarının Belirlenmesi” konusunda yapılan bu çalışma; Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında doktora tezi olarak hazırlanmıştır. Ayrıca bu tez Orman Genel Müdürlüğü, Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ağaç Islahı Araştırmaları Başmühendisliğinde diğer çalışmalar adı altında yürütülmüştür.

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Prof. Dr. Zafer ÖLMEZ’e, literatür araştırmalarımda ve laboratuvar çalışmalarımda yardımını esirgemeyen ve tecrübesiyle yardımcı olan değerli eş danışman hocam Dr. Öğr.Üyesi Bora İMAL’e teşekkürlerimi sunarım.

Bu tezin başından sonuna kadar idari desteklerinden dolayı Süleyman Işık DERİLGİN’e, verilerin elde edilmesi, analizi ve tezin yazım aşamasında yardımlarını esirgemeyen Oğuz Şerif URHAN ve Mehmet ACET’e, arazi ve laboratuvar çalışmalarımda yardımlarını esirgemeyen mesai arkadaşlarım Mehmet DOĞAN, Uğur MEMİŞ, Sinem ŞATIROĞLU ERGİN, Tuğçe ÖNBAŞ ve ORHAN DEMİR’e, arazi çalışmasından laboratuvar çalışmasına kadar tüm aşamalarda yardım eden Sami ÖZTÜRK’e, Denizli Orman Fidanlık Müdürlüğü personeline, haritaların yapılmasında emeklerinden dolayı Murat ÇETİNER’e teşekkür ederim. Ayrıca, laboratuvar çalışmalarında destek veren ve bizi yalnız bırakmayan Hüsna GEDİKBAŞ, Kübra DURSUN, Eda İLK MEN, Büşra BİNDAL, Metehan DUMAN, Oğuz ALTUNDAL, Dilara ÇOBANOĞLU, Ebru ARĞA, Elif Çağla ÇETİNKAYA’ya teşekkür ederim.

Bugünlere gelmemde üzerimde büyük emeği olan, hayatım boyunca her zaman desteklerini hissettiğim ve bu tez süreci bir an önce bitsin diye dualar eden aileme; yine tez süreci boyunca desteklerini esirgemeyen Nalbantoğlu ailesine teşekkür ederim. Son olarak teşekkürün en büyüğünü hak eden, sabrı ve desteğiyle bu çalışmanın tüm aşamalarında yanımda olan sevgili eşim Sibel Seçil KAPLAN’a; tezimin tamamlanma aşamasında dünyaya gelen biricik kızım Asel Doğa KAPLAN’a müteşekkirim. İyi ki varsınız.

Araştırmanın bilimsel ve teknik açıdan uygulayıcılara faydalı olmasını dilerim.

Abdullah KAPLAN
Artvin - 2023

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
TEZ BEYANNAMESİ.....	I
ÖNSÖZ.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÖZET.....	VI
SUMMARY	VII
TABLolar DİZİNİ	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
KISALTMALAR DİZİNİ	XI
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Genel Bilgiler	1
1.2. Kızılçamın Yayılış ve Ekolojik Özellikleri.....	3
1.3. Düşük Sıcaklık Stresi ve Dona Dayanıklılık.....	5
1.4. Odunsu Bitkilerde Dona Dayanıklılığın Belirlenmesi	10
1.4.1. Örneklerin Don Stresine Maruz Bırakılması	11
1.4.2. Don Stresinde Sıcaklığın Düşürülme Hızı, Strese Maruz Kalma Süresi ve Sıcaklığın Tekrar Yükseltilmesi	13
1.4.3. Don Stresi Sonrasında Örneklerde Meydana Gelen Zararın Belirlenmesi ..	15
1.4.3.1. Görsel Değerlendirme Yöntemi.....	15
1.4.3.2. Klorofil Floresans Yöntemi	17
1.4.3.3. İyon Sızıntısı Yöntemi	21
1.4.4. Bitkide Meydana Gelen Düşük Sıcaklık Stresi Zararının Analizi	22
1.4.4.1. Doğrusal Enterpolasyon.....	22
1.4.4.2. Spearman-Kärber Yöntemi	22
1.4.4.3. Logit ve Probit Modeli.....	23
1.4.4.4. Doğrusal Olmayan Model.....	23
2. MATERYAL VE YÖNTEM	25
2.1. Materyal	25
2.1.1. Orijinlere Ait Tohum Kaynaklarından Tohumların Toplanması	25
2.1.2. Araştırmaya Konu Olan Fidanların Yetiştirilmesi ve Bakımı.....	27

2.2. Yöntem.....	30
2.2.1. Dona Dayanıklılık Testleri.....	30
2.2.1.1. Kış Mevsimi Dona Dayanıklılık Testleri.....	31
2.2.1.2. İlkbahar Mevsimi Dona Dayanıklılık Testleri.....	32
2.2.1.3. Klorofil Floresans Yöntemi ile Don Zararının Belirlenmesi.....	33
2.2.1.4. Görsel Değerlendirme Yöntemi ile Don Zararının Belirlenmesi.....	34
2.2.2. İstatistiksel Analizler.....	35
2.2.2.1. Varyans Analizi, Çoklu Karşılaştırma Testi ve Parametreler Arası Korelasyonlar.....	36
2.2.2.2. Genetik Parametreler ve Islah Değerleri.....	37
2.2.2.3. Kritik Zarar Noktalarının (LT ₅₀) Hesaplanması.....	39
3. BULGULAR.....	41
3.1. Kış Mevsiminde Yapılan Dona Dayanıklılık Testlerine Ait Bulgular.....	41
3.2. İlkbahar Mevsiminde Yapılan Dona Dayanıklılık Testlerine Ait Bulgular.....	48
3.3. Kış Mevsiminde Kritik Ölüm Noktalarının (LT ₅₀) Belirlenmesi.....	54
3.4. İlkbahar Mevsiminde Kritik Ölüm Noktalarının (LT ₅₀) Belirlenmesi.....	56
3.5. Kış ve İlkbahar Mevsiminde Genetik Parametreler ve Islah Değerleri.....	58
4. TARTIŞMA.....	60
4.1. Kış ve İlkbahar Mevsiminde Dona Dayanıklılık.....	60
4.2. Kış ve İlkbahar Mevsiminde Kritik Ölüm Noktaları (LT ₅₀).....	62
4.3. Genetik Parametreler ve Korelasyonlar.....	65
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	68
KAYNAKLAR.....	69
EKLER.....	79
ÖZGEÇMİŞ.....	123

ÖZET

DEĞİŞİK ISLAH ZONLARINDAN ÖRNEKLENEN KIZILÇAM (*Pinus brutia* Ten.) AİLELERİNİN DONA DAYANIKLILIKLARININ BELİRLENMESİ

Bu çalışmada, farklı ıslah zonlarında bulunan 3 farklı orijine ait ailelerin soğuğa dayanıklılık varyasyonunun ortaya konması amaçlanmıştır. Dona dayanıklılık testleri kış ve ilkbahar mevsiminde gerçekleştirilmiştir. Her iki mevsimde de kontrol grubu (+4 °C) hariç 9 farklı sıcaklık kademesi kullanılmıştır. Dona dayanıklılık testlerinde 54 farklı aileden elde edilen 1+0 yaşındaki fidanlara ait sürgünler kullanılmıştır. Sürgünlerde oluşan don zararı hem klorofil floresans yöntemi ile hem de görsel değerlendirme yöntemi ile belirlenmiştir. Don zararının başladığı sıcaklıklar hem doğrusal olmayan model kullanılarak hesaplanan Lethal Temperature %50 (LT₅₀) değerleri hem de çoklu karşılaştırma testi (Dunnet) ile ortaya konmaya çalışılmıştır. Her iki mevsimdeki kritik sıcaklık kademelerindeki ($p < 0.001$) veriler kullanılarak genetik parametreler (kalıtım derecesi, genetik varyasyon katsayısı) ve ıslah değerleri tahmin edilmiştir. Araştırma sonucunda aileler arasında istatistiksel ($p < 0.0001$) olarak fark bulunmuştur. Dunnet testi sonuçlarına göre kış mevsiminde don zararı sıcaklık aralığı -17.5 °C – 22.5 °C, ilkbahar mevsiminde ise -15 °C - 17.5 °C olarak bulunmuştur. Kış mevsiminde en yüksek ve en düşük LT₅₀ değerleri sırasıyla -23.25 °C ve -18.60 °C; ilkbahar mevsiminde ise -17.78 °C ve 15.02 °C olarak hesaplanmıştır. Bireysel ve aile ortalamaları kalıtım dereceleri kış mevsiminde sırasıyla 0.35 ve 0.57; ilkbahar mevsiminde ise 0.47 ve 0.64 olarak tahmin edilmiştir. Islah değeri en yüksek aile kış mevsiminde 3234 nolu aile ilkbahar mevsiminde ise 3236 nolu aile olarak bulunmuştur. LT₅₀ değerlerinin ıslah değerleri ile korelasyonu kış mevsiminde 0.93; ilkbahar mevsiminde ise 0.98 olarak hesaplanmıştır. Bundan sonra orman ağacı türlerinde dona dayanıklılık üzerine yapılacak olan çalışmalarda orijin bazlı değil de aile bazlı olarak çalışmaların ele alınması ve çalışmanın amacına göre çalışılacak sıcaklık kademe sayısının belirlenmesi uygun olacaktır. Değişen iklim koşulları göz önünde bulundurularak kızılçam ıslah programında dona dayanıklılık özelliklerinin dikkate alınması gereklidir.

Anahtar kelimeler: Dona dayanıklılık, Klorofil Floresans, *Pinus brutia*, Fotosentetik Verimlilik, Islah, Kalıtım Derecesi

SUMMARY

DETERMINATION OF COLD RESISTANT TURKISH RED PINE (*Pinus brutia* Ten.) FAMILIES SAMPLED FROM DIFFERENT BREEDING ZONES

In this study, it was aimed to reveal the cold hardiness variation of the families of three different origins from different breeding zones. Cold hardiness tests were carried out in winter and spring. Nine different temperature levels except for the control group (+4°C) were used in both seasons. Tests were carried out on shoots obtained from 1+0 year-old seedlings obtained from 54 different families. The cold damage in the shoots was determined by both the chlorophyll fluorescence and visual observation method. The temperatures at which cold damage starts in families were tried to be revealed both with Lethal Temperature 50% (LT₅₀) values calculated using the non-linear model and with the multiple comparison test (Dunnet). Genetic parameters (heritability, genetic variation coefficient) and breeding values were estimated using the data at the critical temperature ($p < 0.001$) levels in both seasons. As a result of the research, a statistical difference ($p < 0.0001$) was found between families. According to the Dunnet test results, the frost damage temperature range in winter was -17.5 °C – 22.5 °C, and in spring it was -15 °C - 17.5 °C. With the non-linear model, the highest and lowest LT₅₀ values were calculated as -23.25 °C and -18.60 °C in winter, and -17.78 °C and 15.02 °C in spring, respectively. Individual and family mean heritability were estimated as 0.35 and 0.57 in winter, and 0.47 and 0.64 in spring. The family with the highest breeding value is 3234 in spring, while 3236 is in spring. Spearman's rank correlation coefficients of LT₅₀ values with breeding values was calculated as 0.93 in winter and 0.98 in spring. From now on, studies for cold hardiness in forest tree species carried out as family based and the number of temperature levels should be determined according to the purpose of the study. Cold hardiness characteristic should also be taken into account in the red pine breeding program considering the changing climatic conditions.

Keywords: Cold hardiness, Chlorophyll fluorescence, *Pinus brutia*, Photosynthetic efficiency, Breeding, Heritability

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Görsel değerlendirme zarar skalası	16
Tablo 2. Çalışmaya konu kızılçam orijinlerine ait bilgiler.....	25
Tablo 3. Çalışma için kozalak toplanan tohum bahçelerine ait bilgiler	26
Tablo 4. Tohum ekimi yapılan enso kaplarla sera ve sera dışında oluşturulan deneme deseni	30
Tablo 5. Kış mevsiminde yapılan dona dayanıklılık testleri sonrası fidanlarda ölçülen parametrelerin her bir sıcaklık kademesindeki ortalama değerleri ve fidanlara ait ortalama kök boğazı çapı ve boyları	41
Tablo 6. Kış mevsiminde ölçülen F_v/F_m değişkenine ilişkin varyans analizi tablosu..	42
Tablo 7. Kış mevsiminde ailelerin kontrol gruplarındaki F_v/F_m değerlerine göre farklı sıcaklık kademelerinde gösterdikleri performanslarının karşılaştırılması (Dunnet Testi sonuçları)	42
Tablo 8. İlkbahar mevsiminde yapılan dona dayanıklılık testleri sonrası fidanlarda ölçülen parametrelerin her bir sıcaklık kademesindeki ortalama değerleri	48
Tablo 9. İlkbahar mevsiminde ölçülen F_v/F_m değişkenine ilişkin varyans analizi tablosu	49
Tablo 10. İlkbahar mevsiminde ailelerin kontrol gruplarındaki F_v/F_m değerlerine göre farklı sıcaklık kademelerinde gösterdikleri performanslarının karşılaştırılması (Dunnet Testi sonuçları)	49
Tablo 11. Kış mevsiminde ailelerin F_v/F_m ve GD verileri kullanılarak hesaplanan kritik ölüm dereceleri (LT_{50}).....	55
Tablo 12. İlkbahar mevsiminde ailelerin F_v/F_m ve GD verileri kullanılarak hesaplanan kritik ölüm dereceleri (LT_{50}).....	57
Tablo 13. Kış ve İlkbahar mevsimi için hesaplanan varyans bileşenleri ve genetik parametreler	59
Ek Tablo 1. Kış mevsiminde yapılan dona dayanıklılık testlerinde her bir aileye ait değişken ortalamaları.....	82

Ek Tablo 2. İlkbahar mevsiminde yapılan dona dayanıklılık testlerinde her bir aileye ait değişken ortalamaları.....	91
Ek Tablo 3. Kış ve İlkbahar mevsimlerinde kritik sıcaklık kademelerinde hesaplanan ailelere ait ıslah değerleri.....	97



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.	Kızılçamın dünya üzerindeki yayılışı	4
Şekil 2.	Bitki büyümesini etkileyen stres faktörleri	6
Şekil 3.	Stresin bitki hücrelerinde oluşturduğu zarar	7
Şekil 4.	Soğuk uyumu ile bitki hücresinde meydana gelen moleküler ve fizyolojik değişiklikler	8
Şekil 5.	Yaprak tarafından emilen ışığın dağılımı.....	18
Şekil 6.	Floresans indüksiyon parametreleri ile Kautsky eğrisi	19
Şekil 7.	Klorofil florometre ile klorofil floresans ölçümleri	20
Şekil 8.	Kozalakların toplanarak laboratuvara getirilmesi ve tohum eldesi.....	26
Şekil 9.	Çalışılan orijinlerin ve kozalak toplanan tohum bahçelerinin kızılçam yayılışı üzerindeki konumları.....	27
Şekil 10.	Enso tipi kaplara tohumların ekilmesi.....	28
Şekil 11.	Ekilen tohumların çimlenmesi ve fidanlarda bakım	29
Şekil 12.	Fidanların dona duyarlılık testleri için kesilmesi	31
Şekil 13.	Örneklerin ıslatılarak soğutucu kabine konması	32
Şekil 14.	CF yöntemi ile don zararının belirlenmesi.....	34
Şekil 15.	Görsel değerlendirme için örneklerin Behiçbey Orman Fidanlığında dizilmesi.....	34
Şekil 16.	Ailelerde oluşan don zararının görsel değerlendirme yöntemi ile belirlenmesi.....	35
Şekil 17.	Kış mevsiminde ölçülen parametrelerin korelasyonları.....	47
Şekil 18.	İlkbahar mevsiminde ölçülen parametrelerin korelasyonları.....	54
Şekil 19.	Düşük sıcaklık stresinin artmasıyla fidanlarda oluşan zarar	61
Ek Şekil 1.	Ailelerin doğrusal olmayan model ile LT ₅₀ hesaplamalarına ait grafikler	96

KISALTMALAR DİZİNİ

BLUP: Best Linear Unbiased Prediction - en iyi doğrusal yansız tahmin

Boy : Fidan Boyu

CF : Klorofil Floresans

F_0 : Minimum Floresans Verimi

F_m : Maksimum Floresans Verimi

F_v / F_m : Fotosentetik Verimlilik

GD : Görsel Değerlendirme

ha : Hektar

ID: Islah Değeri

KBC : Kök Boğazı Çapı

LT_{50} : %50 öldürücülükteki sıcaklık

MID: Mutlak Islah Değeri

PSII : Fotosentez 2

TB:Tohum Bahçesi

TM : Tohum Meşceresi

1. GİRİŞ

1.1. Genel Bilgiler

Küresel iklim değişikliği, 1850’li yıllarda başlayan hızlı nüfus artışı, şehirleşme ve buna bağlı olarak artan sanayileşme ve fosil yakıtların kullanımının etkisiyle atmosferde normalin üzerindeki karbon birikiminin bir sonucudur. İklim değişikliği tarım, orman, su kaynakları, enerji, insan sağlığı ve biyoçeşitlilik gibi alanlarda küresel ve bölgesel bazda sorunlar olarak karşımıza çıkmaktadır (Demirbaş ve Aydın, 2020). Bu alanlardaki olumsuz etkiler dünyanın hemen hemen her yerinde ekonomik, ekolojik ve sosyal yaşamda da birtakım etkilere neden olmakta ve bu etkilerin önümüzdeki yıllarda da artarak devam etmesi beklenmektedir. Bu nedenle küresel iklim değişikliğine karşı gerekli önlemlerin alınmasında, tüm ülkeler uluslararası iş birliğine gerekli duyarlılığı göstermektedir (TRGM, 2020).

İklim değişikliği kuraklık ve buna bağlı olarak çölleşme gibi afetler başta olmak üzere ciddi olumsuzluklara neden olmaktadır. Bu olumsuzluklar nedeniyle de biyoçeşitlilik zarar görmekte hatta yer yer yok olmaktadır (Şen ve ark., 2013). Önemli bir biyoçeşitlilik kaynağı ve doğal kaynak olan ormanlar karbon yutak alanı oluşturarak küresel ısınma ve iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini azaltmada önemli rol oynarlar. İklim değişikliği ormanlar üzerinde, ormanların hassaslaşması, ormanlık alanların azalması, orman ağacı türlerinin yayılışlarının değişmesi (göç etmesi), orman ağaçlarının tohum veriminde azalma, biyokütle üretiminin azalması, ormanlardaki tür kompozisyonlarının farklılaşması ve orman yangını olasılığının artması gibi olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Bu etkiler sonucunda farklı afet (sel, erozyon, kuraklık, çölleşme vb.) tehlikesinin artmasının yanı sıra, odun ve odun dışı ürünlere bağlı ekonomi olumsuz yönde etkilenmektedir.

Atmosferdeki aşırı karbon birikimini azaltmanın en önemli yollarından biri orman alanlarının korunması, çoğaltılması ve sürdürülebilirliğinin sağlanmasıdır. İklim değişikliğinin ormanlar üzerindeki etkisi temel olarak, ortalama sıcaklıkların değişiminden kaynaklı olarak ağaç türlerinin güneyden kuzeye ve alt rakımlardan üst

rakımlara doğru göç edeceği şeklinde öngörülmektedir. Bunun yanında ekstrem sıcaklıklar bazen popülasyonların gelişimini yavaşlatmakta bazende kurumalara sebep olarak popülasyonu küçültebilmektedir. Orman ağacı türleri yeni iklim koşullarına uyum sağlayarak ya da uyum sağlayamayarak nesillerinin tükenmesi şeklinde tepkiler de verebilir (Wiens, 2016).

Dünya genelinde iklim değişikliği, ekstrem hava koşullarının görülme sıklığını ve şiddetini etkilemektedir. Bu koşullar ormancılık faaliyetleri üzerinde olumsuzluklara neden olacaktır. Bu sebeple ülkemiz ormancılık faaliyetlerinde de sorunlar kaçınılmazdır. Yüksek sıcaklıklar ve kuraklık ormancılık faaliyetlerini olumsuz etkilediği gibi düşük sıcaklıklar da benzer şekilde olumsuz yönde etkilemektedir. Bu etmenler orman ağaçları üzerinde stres faktörü olarak karşımıza çıkmaktadır.

Stres faktörleri, bitkilerde önemli fizyolojik ve metabolik değişikliklere neden olarak büyüme ve gelişmeyi olumsuz etkileyebilir. Bu durum, ürünlerde kalite ve miktarın azalmasına, bitkilerin veya organlarının ölümüne yol açabilir. Bitkilerde stres oluşturmayan koşullar optimum çevre koşulları olarak adlandırılır. Bitkiler optimum çevre koşullarında büyüme ve gelişmede olduğu kadar ürünün nitelik ve niceliğinde de üstündürler.

Özellikle düşük sıcaklıklarda yaşanan don stresi orman ağacı türleri için önemli bir stres faktörüdür. Çünkü düşük sıcaklıklarda bitkilerdeki biyokimyasal aktiviteler için gerekli olan enerji miktarı artmakta, fotosentez oranı azalmakta, karbonhidrat taşınımı yavaşlamakta, solunum hızı düşmektedir. Bitkilerin yayılış gösterdikleri üst yükselti sınırları çoğunlukla düşük sıcaklıklar tarafından şekillenmektedir (Tinus, 1996; Larcher 2003). Ağaçlandırma çalışmalarında özellikle ilk yıllarda yaşanacak düşük sıcaklıklar yani don stresi bu çalışmaların başarısını etkilemektedir. Bu etki, stresin süresi ve yoğunluğuna bağlı olarak değişmektedir.

Yukarıdaki açıklamalar ve iklim değişikliğinin ormanlar üzerindeki olası etkileri dikkate alındığında, ağaç türlerinin ekstrem hava koşulları altındaki fizyolojik tepkileri ve uyumunu araştıran ekofizyolojik çalışmalar daha da önem kazanmıştır. Söz konusu ekofizyolojik çalışmalar sayesinde laboratuvar ortamında orman ağacı türlerinin

kuraklık ve don gibi stres faktörlerine karşı dayanıklılıkları türler, popülasyonlar ve hatta bireyler (aile) arası düzeyde belirlenebilmekte ve uygulamaya yönelik kritik sonuçlar elde edilebilmektedir (Kramer, 1986; Dirik, 1994; Dirik, 2000; Linden, 2002; Çalıkoğlu, 2002; Buchmann, 2002; Larcher, 2003; Çalıkoğlu ve Tilki, 2004; Semerci, 2005; Lambers ve ark., 2008).

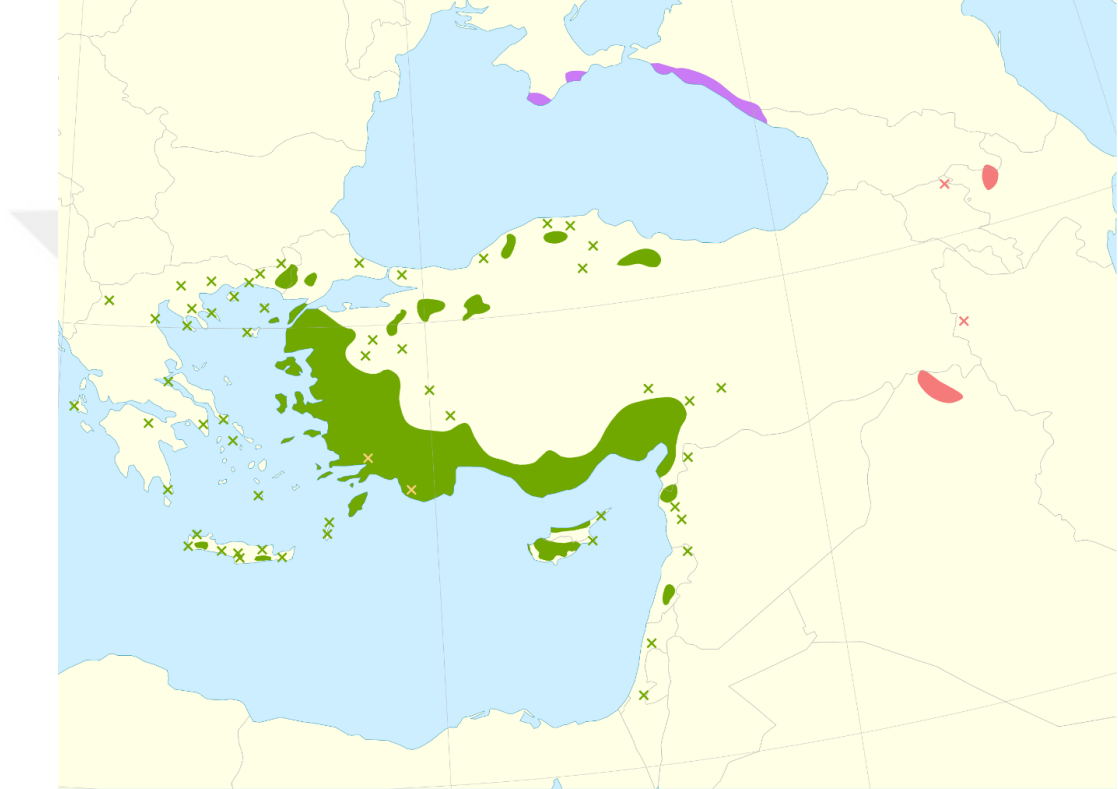
Kızılçam, ülkemiz ormanlarında en geniş yayılış alanına sahip ibreli asli ağaç türümüzdür. Ayrıca ağaçlandırma potansiyelinin yüksek olması, iyi bonitetlerde hızlı gelişen bir tür özelliği göstermesi, odun özellikleri nedeniyle piyasa ekonomik değerinin yüksek olması gibi nedenlerle ülkemiz ormancılığında önemli bir yere sahiptir. Ayrıca yine bu sebepler doğrultusunda ıslaha konu olmuş ve ülkemiz ormancılığında üzerinde en çok ıslah çalışması yürütülen türdür.

Islah çalışmalarının ilk aşaması kitlesel seleksiyondur. Bu aşamada ıslah amacına (odun hammaddesi açığının kapatılması, hastalıklara direnç vb.) bağlı olarak üstün orijinler belirlenmektedir. Bu çalışmaların ikinci aşaması ise bireysel seleksiyondur. Bu çalışma ile kızılçam türünde dona dayanıklı olarak belirlenen orijinlerde (Gölhisar, Gülnar ve Bigadiç) ailesel seleksiyon imkânı araştırılarak; ailelerin dona dayanıklılık sıcaklıkları iki farklı yöntemle belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca her iki mevsimde de ailelerin kritik sıcaklık kademelerinde ıslah değerleri (genetik değer) hesap edilerek bunların dona dayanıklılık sıcaklıkları ile arasındaki ilişki irdelenmiştir. Tüm bunlara ilave olarak, kızılçamda dona dayanıklılık için bireysel ve aile ortalamaları kalıtım dereceleri gibi genetik parametreler hesaplanarak dona dayanıklılığın kızılçam ıslah programına entegrasyonu araştırılmıştır.

1.2. Kızılçamın Yayılış ve Ekolojik Özellikleri

Pinaceae familyasının bir türü olan kızılçam, literatürde halepçamı ile aynı türün iki ayrı varyetesi olabileceği ileri sürülmüştür. Bugün ise bu türler farklı tür olarak kabul edilmiş ve kızılçamın dört alt türü ve beş varyetesi bulunmaktadır (Akkemik, 2018; Boydak ve ark., 2006). Bu alttürlerden en geniş yayılış gösteren “*Pinus brutia* subsp. *brutia*” çalışmalarda *Pinus brutia* Ten. olarak kullanılmaktadır (Boydak ve ark., 2006; Farjon, 2010; Öktem, 1987).

Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) 5.255.544 ha yayılışı ile ülkemiz ormancılığında önemli bir paya ve iğne yapraklılar içinde en geniş yayılışa sahip türümüzdür (OGM, 2021). Doğal yayılışı Doğu Akdeniz’de 44° ile 35° kuzey enlemleri arasında Yunanistan’dan doğu Kıbrıs, Gürcistan, kuzey Irak, batı Suriye, Lübnan ve Kıbrıs’a kadar uzanmaktadır (Şekil 1). En geniş yayılışını Türkiye’de yaptığından dolayı Türk kızılçamı olarak da bilinmektedir.



Şekil 1. Kızılçamın dünya üzerindeki yayılışı (EUFORGEN, 2008)

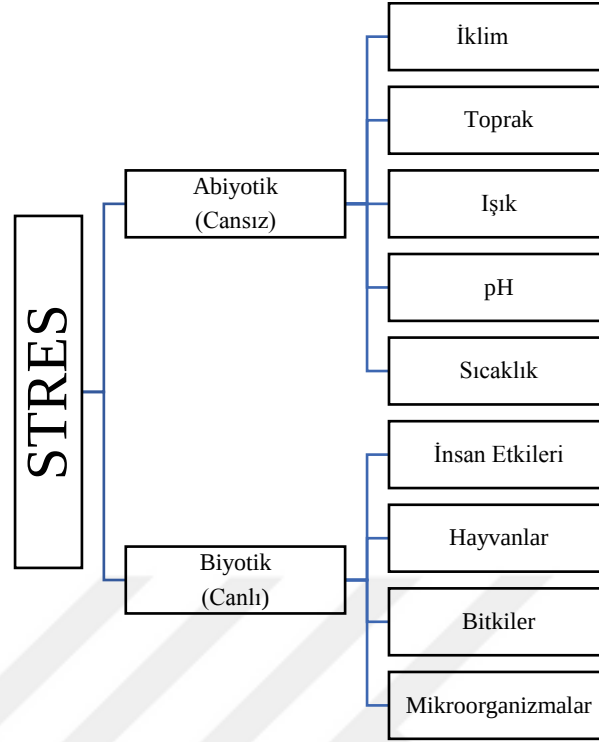
Kızılçamda büyüme, genel olarak yağış, sıcaklık, eğim ve ana kayanın etkileşimi içinde şekillenmektedir (Boydak ve ark., 2006). Sıcaklık isteği diğer asli ağaç türlerimize göre daha yüksek olan bu tür, donlara hassas ve karasal iklimlerden kaçınmaktadır. Doğal yayılış alanında ortalama sıcaklıklar 12-20 °C arasında değişmekle birlikte, en düşük sıcaklık -15 °C’nin altına inmemekteyken; en yüksek sıcaklık 45 °C’ye kadar çıkabilmektedir (Atalay ve ark., 1998). Amerikan Tarım ve Ormancılık Servisi (USDA) tarafından oluşturulan dona dayanıklılık zonlamasında kızılçamın doğal yayılış alanındaki sıcaklıkların -17.7 °C’ye kadar inebildiği belirtilmektedir (Bannister ve Neuener, 2001). Ülkemizde Akdeniz ardında yayılış

gösterdiği alanlarda (örneğin; Denizli-Acıpayam) ise, sıcaklıklar -17.8°C 'ye kadar düşebilmektedir (Atalay ve ark., 1998).

Kızılçamın yayılış gösterdiği alanlarda yıllık ortalama yağış 400-2000 mm arasında değişmektedir. Bu yağış değerlerine göre kızılçam nemli ve yarı kurak sahalarda yetiştirme özelliğine sahiptir. Bu durum kızılçamın kuraklığı seven bir ağaç türü olduğunu değil, aksine kuraklığa dayanıklı ve kurak zamanlarda çok az miktarda su sarf ederek yetiştirilen ve hatta şiddetli yaz kuraklığının olduğu dönemlerde büyümesini sınırlandıran bir ağaç türü olduğunu gösterir. Kızılçam, yağış miktarının ve taban suyunun yüksek olduğu sahalarda çok iyi gelişme göstermektedir. Kızılçamın doğal yayılış alanlarındaki yağış miktarının yıl içindeki dağılımı düzensiz olup, yıllık yağışın 2/3'ü kış ve ilkbahar mevsimlerinde gerçekleşmektedir. Aynı yayılış alanlarında kar yağışlı gün sayısı 2-10 gün arasında olup karla örtülü süre ise 7-20 gün arasındadır (Atalay ve ark., 1998). Bir ışık ağacı olan kızılçamın doğal olarak yetiştiği alanlarda yıllık ortalama bağıl nem % 60-70 arasındadır. Büyüme döneminde bağıl nemin %50'nin altına düştüğü alanlarda, kızılçam iyi bir gelişme yapamamaktadır.

1.3. Düşük Sıcaklık Stresi ve Dona Dayanıklılık

Stres; insan ve hayvanlarda olduğu gibi bitkilerde de genel olarak büyüme, gelişim ve verimliliklerini etkileyen çevre faktörleridir. Doğada stres, kaynağına göre biyotik ve abiyotik stres olmak üzere iki grupta incelenir (Şekil 2). Abiyotik stres; fiziksel ve kimyasal etmenler olarak gruplandırılabilir. Stres, önemli fizyolojik ve metabolik farklılıklara neden olarak bitkilerde büyüme ve gelişmeyi olumsuz bir şekilde etkileyerek, üründe kalite ve kantitenin azalmasına, bitkinin ve/ya organlarının ölümüne sebep olabilmektedir.

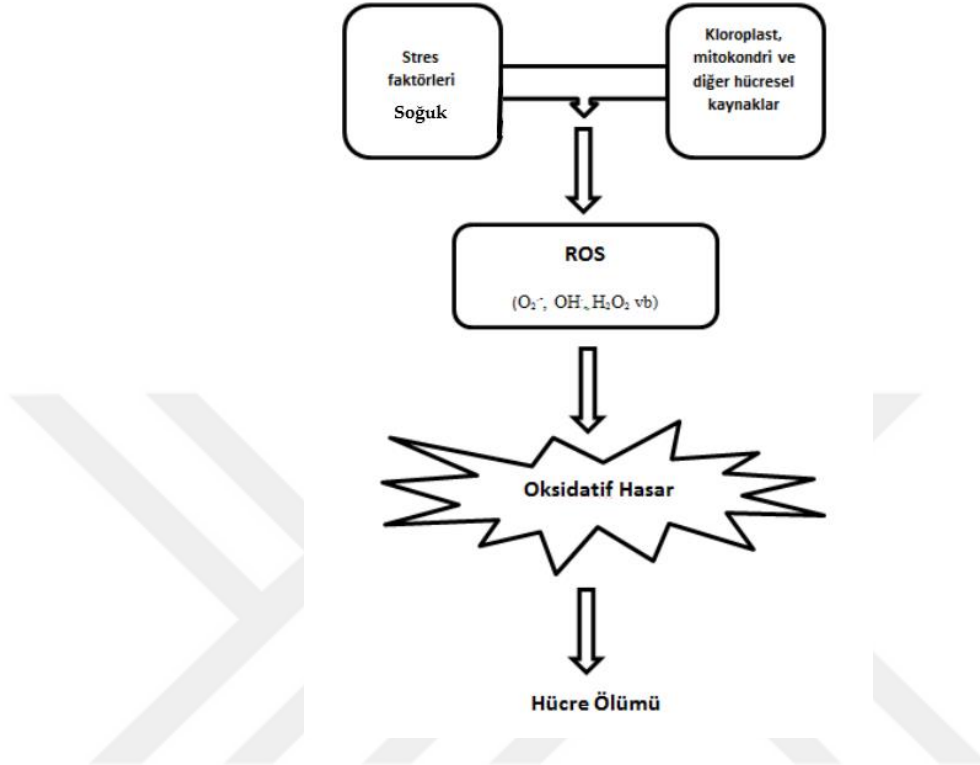


Şekil 2. Bitki büyümesini etkileyen stres faktörleri (Larcher, 2003)

Bitkilerde stres oluşturmeyen koşullar optimum çevre koşulları olarak adlandırılır. Bitkiler optimum çevre koşullarında büyüme ve gelişmede olduğu kadar ürünün nitelik ve niceliğinde de üstündürler. Biyotik ve abiyotik stres altında bitkilerde ürün kaybı %65-87 arasında değişmektedir (Kaçar ve ark., 2002). Dünyanın yaklaşık %28'inde kuraklık; %24'ünde sıg topraklar; %23'ünde bitki besin maddesi sorunu; %16'sında don etmenleri bitkilerin büyüme ve gelişmesini olumsuz etkilemektedir (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005). İklim değişikliği ile birlikte bu oranlar artmaya devam etmektedir. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Komisyonu, Altıncı Değerlendirme Raporuna (AR6, 2021) göre, küresel iklim değişikliğinin bir sonucu olarak önümüzdeki yıllarda stres oranlarında bir artış öngörülmektedir.

Düşük sıcaklık stresi bitkilerin büyümesini, verimliliğini ve yayılış alanlarını etkileyen önemli bir stres faktörüdür. Bu etki, süre ve yoğunluğa bağlı olarak değişmektedir. Düşük sıcaklık stresi; sıcaklığın derecesine göre soğuk ve don stresi olarak ikiye ayrılmaktadır. Soğuk stresi, sıcaklığın 0 °C ile 10-15 °C arasında olduğunda, don stresi ise, sıcaklığın 0 °C altına düşmesiyle oluşmaktadır. Ancak bu durum literatürde

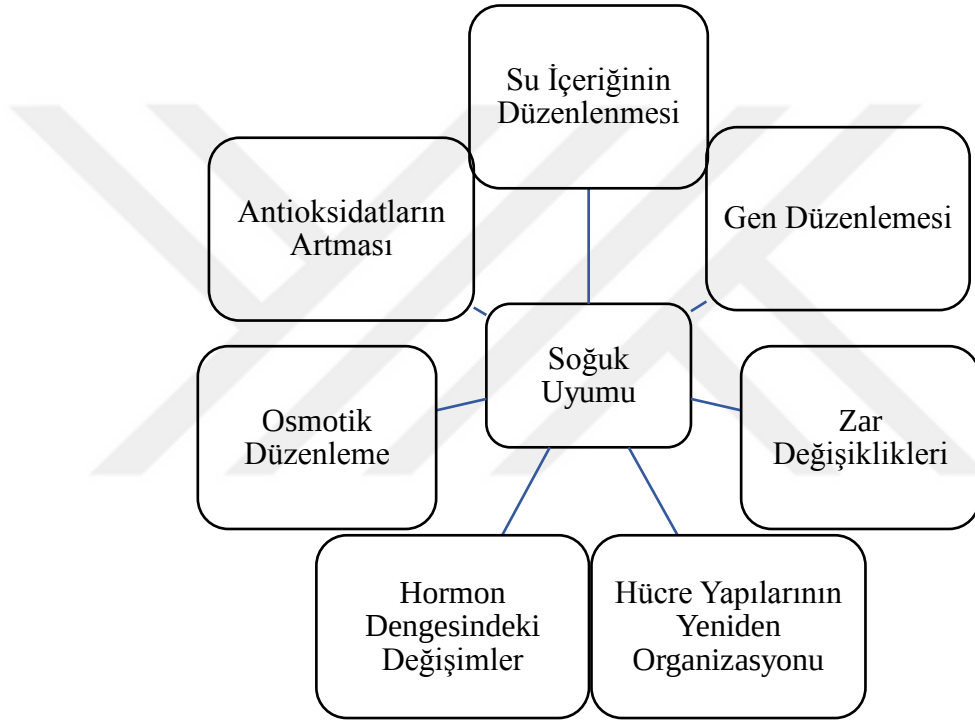
çoğunlukla bir ayrım olmadan don stresi olarak ifade edilmektedir (Hopkins, 1995; Kaçar ve ark., 2002).



Şekil 3. Stresin bitki hücrelerinde oluşturduğu zarar (Gill ve Tuteja, 2010)

Don olayı, teorik olarak buz kristalleri oluştuğunda meydana gelir. Hücre çekirdeğinde moleküllerin toplanmaya başlaması ve buz kristallerinin büyümesi, bitkinin hem hücre içi hem de hücre dışı kısımlarında meydana gelen ve hücrelerine zarar veren buz oluşum aşamalarıdır (Sakai ve Larcher, 1987). Düşük sıcaklıkların neden olduğu dehidrasyondan dolayı hücre zarında çeşitli hasarlar ortaya çıkabilir. Bu olay, reaktif oksijen türlerinin (ROS) gelişmesine neden olarak, hücre zarının zarar görmesine yol açar (Şekil 3). Ayrıca, protein denatürasyonunun düşük sıcaklıkların etkisiyle indüklenmesinin hücresel zarara yol açtığı gözlemlenmiştir (McKersie ve Bowley, 1997; Guy ve ark., 1998). Bu bağlamda bitkiler, düşük sıcaklıkların neden olduğu zararı en aza indirerek soğuğa uyumluluk (aklimasyon) gibi biyolojik sistemler geliştirmişlerdir. Soğuğa uyumluluk ile bitki hücresinde moleküler ve fizyolojik değişiklikler meydana gelmektedir (Şekil 4). Soğuğa uyumluluk mekanizması, bitkilerin öldürücü olmayan düşük sıcaklıklara maruz kaldıklarında hayatta kalma

kapasitelerinin artması anlamına gelir. Bitkiler, bazı depolama proteinleri, şekerler, prolin ve diğer organik asitler dahil olmak üzere çeşitli savunma bileşiklerinin sentezi ile soğuk stresine karşı dirençlerini arttırırlar. Ayrıca, düşük sıcaklıklarda hayatta kalmak için metabolik ve fizyolojik modifikasyonlar meydana gelmektedir. Örneğin, hücre zarının yapısını soğuk hasarından korumak için hücre zarı yağ asidi doygunluk derecesi değişebilir ve yeniden programlama genleri soğuğa uyum döngüsü yoluyla ifade edilir (Clausen ve Apel, 1991; Welling ve ark., 2002; Falcone ve ark., 2004; Chinnusamy ve ark., 2010; Ding ve ark., 2019).



Şekil 4. Soğuk uyumu ile bitki hücresinde meydana gelen moleküler ve fizyolojik değişiklikler (Korkmaz ve Durmaz, 2017)

Dona dayanıklılık; bitkinin 0° C'nin altındaki çok düşük sıcaklıklar kademelerinde, zarar görmeden, canlı kalabilme yeteneği olarak tanımlanmıştır (Glerum, 1985). Bu konuda yapılan son çalışmalarda ise bitkinin dona dayanıklılık düzeyi, bitki dokularının (yaprak, sürgün vb.) %50 oranında zarar görmesine veya popülasyonun %50'sinin ölmesine neden olan düşük sıcaklık değeri olarak tanımlanmaktadır (Bannister ve Neuner, 2001; Burr ve ark., 2001; Hawkins ve ark., 2003).

Düşük sıcaklıkların ağaç türleri üzerindeki zararı, gerçekleştiği dönemlere göre “sonbahar donları” ya da “erken donlar” ve “ilkbahar donları” ya da “geç donlar” olarak tanımlanmaktadır. Sonbahar donları (erken donlar) bitkilerde ya da ağaçlarda henüz yeterli düzeyde sertleşme oluşmadığı dönemde gerçekleştiği için anatomik ve fizyolojik kökenli bozulmalara neden olur. Kış mevsiminde meydana gelen don olayı, tomurcuklarda çürüme ve kurumalara, herdem yeşil türlerde yaprak yanıklarına ve dökülmelerine, bitki ve ağaç gövdelerinde don çatlaklarına ve ksilemde solma ya da lekelenme gibi zararlara neden olur. İlkbahar donları (geç donlar) ise sürgün ve çiçek tomurcuklarının dökülmesine, nadirde olsa tomurcukların patlamasından sonra gerçekleştiğinde sürgün ve yapraklarda kurumalara ve bunlara bağlı olarak büyümenin azalmasına neden olur (Dirik, 2014).

Küresel iklim değişikliğinin aynı zamanda olağanüstü hava koşullarının sıklığının, süresinin ve şiddetinin artmasına neden olacağı tahmin edilmektedir (Saraçoğlu, 2011). Bunlar arasında düşük sıcaklıkların önemli bir stres faktörü olduğu vurgulanmaktadır (Lambers ve ark., 2008). Örneğin, Amerika Birleşik Devletlerinin Montana ve Colorado eyaletlerinde 2020 yılının Eylül ayında hava sıcaklıklarının mevsim normallerinde seyrederken kısa sürede ani bir düşüş göstermesi sonucunda ağaçların zarar görerek kuruduğu gözlenmiştir.

Ormanlar üzerinde iklim değişikliğine uyum araştırmalarında kullanılan en yaygın yöntemler orijin ve döl denemeleri gibi uzun yıllar takip edilen saha denemeleridir. Her ne kadar orijin ve döl denemelerinin kuruluş gayesi küresel iklim değişikliği olmasa da bunlar kuruldukları alanlardaki uzun yıllar hava koşulları etkilerini gösteren en önemli kaynaklardır. Orijin ve döl denemeleri ağaç türünden ağaç türüne değişmekle birlikte uzun yıllar farklı iklim koşullarına uyum sağlayabilen orijin ve ailelerin belirlenmesinde yardımcı olurlar. Bu denemeler, ağaçların farklı çevresel koşullara genetik olarak uyumunu veya fenotipik plastisite ile nasıl uyum ve gelişim sağladıklarını anlamamızı sağlayan özel test sahalarıdır.

Orijin denemeleri ile bir yöreye en uygun tohum kaynakları belirlenebilir. Uyum yeteneği yüksek olan bir tohum kaynağının transfer sınırları ortaya konarak, ağaçlandırma ve ıslah zonlarının oluşturulması konusunda bilgiler sağlanır. Döl

denemeleri ise çalışılan ıslah zonuna en uygun aileler belirlenir. Ayrıca küresel ısınmanın ormanlar üzerindeki etkisi yine farklı çevrelerde yetişen orijin ve aileler üzerinde yapılan çalışmalardan anlaşılmaya çalışılmaktadır (Işık ve ark., 2002). Orijin ve döl denemeleri başlangıçta en fazla odun hasılası elde etme gayesiyle kurulurken, bugün iklim değişikliği nedeniyle oluşan yeni çevresel koşullara uyum sağlayabilecek orijin ve ailelerin belirlenmesi için bu deneme alanları referans olarak kullanılmaktadır.

1.4. Odunsu Bitkilerde Dona Dayanıklılığın Belirlenmesi

Bitkiler için sıcaklıktaki mevsimsel değişikliklere uyum sağlamak hayati önem taşımaktadır. Bitkilerin soğuğa alışma süreci, düşük seviyeden daha yüksek bir soğuğa dayanıklılığa geçiş ile sonuçlanan yapısal ve metabolik ayarlamaları içerir. Odunsu bitkilerin nihai hayatta kalması, sadece maksimum soğuğa dayanıklılık kapasitesine değil, aynı zamanda hem soğuk aklimasyonu veya soğuğa dayanım sürecine hem de soğuktan kaçınma (deacclimation) zamanlamasına ve hızına, soğuğa dayanıklılığın stabilitesine ve makul olmayan sıcak dönemlerden sonra tepki verme yeteneğine bağlıdır (Larcher, 1968; Fuchigami ve ark., 1982). Bu nedenle, odunsu bir türün belirli bir bölgede başarılı bir şekilde performansı, mevsimsel sıcaklık değişimleri ile yıllık soğuğa dayanıklılığın gelişiminin senkronizasyonunu ifade eder.

Bitkilerin düşük sıcaklıklarda dona dayanmasına izin veren mekanizmalar dondan kaçınma (avoidans) ve donu tolare (tolerans) etme olarak iki ana kategoride yer alır. Her iki strateji de odunsu bitkilerde görülmektedir (Sakai ve Larcher, 1987; Malone ve Ashworth, 1991). Dondan kaçınma, mevcut stres faktörünün etkisini azaltma veya engelleme olarak tanımlanırken, donu tolare etme ise bitkinin zarar görmeden veya hafif zarar ile strese karşı hayatta kalabilmesi olarak ifade edilir.

Soğuk aklimasyonu boyunca, bitkiler don stresine karşı farklı mekanizmalar geliştirmektedir. Bunlar lipit bileşiminde, enzim aktivitelerinde, şeker ve aminoasit içeriklerinde, bazı proteinlerin seviyelerinde ve gen ekspresyonunda değişiklikler olabilmektedir. (Howarth ve Ougham, 1993; Burke, 1995).

Don stresine karşı dayanım mekanizması sadece odunsu bitkilerde değil tüm bitkiler için karmaşık bir durumdur. Bu nedenle bitkilerin dona karşı dayanım mekanizmasını daha iyi anlayabilmek için bazı önemli faktörlerin üzerinde durulması gerekmektedir. Örneğin, hücre içi ve hücreler arası don olayının nasıl gerçekleştiği, don olayı öncesinde ve sırasında dokulardaki nem ve kuru madde içeriğindeki değişimler, lipitler, proteinler, aminoasitler, antioksidant enzimler ile makro ve mikro besin elementlerindeki değişikliklerin incelenmesinin önemli olduğu belirtilmiştir (Aslantaş ve ark., 2011).

Odunsu bitkilerin dona dayanımları türlere göre farklılık göstermektedir. Hatta aynı türde popülasyonlar arasında dahi farklılıklar bulunmaktadır. Odunsu bitkilerin dondan zarar görmesinde, don olayının gerçekleştiği dönem, düşük sıcaklığın derecesi, düşme hızı ve etkili olduğu süre gibi faktörler etkili olmaktadır.

Odunsu bitkilerde dona dayanıklılık çalışmaları tüm bir bitki ya da bitki parçasından alınan örnekler (sürgün, iğne yaprak tomurcuk vb.) ile yapılmaktadır. Bu amaçla elde edilen bitkiler kontrollü ortamlarda yapay olarak don stresine maruz bırakılmakta ardından bitkide ya da bitki parçasında meydana gelen zarar çeşitli yöntemlerle tespit edilmektedir. Odunsu bitkilerde dona dayanıklılığın belirlenmesi aşamaları aşağıda alt başlıklarda verilmiştir.

1.4.1. Örneklerin Don Stresine Maruz Bırakılması

Çok yıllık odunsu bitkiler genellikle soğuğa dayanıklılık açısından ya bitkinin bütünü (fideler ya da köklü çelikler) ya da bitki parçaları (gövde bölümleri, tomurcuklar, kökler ya da yapraklar) kullanılarak test edilir. Bitkinin hangi kısmının kullanılacağı, amaç ve kapsama göre değişiklik gösterebilir. Küçük yaştaki bitkilerde ve özellikle fidanlarda, bitkinin tümü kullanılarak dona dayanıklılık testleri yapılmaktadır (Colombo ve ark., 1984; Burr ve ark., 2001; Hirondelle ve ark., 2006). Tüm bunlara ek olarak *in vitro* kültürler test materyali olarak kullanılabilir (Caswell ve ark., 1986; Zatylny ve ark., 1993; Palonen ve Buszard, 1998).

Bitkinin tümü kullanılarak yapılan testler, bitkinin tamamında don zararının araştırılmasına ve iyileşmenin değerlendirilmesine olanak tanır. Bu sayede arazide don stresi hasarının nihai boyutu yaklaşık olarak tahmin edilebilir. Ancak köklerde sınırlı olan donma toleransları nedeniyle düşük sıcaklıklara maruz kalma sırasında köklerin korunması gereklidir. Bunun için kapları ile dondurucu kabinlere yerleştirilen fidanların kökleri, perlit, turba, vermikulit gibi materyal ile izole edilmelidir. Aksi takdirde kök sistemleri ile birlikte zarar gören ve büyüme potansiyeli düşen fidanlar dona dayanıklılık test sonuçlarına etki etmektedir (Burr ve ark., 1990; Coleman ve ark., 1992; Bigras,2001; Bigras,1998; Burr ve ark.,2001; Hironelle ve ark.,2006). Ayrıca testlerde fidan kullanılacaksa dayanıklılıktaki yaşa bağlı olası farklılıklar dikkate alınmalıdır; daha genç fidanlar, aynı türün daha yaşlı fidanlarına göre dona daha az dayanıklı olabilir (Brown ve Bixby, 1976; Lim ve ark., 1999; McNamara ve Pellett, 2000).

Dona dayanıklılık testlerinde yukarıda da belirtildiği gibi bitki dokuları da kullanılmaktadır. Genellikle koniferlerde iğne yapraklar, geniş yapraklılar ile diğer herdem yeşil türlerde de tomurcuklar kullanılmaktadır. Bağımsız bitki parçalarının kullanılması, farklı doku ve organlardaki dayanıklılık düzeyi hakkında ayrıntılı bilgi sağlar. Sonuçlar genellikle don zararına ilişkin saha gözlemleriyle iyi bir uyum içindedir (Lapins, 1962b; Graham ve Mullin, 1976; Pellett ve ark., 1981). Bitkinin bir parçası kullanıldığında, kullanılan doku tüp veya poşet içine konarak don testleri yapılmaktadır. Bu esnada bitki dokularının kurummasını engellemek ve buz kristallerinin oluşumu için bitki dokularının konulduğu tüp veya poşet içerisine az miktarda saf su ilavesi yapılır. Bu yöntem soğutma kabini içerisine daha fazla miktarda örnek koyabilme fırsatı verdiği için dolayı avantajlıdır (Burr ve ark., 2001; Semerci, 2005). Testlerde bitkinin ya da bitki parçasının dondurulacağı düşük sıcaklıklar bir ya da birden çok dereceden oluşabilir. Çoğunlukla üç ile altı sıcaklık derecesinden oluşması tavsiye edilmektedir. Örneğin; -5, -15, -25, -40 °C gibi sıcaklık dereceleri kullanılabilir (Ritchie, 1984; Burr, 1990; Semerci, 2005). Bitkilere karanlıkta düşük sıcaklık (don stresi) uygulandığında oluşan zarar, ışık altındaki uygulamadan daha az olduğundan testler karanlık ya da düşük ışık şiddeti altında yapılmalıdır (Burr ve ark., 2001).

Teste tabii tutulacak örneklerin dona dayanıklılık testlerinden önce soğuğa uyumları sağlanmalıdır. Genellikle koniferlerde uyum +4 °C de en az 1-2 gün bekletilerek yapılmaktadır. Soğuğa uyum için en uygun sıcaklık ve süresi türe, orijine ve mevsime göre değişmektedir. Çalışmalarda kullanılacak en uygun sıcaklık ve süresi kullanılacak örnekler üzerinde ön deneylerde belirlenmelidir.

1.4.2. Don Stresinde Sıcaklığın Düşürülme Hızı, Strese Maruz Kalma Süresi ve Sıcaklığın Tekrar Yükseltilmesi

Dona dayanıklılık testlerini standardize etmek için Levitt (1980) aşağıdaki adımları temel olarak önermiştir.

1. Donmayı sağlamak için bitkiler alıştırılmalıdır.
2. Soğutma işlemi standart bir oranda gerçekleşmelidir.
3. Standart bir süre boyunca tek bir dondurma kullanılmalıdır.
4. Isınma, standart bir ısıtma hızında gerçekleşmelidir.
5. Isınma sonrası koşullar standardize edilmelidir.

Yukarıda belirtilen önerilerin standardize edilmesi bitkinin dona dayanıklılık derecesini ve dolayısıyla test sonuçlarını etkileyeceğinden; bitkinin testlerden önce düşük sıcaklığa alıştırılma derecesi ve süresi, çalışılacak düşük sıcaklığa ulaşma hızı ve derecesi, çalışılacak sıcaklıkta bekletme süresi ve tekrar çözülmesi için sıcaklığın yükseltilme hızı gibi faktörlerin belirlenmesi gerekmektedir (Ritchie, 1984; Burr ve ark., 1990; Burr ve ark., 2001; Larcher, 2003).

Düşük sıcaklığa ulaşma hızının seçimi, dayanıklılık testinin amaçlarına bağlıdır. Sakai ve Larcher (1987) bu hızı doğrudan, kademeli ve simülasyon soğutması olmak üzere üç gruba ayırmışlardır. Doğrudan soğutma hızında, donma testi sırasında ek dayanıklılığı önlemek için numuneler hızlı bir şekilde test sıcaklığına getirilir. Gerçek ve minimum dayanıklılık seviyelerini belirlemek için 5 ila 10 °C h⁻¹ oranında doğrudan soğutma kullanılır. Kademeli soğutmada, numunelerin tam dayanıklılık kapasitelerini elde etmelerini sağlamak için sıcaklık kademeli olarak ve yeterince yavaş bir şekilde düşürülür. Böylece maksimum dayanıklılık potansiyeli değerlendirilir. Simülasyon soğutmada ise doğal don olaylarını taklit etmek için sıcaklık 1 ila 2°C h⁻¹ oranında

düşürülür. Ancak genellikle 2 ila 6°C h⁻¹ arasında sabit bir oran kullanılmaktadır (Ritchie, 1984; Coleman ve ark., 1992; Simpson, 1994; Hawkins ve ark., 1996; Tanaka ve ark., 1997; Bigras, 1998; Burr ve ark., 2001; Linden, 2002; Hironelle ve ark., 2006). Bu aralık içinde bile artan 6°C h⁻¹ oranı, 2°C h⁻¹'de soğutmadan daha yüksek hasarlara neden olabilir (Haynes ve ark., 1992; Anisko ve Lindstrom, 1996). Testlerde buz kristallerinin oluşması ve hücreler arasındaki suyun donabilmesi için çok hızlı sıcaklık düşüşlerinden kaçınılmalıdır (Burr ve ark., 2001; Linden, 2002).

En az sıcaklık hız düşüşü kadar önemli olan bir diğer unsurda hedeflenen sıcaklık derecesine ulaşıldıktan sonra bu sıcaklık kademesinde beklenilecek süredir. Literatürde bu süre, bitki örnekleri ile örneklerin etrafını saran ortamın sıcaklıkları arasında termodinamik eşitlik sağlanıncaya değin geçen süre kadar olarak tanımlanmıştır (Linden, 2002). İstenilen sıcaklık kademesindeki bekleme süresinin artışı ile oluşan zararın miktarı arasında pozitif bir korelasyon mevcuttur (Ritchie, 1984; Linden, 2002; Rollins ve ark., 1962; Stoyanov, 1973; Su ve ark., 1987).

Düşük sıcaklıkta bekleme süresi ile oluşan zarar miktarı arasındaki bu korelasyon literatürde farklı görüşlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Örneğin Larcher (1968) ve Burr ve ark., (2001), bu sürenin 4-6 saat arasında olması gerektiğini savunurken, Glerum (1985) bu sürenin 1-3 saat arasında olması gerektiğini savunmaktadır. Linden (2002) ise bu görüşlerden farklı olarak düşük sıcaklıkta bekleme süresinin en az 24 saat olması gerektiğini savunmaktadır. Bu görüşlerden farklı olarak soğuğa dayanıklılık testlerinde en düşük sıcaklık kademesinde bekleme süresini 30 ila 120 dakika arasında sınırlayan çalışmalarda mevcuttur (Blazich ve ark., 1974; Ketchie ve Kamereck, 1987).

Don testlerinde son aşama; bitki örneklerinin başlangıç sıcaklıklarına döndürülmesidir. Bu aşamada bitki örnekleri soğutucu kabinde sabit bir oranda ısıtılır. Bu oran çoğunlukla sıcaklığın düşürülme hızı ve süresi ile aynıdır. Holubowicz ve ark. (1982) ve McNamara ve Pellett (1998), bitki örneklerini soğutucu kabinden doğrudan 0°C - 5°C sıcaklıklara aktararak, 16 ila 24 saat beklenmesi gerektiğini bildirmişlerdir. Ancak sonraki yıllarda yapılan çalışmalarda çoğunlukla saatte 2-6°C'lik bir sıcaklık

artışı kullanılmıştır (Tanaka ve ark., 1997; Burr ve ark., 2001; Semerci, 2005; İmal, 2015).

1.4.3. Don Stresi Sonrasında Örneklerde Meydana Gelen Zararın Belirlenmesi

Soğuğa dayanıklılık testleri, bitkilerin düşük sıcaklıklara uyum sağlama ve düşük sıcaklıktan kaçınma davranışlarını anlama ihtiyacından geliştirilmiş ve ağaçlandırma çalışmalarında üretilecek fidanların soğuğa dayanıklılığını hızlı bir şekilde ortaya koymada yaygın olarak kullanılmaktadır (Burr ve ark., 2001). Bitki örnekleri düşük sıcaklıklara maruz bırakıldıktan sonra bitkide oluşan doku hasarı bir veya daha fazla yöntemle belirlenebilir (Burr ve ark., 2001). Bu yöntemler görsel değerlendirme, klorofil floresans, iyon sızıntısı, diferansiyel termal analiz, lipid peroksidasyon, hidrojen siyanür gazı salınımı, ksilem basınç potansiyeli olarak sıralanabilir (Ritchie, 1984; Tanaka ve ark., 1997; Burr ve ark., 2001; Linden, 2002; Hironelle ve ark., 2006; Çolak, 2012; Cerda-Granados, 2012; İmal, 2015; Mabaso, 2017). Değerlendirme yönteminin seçimi, çalışmanın amacına, test edilen bitki materyalinin tipine ve fizyolojik durumuna ve mevcut altyapıya bağlıdır. Sonuçların kesinliğinden emin olmak için birden fazla yöntem paralel olarak kullanılabilir. Her bir yöntemin avantaj ve dezavantajları olmasına karşın yapılan çalışmalarda yaygın olarak ilk üç yöntem kullanılmaktadır (Cerda-Granados, 2012; İmal, 2015).

1.4.3.1. Görsel Değerlendirme Yöntemi

Don zararı testlerinden sonra bitki parçalarında oluşan zarar görsel değerlendirme yöntemiyle tespit edilebilir. Genellikle dondan zarar görmüş dokular, polifenollerin oksidasyonu nedeniyle kahverengi veya sarımsı bir renk alırlar. Ayrıca makro düzeyde hücre zararının bütünlüğünü kaybetmesi, dokuların yumuşak ve sulu görünümlerine neden olur.

Örnekler don testinden sonra zarar belirtilerinin ortaya çıkması için uygun, nispeten ılık bir ortamda (sera ya da iklimlendirme dolabı) tutulur. Bu sürenin uzunluğu, doku tipine ve mevsime bağlı olarak birkaç gün ile bir hafta veya daha fazla arasında

değişebilmektedir (Sakai ve Larcher, 1987; İmal, 2015). Bu esnada bitkide gerekli bakım çalışmaları yapılmalıdır.

Donma zararının görsel değerlendirmesinde ayrıca nötral kırmızı ($C_{15}H_{17}ClN_4$) veya 2,3,5-trifeniltetrazolyum klorür (TTC) gibi kimyasal bileşikler de kullanılarak değerlendirme kolaylaştırılabilir. Nötral kırmızı, canlı hücrelere cansız hücrelerden daha derinden nüfuz eden hayati bir lekedir (Parker, 1953). TTC, kırmızı renkli trifenil formazan oluşturan canlı hücrelerin enzim sistemleri tarafından indirgenir (Steponkus ve Lanphear, 1967). Nötral kırmızı ve TTC'nin neden olduğu renk reaksiyonları, canlı ve ölü hücreleri ayırt etmek için kullanılmıştır (Hong ve ark.,1980; Malone ve Ashworth, 1991; Takeda ve ark., 1993). Ancak sonraki yıllarda kısmen yaralanmış hücrelerde nötral kırmızı birikebileceğinden (Palta ve ark., 1978) ve ölü hücrelerinde pozitif bir TTC testi gösterebileceğinden (Stergios ve Howell, 1973) her iki testin de geçerliliği sorgulanmıştır.

Belirlenen bekleme süresi sonrasında fidanlarda oluşan zarar, renk değişiminin dozuna ve fidanların genel görünüşüne göre belirlenir. Don zararı sonrası, örneklerde yavaş yavaş kahverengi renk teşekkülü gözlenir. Zarar görmeyen dokular ise yeşil ya da önceki renginde kalabilir. Zarar miktarı yüzde cinsinden indeks değerleri oluşturularak skorlanır ve genellikle rakamlar kullanılır (Tablo 1). Renk değişimine göre yapılan skrolama sübjektif olduğundan skrolamayı yapan kişiye göre değişebilmektedir. Ayrıca bekleme süresi diğer yöntemlere göre daha uzundur. Tüm bu dezavantajlara rağmen bu yöntemin basit ve herhangi bir cihaz ya da ekipman gerektirmemesi olumlu yönü olarak kabul edilebilir (Ritchie, 1984; Burr ve ark., 2001; Semerci, 2005; İmal, 2015). Görsel değerlendirme genellikle daha nicel testlerle birlikte kontrol olarak kullanılır.

Tablo 1. Görsel değerlendirme zarar skalası

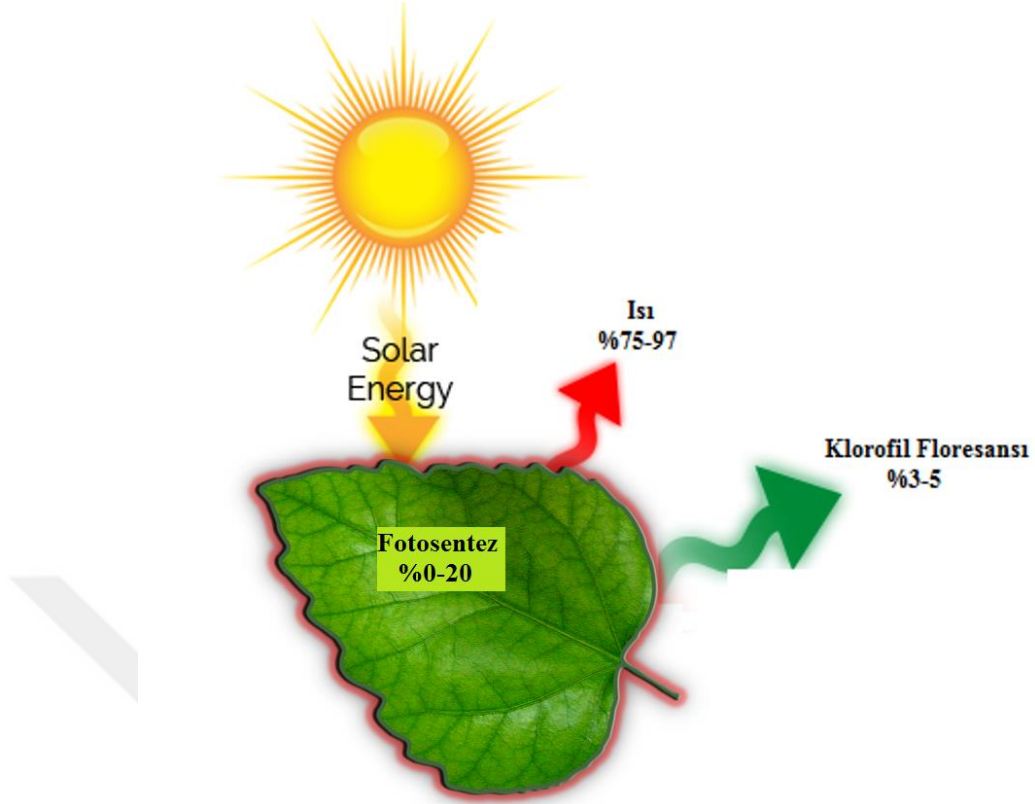
Skala kodu	Zarar skalası
0	% 0
1	% 1-20
2	% 21-40
3	% 41-60
4	% 61-80
5	% 81-100

1.4.3.2.Klorofil Floresans Yöntemi

Klorofil Floresans (CF) yöntemi don stresi zararının tespiti ve bitki dokularının yaşayabilirliğini göstermek için 1980'lerde kullanılmaya başlanmıştır (Sundbom ve Oquist, 1982; Strand ve Oquist, 1988; Krause ve Somersalo, 1988; Öquist ve Malmberg, 1989; Vidaver ve ark.,1989). Günümüzde CF, bahçecilik, tarım ve ormancılık alanlarında don stresini değerlendirmek için kullanılmaktadır (Burr ve ark., 2001; Rizza ve ark., 2001; Linden, 2002; Hawkins ve ark., 2003; Kocheva ve ark., 2004; Beck ve ark., 2004; Semerci, 2005; Hirondele ve ark., 2006; Pina ve ark., 2008; Ehler ve Hinch, 2008; Cerda-Granados, 2012; Çolak, 2012; İmal, 2015) CF yöntemi, don hasarından kaynaklanan fotosentetik sistemdeki küçük değişiklikleri saptayabilmektedir.

CF yöntemi, floresans soğutma sistemi (Flss) yardımı ile yapraktan uzaklaşan ışık miktarının tespitine dayanmaktadır. CF ölçümlerinde ilk olarak örneklenen dokuların (iğne yaprak ve ya yaprak) belli bir süre karanlığa uyumu sağlanır. Bu genellikle klipsler yardımı ile yapılır ve sonrasında ışıklı bir ortamda klorofil metre cihazı ile ölçümler yapılır.

Yaprak yüzeyine güneşten gelen görünür dalga boyundaki (400-700 nm) ışığın yaklaşık %6 ila 12'si yaprak tarafından yansıtılır, %0 ila 40'ı iletilir ve %48 ila 94'ü emilir (Vidaver ve ark., 1991). Emilen miktarın %20 veya daha azı fotosentezde kullanılır (Şekil 5). Bunun %75 ila 97'si ısı olarak kaybedilir ve %3 ila 5'i kırmızı ışık dalga boyunda (680 - 750 nm arasında) floresan olarak havaya yayılır (Krause ve Weis, 1984; Vidaver ark.,1991; Burr ve ark., 2001; Landis ve ark., 2010; İmal, 2015). Işık bu yayılımına klorofil floresans denir.

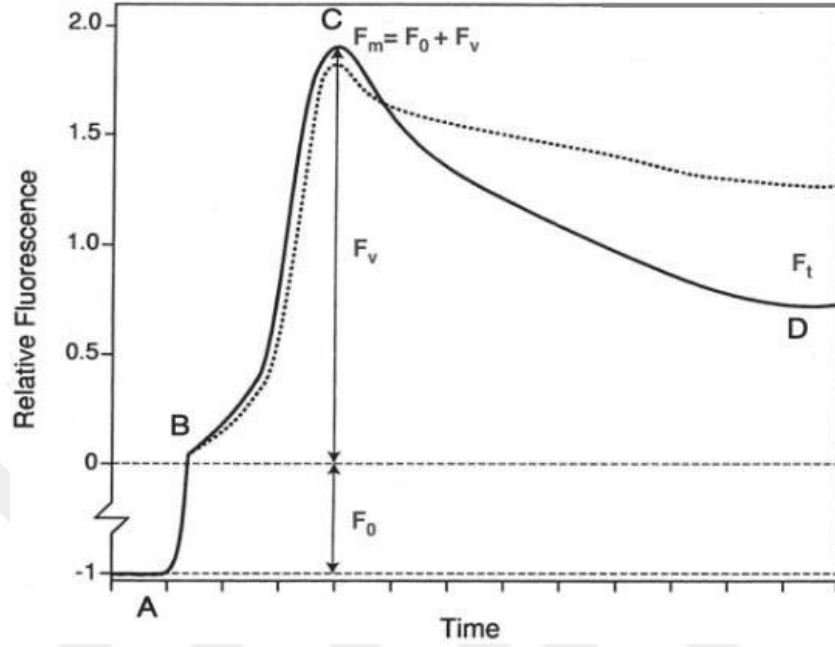


Şekil 5. Yaprak tarafından emilen ışığın dağılımı (Landis ve ark., 2010)

CF yöntemi tilakoid zarında Fotosistem II’de (PSII) elektron taşınımındaki değişimleri saptamak için kullanılır. Zardaki herhangi bir değişiklik, floresansdaki değişikliklerle yansıtılır. Bu olay, yeşil dokuyu belirli bir dalga boyunda bir veya daha fazla ışık darbesiyle yanıp sönerek, ardından fotosentetik sistem tarafından geri yayılan kırmızı ışığın miktarını saptayarak, yükselterek ve kaydederek gerçekleştirilir. Kısacası stres durumunda fotosentez miktarını belirler (Burr ve ark., 2001; Ritchie, 2006; Çiçek ve Çakırlar, 2006). CF genellikle, ışık kaynağına maksimum tepkiyi tetiklemek için bir karanlığa alışma döneminden sonra ölçülür.

Doygun bir ışık kaynağı ile fotosentetik sistem aktive edildiğinde, 670-750 nm arasında yayılan iki floresans kaynağı vardır. Bunlar F_0 ve F_m ’dir. F_0 ; klorofil A anten pigmentlerinden çıkan kırmızı ışık yani aktif haldeki minimum floresanstır. F_m ; klorofil A’nın eksitasyon enerjisi yayılımıdır. F_m , karanlıkta yapılan ölçümlerde en yüksek düzeydedir. İki kırmızı ışık flüoresan kaynağı birlikte bir floresans indüksiyonu veya Kautsky eğrisini (Şekil 6) temsil eder (Krause ve Weis, 1984; Lichtenthaler ve Rinderle, 1988). Kautsky Eğrisi’nde F_v ($F_v = F_m - F_0$) ise değişken

floresans yayılımını ifade etmektedir (Maxwell ve Johnson, 2000; Roger ve Weiss, 2001; Ritchie, 2006; Landis ve ark., 2010).



Şekil 6. Floresans indüksiyon parametreleri ile Kautsky eğrisi (Ritchie, 2006)

F_v/F_m oranı, bitkilerin stres koşulları altında fotosentetik aktivitelerinin belirlenmesinde kullanılan ve fotosentetik verimliliği belirleyen bir değer olup, PSII de emilen ışığın maksimum verimidir. Bitkilerde F_v/F_m oranı optimum koşullarda (çevresel şartların normal olduğu stres olmayan durumlarda) 0,83 civarındadır (Burr ve ark., 2001). Bu değer stres koşullarında azalmaktadır (Burr ve ark., 2001; Semerci, 2005; Ritchie, 2006; Çiçek ve Çakırlar, 2006; Landis ve ark., 2010).

Yine minimum floresans (F_0) stres faktörlerinden etkilenmektedir. Stresin şiddetinin artmasıyla F_0 değeri hızlı bir şekilde artar (Roger ve Weiss, 2001; Maxwell ve Johnson, 2000). Birçok çalışmada çeşitli stres faktörleri altındaki bitkilerde F_0 'ın yükselmesinin sebebi olarak, elektronların klorofil A'dan klorofil B'ye geçişinin engellenmesi ve FS II'nin ışık enerjisini yakalama aktivitesindeki azalma gösterilmiştir (Roger ve Weiss, 2001; Kalaji ve ark., 2011). Maksimum floresans değeri (F_m) stres koşulları altında zararın başladığı stres kademesine kadar çoğunlukla azalır ve zarar veren stres kademelerinde ise değişiklik görülmez.

Ölçümler fiber optik tipte klorofil florometre cihazları ile yapılmakta ve birçok cihaz F_v/F_m parametresini otomatik olarak hesaplamaktadır. Ölçümlere başlamadan önce soğutucu kabinden çıkarılan örnekler sabit ışık ve sıcaklık koşullarında tutulmalıdır. Sabit ışık, tilakoid zardaki don zararının hızlanmasına yardımcı olabilir. Klorofil floresans ölçümlerinden önce örneklerin belirli bir süre ışığa uyumunun sağlanması gerekmektedir. Bu süre ışığın şiddetine göre değişiklik göstermektedir. Örneğin, ışık yoğunluğu yaklaşık $1200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ise 1-2 saat, $400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ise 4-6 saat süre ile bu ışık şiddetine maruz bırakılmalıdır (Burr ve ark., 2001). Bu işlemden sonra bitki örneklerinin karanlığa uyumunu sağlamak için ölçümün gerçekleştirileceği yere (yaprak, ibre, sürgün, tomurcuk vb.) klipsler takılarak 15-30 dakika karanlığa uyumu sağlanarak ölçümler gerçekleştirilir (Şekil 7).



Şekil 7. Klorofil florometre ile klorofil floresans ölçümleri

CF yöntemi sadece don stresi zararını belirlemede değil farklı streslerin (tuzluluk, ağır metal vb.) zararlarını belirlemede de kullanılabilir. Don stresinde çalışılacak sıcaklık kademesine bağlı olarak sadece bir sıcaklık kademesi için 1 ya da 2 gün yeterli olmaktadır. Görsel değerlendirme ve iyon sızıntısına göre avantajı kısa bir süre içerisinde tamamlanabilmesi ve bir seferde daha fazla sayıda numune işlenebilmesidir. CF'nin en büyük dezavantajı ise ölçüm yapmak için yeşil dokunun gerekli olması ve köklerin değerlendirilmesini ortadan kaldırmasıdır, ancak analiz yeşil gövdeler, iğneler veya sürgünler üzerinde yapılabilmektedir.

1.4.3.3.İyon Sızıntısı Yöntemi

Don zararına maruz kalma sırasında veya sonrasında hücre zarları seçici geçirgen özelliğini kaybettiğinden hücre içindeki iyonlar hücre dışına çıkar. Hücre zarları hasar gördüğünde hücrelerden iyon salınımı artar. İyon sızıntısı (EL) yöntemi, iyon miktarlarının (başta K^+) salınmasına neden olduğu gerçeğine dayanan ve salınan iyonların miktar veya oranını ölçen bir yöntemdir (Burr ve ark., 2001; Linden, 2002).

Bitki dokularından iyon sızıntısı, stres hasarını tahmin etmek için ilk olarak Dexter ve ark. (1932) tarafından kullanılmıştır. Prosedür uzun yıllardır bahçe bitkileri üzerinde yapılan çalışmalarda kullanılmaktadır (Calkins ve Swanson, 1990) ve günümüzde orman ağaçların soğuğa dayanıklılığının belirlenmesi üzerine yapılan ekofizyolojik çalışmalarda kullanımı artmaktadır (Stergios ve Howell, 1973; Colombo ve ark., 1984; Burr ve ark.,1990; Hawkins ve Binder, 1990).

Bu yöntemde, iğne yaprak, sürgün veya tomurcuk gibi bitki uzuvlarına düşük sıcaklık derecesi uygulandıktan sonra alınan numuneler deiyonize suya konularak 20-24 saat bekletilir (Burr ve ark., 2001; Semerci, 2005; Hirondele ve ark., 2006). Bitkide zarar gören iyonların deiyonize suya geçmesini sağlamak amacıyla örnekler belirli periyotlarda sallanır. Bekletme sonrasında başlangıçtaki elektriksel iletkenlik miktarı ölçülür. Hücredeki tüm zarların ölmesi ve kalan iyonların da hücre dışına çıkmasını sağlamak için örnekler otoklavlanır veya kaynatılır. Son elektriksel iletkenlik ölçümü 20-24 saat beklendikten sonra yapılır (Sutinen ve ark.,1992; Burr ve ark., 2001). Relatif iletkenlik (RC) genellikle dondan kaynaklanan zarar olarak ifade edilir. RC'nin artması aynı zamanda zarar miktarının da arttığının bir göstergesidir (Semerci, 2005).

İyon sızıntısı yöntemi ekonomik olmasının yanında az miktarda örnekle, her türlü bitki dokusunu kullanarak, yaprağını döken ve dökmeyen bitki türlerinde çalışma imkânı sağlar. Ancak zar özelliklerinin don stresinden önce farklı streslerden etkilenme olasılığı, CF yöntemine göre daha fazla iş gücü gerektirmesi ve yaralanma ve sıcaklık eğrilerini yorumlamanın zor olması gibi dezavantajlara sahiptir.

1.4.4. Bitkide Meydana Gelen Düşük Sıcaklık Stresi Zararının Analizi

Don hasarına ilişkin ham veriler, genetik veya işlem (deney) etkilerinden kaynaklanan dona dayanıklılıkla ilgili farklılıkları belirlemek için kullanılabilir. Bununla birlikte genellikle soğuğa dayanıklılığın standartlaştırılmış, niceliksel bir biçimde ifade edilmesi arzu edilir. Soğuğa dayanıklılığın en yaygın ölçüsü, %50 öldürücülükteki sıcaklık olan LT_{50} (Lethal Temperature %50) değeridir. Bu ise bitki dokusunun %50'inin ölmesine sebep olan düşük sıcaklık (kritik) değeridir. Soğuğa dayanıklılık ölçümleri, doğrusal enterpolasyon, Spearman-Kärber yöntemi, logit ve probit modelinin yanı sıra doğrusal olmayan fonksiyonlar kullanılarak analiz edilebilir. Yöntemin seçimi kısmen yaralanma verilerinin türüne bağlıdır. Logit ve probit modellerinin yanı sıra Spearman-Kärber yöntemi ikili yanıtlara (örneğin; canlı veya ölü olarak kaydedilen don zararındaki görsel değerlendirme) uygulanır. Doğrusal enterpolasyon ve doğrusal olmayan işlevler, ölümcüllük yüzdesi veya elektrolit sızıntısı miktarları gibi verilerde kullanılabilirler.

1.4.4.1. Doğrusal Enterpolasyon

Doğrusal enterpolasyon, don hasarına karşı test sıcaklığı grafiğinden LT_{50} değerinin tahminini içerir. Test sıcaklıklarında en düşük ve en yüksek iki ortalama yaralanma değeri düz bir çizgiyle birbirine bağlanır ve %50 seviyesiyle ilişkili sıcaklık x ekseninden okunur. Herhangi bir yüzde hasar için benzer şekilde sıcaklıklar tahmin edilebilir. Donma tepkileri öldürücü değerler olarak kaydedildiğinde, doğrusal enterpolasyon basit, sağlam, hızlı ve kolay bir grafik yöntemidir. Don hasarının azalan sıcaklıklarla birlikte arttığını varsayar. Bu varsayım her zaman doğru olmayabileceğinden ve yöntemin sübjektif olmasından kaynaklı olarak, tahmin edilen kritik sıcaklıklar yanlış olabilir.

1.4.4.2. Spearman-Kärber Yöntemi

Spearman-Kärber yöntemi, ikili verilerde (binary data) medyan etkili miktarı tahmin etmek için parametrik olmayan istatistiksel bir yöntemdir. Bittenbender ve Howell

(1974), soğuk strese maruz kalmış tomurcukların LT_{50} 'sini hesaplamak için bu yöntemi önermiştir. Yöntem, test sıcaklık aralığının %0 ve %100 ölümcüllük tepkilerini içermesini gerektirir. Bu koşul karşılanmazsa, test sıcaklıkları serisindeki bir sonraki dozun, test edilmemiş olmasına rağmen, istenen toplam ve/veya ölümcül olmayan tepkiyi verdiği varsayılabilir. Ancak, verilerin bu şekilde kullanılması herhangi bir teorik temelden yoksundur. Spearman-Kärber yönteminin kullanımı kolaydır ve LT_{50} 'nin varyansı tahmin edilebilir. Soğuğa dayanıklılık araştırmalarında, bu yöntem çiçek tomurcuklarında ve gövde dokularında LT_{50} 'nin tahmini için kullanılmıştır (Bittenbender ve Howell, 1974; Johnson ve Howell, 1981; Takeda ve ark., 1993; Hummer ve ark., 1993; Carter ve Hummer, 1999).

1.4.4.3. Logit ve Probit Modeli

Dona dayanıklılık testleri sonucu elde edilen ikili verilerin (binary data) analizine alternatif olarak geliştirilmiş bir analiz yöntemidir. Logit modelinde, donma-ölüm olasılığının sıcaklık işlemine bağımlılığı, lojistik dönüşüm kullanılarak genelleştirilmiş doğrusal modeller bağlamında analiz edilir (Collett, 1991). Dönüşüm, uygun olasılıkların sıfır ile bir arasında olmasını sağlar. Dönüştürülen fonksiyon simetriktir ve 0,2 ile 0,8 olasılıkları arasında esasen doğrusaldır; bu aralığın dışında fonksiyon belirgin bir şekilde doğrusal olmayan hale gelir. Tahmini LT_{50} değerleri için güven aralıkları, logit model parametrelerinin standart hataları ve kovaryansları temeline dayanarak oluşturulabilir (Collett, 1991). Logit ve probit modelleri birbirine oldukça benzerdir, ancak probit dönüşümü verilerin normal dağılımına dayanır.

1.4.4.4. Doğrusal Olmayan Model

Donma stresine karşı bitki tepkisini tanımlayan eğriler, alt ve üst asimptot (bir fonksiyonun grafik eğrisine sonsuzda teğet olan eğri) tarafından sınırlanan bir sigmoid (s-şekli) şeklindedir (Repo ve Lappi, 1989; Von Fircks ve Verwijst, 1993). Bu yöntemle göre, doğrusal olmayan regresyon genellikle öldürücü sıcaklığı (LT) tahmin etmek için kullanılır ve sıcaklık-tepki eğrisinin bükülme noktası olarak tanımlanır. Çoğu araştırmacı, eğrinin orta noktasında veya medyanında, asimptotların tam

ortasında bulunan bir bükölme noktası ile simetrik, lojistik işlevi kullanmıştır (Khanizadeh ve ark., 1989; Palliotti ve Bongi, 1996; Repo ve ark.,1996). Doğrusal olmayan modeller, modelin verilere karşılık gelmesi koşuluyla, don zararı verilerini analiz etmek için etkili bir yöntemdir.



2. MATERİYAL ve YÖNTEM

2.1. Materyal

Bu çalışmada materyal olarak kızılçam orijin denemeleri 30. yaş sonuçlarına göre kurak ve soğuk deneme alanlarında yaşama oranı en yüksek orijinler (Çalikoğlu ve ark., 2019) ile Kandemir ve ark. (2008) ve Semerci ve ark. (2019) tarafından dona daha dayanıklı olduğu belirtilen orijinler arasından 3 orijine ait 54 aileden elde edilen fidanlar kullanılmıştır. Orijinlere ait bilgiler Tablo 2’de verilmiştir. Çalışmada tohumların toplanmasından dona dayanıklılık testlerinin yapılmasına kadar olan işlemler aşağıda açıklanmıştır.

Tablo 2. Çalışmaya konu kızılçam orijinlerine ait bilgiler

Ulusal Kayıt Numarası	TM-19 ¹	TM-26	TM-347
İslah Zonu	1.3	1.2	3.1
Bölge Müdürlüğü	Isparta	Mersin	Balıkesir
İşletme Müdürlüğü	Göhlhisar	Gülnar	Bigadiç
İşletme Şefliği	Göhlhisar	Pembecik	Akkaya
Enlem	37° 04' 30"	36° 14' 30"	39° 24' 46"
Boylam	29° 32' 40"	33° 15' 20"	28° 21' 50"
Rakım (m)	1100	650	450
Yıllık Yağış (mm)	508.4	925.8	508.9
Ortalama Sıcaklık (°C)	12.2	19	14.4
Maksimum Sıcaklık(°C)/Ay	39.1 / Ağustos	42/Temmuz	42.8/Temmuz
Minumum Sıcaklık(°C)/ Ay	-2.7/Ocak	-0.8/Şubat	-17.0/Şubat
Maksimum Yağış(mm) / Ay	97.1/Ocak	205.8/Aralık	80.8/Aralık
Minumum Yağış(mm) / Ay	12.4/Temmuz	0.3/Temmuz	4.9/Ağustos
Nisbi Nem (%)	67.2	71	63.1
Emberger Biyoiklim Sınıfı	Yarı kurak - Soğuk	Az yağışlı - Serin	Yarı kurak - Soğuk
Meteoroloji İstasyonu /Rasat Yılları	Göhlhisar/2009-2019	Anamur/1975-2005	Bigadiç/1975/2008
Kozalak Toplanan Aile sayısı	28	17	24

¹TM:Tohum Meşceresi

2.1.1. Orijinlere Ait Tohum Kaynaklarından Tohumların Toplanması

Tablo 2’de belirtilen orijinleri temsil eden 69 aileden kozalaklar toplanmıştır. Kozalaklar söz konusu orijinlere ait ve Tablo 3’te belirtilen tohum bahçelerinden toplanmıştır. Toplama işlemi esnasında her bir aileden toplanan kozalaklar aile bazında ayrı ayrı çuvallara konularak etiketlenmiş ve Orman Ağaçları ve Tohumları

Islah Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü laboratuvarına getirilerek tohum çıkarma işlemi başlatılmıştır.

Tablo 3. Çalışma için kozalak toplanan tohum bahçelerine ait bilgiler

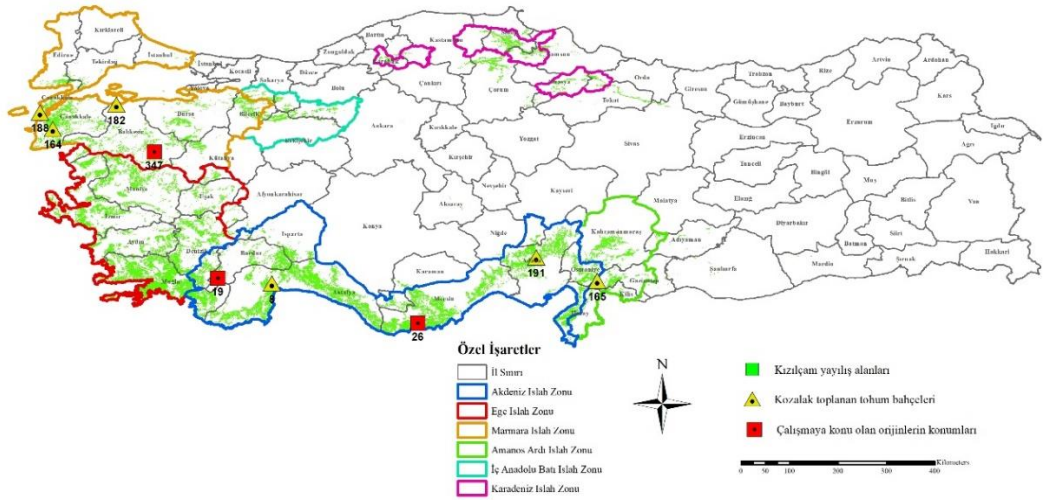
Orijin	Ulusal Kayıt Numarası ¹	Bölge Md.	İşletme Md.	İşletme Şef.	Bölme No	Alan (ha)	Tesis Yılı	Enlem	Boylam
Burdur-Gölhisar	TB-8	Antalya	Antalya	Düzlerçamı	347,348, 349	10	1980	36° 58' 11"	30° 32' 42"
Balıkesir-Bigadiç	TB-164	Çanakkale	Bayramiç	Gökçeçi	268,269	9,2	2000	39° 50' 04"	26° 28' 47"
Balıkesir-Bigadiç	TB-182	Balıkesir	Gönen	Gündoğan	31	8,1	2005	40° 16' 51"	27° 39' 44"
Balıkesir-Bigadiç	TB-188	Çanakkale	Çanakkale	Çanakkale Savaşları	232	7,3	2007	40° 08' 15"	26° 14' 38"
Gülnar - Pembecik	TB-165	K.Maraş	Kilis	Islahiye	99	8,8	2000	37° 01' 04"	36° 35' 22"
Gülnar - Pembecik	TB-191	Adana	Pos	Akören	178	10,2	2010	37° 27' 07"	35° 27' 09"

¹TB: Tohum Bahçesi



Şekil 8. Kozalakların toplanarak laboratuvara getirilmesi ve tohum eldesi

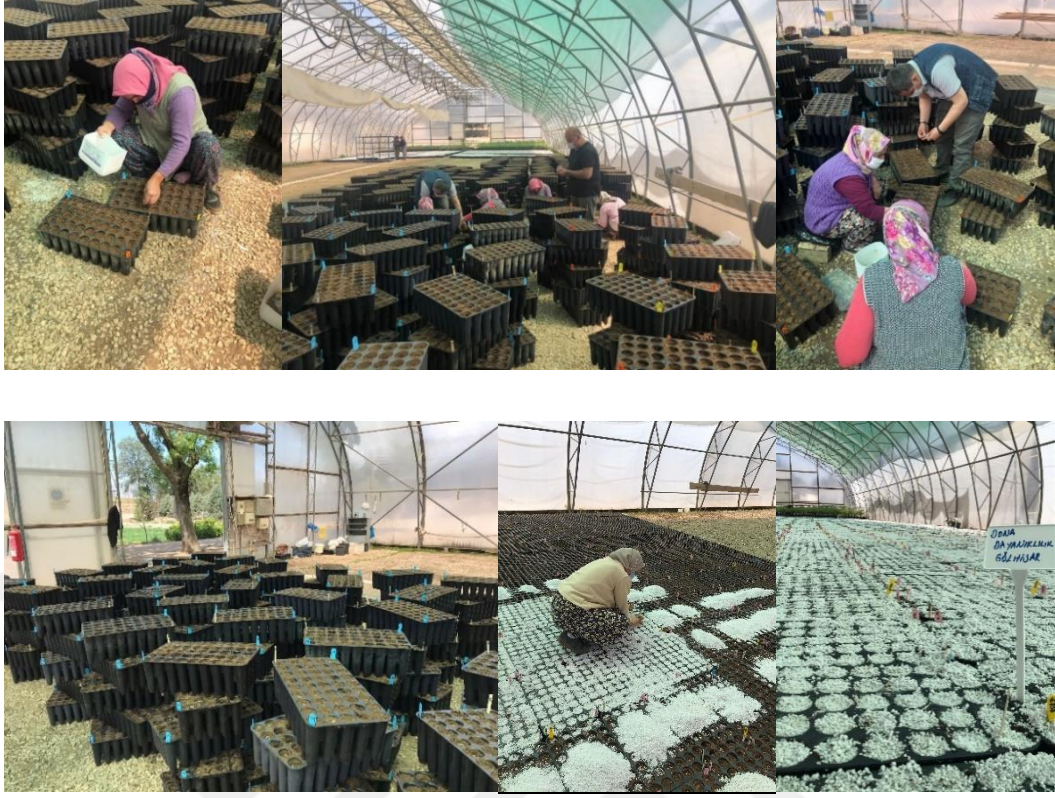
Çalışılan orijinlerin ve kozalak toplanan tohum bahçelerinin konumları Şekil 9'da belirtilmiştir.



Şekil 9. Çalışılan orijinlerin ve kozalak toplanan tohum bahçelerinin kızılçam yayılışı üzerindeki konumları (OATIAEM, 2021)

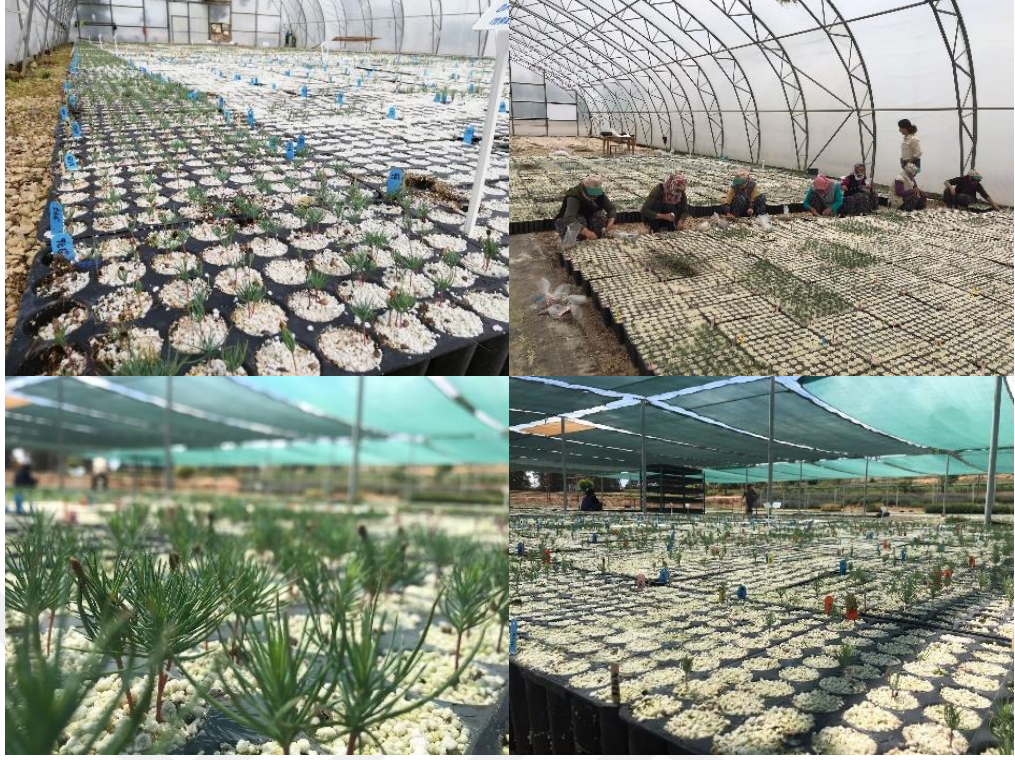
2.1.2. Araştırmaya Konu Olan Fidanların Yetiştirilmesi ve Bakımı

Çıkarılan tohumlar 2021 yılı nisan ayı içerisinde Denizli Orman Fidanlık Müdürlüğünde 5x 5.5 x 10 cm boyutlarında ENSO 45'lik kaplara ekilmiştir (Şekil 10). Ekimlerde harç ortamı olarak %60 toprak-gübre, %20 çam kabuğu ve %20 turba kullanılmıştır. Ekimler fidan oluşumunu garanti altına almak için her bir kap gözüne 3-4 tohum atılmış ve 1-1.5 cm derinlikte yapılmıştır. Her bir aile için ortalama 10 adet toplamda 683 enso tipi kap kullanılmıştır. Serada ve sera dışında sulama ve güneşlenmenin etkileyici faktör (bias) oluşturmaması için enso kaplar rastlantısal olarak dizilmiş ve kenar etkisini azaltmak için çevresine enso kaplardan sıra oluşturularak deneme deseni oluşturulmuştur (Tablo 4). Fidanların damping-off ve diğer mantar zararlarından zarar görmemesi için sulamaları, çimlenmeler başlayana kadar gün ortasında çimlenmelerden sonra sabah ve akşam saatlerinde yapılmıştır.



Şekil 10. Enso tipi kaplara tohumların ekilmesi

Ekimlerden yaklaşık iki hafta sonra çimlenmeler başlamış ve haziran ayının ikinci haftasına kadar serada bekletilen kaplar daha sonra sera dışına çıkarılmıştır. Sera dışına çıkarıldıktan sonra fidanlar gözetim altında tutularak ve gerekli bakım işlemleri düzenli olarak yapılmıştır. Özellikle kaplarda ortaya çıkan yabancı otlar belirli aralıklarla elle temizlenmiştir. Sıcak yaz aylarında fidanların sıcaklardan zarar görmemesi için yapay gölgelik çekilmiştir. Sera dışına çıkarılan kaplarda çimlenme yüzdesi düşük ailelerde tamamlama ekimi, diğer kaplarda ise aşılama ve tekleme işlemleri yapılmıştır (Şekil 11). Ağaçlandırma çalışmalarında 1+0 yaşındaki kızılçam fidanları kullanıldığından dona dayanıklılık testlerinde de 1+0 yaşındaki fidanlar kullanılmıştır. Bu sebeple 2022 yılı şubat ayına kadar fidanların gelişimi için beklenilmiştir.



Şekil 11. Ekilen tohumların çimlenmesi ve fidanlarda bakım

Başlangıçta 69 aileden kozalak toplanarak tohum elde edilmesine rağmen, bazı ailelerden yeterli sayıda fidan elde edilemediğinden dona dayanıklılık testleri 54 aile üzerinde yapılmıştır.

Tablo 4. Tohum ekimi yapılan enso kaplarla sera ve sera dışında oluşturulan deneme deseni

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	104	65	64	63	62	61	60	59	58	57	56	55	54	53	976
2	185	54	53	76	75	74	73	72	71	70	69	68	67	66	977
3	184	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	109
4	972	56	55	54	53	76	75	74	73	72	71	70	69	68	104
5	103	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	69	70	185
6	191	71	72	73	74	75	76	53	54	55	56	57	58	59	184
7	172	72	71	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61	60	972
8	Sr	61	60	59	58	57	56	55	54	53	76	75	74	73	103
9	Sr	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	191
10	Sr	63	62	61	60	59	58	57	56	55	54	53	76	75	172
11	Sr	76	75	74	73	72	71	70	69	68	67	66	65	64	976
12	Sr	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	977
13	Sr	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	53	54	109
14	Sr	67	66	65	64	63	62	61	60	59	58	57	56	55	104
15	Sr	56	55	54	53	76	75	74	73	72	71	70	69	68	185
16	Sr	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	184
17	Sr	70	71	72	73	74	75	76	53	54	55	56	57	58	972
18	Sr	71	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61	60	59	103
19	Sr	3240	3238	3237	3236	3235	3234	3233	68	76	75	74	73	72	191
20	Sr	3235	3234	3233	3250	3249	3248	3247	3246	3245	3244	3243	3242	3241	172
21	Sr	3249	3248	3247	3246	3245	3244	3243	3242	3241	3240	3238	3237	3236	976
22	Sr	3245	3244	3243	3242	3241	3240	3238	3237	3236	3235	3234	3233	3250	977
23	Sr	3241	3240	3238	3237	3236	3235	3234	3233	3250	3249	3248	3247	3246	109
24	Sr	3236	3235	3234	3233	3250	3249	3248	3247	3246	3245	3244	3243	3242	104
25	Sr	3250	3249	3248	3247	3246	3245	3244	3243	3242	3241	3240	3238	3237	185
26	Sr	3247	3246	3245	3244	3243	3242	3241	3240	3237	3236	3235	3234	3233	184
27	Sr	3244	3243	3242	3241	3240	3237	3236	3235	3234	3233	3250	3249	3248	972
28	Sr	3241	3240	3237	3236	3235	3234	3233	3250	3249	3248	3247	3246	3245	103
29	Sr	3236	3235	3234	3233	3250	3249	3248	3247	3246	3245	3244	3243	3242	191
30	Sr	3234	3233	3250	3248	3247	3246	3245	3244	3243	3242	3241	3240	3237	172
31	Sr	3250	3248	3247	3246	3245	3244	3243	3242	3241	3240	3237	3236	3235	976
32	Sr	8572	8571	8570	8569	8568	8567	8566	8565	8564	8563	8562	8561	8560	977
33	Sr	8585	8584	8583	8582	8581	8580	8579	8578	8577	8576	8575	8574	8573	109
34	Sr	8570	8569	8568	8567	8566	8565	8564	8563	8562	8561	8560	8587	8586	104
35	Sr	8583	8582	8581	8580	8579	8578	8577	8576	8575	8574	8573	8572	8571	185
36	Sr	8568	8567	8566	8565	8564	8563	8562	8561	8560	8587	8586	8585	8584	184
37	Sr	8581	8580	8579	8578	8577	8576	8575	8574	8573	8572	8571	8570	8569	972
38	Sr	8566	8565	8564	8563	8562	8561	8560	8587	8586	8585	8584	8583	8582	103
39	Sr	8579	8578	8577	8576	8575	8574	8573	8572	8571	8570	8569	8568	8567	191
40	Sr	8564	8563	8562	8561	8560	8587	8586	8585	8584	8583	8582	8581	8580	172
41	Sr	8577	8576	8575	8574	8573	8572	8571	8570	8569	8568	8567	8566	8565	976
42	Sr	8562	8561	8560	8587	8586	8585	8584	8583	8582	8581	8580	8579	8578	977
43	Sr	8575	8574	8573	8572	8571	8570	8569	8568	8567	8566	8565	8564	8563	109
44	Sr	8560	8587	8586	8585	8584	8583	8582	8581	8580	8579	8578	8577	8576	104
45	Sr	8573	8572	8571	8570	8569	8568	8567	8566	8565	8564	8563	8562	8561	185
46	Sr	8586	8585	8584	8583	8582	8581	8580	8579	8578	8577	8576	8575	8574	184
47	Sr	8571	8570	8569	8568	8567	8566	8565	8564	8563	8562	8561	8560	8587	972
48	Sr	8584	8583	8582	8581	8580	8579	8578	8577	8576	8575	8574	8573	8572	103
49	Sr	8569	8568	8567	8566	8565	8564	8563	8562	8561	8560	8587	8586	8585	191
50	Sr	8582	8581	8580	8579	8578	8577	8576	8575	8574	8573	8572	8571	8570	172
51	Sr	8567	8566	8565	8564	8563	8562	8561	8560	8587	8586	8585	8584	8583	976
52	Sr	8580	8579	8578	8577	8576	8575	8574	8573	8572	8571	8570	8569	8568	977
53	Sr	172	191	103	972	184	185	8587	8586	8585	8584	8583	8582	8581	109
54	Sr	109	977	976	172	191	103	972	184	185	104	109	977	976	104

2.2. Yöntem

2.2.1. Dona Dayanıklılık Testleri

Üç farklı orijini temsil eden 54 farklı kıvılcım ailesinde dona dayanıklılık testleri kış ve ilkbahar mevsiminde olmak üzere iki farklı dönemde yapılmıştır. Yapılan testler ve fidanlarda meydana gelen don zararını belirlemek için yapılan işlemler aşağıda ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır.

2.2.1.1.Kış Mevsimi Dona Dayanıklılık Testleri

Üç farklı orijine ait 54 farklı kızılçam ailesinden yetiştirilen 1+0 yaşlı fidanlar ile kış mevsiminde dona dayanıklılık testleri -5,-10,-15,-17,5,-20,-22,5 -25, -30 ve -40 °C sıcaklıklarda gerçekleştirilmiştir. Her aileden bir beşer adet fidan ise kontrol (+4 °C) olarak ayrılmıştır. Her aileden her bir sıcaklık kademesi için beşer adet fidan kullanılmıştır. Toplamda 54 aile x 10 sıcaklık kademesi (kontrol dahil) x 5 fidan=2700 fidan testlere tabi tutulmuştur. Her sıcaklık kademesinde bütün ailelere ait fidanlar aynı anda teste konulmuştur.

Kış mevsimindeki dona dayanıklılık testleri 2022 yılı şubat ayı içerisinde yapılmıştır. Teste tabi tutulacak fidanlar Denizli Orman Fidanlık Müdürlüğünde kök boğazından kesilerek (Şekil 12) aynı gün İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Orman Fakültesi Silvikültür Anabilim Dalı, Tohum Teknolojisi ve Orman Ekofizyolojisi Laboratuvarında soğutma kabinlerine getirilerek, test gününe kadar +4 °C sabit sıcaklıkta bekletilmişlerdir. Bu sayede fidanların soğuğa uyumu sağlanmıştır.



Şekil 12. Fidanların dona duyarlılık testleri için kesilmesi

Kış mevsiminde yapılan testlerde deneme deseni olarak Faktöriyel Deneme Desenlerinden Tesadüf Parselleri Deneme Deseni kullanılmıştır. Deneyler yukarıda belirtildiği gibi 2700 adet fidan üzerinde yürütülmüştür. Dondurma işlemi öncesi her sürgün 17x23 cm boyutlarındaki ağzı kilitlenir plastik poşetlere konulmuş, hücreler arası buz oluşumunu sağlamak ve örneklerin kurummasını önlemek için üzerlerine 10 ml civarında saf su püskürtülerek ıslatılmış ve poşetler içlerindeki sürgünler dondurulmak üzere soğutucu kabine (Vötsch-VT3- 4030) konulmuştur (Şekil 13). Başlangıçta oda sıcaklığında olan soğutucu kabinin sıcaklığı kademeli olarak (saatte 5

°C) düşürülerek, hedeflenen sıcaklık derecesine ulaşılmıştır. Daha sonra örnekler hedeflenen sıcaklık derecesinde 5 saat bekletilmiştir. Ardından dondurulan örnekler yine kademeli olarak ısıtılarak (saatte 5 °C) tekrar oda sıcaklığına getirilmiştir. Bu işlemler esnasında soğutucu kabin otomatik olarak programlanmıştır. Kış mevsiminde don testine tabi tutulan her fidanın kök boğazı çapı ve boyu ölçülerek büyüme karakterlerinin dona dayanıklılık ile ilişkisi değerlendirilmiştir.



Şekil 13. Örneklerin ısıtılarak soğutucu kabine konması

2.2.1.2.İlkbahar Mevsimi Dona Dayanıklılık Testleri

Üç farklı orijine ait 54 farklı kızılçam ailesinden yetiştirilen 1+0 yaşlı fidanlar ile kışın dona dayanıklılık testleri -5, -7.5, -10, -12.5, -15, -17.5, -20, -25 ve -30 °C sıcaklıklarda yapılmıştır. Yine her aileden beşer adet fidan ise kontrol grubu (+4 °C) olarak ayrılmıştır. Her aileden her bir sıcaklık kademesi için beşer fidan kullanılmıştır. Toplamda 54 aile x 10 sıcaklık kademesi x 5 fidan=2 700 fidan testlere tabi tutulmuştur. Her sıcaklık kademesinde bütün ailelere ait fidanlar aynı anda düşük sıcaklıklara maruz kalmışlardır.

İlkbahar dona dayanıklılık testleri 2022 yılı mart ayı (vejetasyonun yeni başladığı ancak fidanların tomurcuk patlatmadan öncesi) içerisinde gerçekleştirilmiştir. Teste tabi olacak fidanlar kışın yapılan dona dayanıklılık testlerinde olduğu gibi Denizli Orman Fidanlık Müdürlüğünde kök boğazından kesilerek aynı gün İstanbul

Üniversitesi-Cerrahpaşa Orman Fakültesi Silvikültür Anabilim Dalı, Tohum Teknolojisi ve Orman Ekofizyolojisi Laboratuvarında bulunan soğutma kabinlerine getirilerek, test gününe kadar +4 °C sabit sıcaklıkta bekletilmişlerdir. Böylece fidanların soğuğa uyumu sağlanmıştır.

İlkbahar mevsiminde yapılan dona dayanıklılık testlerinde kış mevsiminde kullanılan deneme deseni kullanılmıştır. Deneyler yine 2700 adet fidan üzerinde yürütülmüştür. Dondurma işlemi öncesi fidanlara kış mevsiminde uygulanan işlemler uygulanmıştır. Dona dayanıklılık testlerine hazır hale getirilen örnekler soğutucu kabine yerleştirilmiştir. Otomatik olarak programlanabilen soğutucu kabinde, başlangıçta oda sıcaklığında testler başlamış daha sonra sıcaklık kademeli olarak (saatte 5 °C) düşürülerek, hedeflenen sıcaklık derecesine ulaşılmıştır. Daha sonra örnekler hedeflenen sıcaklık derecesinde 5 saat bekletilmiştir. Ardından dondurulan fidanlar yine kademeli olarak ısıtılarak (saatte 5 °C) tekrar oda sıcaklığına getirilmiştir.

2.2.1.3.Klorofil Floresans Yöntemi ile Don Zararının Belirlenmesi

Hem kış hem de ilkbahar mevsiminde yapılan dona dayanıklılık testleri sonrası ailelere ait fidanlarda oluşan don zararının belirlenmesinde klorofil floresans yöntemi kullanılmıştır. Kış ve ilkbahar mevsiminde yapılan dona dayanıklılık testlerinde; soğutma kabininden çıkarılan ve kontrol grubundan alınan fidanlar öncelikle oda sıcaklığında 5 saat süreyle 1500 lux ışık şiddeti altında bekletilmiştir. Daha sonra fidanların uç kısımlarındaki ibrelere klipsler takılarak 30 dakika karanlığa uyumu sağlanmıştır. Bu işlemde sonra örneklerde klorofil floresans ölçümleri klorofil florometre (OptiScience OS- 30P) cihazı ile yapılmıştır. Ölçümlerde elde edilen, Fotosentetik verimlilik (F_v/F_m), Minimum floresans (F_0) ve Maksimum floresans (F_m) gibi parametreler her bir aile için CF ölçüm tablolarına kaydedilmiştir.



Şekil 14. CF yöntemi ile don zararının belirlenmesi

2.2.1.4. Görsel Değerlendirme Yöntemi ile Don Zararının Belirlenmesi

Her iki mevsimde uygulanan don testlerinde kullanılan fidanlar CF ölçümünden sonra görsel değerlendirme yöntemi için Ankara Orman Fidanlık Müdürlüğü – Behiçbey Orman Fidanlık Şefliğinde 15 gün bekletilerek oluşan zarar miktarı belirlenmiştir (Şekil 15).



Şekil 15. Görsel değerlendirme için örneklerin Behiçbey Orman Fidanlığında dizilmesi

Görsel değerlendirme yöntemi ile zararın belirlenmesinde ibrelerde oluşan kahverengi ve sarımsı renk oluşumundan yararlanılmıştır. Görsel değerlendirme için kış ve ilkbahar mevsimlerinde CF ölçümü yapılmış fidanlar kullanılmıştır. Bunun için her bir

ailenin tüm sıcaklık kademeleri yanyana dizilmiş ve kış mevsiminde iki günde bir; ilkbahar mevsiminde örneklerin üzeri günlük olarak sulanmıştır. Fidanlarda meydana gelen zararı belirlemek için daha önce belirlenen skaladan faydalanılmıştır (Tablo 1). Skalaya göre oluşan zarar miktarı yüzdeliklere ayrılarak 5 kategoride değerlendirilmiştir. İlkbahar mevsiminde fidanlar serildikten bir hafta sonra görsel değerlendirme yapılmış; kış mevsiminde ise hem fidanlar serildikten bir hafta sonra hem de 15. günde görsel değerlendirme yapılmıştır.



Şekil 16. Ailelerde oluşan don zararının görsel değerlendirme yöntemi ile belirlenmesi

2.2.2. İstatistiksel Analizler

Klorofil floresans yöntemi ile yapılan ölçümlerde elde edilen F_0 , F_m ve F_v/F_m parametrelerinden sadece F_v/F_m değerinin düşük sıcaklıkta önemli bir parametre olduğu literatürde belirtildiğinden, analizlerde sadece F_v/F_m değeri kullanılmıştır (İmal, 2015).

Klorofil floresans yöntemi ve görsel değerlendirme yöntemi ile elde edilen veriler JMP Pro 16 programının EXPLORE OUTLIERS seçeneği ile sıra dışı veriler kontrol edildikten sonra tanımlayıcı istatistikler elde edilmiştir. Kış mevsiminde elde edilen verilerden dört; ilkbahar mevsiminde elde edilen verilerden üç adeti sıra dışı olduğundan analizlerden çıkarılmıştır.

2.2.2.1. Varyans Analizi, Çoklu Karşılaştırma Testi ve Parametreler Arası Korelasyonlar

İki mevsimde her bir düşük sıcaklık kademesindeki veriler kullanılarak aileler arasında fotosentetik verimlilik (F_v/F_m) bakımından fark olup olmadığı varyans analizi ile belirlenmiştir. Aileleri dona dayanıklılık bakımından değerlendirebilmek için tüm sıcaklık kademelerindeki performanslarını kontrol grupları ile kıyaslayan ve çoklu karşılaştırma testi olan Dunnet testi uygulanmıştır. Ayrıca her iki mevsimde de ölçülen parametrelerin birbirleri arasındaki ilişkiyi görebilmek için Pearson korelasyon analizi yapılmıştır.

Aileler arasında F_v/F_m bakımından istatistiki olarak fark belirlenen ($p < 0.05$) ve kritik sıcaklık kademesi olan sıcaklık kademeleri ($-17.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve $-22.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -Kış; $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve $-17.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ İlkbahar) kullanılarak varyans bileşenleri tahmin edilmiştir (Bower ve Aitken, 2006). Ancak her ailenin kontrol grubunda yani düşük sıcaklığa maruz kalmamış sıcaklık kademesinde fotosentetik verimlilikleri farklı olduğundan düşük sıcaklık kademelerindeki fotosentetik verimlilik verileri, kontrol grubundaki veriler kullanılarak standardize edilmiştir. Daha sonra her iki mevsimdeki kritik sıcaklık kademelerinde F_v/F_m değerleri birlikte analiz edilerek varyans bileşenleri hesaplanmıştır.

Varyans bileşenlerinin tahmininde Eşitlik 1’de belirtilen karma model kullanılmıştır.

$$Y_{ijk} = \mu + F_i + S_j + FS_{ij} + e_{ijk} \quad (1)$$

Modelde, Y_{ijk} ; hasar miktarını (F_v/F_m) μ ; genel ortalamayı, F_i ; i.ailenin etkisini, S_j ; j.sıcaklık kademesinin etkisini, FS_{ij} ; i. aile ile j. sıcaklık kademesi interaksiyon etkisini, e_{ijk} ; hatayı ifade etmektedir. Varyans bileşenleri R programında sommer paketi (version 4.2.1.2) kullanılarak tahmin edilmiştir (Covarrubias-Pazaran, 2016). İlkbahar mevsiminde yapılan varyans analizlerinde aile sıcaklık interaksiyonu istatistiksel olarak anlamsız olduğundan bu değişken analizlere dahil edilmemiştir. Varyans bileşenlerinin tahmininde sıcaklık değişkeni sabit etki, diğer değişkenler rastlantısal olarak alınmıştır.

2.2.2.2.Genetik Parametreler ve Islah Değerleri

Elde edilen varyans bileşenleri kullanılarak genetik çeşitlilik katsayısı, kalıtım dereceleri (bireysel kalıtım derecesi ve hatası ile aile ortalamaları kalıtım derecesi ve hatası) hesaplanmıştır.

Genetik çeşitlilik katsayısı (CV_{ga}) Eşitlik 2’de belirtilen formül kullanılarak hesaplanmıştır (Cornelius, 1994).

$$CV_{ga} = \frac{\sqrt{3\sigma_F^2}}{\bar{x}} 100 \quad (2)$$

Formülde; σ_F^2 ; aile varyansını, $\bar{x}$; değişken ortalaması ifade eder.

Bireysel kalıtım derecesi (h_i^2), Eşitlik 3’teki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$h_i^2 = \frac{\sigma_F^2}{k(\sigma_{pi}^2)} \quad (3)$$

Formülde; σ_{pi}^2 ; fenotipik varyans ($\sigma_{pi}^2 = \sigma_F^2 + \sigma_{FS}^2 + \sigma_e^2$) σ_F^2 ; aile varyansı σ_{FS}^2 ; aile sıcaklık etkileşimi varyansını σ_e^2 ; hata varyansını ifade etmektedir. k : yavru (döl) ile ebeveyni arasındaki genetik kovaryanstır ve bu değer yarım kardeş ailelerde 1/3 olarak alınmıştır. (Squillace, 1974; Becker, 1992; Işık, 1998).

Aile ortalamaları kalıtım derecesi (h_f^2) ise Eşitlik 4’teki formülle hesaplanmıştır.

$$h_f^2 = \frac{\sigma_F^2}{\sigma_{p_{fam}}^2} \quad (4)$$

$\sigma_{p_{fam}}^2 = \sigma_F^2 + \frac{\sigma_{FS}^2}{c_1} + \frac{\sigma_e^2}{c_2}$ olup, aile ortalamaları fenotipik varyansıdır. Burada c_1 ve c_2

katsayıları sırasıyla SAS PROC GLM ile yapılan çözümlemede TYPE III beklenen kareler ortalamasında, aile varyansı ve sıcaklık aile etkileşimi varyansının katsayılarıdır.

Bireysel kalıtım derecesinin hatası ve aile ortalamaları kalıtım derecesinin standart hatası ($SE. h_f^2$) delta metodu ile hesap edilmiştir (Lynch ve Walsh, 1998).

Islah değerlerinin hesabında varyans bileşenlerinde kullanılan sıcaklık kademelerindeki standardize edilmiş F_v/F_m değerleri kullanılarak Eşitlik 1’de belirtilen doğrusal karma model kullanılmıştır. Islah değerlerinin tahmininde aile değişkeni rastlantısal etki, diğer değişkenler ise sabit etki olarak alınmıştır. Islah değerlerinin tahmini BLUP (Best Linear Unbiased Prediction) metodunda Eşitlik 5’teki model kullanılarak yapılmıştır.

$$y=Xb+Zu+e \quad (5)$$

y: *n* adet ölçüm değerlerini içeren vektörü,

b: *p* boyutlu sabit etkiler vektörü,

u; *q* boyutunda bilinmeyen rastlantısal etkiler vektörü,

e: *n* boyutunda gözlemlenemeyen rastlantısal hata vektörüdür.

X: *n*×*p*, **Z:** *n*×*q* boyutlu matrisler olup tasarım matrisleri (incidence matrices) olarak ifade edilmektedir.

Sabit ve rastlantısal etkiler Eşitlik 6’da gösterilen karışık model çözümlemesi ile elde edilmiştir (Henderson 1984).

$$\begin{bmatrix} X'R^{-1}X & X'R^{-1}Z \\ Z'R^{-1}X & Z'R^{-1}Z + G^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{u} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'R^{-1}y \\ Z'R^{-1}y \end{bmatrix} \quad (6)$$

Burada,

G: modeldeki her bir rastlantısal etkinin varyans kovaryanslarının blok diyagonal toplamlarını içeren matris,

R: hataya ilişkin varyans kovaryans matrisidir.

Elde edilen BLUP değerleri 2 ile çarpılarak ıslah değerleri (ID); ıslah değerlerine her mevsimdeki ortalama F_v/F_m değerleri eklenerek mutlak ıslah değerleri (MID) hesaplanmıştır.

2.2.2.3.Kritik Zarar Noktalarının (LT₅₀) Hesaplanması

Soğuğa dayanıklılık %50 ldürücölükteki sıcaklık olan LT₅₀ (Lethal Temprature %50) ile ifade edilmekte olup, bitki dokusunun %50'inin ölmesine neden olan düşük sıcaklık değeridir. Doğrusal model kullanılarak yapılan varyans analizi ve sonrasında yapılan çoklu karşılaştırma testleri ailelerin zarar gördüğü sıcaklık kademesi aralığı hakkında bilgi verir ancak kesin bir derece belirtmemektedir. Bu sebeple ailelerin zarar gördüğü LT değerini ifade edebilmek için doğrusal olmayan modeller kullanılmaktadır.

Analizlerde asimptotik değerlerdeki yataylığı görebilmek için tüm sıcaklık kademelerindeki ölçülen F_v/F_m ve görsel değerlendirme verileri kullanılmıştır. Her bir aile için sıcaklık ve doku hasarı arasındaki ilişkiyi ifade etmek için Anderson (1998) ve Kreyling ve ark. (2012) tarafından geliştirilen Eşitlik 7'de belirtilen doğrusal olmayan model kullanılarak her bir aile için LT₅₀ değerleri hesaplanmıştır.

$$Y_T = Y_{min} + \frac{Y_{max} - Y_{min}}{1 + e^{k(T_m - T)}} \quad (7)$$

Modelde; Y_T : Sıcaklık kademelerindeki doku hasarı (CF ve GD), Y_{min} : Bağımlı değişkenin alt yatay asimptotik değeri, Y_{max} : yaralanmamış dokudaki bağımlı değişkeninin asimptotik değeri, k : bağımlı değişken eğrisinin dikliğini temsil eden değeri, T_m : LT₅₀ değerine karşılık gelen simetrik eğrinin orta noktasını ifade etmektedir. LT₅₀'nin hesaplanması R programında (version 4.0.3) drm paketi (Ritz ve ark., 2015); sonuçların görselleştirmesi yine R programında ggplot2 paketi (Wickham, 2016) kullanılarak yapılmıştır (R Core Team, 2020).

Her iki mevsimde de hesaplanan LT₅₀ değerleri (küçükten büyüğe) ve ıslah değerleri (büyükten küçükęe) sıralanarak Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı hesaplanmıştır. Bu şekilde sıralama yapılmasının nedeni; LT₅₀ değeri küçük olan ve ıslah değeri büyük olan ailenin dona en dayanıklı aile olduğu anlamına geldiğindendir.

Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı, iki değişken arasındaki sıralama ilişkisi hakkında bilgi vererek bu iki değişken arasındaki ilişkinin herhangi bir monotonik fonksiyon ile ne kadar iyi tasvirlenebileceğini yorumlamak gayesiyle kullanılmaktadır (Kendall, 1962).

Spearman sıralama katsayısı Eşitlik 8'deki formül kullanılarak hesaplanmıştır (Spearman, 1904).

$$\rho = 1 - \frac{6\sum d_i^2}{n(n^2-1)} \quad (8)$$

Burada $d_i = X_i$ ile Y_i sıralaması arasındaki fark; n :iki değişkenli örnekleme toplam deney sayısı olarak ifade edilmektedir.

3. BULGULAR

3.1. Kış Mevsiminde Yapılan Dona Dayanıklılık Testlerine Ait Bulgular

Kış mevsiminde yapılan dona dayanıklılık testleri sonrasında klorofil floresans yöntemiyle elde edilen parametre değerleri ile görsel değerlendirme, fidanlara ait kök boğazı çapı ve fidan boylarının her sıcaklık kademesindeki ortalama değerleri Tablo 5'te verilmiştir. Her bir ailenin her bir sıcaklık kademesindeki parametre değerlerinin ortalamaları Ek Tablo- 1'de verilmiştir.

Tablo 5. Kış mevsiminde yapılan dona dayanıklılık testleri sonrası fidanlarda ölçülen parametrelerin her bir sıcaklık kademesindeki ortalama değerleri ve fidanlara ait ortalama kök boğazı çapı ve boyları

Değişken	Sıcaklıklar									
	-40	-30	-25	-22.5	-20	-17.5	-15	-10	-5	Kontrol
F ₀	2110.15	2261.08	2002.86	950.51	748.94	459.40	404.35	468.45	447.40	527.68
F _m	2115.73	2265.35	2058.10	1429.69	1372.33	1112.16	1267.31	1600.32	1603.07	1973.14
F/F _m	0.00	0.00	0.03	0.33	0.44	0.57	0.66	0.69	0.71	0.72
GD	4.94	4.93	4.71	3.41	2.47	1.48	0.99	0.78	0.49	0.37
KBÇ (mm)	2.59	2.57	2.52	2.44	2.53	2.46	2.50	2.55	2.50	2.55
Boy (cm)	12.38	12.07	12.14	11.88	12.27	11.90	12.05	15.72	11.86	12.22

Minimum floresans verimi (F₀) kontrol grubunda tüm ailelerde ortalama 527.68 olarak bulunmuştur. Bu değer -20 °C'ye kadar kontrol grubun değerine göre daha düşük, -20 °C ve daha düşük sıcaklık kademelerinde artış göstermiştir. Maksimum floresans verimi özellikle öldürücü derecedeki sıcaklık kademelerinde (-25 °C, -30 °C ve -40 °C) ciddi artış göstermektedir. Tüm ailelerin farklı sıcaklık kademelerindeki ortalama kök boğazı çapı ve boyları sırasıyla 2.44-2.59 mm ve 11.86-15.72 cm aralığında olduğu görülmektedir.

Dona dayanıklılığın klorofil floresans yöntemiyle belirlenmesinde kullanılan en önemli parametre olan fotosentetik verimlilik F_v/F_m tüm ailelerin kontrol grubunda ortalama 0.72 olarak hesaplanmıştır. Bu değer -25 °C'ye kadar kademeli olarak, -25 °C'den sonra sert bir şekilde düşmüştür. Bir başka deyişle stres derecesi ve etkisi arttıkça F_v/F_m değeri azalmıştır. GD'ye göre ise örneklerde renk değişiminin -15 °C'ye kadar az, -15 °C'den -25 °C'ye ulaşmaya kadar ciddi şekilde değiştiği görülmektedir (Şekil 19).

Kış mevsiminde 10 farklı sıcaklık kademesinde (kontrol grubu dahil) yapılan dona dayanıklılık testlerinde klorofil floresans yöntemiyle belirlenen fotosentetik verimliliklerine ilişkin varyans analizi tablosu Tablo 6’da verilmiştir. Tablo 6 incelendiğinde F_v/F_m için yapılan varyans analizi sonucunda tüm faktörlerin ve bunların interaksiyonlarının istatistiki olarak önemli olduğu ($p<0.0001$) tespit edilmiştir.

Tablo 6. Kış mevsiminde ölçülen F_v/F_m değişkenine ilişkin varyans analizi tablosu

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	F değeri	P değeri
Aile	53	1.62436	4.3504	<.0001
Sıcaklık	9	226.9227	3578.953	<.0001
Sıcaklık * Aile	477	7.12899	2.1214	<.0001
Hata	2156	15.18897		

Tabloda sıcaklık x aile interaksiyonunun istatistiksel olarak anlamlı olması, ailelerin esas etkileri yerine, ailelerin sıcaklık faktörünün her seviyesi içindeki basit etkilerini dikkate almayı gerektirir. Bu nedenle, aileleri dona dayanıklılık bakımından karşılaştırabilmek için tüm sıcaklık kademelerindeki performanslarını kontrol grupları ile karşılaştırmak gerekmektedir. Her bir ailenin kontrol gruplarına ait ortalama F_v/F_m değerleriyle farklı sıcaklık kademelerinde ölçülen ortalama F_v/F_m değerlerinin karşılaştırıldığı Dunnet testi sonuçları Tablo 7’ de gösterilmiştir.

Tablo 7. Kış mevsiminde ailelerin kontrol gruplarındaki F_v/F_m değerlerine göre farklı sıcaklık kademelerinde gösterdikleri performanslarının karşılaştırılması (Dunnet Testi sonuçları)

Aile	Kontrole göre	-40	-30	-25	-22.5	-20	-17.5	-15	-10	-5
54	Fark	-0.749	-0.752	-0.727	-0.291	-0.389	-0.138	-0.028	-0.057	-0.044
	t Ratio	-16.952	-17.029	-16.468	-6.579	-8.807	-3.133	-0.629	-1.290	-1.001
	Prob> t 	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.023	0.994	0.730	0.904
55	Fark	-0.726	-0.728	-0.692	-0.410	-0.438	-0.259	-0.119	-0.053	-0.005
	t Ratio	-12.479	-12.523	-11.905	-7.046	-7.531	-4.460	-2.039	-0.908	-0.093
	Prob> t 	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.001	0.253	0.941	1.000
57	Fark	-0.742	-0.742	-0.718	-0.401	-0.469	-0.287	-0.092	-0.062	-0.008
	t Ratio	-12.367	-12.367	-11.964	-6.680	-7.809	-4.774	-1.526	-1.033	-0.133
	Prob> t 	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.000	0.561	0.888	1.000
58	Fark	-0.716	-0.714	-0.627	-0.273	-0.282	-0.150	-0.029	-0.043	-0.015
	t Ratio	-17.167	-17.133	-15.028	-6.547	-6.773	-3.597	-0.700	-1.036	-0.360
	Prob> t 	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.007	0.987	0.887	1.000

Tablo 7 (devam)

Aile	Kontrolle göre	-40	-30	-25	-22.5	-20	-17.5	-15	-10	-5
	Fark	-0.734	-0.734	-0.672	-0.358	-0.217	-0.149	-0.032	-0.045	-0.070
	t Ratio	-11.692	-11.688	-10.705	-5.696	-3.458	-2.372	-0.503	-0.713	-1.111
59	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.010	0.133	0.999	0.985	0.846
	Fark	-0.735	-0.735	-0.725	-0.382	-0.151	-0.098	-0.091	-0.041	0.001
	t Ratio	-17.318	-17.313	-17.096	-9.012	-3.559	-2.305	-2.154	-0.976	0.019
60	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.007	0.152	0.205	0.915	1.000
	Fark	-0.745	-0.746	-0.728	-0.181	-0.200	-0.099	-0.027	-0.124	-0.049
	t Ratio	-21.123	-21.141	-20.630	-5.121	-5.671	-2.801	-0.760	-3.510	-1.401
62	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.051	0.978	0.008	0.651
	Fark	-0.756	-0.755	-0.752	-0.214	-0.267	-0.111	-0.067	-0.041	-0.030
	t Ratio	-18.210	-18.200	-18.118	-5.161	-6.438	-2.674	-1.605	-0.993	-0.728
63	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.069	0.505	0.907	0.983
	Fark	-0.744	-0.744	-0.683	-0.395	-0.202	-0.157	-0.043	-0.011	-0.079
	t Ratio	-12.677	-12.677	-11.641	-6.737	-3.440	-2.673	-0.730	-0.194	-1.340
64	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.010	0.069	0.983	1.000	0.695
	Fark	-0.729	-0.728	-0.729	-0.379	-0.286	-0.137	-0.143	-0.032	-0.096
	t Ratio	-15.073	-15.056	-15.081	-7.838	-5.915	-2.842	-2.966	-0.666	-1.977
65	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.047	0.035	0.991	0.282
	Fark	-0.746	-0.746	-0.632	-0.293	-0.310	-0.150	-0.029	-0.121	-0.042
	t Ratio	-13.670	-13.670	-11.571	-5.359	-5.677	-2.747	-0.524	-2.209	-0.773
67	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.058	0.998	0.184	0.976
	Fark	-0.752	-0.752	-0.747	-0.373	-0.352	-0.211	-0.145	-0.041	-0.097
	t Ratio	-13.069	-13.065	-12.989	-6.475	-6.117	-3.663	-2.523	-0.719	-1.686
68	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.006	0.096	0.985	0.450
	Fark	-0.684	-0.682	-0.635	-0.269	-0.265	-0.097	-0.005	-0.007	-0.039
	t Ratio	-16.491	-16.453	-15.309	-6.485	-6.388	-2.350	-0.116	-0.169	-0.950
69	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.139	1.000	1.000	0.925
	Fark	-0.728	-0.727	-0.711	-0.405	-0.284	-0.221	-0.022	-0.075	-0.045
	t Ratio	-14.156	-14.148	-13.829	-7.876	-5.522	-4.300	-0.428	-1.455	-0.883
70	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.001	1.000	0.612	0.949
	Fark	-0.732	-0.731	-0.697	-0.603	-0.433	-0.313	-0.050	0.020	-0.019
	t Ratio	-15.014	-15.002	-14.300	-12.379	-8.878	-6.424	-1.022	0.415	-0.398
71	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.894	1.000	1.000
	Fark	-0.706	-0.701	-0.658	-0.416	-0.270	-0.157	-0.064	0.012	-0.022
	t Ratio	-14.483	-14.372	-13.495	-8.537	-5.536	-3.215	-1.308	0.250	-0.451
72	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.018	0.718	1.000	0.999
	Fark	-0.722	-0.723	-0.712	-0.369	-0.374	-0.110	-0.134	0.016	-0.067
	t Ratio	-14.122	-14.137	-13.922	-7.211	-7.313	-2.151	-2.616	0.305	-1.302
73	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.206	0.079	1.000	0.722
	Fark	-0.713	-0.716	-0.670	-0.319	-0.260	-0.102	-0.058	0.022	0.051
	t Ratio	-14.004	-14.056	-13.152	-6.256	-5.105	-2.003	-1.147	0.428	1.005
76	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.270	0.825	1.000	0.901

Tablo 7 (devam)

Aile	Kontrol e göre	-40	-30	-25	-22.5	-20	-17.5	-15	-10	-5
3233	Fark	-0.718	-0.718	-0.670	-0.306	-0.170	-0.222	-0.089	-0.013	-0.016
	t Ratio	-11.462	-11.472	-10.695	-4.884	-2.709	-3.552	-1.425	-0.204	-0.259
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	0.000	0.064	0.007	0.634	1.000	1.000
3234	Fark	-0.700	-0.700	-0.654	-0.137	-0.123	-0.095	-0.056	-0.008	-0.018
	t Ratio	-16.851	-16.846	-15.743	-3.304	-2.971	-2.283	-1.344	-0.197	-0.438
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	0.015	0.034	0.159	0.693	1.000	1.000
3236	Fark	-0.739	-0.724	-0.684	-0.293	-0.192	-0.218	-0.057	-0.095	-0.039
	t Ratio	-17.961	-17.602	-16.629	-7.114	-4.668	-5.300	-1.376	-2.300	-0.948
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.000	<.0001	0.669	0.154	0.926
3237	Fark	-0.654	-0.646	-0.644	-0.443	-0.144	-0.101	0.031	0.052	0.085
	t Ratio	-8.976	-8.866	-8.839	-6.078	-1.981	-1.389	0.431	0.719	1.166
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.280	0.660	1.000	0.985	0.813
3238	Fark	-0.716	-0.712	-0.699	-0.361	-0.285	-0.155	-0.107	-0.070	0.012
	t Ratio	-17.559	-17.476	-17.147	-8.856	-6.982	-3.807	-2.620	-1.707	0.304
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.004	0.078	0.436	1.000
3240	Fark	-0.748	-0.748	-0.744	-0.517	-0.151	-0.219	-0.096	-0.048	-0.070
	t Ratio	-14.279	-14.275	-14.211	-9.876	-2.883	-4.186	-1.833	-0.909	-1.337
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.042	0.001	0.359	0.940	0.698
3241	Fark	-0.757	-0.759	-0.658	-0.382	-0.140	-0.230	-0.060	-0.023	-0.068
	t Ratio	-13.285	-13.314	-11.549	-6.704	-2.449	-4.031	-1.056	-0.410	-1.186
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.113	0.002	0.877	1.000	0.801
3242	Fark	-0.735	-0.738	-0.708	-0.424	-0.283	-0.126	-0.033	-0.051	-0.013
	t Ratio	-15.942	-16.002	-15.365	-9.199	-6.140	-2.725	-0.712	-1.111	-0.291
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.061	0.986	0.846	1.000
3243	Fark	-0.718	-0.720	-0.711	-0.307	-0.216	-0.147	-0.070	0.004	-0.013
	t Ratio	-17.206	-17.244	-17.043	-7.360	-5.165	-3.512	-1.682	0.086	-0.307
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.008	0.453	1.000	1.000
3249	Fark	-0.752	-0.751	-0.728	-0.282	-0.279	-0.164	-0.110	-0.065	-0.118
	t Ratio	-20.149	-20.117	-19.496	-7.547	-7.461	-4.392	-2.946	-1.730	-3.149
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.001	0.036	0.422	0.022
8560	Fark	-0.720	-0.722	-0.654	-0.302	-0.394	-0.158	-0.051	-0.052	0.047
	t Ratio	-10.744	-10.762	-9.748	-4.504	-5.873	-2.356	-0.764	-0.779	0.707
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	0.001	<.0001	0.137	0.978	0.975	0.986
8561	Fark	-0.707	-0.708	-0.671	-0.444	-0.345	-0.108	0.015	0.005	0.053
	t Ratio	-14.429	-14.454	-13.706	-9.056	-7.047	-2.197	0.302	0.102	1.086
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.189	1.000	1.000	0.860
8562	Fark	-0.643	-0.643	-0.643	-0.325	-0.200	-0.124	-0.069	0.058	0.095
	t Ratio	-11.234	-11.224	-11.234	-5.683	-3.493	-2.169	-1.198	1.006	1.656
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.009	0.199	0.793	0.901	0.470
8563	Fark	-0.725	-0.725	-0.682	-0.390	-0.196	-0.139	-0.060	0.002	0.024
	t Ratio	-10.940	-10.943	-10.288	-5.877	-2.957	-2.097	-0.905	0.024	0.359
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.035	0.228	0.942	1.000	1.000

Tablo 7 (devam)

Aile	Kontrolle göre	-40	-30	-25	-22.5	-20	-17.5	-15	-10	-5
8564	Fark	-0.722	-0.722	-0.696	-0.437	-0.283	-0.126	-0.036	0.003	-0.022
	t Ratio	-11.918	-11.915	-11.499	-7.222	-4.670	-2.081	-0.553	0.050	-0.360
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.000	0.237	0.998	1.000	1.000
8565	Fark	-0.727	-0.727	-0.726	-0.545	-0.282	-0.276	-0.011	-0.042	0.013
	t Ratio	-13.268	-13.268	-13.243	-9.937	-5.142	-5.036	-0.208	-0.763	0.234
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	1.000	0.978	1.000
8566	Fark	-0.726	-0.723	-0.726	-0.413	-0.419	-0.200	-0.049	-0.057	0.003
	t Ratio	-14.620	-14.571	-14.620	-8.313	-8.442	-4.026	-0.983	-1.140	0.056
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.002	0.911	0.829	1.000
8567	Fark	-0.703	-0.703	-0.693	-0.354	-0.237	-0.112	-0.082	-0.039	0.037
	t Ratio	-13.789	-13.789	-13.593	-6.936	-4.642	-2.188	-1.604	-0.757	0.721
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.000	0.192	0.506	0.979	0.984
8568	Fark	-0.777	-0.778	-0.770	-0.621	-0.171	-0.198	-0.080	-0.063	-0.044
	t Ratio	-20.847	-20.885	-20.670	-16.656	-4.583	-5.307	-2.136	-1.696	-1.191
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.000	<.0001	0.212	0.444	0.797
8569	Fark	-0.730	-0.729	-0.699	-0.202	-0.200	-0.101	-0.079	0.005	-0.023
	t Ratio	-19.422	-19.406	-18.602	-5.381	-5.317	-2.693	-2.108	0.128	-0.623
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.066	0.223	1.000	0.994
8570	Fark	-0.690	-0.688	-0.646	-0.358	-0.145	-0.174	-0.037	0.048	0.001
	t Ratio	-13.399	-13.368	-12.541	-6.944	-2.823	-3.371	-0.722	0.928	0.027
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.049	0.012	0.984	0.933	1.000
8572	Fark	-0.705	-0.705	-0.682	-0.290	-0.125	-0.109	-0.015	0.003	-0.020
	t Ratio	-16.715	-16.725	-16.179	-6.876	-2.973	-2.584	-0.351	0.062	-0.469
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.034	0.084	1.000	1.000	0.999
8573	Fark	-0.772	-0.773	-0.763	-0.535	-0.445	-0.199	-0.101	-0.072	-0.023
	t Ratio	-11.165	-11.173	-11.037	-7.740	-6.438	-2.875	-1.379	-1.046	-0.329
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.042	0.640	0.862	1.000
8574	Fark	-0.705	-0.707	-0.652	-0.520	-0.310	-0.160	-0.062	0.013	-0.032
	t Ratio	-9.653	-9.683	-8.933	-7.119	-4.253	-2.187	-0.852	0.178	-0.444
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.001	0.192	0.958	1.000	1.000
8575	Fark	-0.738	-0.738	-0.735	-0.680	-0.520	-0.149	-0.119	-0.065	-0.037
	t Ratio	-12.451	-12.441	-12.404	-11.473	-8.771	-2.506	-2.000	-1.093	-0.627
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.100	0.271	0.857	0.994
8576	Fark	-0.705	-0.705	-0.673	-0.464	-0.492	-0.138	-0.008	-0.067	0.015
	t Ratio	-13.988	-13.992	-13.357	-9.214	-9.758	-2.746	-0.155	-1.248	0.290
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.059	1.000	0.763	1.000
8577	Fark	-0.705	-0.705	-0.705	-0.463	-0.413	-0.163	-0.069	-0.032	-0.025
	t Ratio	-10.202	-10.205	-10.205	-6.696	-5.984	-2.354	-0.993	-0.457	-0.365
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.138	0.907	0.999	1.000
8578	Fark	-0.706	-0.706	-0.695	-0.410	-0.294	-0.131	-0.079	-0.041	-0.001
	t Ratio	-14.343	-14.347	-14.111	-8.319	-5.971	-2.661	-1.600	-0.841	-0.012
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.071	0.508	0.961	1.000

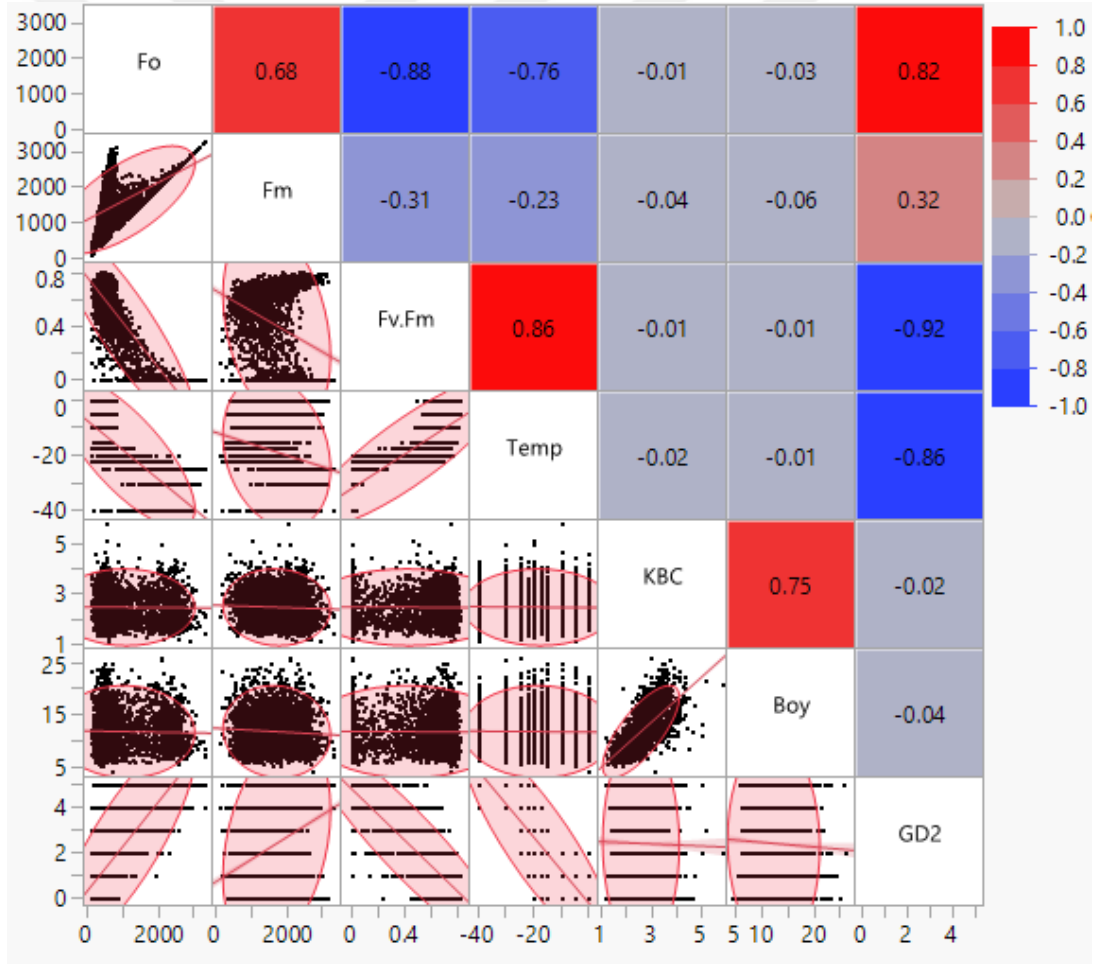
Tablo 7 (devam)

	Fark	-0.727	-0.733	-0.725	-0.415	-0.140	-0.164	-0.025	-0.078	0.007
	t Ratio	-16.569	-16.710	-16.523	-9.449	-3.186	-3.729	-0.561	-1.769	0.155
8579	Prob> t 	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.020	0.005	0.997	0.398	1.000
	Fark	-0.631	-0.631	-0.632	-0.515	-0.284	0.020	-0.033	-0.018	0.007
	t Ratio	-7.851	-7.859	-7.861	-6.410	-3.537	0.246	-0.413	-0.219	0.090
8580	Prob> t 	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.008	1.000	1.000	1.000	1.000
	Fark	-0.688	-0.688	-0.625	-0.254	-0.271	-0.036	0.077	0.026	0.081
	t Ratio	-13.982	-13.982	-12.705	-5.165	-5.519	-0.732	1.562	0.521	1.639
8581	Prob> t 	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.983	0.535	0.998	0.482
	Fark	-0.717	-0.717	-0.717	-0.428	-0.202	-0.147	-0.073	-0.082	-0.038
	t Ratio	-17.971	-17.971	-17.961	-10.735	-5.072	-3.673	-1.824	-2.045	-0.952
8582	Prob> t 	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.005	0.364	0.250	0.924
	Fark	-0.744	-0.743	-0.698	-0.385	-0.297	-0.104	-0.047	-0.037	-0.052
	t Ratio	-18.868	-18.858	-17.711	-9.756	-7.534	-2.628	-1.202	-0.939	-1.314
8583	Prob> t 	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.076	0.790	0.930	0.714
	Fark	-0.706	-0.707	-0.695	-0.463	-0.355	-0.016	-0.078	-0.081	0.019
	t Ratio	-15.085	-15.093	-14.846	-9.887	-7.585	-0.337	-1.661	-1.730	0.406
8584	Prob> t 	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	1.000	0.467	0.422	1.000
	Fark	-0.757	-0.761	-0.755	-0.546	-0.444	-0.230	-0.150	-0.022	-0.038
	t Ratio	-10.231	-10.274	-10.196	-7.375	-6.000	-3.112	-2.021	-0.297	-0.508
8586	Prob> t 	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.024	0.261	1.000	0.999
	Fark	-0.747	-0.748	-0.747	-0.679	-0.393	-0.291	-0.138	0.000	-0.037
	t Ratio	-13.803	-13.833	-13.818	-12.546	-7.258	-5.380	-2.548	-0.004	-0.688
8587	Prob> t 	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.091	1.000	0.988

Dunnet çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre genellikle aileler -17.5 °C’de kontrol gruplarına göre istatistiki olarak farklılık göstermeye başlamışlardır. Tüm aileler kontrol gruplarına göre -22.5 °C’de farklılık göstermişlerdir. Dunnet karşılaştırma testi ailelerin zarar gördüğü sıcaklık kademe aralığı hakkında bilgi verirken LT₅₀’yi net olarak belirleyememektedir.

F_v/F_m değeri kontrol grubunda en yüksek 8568 nolu ailede; en düşük ise 8587 nolu ailede ölçülmüştür (Ek Tablo 1). F_v/F_m değeri -17.5 °C’ye kadar aileler arasında farklılıklar göstermemiş bu sıcaklıktan daha düşük sıcaklıklarda -25 °C’ye kadar aileler arasında farklılaşmalar görülmüştür. F_v/F_m değeri -20 °C’de en yüksek aile 3241 nolu aile olurken, en düşük 8576 nolu ailede ölçülmüştür. Bu değer -22.5 °C’de en yüksek ve en düşük değerleri sırasıyla 62 ve 8575 nolu ailelerde bulunmuştur.

Kış mevsiminde ölçülen tüm parametreleri birbirleriyle olan korelasyonları Şekil 17’de gösterilmiştir. Şekil 17 incelendiğinde sıcaklığın büyüme karakterleri ve maksimum floresans verimi (F_m) hariç tüm parametrelerle ilişkili olduğu görülmektedir. Düşük sıcaklık ile bu parametreler dışında kalan parametreler arasındaki ilişki incelendiğinde ise F_v/F_m parametresi için en yüksek korelasyon (-0.92) görsel değerlendirme ile bulunmuş olup bulunan korelasyon negatif yöndedir. Bunun nedeni F_v/F_m değeri azaldıkça görsel değerlendirme zarar skalasındaki değerin artmasıdır. F_0 ile hem F_v/F_m (-0.88) arasında hem de görsel değerlendirme (0.82) arasında anlamlı korelasyonlar bulunmuştur. Fidan kök boğazı çapı ile fidan boyu arasında pozitif yönde anlamlı korelasyon (0.75) bulunmasına karşın bu parametreler ile F_v/F_m değeri arasında anlamlı bir korelasyon bulunamamıştır.



Şekil 17. Kış mevsiminde ölçülen parametrelerin korelasyonları

3.2. İlkbahar Mevsiminde Yapılan Dona Dayanıklılık Testlerine Ait Bulgular

İlkbahar mevsiminde yapılan dona dayanıklılık testleri sonrasında klorofil floresans yöntemiyle ölçülen don zararının belirlendiği parametreler ve görsel değerlendirme verilerinin her sıcaklık kademesindeki ortalama değerleri Tablo 8’de verilmiştir. Her bir ailenin tüm sıcaklık kademelerinde ayrı ayrı ortalama değerleri Ek Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 8. İlkbahar mevsiminde yapılan dona dayanıklılık testleri sonrası fidanlarda ölçülen parametrelerin her bir sıcaklık kademesindeki ortalama değerleri

Değişken	Sıcaklıklar									
	-30	-25	-20	-17.5	-15	-12.5	-10	-7.5	-5	Kontrol
F ₀	1800.35	1492.83	1605.98	972.81	277.81	250.84	477.65	252.17	324.3	494.29
F _m	1801.19	1494.05	1618.04	1157.4	641.06	897.7	1868.26	907.29	1189.96	1899.79
F _v /F _m	0	0	0.01	0.17	0.56	0.71	0.73	0.71	0.72	0.73
GD	5	5	4.97	3.91	1.82	0.47	0.03	0	0	0

Minimum floresans verimi (F₀) kontrol grubunda tüm ailelerde ortalama 494.29 olarak bulunmuştur. Bu değer -17.5 °C’ye kadar kontrol grubundan daha düşük, -17.5 °C ve daha düşük sıcaklık kademelerinde artış göstermiştir. Maksimum floresans verimi ise her bir sıcaklık kademesinde farklılıklar göstermiştir. F_v/F_m tüm ailelerin kontrol grubunda ortalama 0.73 olarak bulunmuş ve sıcaklığın azalmasıyla da azalma göstermiştir. Bir başka deyişle stres derecesi ve etkisi arttıkça F_v/F_m değeri azalmıştır. Görsel değerlendirme de ise zarar yüzdesi, F_v/F_m ile ters orantılı olduğu görülmektedir.

İlkbahar mevsiminde 10 farklı sıcaklık kademesinde yapılan dona dayanıklılık testlerinde klorofil floresans yöntemiyle belirlenen fotosentetik verimliliklerine ilişkin varyans analizi tablosu Tablo 9’da verilmiştir. Tablo 9 incelendiğinde F_v/F_m için yapılan varyans analizi sonucunda tüm faktörlerin ve bunların interaksiyonlarının istatistiki olarak önemli olduğu (p<0.0001) tespit edilmiştir.

Tablo 9. İlkbahar mevsiminde ölçülen F_v/F_m değişkenine ilişkin varyans analizi tablosu

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	F değeri	P değeri
Aile	53	0.86488	3.8415	<.0001
Sıcaklık	9	266.3857	6967.652	<.0001
Sıcaklık * Aile	477	4.86379	2.4003	<.0001
Hata	2033	8.63613		

Her bir ailenin kontrol gruplarına ait ortalama F_v/F_m değerleriyle farklı sıcaklık kademelerinde ölçülen ortalama F_v/F_m değerlerinin karşılaştırıldığı Dunnet testi sonuçları Tablo 10’ da gösterilmiştir. Dunnet çoklu karşılaştırma testinde ailelerde genellikle don zararı -15 °C’de başladığı görülmektedir.

Tablo 10. İlkbahar mevsiminde ailelerin kontrol gruplarındaki F_v/F_m değerlerine göre farklı sıcaklık kademelerinde gösterdikleri performanslarının karşılaştırılması (Dunnet Testi sonuçları)

Aile	Kontrolle göre	-30	-25	-20	-17.5	-15	-12.5	-10	-7.5	-5
54	Fark	-0.727	-0.727	-0.727	-0.638	-0.259	-0.013	0.026	0.007	0.016
	t Ratio	-13.858	-13.862	-13.862	-12.169	-4.942	-0.256	0.492	0.130	0.309
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.000	1.000	0.999	1.000	1.000
55	Fark	-0.723	-0.723	-0.723	-0.439	-0.099	-0.024	0.043	0.015	0.007
	t Ratio	-15.261	-15.261	-15.265	-9.275	-2.085	-0.515	0.899	0.308	0.139
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.232	0.999	0.944	1.000	1.000
57	Fark	-0.715	-0.715	-0.704	-0.683	-0.174	0.017	0.040	-0.014	0.026
	t Ratio	-26.879	-26.879	-26.465	-25.676	-6.529	0.629	1.494	-0.564	0.977
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.993	0.583	0.997	0.911
58	Fark	-0.700	-0.699	-0.699	-0.633	-0.238	0.046	0.006	0.031	0.036
	t Ratio	-15.391	-15.382	-15.386	-13.930	-4.933	1.016	0.128	0.691	0.788
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.000	0.898	1.000	0.988	0.974
59	Fark	-0.710	-0.709	-0.709	-0.486	-0.232	0.015	0.030	0.028	0.066
	t Ratio	-16.418	-16.394	-16.413	-11.240	-5.372	0.347	0.703	0.648	1.532
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	1.000	0.987	0.992	0.557
60	Fark	-0.744	-0.744	-0.738	-0.616	-0.176	-0.085	0.012	-0.054	-0.007
	t Ratio	-22.447	-22.447	-22.248	-18.568	-5.315	-2.570	0.350	-1.629	-0.199
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.087	1.000	0.489	1.000
62	Fark	-0.700	-0.700	-0.688	-0.468	-0.180	0.056	0.050	0.027	0.027
	t Ratio	-17.421	-17.421	-17.118	-11.646	-4.476	1.384	1.235	0.667	0.662
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.001	0.663	0.769	0.991	0.991
63	Fark	-0.690	-0.686	-0.679	-0.389	-0.201	0.055	0.059	0.039	0.016
	t Ratio	-15.776	-15.680	-15.529	-8.892	-4.606	1.253	1.340	0.901	0.366
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.000	0.756	0.695	0.943	1.000

Tablo 10 (devam)

Aile	Kontrolle göre	-30	-25	-20	-17.5	-15	-12.5	-10	-7.5	-5
64	Fark	-0.763	-0.763	-0.753	-0.664	-0.273	-0.013	-0.022	-0.016	-0.006
	t Ratio	-20.555	-20.555	-19.125	-17.893	-6.943	-0.361	-0.554	-0.426	-0.151
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	1.000	0.998	1.000	1.000
65	Fark	-0.734	-0.735	-0.728	-0.491	-0.116	0.020	-0.003	0.002	0.009
	t Ratio	-17.088	-17.107	-15.980	-11.418	-2.700	0.456	-0.070	0.042	0.205
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.066	0.999	1.000	1.000	1.000
67	Fark	-0.738	-0.737	-0.718	-0.562	-0.111	-0.030	0.028	-0.012	-0.011
	t Ratio	-24.030	-24.010	-23.391	-18.302	-3.603	-0.977	0.899	-0.378	-0.345
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.007	0.914	0.944	1.000	1.000
68	Fark	-0.737	-0.734	-0.738	-0.601	-0.140	-0.033	0.020	0.013	-0.012
	t Ratio	-14.844	-14.780	-14.856	-12.106	-2.815	-0.632	0.407	0.266	-0.234
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.050	0.994	1.000	1.000	1.000
69	Fark	-0.673	-0.673	-0.668	-0.494	-0.070	-0.008	0.009	0.072	0.040
	t Ratio	-15.685	-15.670	-15.569	-11.508	-1.754	-0.203	0.214	1.677	0.998
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.404	1.000	1.000	0.451	0.892
70	Fark	-0.736	-0.736	-0.729	-0.446	-0.128	-0.009	0.028	-0.033	-0.024
	t Ratio	-17.314	-17.314	-17.163	-10.504	-3.017	-0.207	0.668	-0.781	-0.555
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.030	1.000	0.990	0.974	0.997
71	Fark	-0.748	-0.747	-0.713	-0.577	-0.168	-0.059	0.022	-0.031	-0.024
	t Ratio	-21.225	-21.196	-20.254	-16.376	-4.758	-1.664	0.613	-0.880	-0.693
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.000	0.465	0.995	0.950	0.988
72	Fark	-0.763	-0.762	-0.737	-0.441	-0.262	-0.026	-0.035	-0.092	-0.058
	t Ratio	-13.598	-13.580	-13.142	-7.867	-4.675	-0.471	-0.631	-1.637	-1.034
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.000	0.999	0.994	0.483	0.888
73	Fark	-0.712	-0.711	-0.705	-0.626	-0.133	0.016	0.030	0.016	0.010
	t Ratio	-21.851	-21.821	-21.624	-19.200	-4.076	0.491	0.933	0.479	0.301
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.002	0.999	0.932	0.999	1.000
76	Fark	-0.723	-0.727	-0.726	-0.404	-0.098	0.010	0.001	-0.022	-0.014
	t Ratio	-14.660	-14.737	-14.725	-8.194	-1.980	0.211	0.016	-0.442	-0.284
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.281	1.000	1.000	1.000	1.000
3233	Fark	-0.710	-0.710	-0.710	-0.447	-0.079	0.038	0.024	0.018	-0.021
	t Ratio	-12.748	-13.624	-13.629	-8.571	-1.424	0.725	0.456	0.346	-0.398
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.606	0.978	0.999	1.000	1.000
3234	Fark	-0.754	-0.754	-0.743	-0.566	-0.219	-0.074	0.011	-0.004	-0.044
	t Ratio	-16.086	-16.090	-15.855	-12.081	-4.403	-1.571	0.231	-0.076	-0.935
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.001	0.535	1.000	1.000	0.933
3236	Fark	-0.769	-0.769	-0.708	-0.390	-0.127	-0.039	-0.019	-0.027	-0.080
	t Ratio	-17.373	-17.368	-16.008	-8.804	-2.870	-0.872	-0.434	-0.570	-1.799
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.044	0.953	1.000	0.997	0.382

Tablo 10 (devam)

Aile	Kontrol e göre	-30	-25	-20	-17.5	-15	-12.5	-10	-7.5	-5
3237	Fark	-0.759	-0.758	-0.758	-0.465	-0.355	-0.040	-0.039	-0.002	-0.020
	t Ratio	-13.651	-13.639	-13.639	-8.357	-5.716	-0.719	-0.701	-0.045	-0.366
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.000	0.983	0.985	1.000	1.000
3238	Fark	-0.769	-0.766	-0.770	-0.707	-0.334	-0.034	-0.033	0.000	-0.049
	t Ratio	-10.399	-10.363	-10.413	-9.561	-4.517	-0.455	-0.442	0.005	-0.658
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.002	0.999	0.999	1.000	0.990
3240	Fark	-0.735	-0.735	-0.731	-0.598	-0.366	-0.033	-0.027	0.013	-0.012
	t Ratio	-13.611	-13.611	-13.533	-11.070	-6.778	-0.619	-0.500	0.237	-0.226
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.994	0.999	1.000	1.000
3241	Fark	-0.771	-0.771	-0.751	-0.301	-0.190	-0.016	-0.005	-0.020	-0.055
	t Ratio	-18.794	-18.794	-18.314	-7.337	-4.631	-0.390	-0.114	-0.496	-1.349
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.001	1.000	1.000	0.999	0.691
3242	Fark	-0.753	-0.753	-0.753	-0.651	-0.160	-0.020	-0.032	-0.001	-0.053
	t Ratio	-24.071	-24.065	-24.071	-20.786	-5.099	-0.639	-1.016	-0.019	-1.687
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.993	0.896	1.000	0.450
3243	Fark	-0.700	-0.701	-0.701	-0.540	-0.084	0.047	0.065	0.032	0.028
	t Ratio	-22.278	-22.310	-22.304	-17.175	-2.660	1.508	2.068	1.025	0.885
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.071	0.573	0.240	0.892	0.948
3249	Fark	-0.726	-0.725	-0.665	-0.648	-0.241	-0.018	0.005	0.026	-0.029
	t Ratio	-13.211	-13.193	-12.089	-11.792	-4.377	-0.347	0.091	0.473	-0.527
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.002	1.000	1.000	0.999	0.998
8560	Fark	-0.741	-0.741	-0.741	-0.410	-0.114	-0.009	-0.014	-0.057	-0.028
	t Ratio	-16.095	-16.078	-16.095	-8.892	-2.475	-0.204	-0.300	-1.233	-0.604
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.107	1.000	1.000	0.770	0.995
8561	Fark	-0.741	-0.741	-0.741	-0.416	-0.232	-0.050	-0.007	-0.023	-0.019
	t Ratio	-22.324	-22.324	-22.318	-12.536	-6.994	-1.512	-0.205	-0.699	-0.572
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.571	1.000	0.987	0.997
8562	Fark	-0.688	-0.688	-0.679	-0.646	-0.048	-0.004	0.055	0.014	0.025
	t Ratio	-22.238	-22.219	-21.941	-20.875	-1.564	-0.129	1.770	0.446	0.808
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.534	1.000	0.397	1.000	0.969
8563	Fark	-0.748	-0.748	-0.748	-0.695	-0.201	-0.055	0.011	-0.045	-0.041
	t Ratio	-22.724	-22.705	-22.730	-21.120	-6.092	-1.670	0.322	-1.355	-1.257
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.461	1.000	0.685	0.753
8564	Fark	-0.719	-0.718	-0.719	-0.624	-0.139	-0.030	0.040	-0.006	-0.015
	t Ratio	-19.166	-19.145	-19.166	-16.618	-3.710	-0.794	1.055	-0.160	-0.400
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.005	0.972	0.877	1.000	1.000
8565	Fark	-0.739	-0.737	-0.739	-0.661	-0.110	-0.028	0.033	-0.012	-0.055
	t Ratio	-23.461	-23.404	-23.461	-20.972	-3.480	-0.902	1.048	-0.368	-1.752
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.009	0.943	0.881	1.000	0.408

Tablo 10 (devam)

Aile	Kontrol e göre	-30	-25	-20	-17.5	-15	-12.5	-10	-7.5	-5
8566	Fark	-0.669	-0.669	-0.652	-0.497	-0.016	0.047	0.055	0.003	0.031
	t Ratio	-16.927	-16.922	-16.497	-12.579	-0.405	1.195	1.392	0.066	0.795
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	1.000	0.795	0.658	1.000	0.972
8567	Fark	-0.748	-0.748	-0.748	-0.578	-0.155	-0.033	-0.048	-0.024	-0.021
	t Ratio	-18.601	-18.606	-18.606	-14.377	-3.851	-0.831	-1.199	-0.587	-0.517
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.003	0.963	0.792	0.996	0.998
8568	Fark	-0.745	-0.745	-0.730	-0.743	-0.060	-0.087	0.008	-0.025	-0.007
	t Ratio	-22.253	-22.247	-21.793	-22.181	-1.804	-2.586	0.233	-0.747	-0.209
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.377	0.084	1.000	0.981	1.000
8569	Fark	-0.764	-0.765	-0.766	-0.397	-0.125	-0.018	0.011	-0.053	-0.051
	t Ratio	-24.943	-24.950	-24.982	-12.941	-4.085	-0.581	0.352	-1.723	-1.651
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.002	0.996	1.000	0.426	0.473
8570	Fark	-0.768	-0.768	-0.762	-0.758	-0.165	-0.090	-0.001	-0.058	-0.036
	t Ratio	-22.368	-22.379	-22.216	-22.100	-4.796	-2.617	-0.023	-1.702	-1.037
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.000	0.078	1.000	0.440	0.886
8572	Fark	-0.754	-0.754	-0.724	-0.385	-0.174	-0.106	-0.005	-0.062	-0.126
	t Ratio	-17.354	-17.354	-16.663	-8.875	-4.011	-2.450	-0.106	-1.419	-2.901
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.002	0.113	1.000	0.638	0.040
8573	Fark	-0.716	-0.714	-0.714	-0.520	-0.155	0.011	-0.056	-0.058	0.012
	t Ratio	-14.953	-14.907	-14.903	-10.855	-3.229	0.226	-1.178	-1.207	0.251
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.018	1.000	0.806	0.787	1.000
8574	Fark	-0.711	-0.711	-0.705	-0.648	-0.340	-0.115	-0.018	-0.013	-0.008
	t Ratio	-15.108	-15.103	-14.980	-13.773	-7.229	-2.444	-0.387	-0.276	-0.170
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.114	1.000	1.000	1.000
8575	Fark	-0.740	-0.740	-0.728	-0.479	-0.153	-0.034	-0.020	-0.059	-0.030
	t Ratio	-24.116	-24.110	-23.725	-15.615	-4.997	-1.114	-0.651	-1.909	-0.990
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.000	0.845	0.992	0.317	0.908
8576	Fark	-0.665	-0.664	-0.667	-0.594	-0.127	0.011	0.015	0.009	-0.032
	t Ratio	-17.128	-17.098	-17.159	-15.280	-3.279	0.273	0.396	0.227	-0.829
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.016	1.000	1.000	1.000	0.964
8577	Fark	-0.728	-0.728	-0.728	-0.723	-0.249	0.010	-0.050	-0.051	-0.008
	t Ratio	-21.286	-21.280	-21.286	-21.140	-7.265	0.286	-1.467	-1.490	-0.240
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	1.000	0.603	0.586	1.000
8578	Fark	-0.756	-0.755	-0.728	-0.646	-0.091	-0.034	-0.070	-0.092	-0.017
	t Ratio	-25.489	-25.462	-24.545	-21.793	-3.055	-1.133	-2.354	-3.089	-0.587
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.028	0.833	0.138	0.025	0.996
8579	Fark	-0.741	-0.741	-0.741	-0.613	-0.297	-0.007	-0.072	-0.043	-0.009
	t Ratio	-13.510	-13.507	-13.510	-11.167	-5.409	-0.131	-1.319	-0.787	-0.171
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	1.000	0.710	0.973	1.000

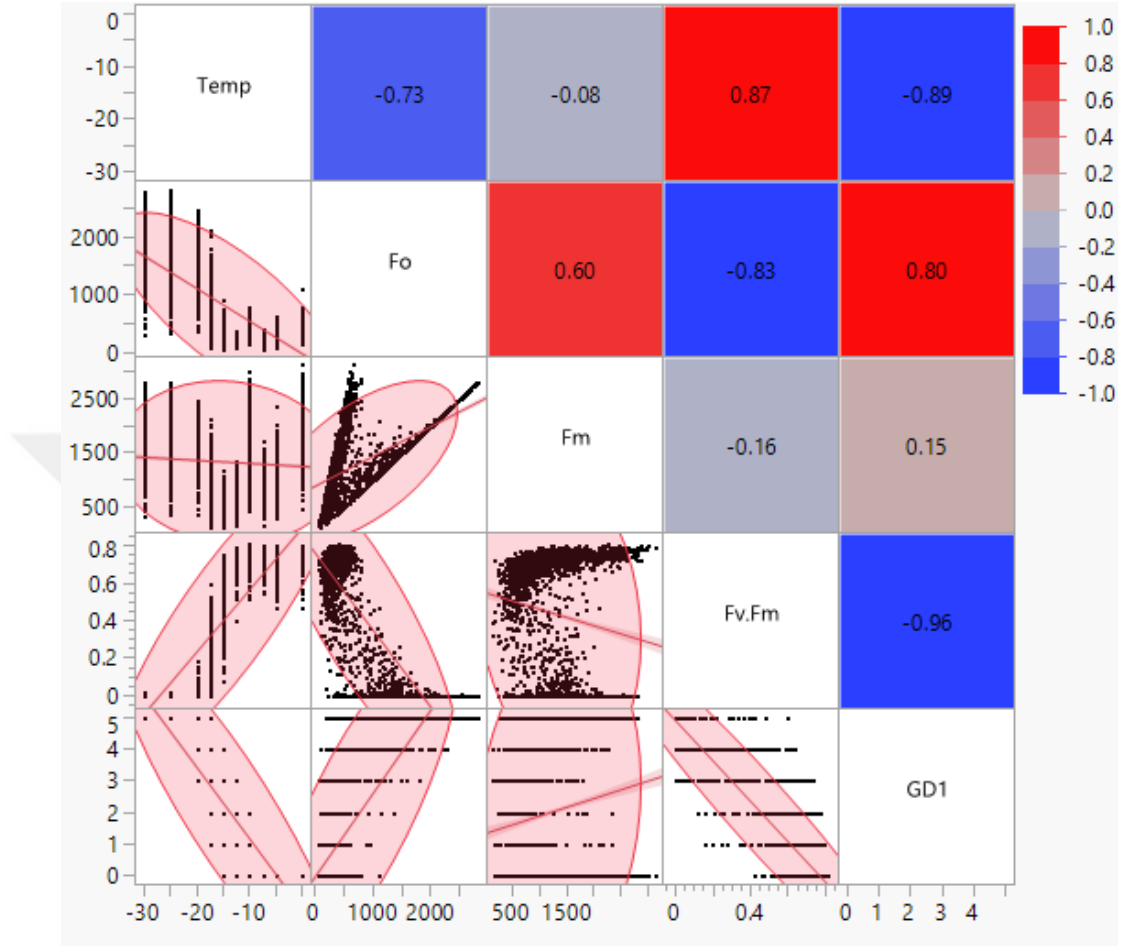
Tablo 10 (devam)

Aile	Kontrole göre	-30	-25	-20	-17.5	-15	-12.5	-10	-7.5	-5
8579	Fark	-0.741	-0.741	-0.741	-0.613	-0.297	-0.007	-0.072	-0.043	-0.009
	t Ratio	-13.510	-13.507	-13.510	-11.167	-5.409	-0.131	-1.319	-0.787	-0.171
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	1.000	0.710	0.973	1.000
8580	Fark	-0.726	-0.726	-0.726	-0.656	-0.121	-0.007	-0.057	-0.098	-0.029
	t Ratio	-21.731	-21.719	-21.737	-19.630	-3.628	-0.222	-1.706	-2.945	-0.868
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.006	1.000	0.437	0.036	0.953
8581	Fark	-0.739	-0.738	-0.739	-0.619	-0.099	-0.040	-0.051	-0.028	0.005
	t Ratio	-17.939	-17.930	-17.939	-15.034	-2.409	-0.981	-1.248	-0.690	0.131
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.123	0.912	0.759	0.988	1.000
8582	Fark	-0.767	-0.768	-0.737	-0.579	-0.252	-0.055	0.000	-0.094	-0.025
	t Ratio	-14.547	-14.555	-13.963	-10.983	-4.773	-1.039	0.008	-1.782	-0.466
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.000	0.885	1.000	0.390	0.999
8583	Fark	-0.756	-0.754	-0.756	-0.749	-0.285	-0.017	0.014	-0.050	-0.025
	t Ratio	-19.333	-19.297	-19.343	-19.164	-7.302	-0.445	0.358	-1.279	-0.640
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	1.000	1.000	0.738	0.993
8584	Fark	-0.745	-0.744	-0.746	-0.671	-0.198	-0.002	-0.004	-0.040	-0.017
	t Ratio	-19.078	-19.032	-19.104	-17.174	-5.063	-0.051	-0.097	-1.024	-0.440
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	1.000	1.000	0.893	1.000
8586	Fark	-0.735	-0.736	-0.735	-0.610	-0.270	-0.046	0.011	-0.011	0.007
	t Ratio	-13.051	-13.066	-13.062	-10.842	-4.796	-0.813	0.202	-0.199	0.124
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.000	0.968	1.000	1.000	1.000
8587	Fark	-0.725	-0.725	-0.712	-0.673	-0.267	-0.068	-0.009	0.001	-0.014
	t Ratio	-17.441	-17.441	-17.133	-16.190	-6.056	-1.636	-0.221	0.014	-0.332
	Prob> t	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.487	1.000	1.000	1.000

İlkbahar mevsiminde F_v/F_m değeri kontrol grubunda en yüksek 54 nolu ailede; en düşük ise 8576 nolu ailede bulunmuştur (Ek Tablo 2). F_v/F_m değeri $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar aileler arasında farklılıklar göstermemiş bu sıcaklıktan daha düşük sıcaklıklarda $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar aileler arasında farklılaşmalar görülmüştür. F_v/F_m değeri, $-17.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de en yüksek aile 3241 nolu aile olurken, en düşük 8568 nolu ailede bulunmuştur.

İlkbahar mevsiminde ölçülen tüm parametrelerin birbirleriyle olan korelasyonları Şekil 18'de gösterilmiştir. Sıcaklığın F_m dışında kalan tüm parametrelerle ilişkili olduğu görülmektedir. İlkbaharda ölçülen F_v/F_m parametresi için en yüksek korelasyon (-0.96) görsel değerlendirme ile bulunmuş olup, bulunan korelasyon

negatif yöndedir. F_0 ile hem F_v/F_m (-0.83) arasında hem de görsel değerlendirme (0.80) arasında güçlü korelasyonlar bulunmuştur.



Şekil 18. İlkbahar mevsiminde ölçülen parametrelerin korelasyonları

3.3. Kış Mevsiminde Kritik Ölüm Noktalarının (LT_{50}) Belirlenmesi

F_v/F_m ve görsel değerlendirme verileri kullanılarak her bir aile için sıcaklık ve doku hasarı arasındaki ilişkiyi ortaya koymak için doğrusal olmayan model ile hesaplanan LT_{50} değerleri Tablo 11’de gösterilmiştir. Analizlerde asimptotik değerlerdeki yataylığı görebilmek için tüm sıcaklık kademelerindeki F_v/F_m ve görsel değerlendirme verileri kullanılmış ve LT_{50} hesaplamasının yapıldığı grafikler her bir aile için Ek Şekil 1’de gösterilmiştir. Ayrıca görsel değerlendirme yöntemi ile elde edilen verilerle her aile için yine LT_{50} değerleri hesap edilerek Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 11. Kış mevsiminde ailelerin F_v/F_m ve GD verileri kullanılarak hesaplanan kritik ölüm dereceleri (LT_{50})

Aile	F_v/F_m			GD		
	LT_{50} (°C)	Standart Hata	R^2	LT_{50} (°C)	Standart Hata	R^2
54	-21.37	0.481	0.911	-21.98	0.301	0.946
55	-19.46	0.636	0.902	-19.21	0.333	0.946
57	-19.38	0.675	0.890	-18.89	0.781	0.863
58	-21.97	0.431	0.933	-20.26	0.525	0.930
59	-21.99	0.422	0.902	-21.82	0.396	0.950
60	-21.97	0.212	0.953	-20.95	0.295	0.962
62	-23.05	0.320	0.946	-22.23	0.319	0.950
63	-22.82	0.315	0.923	-20.79	0.749	0.881
64	-21.84	0.382	0.914	-20.70	0.161	0.967
65	-21.52	0.381	0.921	-20.50	0.239	0.928
67	-22.19	0.527	0.900	-19.53	0.469	0.935
68	-21.06	0.569	0.893	-16.60	0.163	0.953
69	-21.90	0.372	0.934	-20.42	0.163	0.957
70	-21.23	0.444	0.915	-17.52	0.328	0.958
71	-18.60	0.396	0.938	-17.95	0.163	0.983
72	-20.90	0.391	0.938	-18.09	0.261	0.959
73	-20.76	0.484	0.911	-19.15	0.265	0.959
76	-21.44	0.427	0.928	-19.04	0.196	0.972
3233	-22.38	0.475	0.874	-20.80	0.334	0.941
3234	-23.25	0.293	0.947	-21.71	0.513	0.893
3236	-22.62	0.332	0.924	-20.82	0.612	0.907
3237	-21.08	0.389	0.877	-20.01	0.290	0.938
3238	-21.24	0.391	0.938	-19.02	0.516	0.913
3240	-21.55	0.216	0.916	-21.48	0.313	0.941
3241	-22.34	0.427	0.899	-20.90	0.348	0.928
3242	-21.14	0.309	0.948	-21.63	0.264	0.944
3243	-22.01	0.320	0.937	-23.41	0.320	0.921
3249	-22.47	0.334	0.928	-21.46	0.364	0.935
8560	-20.76	0.719	0.867	-23.98	0.625	0.896
8561	-20.28	0.345	0.944	-21.90	0.370	0.948
8562	-20.97	0.531	0.895	-22.11	0.348	0.959
8563	-21.58	0.443	0.899	-21.28	0.542	0.889
8564	-20.89	0.400	0.920	-19.02	0.218	0.983
8565	-19.92	0.483	0.908	-19.47	0.213	0.977
8566	-19.95	0.468	0.923	-18.99	0.210	0.975
8567	-21.51	0.375	0.925	-18.90	0.255	0.969
8568	-21.20	0.165	0.954	-21.65	0.283	0.948

Tablo 11 (devam)

Aile	F _v /F _m			GD		
	LT ₅₀ (°C)	Standart Hata	R ²	LT ₅₀ (°C)	Standart Hata	R ²
8569	-22.91	0.273	0.941	-22.82	0.217	0.967
8570	-21.80	0.398	0.914	-22.24	0.405	0.929
8572	-22.36	0.236	0.950	-21.24	0.291	0.950
8573	-19.71	0.475	0.912	-19.63	0.156	0.934
8574	-20.19	0.522	0.883	-21.27	0.386	0.949
8575	-18.99	0.336	0.928	-18.45	0.187	0.978
8576	-19.44	0.408	0.921	-18.95	0.335	0.957
8577	-19.78	0.529	0.888	-19.59	0.279	0.947
8578	-20.99	0.374	0.935	-21.23	0.288	0.949
8579	-21.85	0.224	0.94	-21.93	0.688	0.871
8580	-20.31	0.355	0.858	-20.60	0.275	0.893
8581	-21.62	0.420	0.921	-22.40	0.303	0.940
8582	-21.59	0.236	0.95	-22.35	0.605	0.888
8583	-21.42	0.286	0.957	-22.85	0.236	0.961
8584	-20.57	0.314	0.934	-19.74	0.300	0.968
8586	-19.24	0.580	0.889	-21.43	0.369	0.952
8587	-18.69	0.440	0.926	-18.33	0.433	0.909

LT₅₀ bitki dokusunun %50 sinin zarar gördüğü sıcaklık derecesi olup LT₅₀'si düşük olan ailenin soğuğa daha dayanıklı olduğunu göstermektedir. F_v/F_m verileriyle hesaplanan LT₅₀ değerlerine göre dona dayanıklılığı en düşük aile -18.60 °C ile 71 nolu aile olurken en yüksek aile ise -23.25 °C ile 3234 nolu aile bulunmuştur. Görsel değerlendirme verileri kullanılarak hesaplanan LT₅₀'lere göre dona dayanıklılıkları en düşük ve en yüksek aileler sırasıyla 68 (-16.6 °C) ve 8560 (-23.98 °C) nolu ailelerdedir.

3.4. İlkbahar Mevsiminde Kritik Ölüm Noktalarının (LT₅₀) Belirlenmesi

İlkbahar mevsiminde ölçülen F_v/F_m ve görsel değerlendirme verileri kullanılarak her bir aile için doğrusal olmayan model ile hesaplanan LT₅₀ değerleri Tablo 12'de gösterilmiştir. Analizlerde asimptotik değerlerdeki yataylığı görebilmek için tüm sıcaklık kademelerindeki F_v/F_m ve görsel değerlendirme verileri kullanılmıştır.

Tablo 12. İlkbahar mevsiminde ailelerin F_v/F_m ve GD verileri kullanılarak hesaplanan kritik ölüm dereceleri (LT_{50})

Aile	F_v/F_m			GD		
	LT_{50} (°C)	Standart Hata	R-Square	LT_{50} (°C)	Standart Hata	R-Square
54	-15.54	0.208	0.953	-15.64	0.190	0.971
55	-16.95	0.201	0.957	-16.40	0.122	0.987
57	-15.64	0.137	0.989	-15.11	0.174	0.987
58	-15.49	0.187	0.963	-16.12	0.101	0.991
59	-16.03	0.233	0.960	-15.84	0.121	0.989
60	-16.14	0.156	0.975	-15.89	0.078	0.994
62	-16.36	0.207	0.964	-13.68	0.177	0.980
63	-16.59	0.267	0.949	-16.87	0.164	0.982
64	-15.62	0.156	0.977	-15.25	0.120	0.989
65	-16.74	0.179	0.966	-15.39	0.113	0.991
67	-16.51	0.129	0.982	-16.14	0.098	0.991
68	-16.23	0.204	0.958	-15.45	0.091	0.993
69	-16.59	0.180	0.976	-15.76	0.098	0.994
70	-16.95	0.189	0.963	-15.89	0.078	0.994
71	-16.31	0.161	0.975	-15.60	0.057	0.997
72	-16.76	0.334	0.925	-15.07	0.114	0.987
73	-16.02	0.136	0.981	-14.99	0.125	0.990
76	-17.23	0.194	0.952	-17.01	0.068	0.995
3233	-16.96	0.196	0.966	-15.40	0.341	0.960
3234	-16.14	0.236	0.959	-16.01	0.101	0.991
3236	-17.50	0.203	0.959	-16.38	0.099	0.991
3237	-16.06	0.391	0.957	-14.91	0.172	0.988
3238	-15.30	0.245	0.954	-13.33	0.102	0.995
3240	-15.21	0.259	0.944	-15.03	0.092	0.988
3241	-17.78	0.242	0.965	-15.61	0.076	0.997
3242	-16.11	0.134	0.981	-16.14	0.058	0.997
3243	-16.42	0.134	0.980	-15.28	0.108	0.989
3249	-15.64	0.217	0.968	-15.30	0.168	0.988
8560	-17.27	0.185	0.956	-17.44	0.098	0.981
8561	-16.68	0.214	0.969	-18.39	0.159	0.983
8562	-16.13	0.182	0.981	-15.97	0.122	0.986
8563	-15.78	0.146	0.979	-16.03	0.077	0.994
8564	-16.08	0.162	0.973	-15.93	0.156	0.976
8565	-16.17	0.150	0.980	-16.37	0.054	0.997
8566	-16.77	0.180	0.968	-15.99	0.125	0.988
8567	-16.40	0.170	0.97	-14.82	0.165	0.977
8568	-15.87	0.184	0.977	-14.95	0.157	0.976
8569	-17.39	0.135	0.976	-15.28	0.171	0.983
8570	-15.70	0.332	0.976	-16.84	0.085	0.994

Tablo 12 (Devam)

Aile	F _v /F _m			GD		
	LT ₅₀ (°C)	Standart Hata	R-Square	LT ₅₀ (°C)	Standart Hata	R-Square
8572	-17.44	0.247	0.944	-15.89	0.172	0.974
8573	-16.51	0.225	0.949	-15.54	0.115	0.992
8574	-15.02	0.229	0.956	-14.04	0.212	0.975
8575	-16.82	0.145	0.979	-13.49	0.104	0.991
8576	-16.02	0.181	0.968	-15.80	0.296	0.964
8577	-15.26	0.230	0.977	-16.37	0.057	0.997
8578	-16.52	0.164	0.979	-16.92	0.108	0.989
8579	-15.64	0.253	0.940	-15.98	0.140	0.985
8580	-16.20	0.179	0.973	-16.12	0.252	0.960
8581	-16.42	0.180	0.968	-15.87	0.142	0.983
8582	-16.11	0.262	0.944	-14.75	0.155	0.986
8583	-15.28	0.246	0.974	-16.03	0.077	0.994
8584	-15.83	0.161	0.973	-16.14	0.113	0.988
8586	-15.63	0.250	0.945	-14.79	0.125	0.989
8587	-15.46	0.177	0.968	-15.49	0.190	0.978

İlkbahar mevsiminde F_v/F_m verileriyle hesaplanan LT₅₀ değerlerine göre dona dayanıklılığı en düşük aile -15.02 °C ile 8574 nolu aile olurken en yüksek aile ise -17.78 °C ile 3241 nolu aile bulunmuştur. Görsel değerlendirme verileri kullanılarak hesaplanan LT₅₀'lere göre dona dayanıklılığı en düşük ve en yüksek aileler sırasıyla 3238 (-13.33 °C) ve 8561 (18.39 °C) nolu ailelerdedir.

3.5. Kış ve İlkbahar Mevsiminde Genetik Parametreler ve İslah Değerleri

Hem kış mevsimi hem de ilkbahar mevsimi için aile değişkeninin istatistiksel olarak farklı olduğu kritik sıcaklık kademelerindeki (Kış : -17.5, -20 ve -22.5 °C, İlkbahar: -15 ve -17.5 °C) standardize edilmiş F_v/F_m verileri birlikte analiz edilerek varyans bileşenleri tahmin edilmiş ve kalıtım dereceleri hesap edilmiştir. Kış ve ilkbahar mevsimi için tahmin edilen varyans bileşenleri, bireysel ve aile ortalamaları kalıtım dereceleri ile genetik varyasyon katsayıları Tablo 13'te verilmiştir.

Kış mevsiminde çalışılan ailelerde kritik sıcaklık kademelerinin birlikte analizinde dona dayanıklılık için gözlenen toplam varyansın %10.87'si aileler arası genetik

farklılıktan kaynaklanmaktadır. Genetik çeşitlilik katsayısı bu mevsimde %24.94; bireysel kalıtım derecesi 0.35; aile ortalamaları kalıtım derecesi ise 0.57 olarak hesaplanmıştır. İlkbahar mevsiminde ise toplam varyansın %14.63'ü aileden kaynaklanmakta olup, aile x sıcaklık etkileşimi bu mevsimde anlamsız olduğu için tahmin edilmemiştir. İlkbahar mevsiminde genetik çeşitlilik katsayısı %21.74; bireysel kalıtım derecesi ve aile ortalamaları kalıtım dereceleri sırasıyla 0.47 ve 0.64 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 13. Kış ve İlkbahar mevsimi için hesaplanan varyans bileşenleri ve genetik parametreler

Parametreler	Mevsim	
	Kış	İlkbahar
σ_F^2	0.005 (10.87)	0.006 (14.63)
σ_{FS}^2	0.005 (10.87)	-
σ_e^2	0.036 (78.26)	0.035 (85.37)
σ_a^2	0.016 (34.78)	0.019 (46.34)
σ_{pi}^2	0.046	0.041
CV_{ga}	24.94	21.74
h_i^2	0.35 ± 0.12	0.47 ± 0.13
h_f^2	0.57 ± 0.10	0.64 ± 0.08

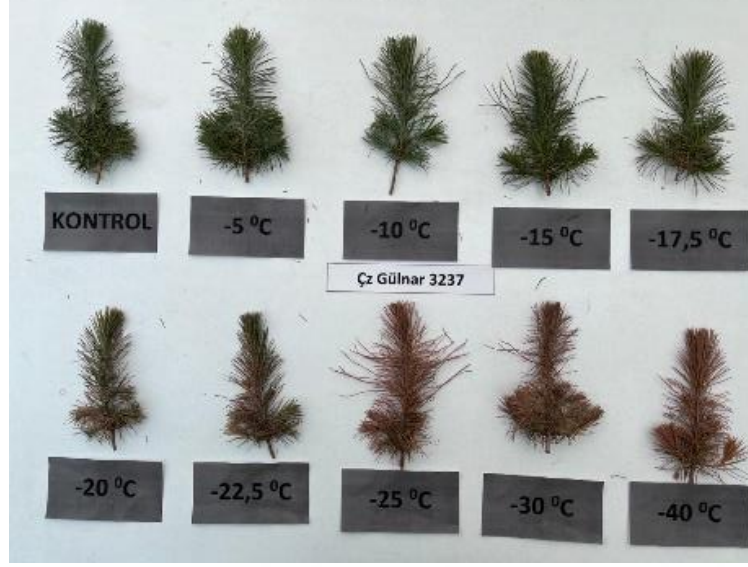
* σ_F^2 : aile varyansı, σ_{FS}^2 : aile sıcaklık etkileşimi varyansı, σ_e^2 : hata varyansı, σ_{pi}^2 : fenotipik varyans, σ_a^2 : eklemeli varyans, CV_{ga} : Genetik çeşitlilik katsayısı, h_i^2 : bireysel kalıtım derecesi, h_f^2 : aile ortalamaları kalıtım derecesi

Varyans bileşenlerinin tahmininde olduğu gibi yine aynı sıcaklık kademelerinin birlikte analiziyle her bir aile için ıslah değerleri tahmin edilmiştir. Ailelerin söz konusu sıcaklık kademelerindeki ve birlikte analiziyle elde edilen ıslah değerleri Ek Tablo 3 'te verilmiştir. Kış mevsiminde mutlak ıslah değeri en düşük aile 0.2704 ile 71 nolu aile olurken en yüksek aile 0.9360 ile 3234 nolu aile olmuştur. İlkbahar mevsiminde ise mutlak ıslah değeri en yüksek ve en düşük aileler sırasıyla 8574 (0.2468) ve 3236 (0.7124) 'dır. Kış ve ilkbahar mevsiminde LT_{50} değerlerinin kritik sıcaklık kademelerindeki ıslah değerleriyle sıralama korelasyonu sırasıyla 0.93 ve 0.98 olarak bulunmuştur.

4. TARTIŞMA

4.1. Kış ve İlkbahar Mevsiminde Dona Dayanıklılık

Düşük sıcaklık şiddetinin artması fotosentetik verimliliğin azalmasına neden olmuş ve uygulanan don stresi şiddetinin artmasıyla zarar miktarı da artmıştır (Şekil 19). Bu durum bitkileri etkileyen stresin süresi ve şiddeti ile oluşan zararın miktarının doğru orantılı olduğu bilinen stres fizyolojisi kuralıdır. Ancak çok yıllık bitkilerde ve özellikle koniferlerde dona dayanıklılık bitkinin türüne, genetiğine ve yaşına bağlıdır. Çolak (2012) üç farklı sıcaklık kademesinde (-15 °C, -25 °C ve -40 °C) karaçam, sarıçam ve toros sedirini don testine maruz bırakmış, toros sedirinde -25 °C’de; karaçamda -45 °C ‘de ciddi zararların görüldüğünü fakat sarıçamın bu düşük sıcaklıklardan etkilenmediğini ifade etmiştir. Bununla birlikte bitkilerin dona dayanıklılık düzeyi mevsimsel bir değişim göstermektedir (Bray ve ark., 2000; Kozłowski ve ark., 1991). Nitekim çalışmamızda üç farklı orijine ait ailelerde don zararının genel olarak kış mevsiminde -17.5 °C’den sonra, ilkbahar mevsiminde ise -15 °C’de başlamış ve yukarıda sözü edilen durumu desteklemiştir. Kış mevsiminde dona dayanıklılığın yüksek çıkmasının nedeni bitkilerin sonbahar döneminde doğal aklimasyon sürecine girmesi olayı ile açıklanabilir (Dalmannsdottir ve ark., 2001; Wisniewski ve Basett, 2003). Bower ve Aitken (2006) *Pinus albicaulis*’te 4 farklı mevsimde dona dayanıklılık testleri yapmışlar ve her mevsimde farklı sıcaklık kademeleri kullanmışlardır. Her mevsimde kullanılacak sıcaklık kademeleri testlerden bir hafta önce yaptıkları ön çalışmalarla belirlenmiştir. İmal (2015) karaçamda kış mevsiminde don zararının -20 °C ile -25 °C arasında başladığını, aynı orijinlerde ilkbahar mevsiminde ise don zararının -5 °C ile -10 °C arasında başladığını tespit etmiştir. Bu çalışmada kullanılacak sıcaklık kademeleri yapılan ön çalışmalara göre karar verilmiş, kış ve ilkbahar mevsimlerinde birbirinden farklı sıcaklık kademeleri kullanılmıştır.



Şekil 19. Düşük sıcaklık stresinin artmasıyla fidanlarda oluşan zarar

Düşük sıcaklıklar sonrası bitki hücrelerinde meydana gelen hasar bir veya daha fazla yöntemle belirlenmektedir. Çalışmamızda bitki hücrelerinde meydana gelen zarar klorofil floresans ve görsel değerlendirme yöntemleri ile belirlenmiştir. Çalışma sonucunda klorofil floresans yöntemi ile elde edilen fotosentetik verimlilik verileri ile görsel değerlendirme arasında kuvvetli ilişki tespit edilmiştir (Şekil 11 ve Şekil 12). Klorofil floresans ile görsel değerlendirme arasındaki bu kuvvetli ilişki düşük sıcaklığın oluşturduğu zararın belirlenmesinde bu iki yöntemin güvenle kullanılabileceğini göstermektedir. Binder ve Fielder (1996) *Picea abies* türü için ($r^2=0.99$) bu iki yöntem arasında kuvvetli ilişki bulmuşlardır. Düşük sıcaklıklar sonrası bitkide meydana gelen doku hasarının belirlenmesinde kullanılan diğer bir yöntem iyon sızıntısıdır. İyon sızıntısı yöntemi ile de klorofil floresans yöntemi arasında kuvvetli ilişki olduğu belirtilmiştir (Semerci ve ark., 2021). Örneğin; Semerci ve ark. (2008) karaçam fidanlarında don zararının belirlenmesinde iyon sızıntısı ile klorofil floresans yöntemi arasında -0.806 korelasyon bulmuşlardır. Bu sonuçlar don zararının belirlenmesinde bu üç yöntemde kullanılabileceğini göstermektedir. Ancak iyon sızıntısı yöntemi, fidanlardan doku kesilmesi gibi işlemler gerektirdiği için uzun zaman alan bir yöntemdir. Görsel değerlendirmede ise dondurulan yeşil doku veya gövde üzerinde, doku zararı nedeniyle kahverengileşmenin gelişmesi için birkaç hafta beklenir ve oluşan renk değişim miktarına göre zararın miktarı değerlendirilir. Görsel

değerlendirme yöntemi, hazırlanan renk skalasına göre değerlendirildiğinden kişiden kişiye değişebilmekte, bu skala köklerde kullanılamamakta ve sonuç için genelde 15 gün gibi uzun bir süre beklenmektedir. Canlı ve yeşil bir bitki dokusunda don zararı öncelikle Fotosistem I ve II'yi içeren tilakoid membrandır. Bu nedenle fotosistem II'nin verimliliğinin göstergesi olan F_v/F_m parametresinin de ölçüldüğü Klorofil flüoresans ölçümü don hasarının belirlenmesinde sıkça kullanılmaktadır (Burr ve ark., 2001; Prada ve ark., 2014). Bu yöntem hızlı sonuç vermesi yanında bitkiye zarar vermeden uygulanabildiğinden diğer yöntemlere göre avantajlıdır. Ancak bu yöntem sadece yeşil dokuda kullanılabilmekte ve dolayısıyla köklerde kullanılamamaktadır.

4.2. Kış ve İlkbahar Mevsiminde Kritik Ölüm Noktaları (LT₅₀)

Bitkilerde dona dayanıklılık derecesinin belirlenmesinde bitki hücresinin %50'nden fazlasının zarar gördüğü oran olan LT₅₀ sıcaklık kademesi değeri büyük önem taşımakta ve bu değer çeşitli yöntemlerle hesaplanabilmektedir. Daha önceleri LT₅₀ yerine don testleri sonrası zarar derecesinin belirlenmesi için elde edilen yöntemlere ait verilere çoklu karşılaştırma testleri yapılarak zararın başladığı sıcaklık kademe aralıkları tahmin edilmekte idi. Yapılan bu yöntem ile LT₅₀ değeri tam olarak tespit edilememekte sadece don zararının başladığı sıcaklık kademesi aralıkları belirlenmektedir. Günümüzde ise düşük sıcaklık testlerindeki tüm sıcaklık kademelerindeki veriler kullanılarak doğrusal olmayan modeller yardımıyla LT₅₀ hesaplaması yapılmaktadır (Kreyling, 2012). Bu yaklaşım çalışılan kaynağın %50'sinin zarar gördüğü sıcaklık derecesi tahmin etmede sıkça kullanılmaktadır. Çalışmamızda ailelerin zarar gördüğü sıcaklığı belirlemede hem çoklu karşılaştırma testi hem de Anderson ve Kreyling tarafından geliştirilen doğrusal olmayan model kullanılarak ailelerin zarar gördüğü sıcaklık kademe aralığı (Tablo 7 ve Tablo 10) ve derecesi (Tablo 11 ve Tablo 12) belirlenmiştir. Çoklu karşılaştırma testinde ailelerin farklı sıcaklık kademelerindeki F_v/F_m değerleri ile kontrol grubundaki F_v/F_m değerleri karşılaştırılmıştır. Ailelerde zarar çoğunlukla -17.5 ve -20 °C ile -20 ve -22.5 °C sıcaklıkları arasında görülmüştür. Yıldız ve ark. (2014) ise 24, 28 ve 32 haftalık kızılçam fidanlarına -5, -10, -15 ve -20 °C'lik donlar uygulayarak

yaptıkları çalışmada ise düşük sıcaklığın -15 °C ve altına düştüğünde zararın başladığını belirtmişlerdir.

Bu çalışmada kullanılan üç farklı orijin dona dayanıklılık bakımından hem Kandemir ve ark.(2008) hem de Semerci ve ark. (2019;2021)' de üstün orijinler olduğundan orijinler arası fark çıkmamıştır. Ancak yapılan dona dayanıklılık testleri sonucunda hem kış hem de ilkbahar mevsiminde aileler arasında anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Kış mevsiminde Bigadiç, Gülnar ve Gölhisar orijinlerine ait ailelerde ortalama LT₅₀ değerleri sırasıyla -21.30,-22.0 ve -20.70 °C; ilkbahar mevsiminde ise sırasıyla -16.30,-16.30 ve -16.20 °C olarak hesaplanmıştır. Kandemir ve ark. (2008) Alanya, Yaylaalan, Çalkaya, Fethiye, Gölhisar ve Çameli orijinli kızılçam fidanlarında dona dayanıklılık bakımından hem orijinler arasında hem de aileler arasında farklılıklar olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca iki yaşındaki kızılçam fidanlarının -15.20 °C'lik sıcaklıklarda zarar gördüğünü tespit etmişlerdir. Söz konusu çalışmada hem görsel değerlendirme hem de F_v/F_m ölçümleri sonucunda popülasyonlar arasında dona dayanıklılık bakımından farklar olduğunu; daha yüksek ve iç kesimlerden gelen Gölhisar ve Çameli popülasyonlarının dona daha dayanıklı olduğunu belirlemişlerdir. Ancak söz konusu çalışma Ankara'da doğal ortamda yapıldığı için ailelerin dona dayanıklılıkları hakkında bilgi üretilememiş sadece çalışmada kullanılan orijinler bazında değerlendirmeler yapılmıştır. Yine Yıldız ve ark. (2014) tarafından kızılçamda yapılan çalışmada Burdur-Gölhisar, K.Maraş-Suçatı, Denizli-Çameli ve Antalya – Gündoğmuş orijinleri kıyaslanmışlar; sonuçta 24 haftalık fidanlarda -20 °C'lik bir donda Gölhisar ve Gündoğmuş orijinlerinin daha dayanıklı olduğunu belirlemişlerdir. Semerci ve ark. (2019;2021) iki farklı kızılçam orijin deneme sahasından örnekledikleri 10 farklı orijine ait kızılçam sürgünlerini don testlerine maruz bırakarak orijinler arasında dona dayanıklılık bakımından farklılıklar olduğunu tespit etmişlerdir. Araştırmacılar söz konusu çalışmada kızılçam türünde genel olarak don zararının -15 ile -17.5 °C 'de başladığını, dona en dayanıklı orijin olarak tespit edilen Gölhisar orijininde ise LT₅₀ değerini CF yöntemiyle Antalya lokasyonunda -20.30 °C, Ankara lokasyonunda -20.70 °C olarak hesaplamışlardır. Yine bu çalışmada da ortak olan Gülnar orijininde ise LT₅₀ değerlerini sırasıyla -18.90 ve -20.20 °C olarak bulmuşlardır. Kızılçamda önceki çalışmalarla ortak orijinler arasında LT₅₀ farklılıkları

deney koşullarından, kullanılan bitki materyalinin yetiştirilmesindeki farklılıktan, kullanılan organların (gövde ve yaprak) farklı olmasından ve analizden kaynaklanabilir. Türler bulundukları doğal koşullarda dona dayanıklılık bakımından genetik bir potansiyele sahip olduğundan bu genetik potansiyel ile birlikte bitkinin yaşı ve yetiştirildiği ortamdaki çevresel faktörler (sıcaklık, ışık, nem, bitki beslenmesi vb.) dona dayanıklılık düzeyini etkileyen önemli unsurlardır.

Çalışılan ailelerde F_v/F_m verileriyle yapılan ANOVA testi sonucu dona dayanıklılık bakımından her iki mevsimde de aileler arası istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmuştur. Doğrusal olmayan model kullanılarak her aile için ayrı ayrı hesaplanan LT_{50} değeri kış mevsiminde en yüksek 3234 nolu aile için $-23.25\text{ }^{\circ}\text{C}$, en düşük ise 71 nolu aile için $-18.60\text{ }^{\circ}\text{C}$ bulunmuştur. LT_{50} değeri en yüksek ve en düşük aile arasındaki sıcaklık farkı $-4.65\text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak tespit edilmiştir. Tespit edilen bu fark kış mevsiminde dona dayanıklılık bakımından popülasyon içi varyasyonun mevcut olduğunu göstermektedir. İlkbahar mevsiminde ise bu fark $-2.76\text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak hesaplanmıştır. İki mevsim arasındaki fark kış mevsiminde fidanları dormant olmasından kaynaklıdır. Birçok stres faktörüne karşı olduğu gibi ağaç türleri dormansi döneminde söz konusu streslere daha dirençlidir (Semerci, 2008). Aktif büyüme döneminde ise stres faktörlerine karşı direnç en düşük seviyededir.

Ailelerin tüm sıcaklık kademelerindeki F_v/F_m değerleri kullanılarak doğrusal olmayan model ile tahmin edilen ortalama LT_{50} değerleri kış mevsiminde $-21.15\text{ }^{\circ}\text{C}$, ilkbahar mevsiminde ise $-16.20\text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak hesaplanmıştır. Dona en dayanıklı 15 aile kullanılması durumunda oluşacak don zararının kış mevsiminde $-22.42\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye ilkbahar mevsiminde ise $-17.05\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar çıkabileceği görülmüştür. Bu sıcaklık farkları her ne kadar az gibi görünse de doğada 5 saat süreyle düşük sıcaklıklara maruz kalan ağaçlarda oluşacak zararların ve ağaçlandırma çalışmalarının başarısını etkilemede oldukça önemlidir.

Görsel değerlendirme yöntemi ile hesaplanan LT_{50} değerleri ise kış mevsiminde ortalama $-20.54\text{ }^{\circ}\text{C}$; ilkbahar mevsiminde ise $-15.68\text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak hesaplanmıştır. F_v/F_m verileri kullanılarak hesaplanan LT_{50} değerleri ile görsel değerlendirme yöntemi ile hesaplanan LT_{50} değerleri arasında fark olmasının sebebi görsel değerlendirmenin

sübjektif olmasından kaynaklı olabilmektedir. Bununla birlikte elde edilen görsel değerlendirme verileri ile F_v/F_m değerleri arasında kuvvetli ilişki bulunmaktadır. Bu ilişki ve farklar görsel değerlendirme yaparken zararın olmadığı sıcaklık kademelerinde görsel değerlendirmede yanılgıların az olduğu, don zararının başladığı sıcaklık kademelerinde ise görsel değerlendirme kaynaklı hatalar ile açıklanabilir. Çalışmamızda hem görsel değerlendirme hem de klorofil florometre yönteminde her bir sıcaklık kademesinde ve her bir ailede 5 adet sürgün örneği üzerinde değerlendirmeler yapılmıştır. Bundan sonraki çalışmalarda sıcaklık kademelerindeki tekrar sayısı en az 10 olacak şekilde ayarlanırsa yöntemler arasındaki farkların azalması muhtemeldir. Bununla birlikte tekrar sayısının artırılması ile çalışmalar istatistiki açıdan daha sağlam bir temele oturtulacaktır. Bu durum tasarlanırken çalışmanın fiziken yapılabilirliği de mutlaka göz önünde bulundurulması gereken diğer bir husustur.

Aileler her iki mevsimde F_v/F_m değerleri kullanılarak hesaplanan LT_{50} derecelerine göre sıralandığında mevsimler arası spearman korelasyon katsayısı 0.20 olarak hesap edilmiştir. Bu sonuç ailelerin dona dayanıklılık bakımından mevsimler arası fark olduğunu göstermektedir. Nitekim İmal (2015), farklı orijinlere ait fidanlar kullanarak Anadolu karaçamında yaptığı çalışmada mevsimler arasında dona dayanıklılık bakımından farklılıklar tespit etmiştir. Çalışmada elde edilen bu sonuca göre kış ve ilkbaharda dona dayanıklı tespit edilen aileler ağaçlandırma yapılacak yerin iklimik özelliklerine göre karar verilmelidir.

4.3. Genetik Parametreler ve Korelasyonlar

Bu çalışmada genetik parametreler yalnızca ailelerin istatistiksel olarak anlamlı olduğu kritik sıcaklık kademeleri kullanılarak tahmin edilmiştir. Bower ve Aitken (2006) *Pinus albicaulis*'de dört farklı tarihte yaptıkları çalışmanın analizlerinde en geniş yaralanma indeksi aralığına sahip sıcaklık kademelerini istatistiksel analizlerde kullanmışlardır. Yine Aitken ve Adams (1996) iki farklı mevsimde douglas–fir türünde yaptıkları çalışmada genetik parametre analizleri için kritik sıcaklık kademelerini kullanmışlardır. Bunun sebebi diğer sıcaklık kademelerinde aileler

arasında bir fark olmaması olup yani o sıcaklık kademelerinde genetik olarak bir varyasyonun olmamasıdır. İslahta başarı, üzerinde çalışılan popülasyonlarda veya ailelerde genetik varyasyona, varyasyonun kaynağına ve son olarak da bu varyasyondan yararlanma oranına yani ıslah tekniğine bağlıdır. Genetik varyasyonun olmadığı bir özelliğe yapılan ıslah çalışmalarında sağlıklı değerlendirmeler yapmak imkânsızdır (Akar, 2006).

Popülasyon içi genetik çeşitliliğin yüksekliği değişen çevre koşullarına uyum açısından önemlidir. Genetik çeşitliliğin yüksek olması uygun popülasyon ve aileleri seçme konusunda ıslah programları için olumlu etkiye sahiptir. İslah programlarında bu kavram genetik çeşitlilik katsayısı (CV_{ga}) ile ortaya konmaktadır (Houle, 1992). CV_{ga} farklı karakterlerin genetik çeşitlilik düzeyini karşılaştırmada kullanılan bir parametre olup bu değer ile karakterlerin farklı koşullara göre çeşitlilik düzeyinin nasıl değiştiği belirlenebilir. İki mevsimde de yapılan dona dayanıklılık testleri arasında genetik çeşitliliği görmek açısından genetik çeşitlilik katsayısı hesaplanmıştır (Houle, 1992). CV_{ga} kış mevsimi için %24.94, ilkbahar mevsimi için %21.74 olarak tahmin edilmiştir. Bu açıdan bakıldığında kış mevsimindeki genetik çeşitlilik ilkbahar mevsimindekinden yüksektir. Kızılçamda daha önce hacim için CV_{ga} %15.8 ile %28.9 arasında bulunmuştur (Işık, 1998). Cornelius (1994) 67 çalışmadan derlediği bilgilere göre orman ağaçlarında en yüksek CV_{ga} hacim karakteri için %20.3 çap ve boy için %15'den küçük olduklarını belirtmiştir.

Kış ve ilkbahar mevsiminde bireysel kalıtım dereceleri sırasıyla 0.35 ve 0.47; aile ortalamaları kalıtım dereceleri ise 0.57 ve 0.64 olarak hesaplanmıştır. Kış mevsiminde aile varyansının toplam varyans içindeki oranı %10.87 olurken ilkbahar mevsiminde bu oran %14.63 olarak bulunmuştur. Kış mevsiminde aileden kaynaklı varyanstaki bu düşüş aile x sıcaklık etkileşimine yansımıştır. Kandemir ve ark. (2008) soğuğa dayanıklılık için aile ortalamaları kalıtım derecesini 0.25 ve aile varyansının toplam varyans içindeki oranı %6 olarak hesaplamışlardır. Bu çalışmada aile seleksiyonu yapılacaksa dona dayanıklılığın diğer büyüme ve fenolojik özellikler ile değerlendirilmesinin faydalı olacağı belirtilmiştir. Parada ve ark. (2014) iki mevsim(ilkbahar ve sonbahar) , farklı bitki dokuları (iğne yaprak, tomurcuk ve gövde)

ve metotlar (görsel değerlendirme, CF ve iyon sızıntısı) kullanarak sahilçamında iki yıl olarak yaptıkları çalışmada birleştirilmiş verilerle dar anlamda kalıtım derecesini her iki mevsimde >0.6 olarak hesaplamışlardır. Kalıtım dereceleri söz konusu çalışmada her yılda her bitki dokusunda ve her sıcaklık kademesinde ayrı ayrı hesaplanmış ve bazı faktörler için kalıtım dereceleri fazla tahmin edilerek 1'in üzerinde bulunmuştur. Bunun nedeni her iki yılda her bitki dokusundan testlerinin yapılamaması ve sıcaklıkların yıllarda ve mevsimlerde farklı olmasından kaynaklanabilir. Bu çalışma sonucunda popülasyonlar içindeki aileler arasında gözlemlenen önemli varyasyonun dona dayanıklılığın aile bazlı olarak değerlendirilmesi için yeterli olduğunu belirtmişlerdir. Jonsson ve ark. (1986) *Pinus concarta*'da ilkbahar mevsimi dona dayanıklılık için ailesel seleksiyonu önermişlerdir.

Çalışmada ayrıca düşük sıcaklık derecelerine maruz bırakılan fidanlarda ölçülen parametrelerin birbirleri arasındaki ilişkiyi ortaya koyabilmek için Pearson'un korelasyon analizi testi uygulanmıştır. İmal (2015) karaçamda F_v/F_m değerleri ile F_0 ve F_m değerleri arasında kış mevsiminde sırasıyla -0.923 ve 0.359, ilkbahar mevsiminde ise -0.933 ve 0.724 lük bir ilişki bulmuş; soğuğa dayanıklılığın CF yöntemiyle belirlenmesinde F_v/F_m değerinin kullanılmasını önermiştir. Bu sebeple bu çalışmada CF yönteminden elde edilen parametrelerden sadece F_v/F_m değerleri kullanılarak tüm analizler yapılmıştır. Korelasyonlar en yüksek F_v/F_m değerleri ile görsel değerlendirme yönteminde bulunmuş ancak boy ve kök boğazı çapı ile dona dayanıklılık arasında bir ilişki tespit edilememiştir.

Orman ağaçlarında ıslah değeri çalışılan karakterde bir ailenin genetik değerini ifade eder. Bu çalışmada dona dayanıklılık için hesap edilen ıslah değerlerinin, doğrusal model kullanılarak hesap edilen LT_{50} değerleri ile korelasyonu kış mevsiminde 0.93, ilkbahar mevsiminde ise 0.98 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuç, türler orijinler veya aileler için doğrusal olmayan modellerle dona dayanıklılık sıcaklıklarının belirlenmesinde fazla sıcaklık kademelerinde çalışılması gerektiğini gösterir. Eğer sadece genetik parametre ve ıslah değerleri hesap edilecekse sadece ön çalışmalarla belirlenecek etkili ve kritik sıcaklık kademelerinde çalışmak yararlı olacaktır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma ile kızılçamda yapılan diğer çalışmalardan farklı olarak aile bazında çalışılarak aileler arasında dona dayanıklılık bakımından farklıklar olduğu tespit edilmiş ve her bir ailenin zarar görmeye başladığı LT_{50} değerleri hesaplanmıştır. Bu türde özellikle soğuk mıntikalarda yapılacak ağaçlandırma çalışmalarında dona dayanıklı ailelerden elde edilecek fidanlarla ağaçlandırma çalışmalarını yapmak gerekmektedir. Sadece kızılçamda değil ağaçlandırma yapılan türlerde dona dayanıklılık bakımından üstün tür, orijin ve ailelerin bilinmesi özellikle soğuk mıntikalarda yapılacak ağaçlandırma çalışmalarındaki başarıyı olumlu yönde etkileyecektir. Bunun için öncelikle kitlesel seleksiyon ile çalışmalara başlanılmalı ve sonrasında üstün olan orijinlerde bireysel seleksiyona gidilmelidir. Bireysel seleksiyonla üstün olan ailelerle bir tohum bahçesi tesis edilerek ağaçlandırma çalışmalarında bu tohum bahçesinden elde edilen fidanların kullanılması yararlı olacaktır. Dona dayanıklılık bakımından laboratuvarda yapılan don testleri ile üstün olarak belirlenen ailelerin arazi koşullarında denenmesi, laboratuvar testleri ile arazi koşullarında ailelerin performansının karşılaştırılması bakımından önemlidir. Nitekim bu çalışmaya konu olan ailelerin çoğu ile Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Enstitüsü Müdürlüğüne yürütülen “İç Anadolu Bölgesinde Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Orijin-Döl Denemeleri” (ANK 056 1642/2022-2043) adlı proje kapsamında soğuk ve kurak bölgelerde deneme alanları kurulacaktır. Bu sayede laboratuvar ortamında yapılan dona dayanıklılık testleri ile sahadaki dona dayanıklılık düzeylerinin ilişki kurulabilecektir. Ayrıca bundan sonra dona dayanıklılık üzerine yapılacak olan çalışmalarda iklim senaryoları ile değişen iklim koşulları da göz önünde bulundurularak orijin bazlı değil, aile bazlı olarak çalışmaların yapılarak ıslah popülasyonunun genişletilmesi uygun olacaktır. Yapay dona dayanıklılık testlerinde LT_{50} değerlerinin ise doğrusal olmayan modelle hesap edilmesi gerekmektedir. Bununla birlikte moleküler yöntemler ile de dona dayanıklılık bakımından aile seleksiyonu olanakları araştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Aitken, S. N., Adams, W. T., 1997. Spring cold hardiness under strong genetic control in Oregon populations of *Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii*. *Canadian Journal of Forest Research*, 27(11), 1773-1780.
- Akar, T., 2006. Bitki Islahındaki Başarı ve Artırılmış Örtücü Gen Etkisi İle De Novo Varyasyonundan Sağlanan Genetik Çeşitlilik. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 10(1-2)
- Akkemik, Ü., 2018. Türkiye'nin doğal-egzotik ağaç ve çalıları. *Orman Genel Müdürlüğü Yayınları*, Ankara, 684.
- Anderson, J.A., Kenna, M.P., Taliaferro, C.M., 1988. Cold hardiness of Midiron and Tifgreen bermudagrass. *Hortscience*, 23, 748-750.
- Anisko, T., Lindstrom, O.M., 1996. Survival of water-stressed Rhododendron subjected to freezing at fast or slow cooling rates. *HortScience*, 31: 357-360.
- Aslantaş, R., Karakurt, H., Karakurt, Y., 2010. Bitkilerin düşük sıcaklıklara dayanımında hücresel ve moleküler mekanizmalar. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 41(2), 157-167.
- Atalay, İ., Sezer, İ., Çukur, H., 1998. Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Ormanlarının Ekolojik Özellikleri ve Tohum Nakli Açısından Bölgelere Ayrılması. *Orman Bakanlığı Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma Müdürlüğü Yayın No: 6*, Ege Üniversitesi Basım Evi, 108 s, İzmir.
- Bannister, P., Neuener, G., 2001. Frost Resistance and The Distribution of Conifers, Conifer Cold Hardiness. Bigras, F. J. and Colombo S. J. (eds.), *Kluwer Academic Publishers*, 3-21.
- Beck, E. H., Heim, R. H., Hansen, J., 2004, Plant resistance to cold stress: Mechanisms and environmental signals triggering frost hardening and dehardening, *Indian academy of sciences, journal biosci.* 29 (4), 449-459.
- Becker, W., 1992. Manual of Quantitative Genetics. Academic Enterprises, Pullman, Washington. 192 pp.
- Bigras, F. J., Ryppö, A., Lindström, A., Stattin, E., 2001. Cold acclimation and deacclimation of shoots and roots of conifer seedlings. Conifer Cold Hardiness, In: Bigras, F. J. and Colombo, S. J. (ed.), Chapter 3, *Kluwer Academic Publishers*, 57-89.
- Bigras, F.J., 1998. Field performance of containerized black spruce seedlings with root systems damaged by freezing or pruning. *New. for.*, 15, 1-9.
- Binder, W. D. and Fielder, P., 1996. Chlorophyll fluorescence as an indicator of frost hardiness in white spruce seedlings from different latitudes. *New Forests*, 11: 233-253
- Bittenbender, H.C., Howell, G.S., Jr., 1974. Adaptation of the Spearman-Kärber method for estimating the T50 of cold stressed flower buds. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 99: 187-190.
- Blazich, F.A., Evert, D.R., Bee, D.E., 1974. Comparison of three methods of measuring winter hardiness of internodal stem sections of Forsythia intermedia 'Lynwood'. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 99: 211-214.

- Bower, A. D., Aitken, S. N., 2006. Geographic and seasonal variation in cold hardiness of whitebark pine. *Canadian Journal of Forest Research*, 36(7), 1842-1850.
- Boydak, M., Dirik, H., Çalıkoğlu, M., 2006. Kızılçamın (*Pinus brutia* Ten.) Biyolojisi ve Silvikültürü. Ormancılığı Geliştirme ve Orman Yangınları ile Mücadele Hizmetlerini Destekleme Vakfı Yayını, Lazer Ofset Matbaası, Ankara.
- Bray, E.A., Bailey-Serres, J., Weretilnyk, E., 2000. Responses to Abiotic Stresses. In Biochemistry and Molecular Biology of Plants. Buchanan, B.B., Gruissem, W. and Jones, R.L. (eds.), *American Society of Plant Physiologists*, Rockville, Maryland, 1158-1203
- Brown, G.N., Bixby, J.A., Melcarek, P.K., Hinckley, T.M., Rogers, R., 1977. Xylem pressure potential and chlorophyll fluorescence as indicators of freezing survival in blacklocust and western hemlock seedlings. *Cryobiology*, 14: 94-99.
- Buchmann, N., 2002. Plant ecophysiology and forest response to global change, *Tree physiology*, 22, 1177-1184.
- Burke, J.J., 1995. Enzym adaptation to temperature. IN -Environment and Plant Metabolism flexibility and Acclimation. N. Smirnoff, ed. (BIOS Scientific Publisher Limited), pp. 63-78.
- Burr, K. E., Tinus, R. W., Wallner, S. J., King, R. M., 1990. Comparison of tree cold hardiness tests for conifer seedlings, *Tree physiology*, 6, 351-369.
- 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. (ed), Chapter 14, *Kluwer Academic Publishers*, 369-401.
- Calkins, J.B., and Swanson, B.T., 1990. The distinction between living and dead plant tissue viability tests in cold hardiness research. *Cryobiology*, 27: 194-211.
- Carter, J., Hummer, K.E., 1999. Gooseberry mite infestation decreases the cold hardiness of dormant black currant flower buds. *HortScience*, 34: 218-220.
- Caswell, K.L., Tyler, N.J., Stushnoff, C., 1986. Cold hardening of in vitro apple and saskatoon shoot cultures. *HortScience*, 21: 1207-1209.
- Cerda Granados, D., 2012. Geographical Variation of Cold Hardiness in *Pinus patula* Provenances and Genetic Inheritance of Cold Hardiness in *Pinus patula* x *Pinus tecunumanii* Hybrids.
- Chambel, M. R., Climent, J., Pichot, C., Ducci, F., 2013. Mediterranean Pines (*Pinus halepensis* Mill. and *brutia* Ten.). L.E. Pâques (ed.), Forest Tree Breeding in Europe: Current State-of-the-Art and Perspectives, Managing Forest Ecosystems 25, DOI 10.1007/978-94-007-6146-9_5.
- Chinnusamy, V., Zhu, J.K., Sunkar, R., 2010. Plant stress tolerance: Methods and Protocols. Gene regulation during cold stress acclimation in plants. *Springer*, pp.39-55.
- Clausen, S., Apel, K., 1991. Seasonal changes in the concentration of the major storage protein and its mRNA in xylem ray cells of poplar trees. *Plant Molecular Biology*, 17, pp.669- 678.
- Coleman, M.D., Hinckley, T.M, McNaughton, G., and Smit, B.A., 1992. Root cold hardiness and native distribution of subalpine conifers. *Can. journal of forest research*, 22, 932-938.
- Collett, D., 1991. Modelling binary data. London, Chapman & Hall. 369 p.

- Colombo, S.J., Webb, D.P., and Glerum, C., 1984. Frost hardiness testing: an operational manual for use with extended greenhouse culture. *Ont. Minist. Nat. Res. For. Res. Rep.*, No. 110.
- Cornelius, J., 1994. Heritabilities and additive genetic coefficients of variation in forest trees. *Can.J. For. Res.*, 24: 372-379
- Covarrubias-Pazaran, G., 2016. Genome assisted prediction of quantitative traits using the R package sommer. In PLoS ONE (Vol. 11, pp. 1–15). Version 4.2.1.2.
- Çalıkoğlu, M., 2002. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) orijinlerinin kuraklığa karşı reaksiyonlarının ekofizyolojik analizi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 99.
- Çalıkoğlu, M., Tilki, F., 2004. Lübnan Meşesi (*Quercus libani* Olivier) ve Macar Meşesi (*Q. frainetto* Ten.) fidanlarında kurak dönemdeki transpirasyon analizi. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Seri A, 54 (1), 133-142.
- Çalıkoğlu, M., Özbey A. A., Örtel E., Atmaca C., Taştan Y., Arslan M, Yurdabak Ü., Akbin G., Karatay H., Yırık A., Yıldızbakan A., Taşdemir C., Boza A., 2020. Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Orijin Denemelerinin 30 Yıllık Sonuçları, BAORAM, Antalya.
- Çiçek, N., Çakırlar, H., 2006. Fotosentetik etkinliği ölçme yöntemleri: klorofil flüoresansı, *Anadolu Üniversitesi bilim ve teknoloji dergisi*, 7(2), 295-302.
- Çolak, D., 2012. Sarıçam (*Pinus Sylvestris* L.), Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) ve Toros sedirinde (*Cedrus Libani* A. Rich.) dona dayanıklılık (Doctoral dissertation, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye).
- Dalmanndottir, S., Helgadottir, A., Gudleifsson, B.E., 2001. Fatty acid and sugar content in white clover, in relation to frost tolerance and ice-encasement tolerance. *Annals of Botany*, 88: 753-759.
- Demirbaş, M., Aydın, R., 2020. 21. Yüzyılın en büyük tehdidi: küresel iklim değişikliği. *Ecological Life Sciences*, 15(4), 163-179
- Dexter, S.T., Tottingham, W.E., and Graber, L.F., 1932. Investigations of the hardiness of plants by measurement of electrical conductivity, *Plant Physiol.*, 7: 63-78.
- Ding, Y., Shi, Y., Yang, S., 2019. Advances and challenges in uncovering cold tolerance regulatory mechanisms in plants. *New Phytologist.*, 222, pp.1690-1704.
- Dirik, H., 1994. Üç yerli çam türünün (*Pinus brutia* Ten, *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* Lamb. Holmboe, *Pinus pinea* L.) kurak periyottaki transpirasyon tutumlarının ekofizyolojik analizi. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Seri A, 44, 111- 121.
- Dirik, H., 2000. Farklı biyoiklim kuşaklarını temsil eden Kızılçam (*Pinus brutia* ten.) orijinlerinin kurak dönemdeki su potansiyellerinin basınç-hacim (P-V) eğrisi yöntemi ile analizi. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi.*, Seri A. 50 (2), 93-103.
- Dirik, H., 2014. Arborikültür (Kentsel ağaç kültürü), İstanbul. İ.Ü. Yayın No: 5200. Orman Fakültesi Yayın No: 509. ISBN: 978-975-404-956-5.
- Ehlert, B., Hinch, D. K., 2008. Chlorophyll fluorescence imaging accurately quantifies freezing damage and cold acclimation responses in Arabidopsis leaves, *Plant methods*, 4-12.
- EUFORGEN, 2008. European Forest Genetic Resources Programme. Distribution map of Brutia pine (*Pinus brutia*). www.euforgen.org

- Falcone, D.L., Ogas, J.P., Somerville, C., 2004. Regulation of membrane fatty acid composition by temperature in mutants of *Arabidopsis* with alterations in membrane lipid composition. *BMC Plant Biology*, 4, pp.17-31.
- Falconer, D.S., Mackay, T.F.C., 1996. Introduction to Quantitative Genetics. 4th Edition, Addison Wesley Longman, Harlow.
- Farjon, A., 2010. A Handbook of the World's Conifers (2 vols.) (Vol. 1). Brill.
- Fuchigami, L. H., Weiser, C. J., Kobayashi, K., Timmis, R., Gusta, L. V., 1982. A degree growth stage (GS) model and cold acclimation in temperate woody plants. Plant cold hardiness and freezing stress. Mechanisms and crop implications, 2, 93-116.
- Gill, S. S., Tuteja, N., 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant physiology and biochemistry*, 48(12), 909-930.
- 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. (ed.), Oregon State University, ISBN 0-87437-000-0.
- Graham, P.R., Mullin, R. 1976. A study of flower bud hardiness in azalea. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 101: 7-10.
- Guy, C., Haskell, D., Li, Q.B., 1998. Association of proteins with the stress 70 molecular chaperones at low temperature: evidence for the existence of cold labile proteins in spinach. *Cryobiology*, 36, pp.301-314.
- Hawkins, C.D.B., Binder, W.D., 1990. State of the art seedling stock quality tests based on seedling physiology. In Target seedling symposium. Proceedings of the Combined Meeting of the Western Forest Nursery Associations, 13-17 Aug., Roseburg, Oregon. Edited by R. Rose, S.J. Campbell, and T.D. Landis. *USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. RM-200.*, pp. 91-121.
- Hawkins, C.D.B., Eastham, A.M., Story, T.L., Eng, R.Y.N., and Draper, D.A., 1996. The effect of nursery blackout application on Sitka spruce seedlings. *Can. J. For. Res.*, 26: 2201-2213.
- Hawkins, B. J., Guest, H. J., Kolotelo D., 2003. Freezing tolerance of conifer seeds and germinants. *Tree Physiology*, 23: 1237-1246.
- Haynes, C.L., Lindstrom, O.M., Dirr, M.A., 1992. Cooling and warming effects on cold hardiness estimations of three woody ornamental taxa. *HortScience*, 27: 1308-1309.
- 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
- Holubowicz, T., Cummins, J.N., Forsline, P.L., 1982. Responses of *Malus* clones to programmed low-temperature stresses in late winter. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 107: 492-496.
- Hong, S.-G., Sucoff, E., Lee-Stadelmann, O.Y., 1980. Effect of freezing deep supercooled water on the viability of ray cells. *Botanical Gazette*, 141: 464-468.
- Hopkins, W. G., 1995. Introduction to plant physiology, The University Of Western Ontario, John Wiley&Sons, Inc., New York.

- Howarth, C. J., Ougham, H. J., 1993. Gene expression under temperature stress. *New Phytologist*, 125(1), 1-26.
- Houle, D., 1992. Comparing evolvability and variability of quantitative traits. *Genetics*, 130(1), 195-204.
- Hummer, K., Fuchigami, L.H., Peters, V., Bell, N., 1995. Cold hardiness in *Rubus*. *Fruit Varieties Journal*, 49: 52-58.
- IPCC, 2021. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli, 6. Değerlendirme Raporu, [URL:https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/IPCC%206.%20De%C4%9Ferlendirme%20Raporu/IPCC%20-%20ar6_WGI_Y%C3%B6netici%20%C3%96zeti.pdf](https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/IPCC%206.%20De%C4%9Ferlendirme%20Raporu/IPCC%20-%20ar6_WGI_Y%C3%B6netici%20%C3%96zeti.pdf)
- Işık, F., Keskin, S., Sabuncu, R., Şahin, M., Baş, N., Kaya, Z., 2002. Kızılçamda (*Pinus brutia* Ten.) farklı populasyonlara ait fidanların kuraklık stresine morfolojik ve fenolojik tepkileri bakımından genetik çeşitlilik. *T.C. Orman Bakanlığı Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Yayını*. Orman Bakanlığı Yayın No: 159. Müdürlük Yayın No: 017. ISSN: 1302-3624.
- Işık, F. (1998). Kızılçamda genetik çeşitlilik, kalıtım derecesi ve genetik kazancın belirlenmesi. *Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü*, 7.
- 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 Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Johnson, D.E., Howell, G.S., 1981. The effect of cane morphology and cultivar on the phenological development and critical temperatures of primary buds on grape canes. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 106: 545-549.
- Jonsson, A., Eriksson, G., Franzen, A., 1986. Within-population variation in frost damage in *Pinus contorta* Dougl. seedlings after simulated autumn or late-winter conditions. *Silvae Genet*, 35(2-3), 96-102.
- Kaçar, B., Katkat, A. V., Öztürk, Ş., 2002, Bitki fizyolojisi, Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın no: 198, ISBN: 975-564-133-5.
- Kalaji, H. M., Bosa, K., Kościelniak, J., Hossain, Z., 2011. Chlorophyll a fluorescence—a useful tool for the early detection of temperature stress in spring barley (*Hordeum vulgare* L.). *Omics: a journal of integrative biology*, 15(12), 925-934.
- Kalefetoğlu T, Ekmekçi Y., 2005. The effects of drought on plants and tolerance mechanisms (Review), *G.U. Journal of science*, 18 (4), 723-740
- Kandemir, G. E., Kaya, Z., Temel, F., Önde, S., 2008. Genetic variation in cold hardiness and phenology between and within Red pine (*Pinus brutia* Ten) populations implications for seed transfer. *Silvae Genetica*, 59:2-3.
- Kendall, M. G. (1962). Rank Correlation Methods (London: Griffin).
- Ketchie, D.O., Kammereck, R., 1987. Seasonal variation of cold resistance in *Malus* woody tissue as determined by differential thermal analysis and viability tests. *Canadian Journal of Botany*, 65: 2640-2645.
- Khanizadeh, S., Buszard, D., Fanous, M.A., Zarkadas, C. G., 1989. Effect of crop load on seasonal variation in chemical composition and spring frost hardiness of apple flower buds. *Canadian Journal of Plant Science*, 69: 1277-1284.
- 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.

- Korkmaz, H., Durmaz, A., 2017. Bitkilerin abiyotik stres faktörlerine karşı geliştirilen cevaplar. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(2), 192-207.
- Kozłowski, T.T., Kramer, P.J., Pallardy, S.G., 1991. The Physiological Ecology of Woody Plants, *Academic Press*, San Diego, 657p.
- Kramer, P. K., 1986. The role of physiology in forestry, *Tree physiology*, 2, 1-16.
- Krause, G.H., Weis, E., 1984. Chlorophyll fluorescence as a tool in plant physiology. II. Interpretation of fluorescence signals. *Photosynth. Res.*, 5: 139-157.
- Krause, G.H., Weis, E., 1988. The photosynthetic apparatus and chlorophyll fluorescence. In Applications of chlorophyll fluorescence. Edited by H.K. Lichtenthaler. *Kluwer Academic Publishers*, Dordrecht. pp. 3-11.
- Kreyling, J., Wiesenberger, G.L.B., Thiel, D., Wohlfart, C., Huber, G., Walter, J., Jentsch, A., Konnert, M., Beierkuhnlein, C., 2012. Cold hardiness of *Pinus nigra* Arnold as influenced by geographic origin, warming, and extreme summer drought. *Environ Exp. Bot.*, 7378:99–108. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2011.12.026>
- 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.
- Landis, T.D., Dumroese, R.K., Haase, D.L., 2010. The container tree nursery manual, Volume 7, *U.S. Department of Agriculture Forest Service*, Washington.
- Lapins, K., 1962a. Cold hardiness of young apple trees originating from the juvenile and adult zones of seedlings. *Canadian Journal of Plant Science*, 42: 521-526.
- Lapins, K., 1962b. Artificial freezing as a routine test of cold hardiness of young apple seedlings. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 81: 26-34.
- Larcher, W., 1968. Die Temperaturrestistenz als Konstitutionsmerkmal der Pflanzen. *Dtsch Akad Landwirtschaftswiss, Tagungsbericht* 100: 7–21
- Larcher, W., 2003. Physiological plant ecology 4th edition, *Springer-Verlag* Berlin Heidelberg New York, ISBN: 3-540-43516-6.
- Levitt, J., 1980. Responses of plants to environmental stresses. Vol. 1. Chilling, freezing and high temperature stresses. 2nd ed. New York, *Academic Press*, 497 p.
- Lim, C.C., Krebs, S.L., Arora, R., 1999. A 25-kDa dehydrin associated with genotype- and age-dependent leaf freezing-tolerance in *Rhododendron*: a genetic marker for cold hardiness? *Theoretical and Applied Genetics*, 99: 912-920.
- Lichtenthaler, H.K., Rinderle, U., 1988. The role of chlorophyll fluorescence in the detection of stress conditions in plants. *CRC Crit. Rev. Anal. Chem.* 19 (Supplement 1): 529-585.
- Linden, L., 2002. Measuring cold hardiness in woody plants, *University of Helsinki Department of Applied Biology Publication*, Helsinki.
- Littell, R. C., Milliken, G. A., Stroup, W. W., Wolfinger, R. D., Oliver, S., 2006. SAS for mixed models. *SAS publishing*.
- Lynch, M., Walsh, B., 1997. Genetic and Analyses of Quantitative Traits. *Sinauer Ass. Inc. Publ.*, Sunderland, USA, 980 p.
- Mabaso, F. S., 2017. Frost tolerance of various *Pinus* species and hybrids (Doctoral dissertation, Stellenbosch: Stellenbosch University).

- Malone, S. R., Ashworth, E. N., 1991. Freezing stress response in woody tissues observed using low-temperature scanning electron microscopy and freeze substitution techniques. *Plant Physiology*, 95(3), 871-881.
- Maxwell, K., Johnson, G. N., 2000. Chlorophyll fluorescence a practical guide, *Journal of experimental botany*, 345, 659-668.
- McKersie, B.D., Bowley, S.R., 1997. Active oxygen and freezing tolerance in transgenic plants. In: Li, P.H. and Chen, T.H.H., Eds., *Plant Cold Hardiness*, Plenum Press, New York, 203-214.
- McNamara, S., Pellett, H., 1998. Cold hardiness of weigela cultivars. *Journal of Environmental Horticulture*, 16: 238-242.
- McNamara, S., Pellett, H., 2000. Cold hardiness of *Phellodendron sachalinense* Friedr. Schmidt seedlings increases with age. *HortScience*, 35: 304-305.
- OATIAEM., 2021. Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Retrieved from <https://ortohum.ogm.gov.tr/SitePages/OGM/OGMDefault.aspx>
- OGM., 2021. Ormancılık İstatistikleri. Orman Genel Müdürlüğü (OGM) <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler>
- Öktem, E., 1987. Kızılçam. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, El Kitabı Dizisi*, 2.
- Oquist, G., and Malmberg, G., 1989. Light and temperature dependent inhibition of photosynthesis in frost-hardened and un-hardened seedlings of pine. *Photosynth. Res.*, 20: 261-267.
- Palliotti, A., Bongi, G., 1996. Freezing injury in the olive leaf and effects of mefluidide treatment. *Journal of Horticultural Science*, 71: 57-63.
- Palonen, P., Buszard, D., 1998. In vitro screening for cold hardiness of raspberry cultivars. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 53: 213-216.
- Palta, J.P., Levitt, J., Stadelmann, E.J., 1978. Plant viability assay. *Cryobiology* 15: 249-255.
- Parker, J., 1953. Criteria of life: Some methods of measuring viability. *American Scientist*, 41:614-618.
- Pellett, H., Gearhart, M., Dirr, M., 1981. Cold hardiness capability of woody ornamental plant taxa. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 106: 239-243.
- 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).
- Prada, E., Alía, R., Climent, J., Díaz, R., 2014. Seasonal cold hardiness in maritime pine assessed by different methods. *Tree Genetics & Genomes*, 10, 689-701.
- R Core Team, 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Repo, T., and Lappi, J., 1989. Estimation of standard error of impedance-estimated frost resistance. *Scand. J. For. Res.*, 4: 67-74.
- Repo, T., Hänninen, H., Kellomäki, S., 1996. The effects of long-term elevation of air temperature and CO₂ on the frost hardiness of Scots pine. *Plant, Cell and Environment* 19: 209-216.

- Ritchie, G. A., 1984. Assessing seedling quality. Forest nursey manual production of bareroot seedlings, In: Duryea, M. L., ve Landis, T. D., (Ed.), Chapter 23, Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers. The Hague, 243-259.
- Ritchie, G. A., 2006. Chlorophyll fluorescence, what is it and what do the numbers mean, *USDA Forest Service Proceedings*, 34-43.
- Ritz, C., Baty, F., Streibig, J.C., Gerhard, D., 2015. Dose-Response Analysis Using R. *PLOS ONE*, 10(e0146021). <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0146021>
- Rizza, F., Pagani, D., Stanca, A. M., Cattivelli, L., 2001. Use of chlorophyllfluorescence to evaluate the cold acclimation and freezing tolerance of winter and spring oats, *Plant breeding*, 120, 389-396.
- Roger, M. J. R., Weiss, O., 2001. Fluorescence techniques, Handbook of plant ecophysiology techniques, In: Roger, M. J. R. (ed), Chapter 10, Kluwer Academic Publishers, 185-191p.
- Rollins, H.A., Jr., Freeman, S.H., Emmert, F.H., 1962. Factors affecting apple hardiness and methods of measuring resistance of tissue to low temperature injury. Ohio Agricultural Experiment Station, Research Bulletin 901: 1-71.
- Saraçoğlu, N., 2011.Küresel İklim Değişiminin Yavaşlatılmasında Ormanların Rolü, Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi
- Sakai, A., Larcher, W., 1987. Frost survival of plants: responseand adaptation to freezing stress. In: Billings, W.D., Golley, F., Lange, O.L., Olson, J.S. and Remmert, H., Eds., *Springer*, Berlin, 303-326.
- Semerci, H., 2005. Farklı zonlarından örneklenen Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold subspecies *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) orijinlerinin soğuğa dayanıklılıkları, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Semerci, H., Öztürk, H., Semerci, A., İzbrak, 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., Arıcı, Y. K., 2019. Ankara ve Antalya kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) orijin deneme sahalarında bazı orijinlerin dona dayanıklılıklarının belirlenmesi. *Turkish Journal of Forestry*, 20(4), 290-296.
- Semerci, A., İmal, B., Gonzalez-Benecke, C. A., 2021. Intraspecific variability in cold tolerance in *Pinus brutia* sampled from two contrasting provenance trials. *New Forests*, 52, 621-637.
- Simpson, D.G., 1994. Seasonal and geographic origin effects on cold hardiness of White spruce buds, foliage, and stems. *Can. J. For. Res.*, 24: 1066-1070.
- Spearman,C., 1904.The proof and measurement of association between two things" *Amer.J.Psychol.* C.15 say.72–101
- Squillace, A., 1974. Average genetic correlations among offspring from open-pollinated forest trees. *Silvae Genetica*, 23(5), 149-156.
- Steponkus, P.L., Lanphear, F.O., 1967. Refinement of the triphenyl tetrazolium chloride method of determining cold injury. *Plant Physiology*, 42: 1423-1426.

- Stergios, B.G. , Howell, G.S., Jr. 1973. Evaluation of viability tests for cold stressed plants. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 98: 325-330.
- Stoyanov, S.M., 1973. An improved method for the determination of winter hardiness in fruit trees. *Tidsskrift for Planteavl* 77(1): 13-18.
- Strand, M., Oquist, G., 1988. Effects of frost hardening, dehardening and freezing stress on in vivo chlorophyll fluorescence in seedlings of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Plant Cell Environ.* 11: 231-238.
- Su, W.A., Mi, R.Q., Wang, W.Y. ,Wang, H.C., 1987. A relationship among stress intensity, duration, and strain. In: Li, P.H. (ed.). *Plant cold hardiness*. New York, Alan R. Liss, Inc. p. 141-153.
- Sundbom, E., Oquist, G., 1982. Temperature-induced changes of variable Fluorescence - yield in intact leaves. *Plant Cell Physiol.*, 23: 1161-1167.
- Sutinen, M. L., Palta, J. P., Reich, P. B., 1992. Seasonal differences in freezing stress resistance of needles of *Pinus nigra* and *Pinus resinosa*, evaluation of the electrolyte leakage method, *Tree physiology*, 11, 241-254.
- Şen, Ö. L., Bozkurt, D., Göktürk, O. M., Dündar, B., Altürk, B., 2013. Türkiye’de iklim değişikliği ve olası etkileri. *Taşkın Sempozyumu*, 29, 30
- Takeda, F., Arora, R., Wisniewski, M.E., Davis, G.A., Warmund, M.R., 1993. Assessment of freeze injury in 'Boskoop Giant' black currant buds. *HortScience*, 28: 652-654.
- Tanaka, Y., Brotherton, P., Hostetter, S., Chapman, D., Dyce, S., Belanger, J., Johnson, B., Duke, S., 1997. The operational planting stock quality testing program at Weyerhaeuser. *New For.*, 13: 423-437.
- Tinus, W. R., 1996. Cold hardiness testing to time lifting and packing of container stock: a case history, *Tree plant notes USDA Forest Service*, 47 (2), 61-67.
- TRGM,2020. İklim Değişikliği Ve Tarım Değerlendirme Raporu, Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarım Reformu Genel Müdürlüğü, Ankara
- Vidaver, W., Binder, W., Brooke, R.C., Lister, G.R., and Toivonen, P.M.A., 1989. Assessment of photosynthetic activity of nursery-grown *Picea glauca* seedlings using an integrating fluorometer to monitor variable chlorophyll fluorescence. *Can. J. For. Res.*, 19: 1478-1482.
- Vidaver, W.E., Lister, G.R., Brooke, R.C., and Binder, W.D., 1991. A manual for the use of variable chlorophyll fluorescence in the assessment of the ecophysiology of conifer seedlings. FRDA Rep. No. 163. For. Can. B.C. Minist. For., Victoria, B.C.
- Von Fircks, H. A., Verwijst, T., 1993. Plant viability as a function of temperature stress (the Richards function applied to data from freezing tests of growing shoots). *Plant Physiology*, 103(1), 125-130.
- Welling, A., Moritz, T., Palva, E.T., Junttila, O., 2002. Independent activation of cold acclimation by low temperature and short photoperiod in hybrid aspen. *Plant Physiology*, 129(4), pp.1633-1641.
- Wickham, H., 2016. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York. ISBN 978 3-319-24277-4, <https://ggplot2.tidyverse.org>
- Wiens, J.J., 2016. Climate-related local extinctions are already widespread among plant and animal species, *PLoS Biology*, 14 (12): e2001104.

- Wisniewski, M., Basett, C., 2003. An overview of cold hardiness in woody plants: Seeing the forest through the trees. *Hortscience*, 38 (5).
- 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.
- Zatylny, A.M., Proctor, J.T.A., Sullivan, J.A., 1993. Screening red raspberry for cold hardiness in vitro. *HortScience*, 28: 740-741.



EKLER

Ek Tablo 1. Kış mevsiminde yapılan dona dayanıklılık testlerinde her bir aileye ait değişken ortalamaları

Aile	Değişken	Sıcaklıklar									Kontrol
		-40	-30	-25	-22.5	-20	-17.5	-15	-10	-5	
54	F ₀	2166.6	1889.6	1780.2	1044.6	760.2	424	358	501.6	367.2	529.8
	F _m	2175.2	1890.6	1821.8	1943.2	1175	1118.6	1363.6	1652.4	1275.2	2191.8
	F _v /F _m	0.0038	0.0004	0.0252	0.462	0.3636	0.6142	0.7248	0.6956	0.7084	0.7526
	GD	5	5	5	2.2	2	1	0.4	0.4	0.2	0.6
	KBÇ (mm)	2.628	3.002	2.974	2.746	2.312	2.808	2.784	2.546	2.782	2.108
	Boy (cm)	11.06	11.78	12.08	13.18	10.6	11.44	12.76	11.32	10.48	9.94
55	F ₀	2054.2	2105.8	1652.2	486.8	689.8	479.2	325.4	368.6	439.2	516.8
	F _m	2066	2111	1715	721.75	903.4	863.2	867.6	1152	1635.8	1942
	F _v /F _m	0.0048	0.0022	0.0382	0.3208	0.2926	0.4712	0.612	0.6778	0.7252	0.7306
	GD	5	5	4.6	3.8	3.6	1.4	1	1	0.6	0.4
	KBÇ (mm)	1.736	1.818	2.324	1.948	2.112	2.186	1.742	2.222	2.132	1.996
	Boy (cm)	7.96	9	8.48	8.18	9.96	8.34	7.54	8.9	8.62	8.98
57	F ₀	2063.4	2345.4	1722.6	1066.4	1065.8	435.2	487	270.6	457.4	531.6
	F _m	2063.8	2345.8	1761.4	1629.2	1468.4	822.4	1533.4	833.4	1820.2	2083.2
	F _v /F _m	0	0	0.0242	0.3414	0.2736	0.4558	0.6508	0.6804	0.7344	0.7424
	GD	5	5	5	3.6	3.8	3.2	2.2	1.8	1.8	1.6
	KBÇ (mm)	2.244	2.292	1.804	2.288	1.868	2.02	1.806	1.992	2.224	2.09
	Boy (cm)	9.82	10.74	8.52	10.38	8.78	8.34	9.06	8.28	8.94	8.24
58	F ₀	2065.4	2176.4	1742.8	917.6	784	372.8	409.6	387.2	411	634
	F _m	2069.4	2183.8	1919.6	1684	1405	868	1354.8	1228.2	1492.2	2268.6
	F _v /F _m	0.0014	0.0028	0.0906	0.4442	0.4348	0.5672	0.688	0.674	0.7022	0.7172
	GD	5	5	5	3	3	2	1.6	1.2	1	0.4
	KBÇ (mm)	2.898	2.532	1.918	3.028	2.244	2.21	2.688	2.592	2.548	2.066
	Boy (cm)	11.32	10.76	9.64	13.54	9.88	9.34	11.24	10.72	10.84	9.82
59	F ₀	2259.4	2440.4	1437.4	1064.4	864.6	440.8	454.8	462.2	477	561
	F _m	2259.6	2441.4	1523	1745.2	1804.2	1075.2	1535	1539.6	1542.4	2149.4
	F _v /F _m	0	0.0002	0.062	0.3766	0.5172	0.5854	0.7028	0.6896	0.6646	0.7344
	GD	5	5	4	2.8	1.6	1.2	0.6	0.4	0	0.2
	KBÇ (mm)	1.91	1.74	1.87	1.844	2.492	1.902	2.68	1.746	1.89	2.016
	Boy (cm)	8.94	6.84	8.64	9.06	9.88	7.72	10.6	7.82	8.83	7.68
60	F ₀	1930.6	2149.6	1537.8	785.4	576.2	407.2	369	383.2	522.4	567.4
	F _m	1931.2	2151	1553.6	1187.2	1495	1127.4	1078.2	1284.2	1983.2	2185.4
	F _v /F _m	0.0002	0.0004	0.0096	0.3526	0.584	0.6372	0.6436	0.6936	0.7358	0.735
	GD	5	5	5	2.8	2	1.2	0.4	0	0	0
	KBÇ (mm)	3.124	3.204	3.154	3.142	3.47	2.734	2.712	2.92	3.276	3.078
	Boy (cm)	13.472	13.02	12.42	13.18	14.52	13.44	12.36	11.8	13.56	14.52

Ek Tablo 1 (devam)

Aile	Değişken	Sıcaklıklar									
		-40	-30	-25	-22.5	-20	-17.5	-15	-10	-5	Kontrol
62	F ₀	2175.4	2065.8	1841	610.6	712.2	414.2	402.8	407.4	450.6	621
	F _m	2177	2066.8	1876	1462	1593.4	1202.6	1469.4	1121.2	1501.2	2449.6
	F _v /F _m	0.0006	0	0.018	0.565	0.5456	0.6468	0.7188	0.6218	0.6962	0.7456
	GD	5	5	4.4	2.4	1.6	1	0.8	0.4	0.6	0
	KBÇ (mm)	2.83	3.038	2.858	2.566	3.074	2.564	2.82	3.15	2.94	3.288
	Boy (cm)	12.28	12.98	13.02	11.58	12.42	12.02	11.68	12.88	13.16	13.32
63	F ₀	2083.6	2499.2	1971.4	655.8	509.8	456.6	318.4	334.6	396.2	619.4
	F _m	2083.6	2500.6	1976.8	1452.4	1073.8	1300.8	1025.2	1179.4	1454.8	2542
	F _v /F _m	0	0.0004	0.0038	0.5416	0.4886	0.6448	0.6892	0.7146	0.7256	0.7558
	GD	5	5	5	3.2	2.4	2.8	1.8	1.8	1	1
	KBÇ (mm)	3.056	3.2	2.532	2.756	2.7	2.672	2.596	2.746	2.802	2.494
	Boy (cm)	12.8	13.68	10.64	12.68	12.32	11.78	10.88	11.82	12.12	12.62
64	F ₀	2088.4	2568.2	1892.6	812.4	558.6	338.4	398.6	351.4	334.4	552.8
	F _m	2088.4	2568.6	2008	1236	1299.2	841.6	1337.6	1328	1015	2177.4
	F _v /F _m	0	0	0.0608	0.3484	0.5418	0.5868	0.7008	0.7322	0.665	0.7436
	GD	5	5	5	4.2	2.4	1.4	1	1.2	1	1.2
	KBÇ (mm)	2.198	1.934	2.14	2.156	2.12	2.172	2.042	1.94	2.068	2.072
	Boy (cm)	8.94	8.98	9.04	9.8	9.98	9	8.4	8.62	9.92	9.94
65	F ₀	2402.6	2328.8	2207	911.2	537.2	331.4	435.6	470.8	294.6	565
	F _m	2405.2	2332	2207.6	1410	983.4	850.6	1036.6	1633.2	835.6	2131.2
	F _v /F _m	0.0006	0.0014	0.0002	0.3504	0.4434	0.592	0.586	0.6972	0.6338	0.7294
	GD	5	5	5	4.4	2.6	1.6	1.2	1.6	1	1
	KBÇ (mm)	1.778	2.134	2.006	2.182	2.034	2.168	1.972	2.142	2.254	2.23
	Boy (cm)	10.14	10.46	10.34	11.06	10.3	9.98	9.96	10.04	11.24	11.22
67	F ₀	2085.8	2185	1707	873.2	755.6	463.4	440.6	409	539.2	564.8
	F _m	2087.2	2186.8	1922.6	1675.6	1374.2	1217.6	1670	1176.2	1932.4	2229.4
	F _v /F _m	0.0004	0.0004	0.115	0.4542	0.4368	0.5968	0.7182	0.6262	0.7046	0.7468
	GD	5	5	5	3.8	3	2.6	1.6	1.4	1	1
	KBÇ (mm)	3.16	3.38	2.924	2.912	2.89	2.85	3.012	2.744	2.77	3
	Boy (cm)	13.2	13.74	13.74	14.56	14.18	14.66	13.2	14.42	12.94	13.96
68	F ₀	2353.8	2257.6	2080	954	790	386.4	433.2	520.8	380.2	565.8
	F _m	2355.6	2259.2	2089.6	1546.8	1401	956.4	1177.6	1801.4	1196	2311.2
	F _v /F _m	0.0004	0.0006	0.005	0.3798	0.4004	0.5416	0.6072	0.711	0.6554	0.7524
	GD	5	5	5	5	4.6	3.6	1.6	1.2	1.2	1.4
	KBÇ (mm)	2.622	2.544	2.656	2.762	2.804	2.656	2.54	2.618	2.946	2.922
	Boy (cm)	11.78	10.52	11.94	13.54	12.16	12.36	10.84	11.86	12.3	11.2

Ek Tablo 1 (devam)

Aile	Değişken	Sıcaklıklar									
		-40	-30	-25	-22.5	-20	-17.5	-15	-10	-5	Kontrol
69	F ₀	2015	2119.6	1710.6	876.6	428.6	368	425.8	342.8	340.6	522.8
	F _m	2016.8	2124.2	1792.8	1487.2	753.4	892.8	1340.4	1238.8	1006.6	1791.6
	F _v /F _m	0.0008	0.0024	0.0498	0.4156	0.4196	0.587	0.6796	0.6774	0.645	0.6844
	GD	5	5	5	4.6	2.6	1.6	1.2	1.4	1	1
	KBÇ (mm)	1.684	1.85	1.84	1.792	1.79	1.976	1.678	2.266	1.88	2.21
	Boy (cm)	7.76	9.34	8.1	8.4	8.88	9.6	7.92	9.66	9.02	7.7
70	F ₀	2325	2525	2097.8	992.4	497.8	522.8	460	395.6	366.4	609.2
	F _m	2329.8	2531.2	2144.6	1478.2	882.4	1072.6	1623.6	1182	1256.4	2266.8
	F _v /F _m	0.0018	0.0022	0.0186	0.3246	0.4456	0.5084	0.7074	0.6546	0.684	0.7294
	GD	5	5	5	5	3.6	3	2	1.2	1	1
	KBÇ (mm)	2.018	1.902	1.556	1.786	1.752	1.766	1.772	1.844	1.642	1.836
	Boy (cm)	10.16	7.38	7.24	7.68	8	7.6	7.7	8.16	7.08	7.34
71	F ₀	2123.8	1901.2	1941.8	1521.8	993	713.2	391.8	435.6	365.2	518
	F _m	2124.4	1902.6	2009.2	1698	1426.2	1205.2	1245.6	1764	1318.4	1958.4
	F _v /F _m	0	0.0006	0.0348	0.1284	0.299	0.4186	0.6818	0.7518	0.7122	0.7316
	GD	5	5	5	5	4	2.6	1	1	1	1
	KBÇ (mm)	2.312	2.078	2.01	1.592	1.626	1.79	2.168	2.108	2.072	2.182
	Boy (cm)	8.62	8.22	8.52	7.24	6.94	7.88	9.44	9.3	9.28	10.58
72	F ₀	2143.8	1808.4	1983.6	1062.4	740.4	402	350.6	422.8	450	515.4
	F _m	2149.6	1822.4	2095	1503.2	1307.6	947.2	1023.2	1526.4	1479.2	1796.8
	F _v /F _m	0.0024	0.0078	0.0506	0.2924	0.4388	0.552	0.645	0.721	0.6868	0.7088
	GD	5	5	5	4.6	4.2	2.4	1.4	1.4	1	1
	KBÇ (mm)	2.908	2.562	2.984	2.614	2.548	2.858	2.736	2.69	2.662	2.626
	Boy (cm)	12.48	10.36	13.58	11.48	11.36	14.62	11.98	11.22	12.74	13.12
73	F ₀	1911	2086.4	2267.4	1050.8	921.6	378.8	399	567.2	445.6	596.2
	F _m	1913.4	2086.8	2290	1614.6	1447	1132.6	1012.2	2197.4	1347.4	2242.8
	F _v /F _m	0.0008	0	0.011	0.3542	0.349	0.613	0.5892	0.7386	0.6564	0.723
	GD	5	5	5	4.4	3.4	1.6	0.8	0.8	0.6	0.6
	KBÇ (mm)	2.72	2.446	2.7	2.278	3.068	2.482	2.246	3.038	2.916	2.666
	Boy (cm)	12.86	9.88	10.2	11.06	13.96	11.06	11.36	14.9	12.72	11.98
76	F ₀	2084	2164	1942	871.4	617.6	440	403.2	454.6	440.8	525.8
	F _m	2152.25	2164.4	2158.75	1600	1229	1149.6	1199	1744	1911.5	1636.5
	F _v /F _m	0.0026	0	0.046	0.3972	0.4558	0.6138	0.6574	0.7376	0.767	0.7158
	GD	5	5	5	4.6	3.8	1.4	1	1	1	0.6
	KBÇ (mm)	2.278	1.896	2.268	2.06	1.868	2.134	2.168	2.076	2.116	2.368
	Boy (cm)	10	8.44	10	9.42	9.22	9.72	10.02	9.18	8.82	9.74

Ek Tablo 1 (devam)

Aile	Değişken	Sıcaklıklar									
		-40	-30	-25	-22.5	-20	-17.5	-15	-10	-5	Kontrol
3233	F ₀	1926.6	1982.6	1453.2	628.4	480.6	372	304.2	530.8	516	526.8
	F _m	1928.2	1982.6	1500.4	1267	1075	761	859	1945.8	1754.2	2023.6
	F _v /F _m	0.0006	0	0.0486	0.4124	0.5486	0.4958	0.629	0.7054	0.702	0.7182
	GD	5	5	5	3.6	1.8	1.4	0.8	0.8	0	0
	KBÇ (mm)	3.032	3.926	2.488	3.15	3.224	2.722	3.538	3.396	3.12	3.324
	Boy (cm)	15.54	14.5	11.7	13.88	15.98	11.88	15.62	14.78	15.04	14.78
3234	F ₀	2496.8	1894.2	1722	719	553.2	372.6	263	455.8	480.6	532.8
	F _m	2497.8	1895	1786	1611.2	1327.4	971.8	771.6	1626.4	1566	1774.6
	F _v /F _m	0	0.0002	0.046	0.5626	0.5764	0.605	0.644	0.6916	0.6816	0.6998
	GD	5	5	4.8	2.6	2.2	1.2	1.2	1.6	0.2	0
	KBÇ (mm)	3.248	2.972	3.264	2.738	3.108	3.39	3.088	4.166	2.51	3.002
	Boy (cm)	12.04	12	14.2	12.86	15.18	14.76	13.36	17.56	11.34	12.06
3236	F ₀	2570.6	2022.2	1717	639.4	529	456.2	362.8	408.4	400.6	529.6
	F _m	2571.8	2056.4	1826.4	1068.4	1246.8	965.6	1179	1260.4	1334.6	2052.6
	F _v /F _m	0.0002	0.015	0.055	0.4464	0.547	0.521	0.6824	0.6444	0.7	0.739
	GD	5	5	5	2.6	2.2	1.8	1	1	0	0
	KBÇ (mm)	3.93	3.608	3.342	3.25	4.1	3.17	3.004	3	2.894	3.288
	Boy (cm)	17.56	17.88	17.74	15.56	17.8	16.94	16.26	15.68	15.76	15.74
3237	F ₀	2336.2	2257.4	1563	840.2	818	342.8	365	302.8	520.4	518.8
	F _m	2337.2	2277	1581.8	1162	1642.8	789.6	1214.2	1051	2016.8	1612.6
	F _v /F _m	0.0004	0.0084	0.0104	0.2116	0.5102	0.5534	0.686	0.707	0.7396	0.6546
	GD	5	5	5	4.6	2.4	1.2	1.2	1	0	0
	KBÇ (mm)	2.976	3.6	2.592	2.842	2.608	2.566	3.194	3.228	3.046	2.954
	Boy (cm)	16.08	20.9	15.46	15.4	14.5	14.52	17.26	17.3	15.66	17.9
3238	F ₀	1232.2	2290.4	2097	526.6	886.8	449.6	396	381.6	516.2	441
	F _m	1233.2	2298.8	2136	808.4	1615.6	1030.2	1069.6	1125.6	1984.6	1606.6
	F _v /F _m	0.0002	0.0036	0.017	0.355	0.4314	0.5608	0.6092	0.6464	0.7284	0.716
	GD	5	5	5	3.4	3.6	1.6	1.2	0.6	0.6	0
	KBÇ (mm)	2.874	2.888	2.858	2.842	2.852	2.806	3.132	2.774	3.424	3.022
	Boy (cm)	16.02	15.8	17.68	17.06	16.32	16.4	19.2	17.02	21	17.12
3240	F ₀	2235.2	2470.2	2320.4	481.8	712.4	387.2	322	385.2	525.6	470.8
	F _m	2235.8	2471	2329	611.2	1844.4	798.6	1034.2	1312.8	1640.8	1953.4
	F _v /F _m	0	0.0002	0.0036	0.2306	0.5968	0.5286	0.6518	0.7002	0.6778	0.7478
	GD	5	5	5	4.2	1.2	1.6	1.2	1	1	0.8
	KBÇ (mm)	2.944	3.04	3.094	2.764	2.92	3.002	2.872	2.844	3.042	2.894
	Boy (cm)	17.52	16.18	15.66	14.86	16.22	15.72	14.28	14.84	15.54	15.98

Ek Tablo 1 (devam)

Aile	Değişken	Sıcaklıklar									
		-40	-30	-25	-22.5	-20	-17.5	-15	-10	-5	Kontrol
3241	F ₀	2081.8	2325.8	1958.6	691	688	577.6	409	528.4	453.6	518
	F _m	2089.8	2329	2181	1161	1816.4	1239.2	1391.4	2032	1501.4	2164.4
	F _v /F _m	0.0026	0.001	0.1016	0.3778	0.6204	0.5302	0.6998	0.7366	0.6924	0.76
	GD	5	5	5	3.6	2.2	1.4	1.2	1	1	0
	KBCÇ (mm)	3.04	2.326	2.59	2.502	2.93	2.79	2.754	2.63	3.036	3.14
	Boy (cm)	14.3	11.82	12.9	12.22	14.92	13.4	13.64	13.36	16.34	13.2
3242	F ₀	1971	2224.6	1887.2	523.4	805.4	390	413.6	427.6	481.8	465.4
	F _m	1979.2	2225.8	1936.8	809.8	1512.4	1030.4	1455.4	1458	1772.6	1828.4
	F _v /F _m	0.0032	0.0004	0.0298	0.314	0.455	0.6124	0.7052	0.6868	0.7246	0.738
	GD	5	5	5	3	1.6	1	1	1	0	0
	KBCÇ (mm)	3.274	2.918	3.362	2.882	3.258	2.76	3.14	3.338	3.018	2.73
	Boy (cm)	17.74	16.9	16.72	15.36	18.26	14.48	14.94	19.34	15.02	14.68
3243	F ₀	2042	2119.4	1775.2	497.2	554.6	348.6	407.2	474.8	469.8	503.2
	F _m	2047	2120.6	1791	873.4	1215.8	841.8	1193.2	1748	1692.6	1831.8
	F _v /F _m	0.002	0.0004	0.0088	0.413	0.5046	0.5736	0.65	0.7238	0.7074	0.7202
	GD	5	4.6	4.2	1	1.4	0.4	0.2	0	0.6	0.2
	KBCÇ (mm)	2.824	2.422	2.67	3.04	2.676	3.25	2.896	2.768	2.652	2.648
	Boy (cm)	14.48	12.04	12.42	17.44	14.48	16.06	14.28	15.98	12.46	14.6
3249	F ₀	2341	2156.4	1845.4	696.2	548.6	454.2	334.8	501.8	485.6	586.4
	F _m	2331.25	2159.8	1955	1339.8	1087.4	1107.2	969	1667.8	1402	2366.5
	F _v /F _m	0.0002	0.0014	0.0246	0.4708	0.474	0.5886	0.6426	0.688	0.635	0.7526
	GD	5	5	5	2.8	2.2	1.4	1	1	0.6	0.2
	KBCÇ (mm)	2.71	3.186	3	2.826	2.53	2.704	2.794	2.672	3.1	2.772
	Boy (cm)	12.48	14.16	14.82	12.98	13.38	12.3	12.04	14.64	13.66	13.36
8560	F ₀	2152.6	2132.8	1862.2	895.6	961.2	454.4	453.2	533	492.4	339.6
	F _m	2156.4	2133	1990.6	1529.2	1484.2	1046.4	1380	1649	2155.2	1262
	F _v /F _m	0.0012	0	0.068	0.4196	0.3278	0.5636	0.6704	0.6694	0.769	0.7216
	GD	4.2	4.2	2.6	1.6	1.4	0.6	0.6	0.6	0.2	0.4
	KBCÇ (mm)	3.174	2.906	3.092	3.076	3.452	3.108	3.282	3.424	3.186	3.016
	Boy (cm)	18.8	19.28	21.7	19.44	21.12	19.64	20.7	22.16	19.84	20.64
8561	F ₀	2211.6	2052	2240	1331.4	643.2	387.2	500	525	480.4	351.2
	F _m	2214.4	2052.4	2323.2	1743.2	995.4	1019	1855.4	1937.8	2017	1258
	F _v /F _m	0.0012	0	0.0366	0.2644	0.3628	0.6004	0.7228	0.713	0.7612	0.708
	GD	5	4.4	3.4	3	1	0.6	0	0	0	0
	KBCÇ (mm)	2.822	2.784	2.576	1.814	3.136	2.502	2.05	2.018	1.838	3.37
	Boy (cm)	14.48	14.82	12.86	10.08	17.54	14.08	12.12	11.06	9.74	18.04

Ek Tablo 1 (devam)

Aile	Değişken	Sıcaklıklar									
		-40	-30	-25	-22.5	-20	-17.5	-15	-10	-5	Kontrol
8562	F ₀	2358.8	2563.6	2318.2	1401.8	768.2	366.2	443.8	526.4	528.6	420.6
	F _m	2359	2566.4	2318.2	2030.8	1444.8	779	1119.8	1767.2	1990.2	1208.6
	F _v /F _m	0	0.0006	0	0.3178	0.4432	0.519	0.5746	0.7008	0.738	0.6432
	GD	5	5	4.2	2.2	1.6	1	0.6	0	0	0
	KBÇ (mm)	3.014	2.036	2.962	2.074	2.274	2.334	2.206	2.094	1.782	2.794
	Boy (cm)	16	10.22	15.76	10	11.66	12.02	11.84	10.16	9.42	13.86
8563	F ₀	2647.6	2125.4	2078.4	1047.6	810.8	559.4	392.4	537.4	551	441
	F _m	2649.8	2126	2176.4	1594.4	1687.2	1461.6	1172.6	1972.8	2221.2	1684.8
	F _v /F _m	0.0004	0.0002	0.0436	0.336	0.5296	0.5866	0.6656	0.7272	0.7494	0.7256
	GD	5	5	5	2.6	1.8	1.4	0.6	0.2	0	0
	KBÇ (mm)	1.704	1.806	1.502	1.708	1.946	1.658	1.89	1.92	1.554	2.38
	Boy (cm)	9.06	8.86	7.72	8.76	9.26	7.7	9.06	9.46	8.2	11.54
8564	F ₀	2498.8	2669.2	2448.8	1039.2	679.2	548.6	521	553	490	520.4
	F _m	2499	2669.8	2502	1512.8	1247.4	1393.6	1673.25	2024.4	1698.8	1868.2
	F _v /F _m	0	0.0002	0.0254	0.2844	0.439	0.5958	0.68625	0.7248	0.7	0.7218
	GD	5	5	5	3.8	3	1.6	1	0.2	0	0
	KBÇ (mm)	1.826	2.318	1.996	2.012	1.758	1.728	1.5575	1.6	2.32	2.466
	Boy (cm)	9.7	11.94	10.24	9.3	8.1	8.64	7.65	7.82	11.32	10.1
8565	F ₀	1566.4	2313.6	2439.4	1267	797	445.6	483.8	595.8	485.2	590.6
	F _m	1566.4	2313.6	2443.4	1523.8	1409.8	872.4	1741.2	1942.2	1958	2194.6
	F _v /F _m	0	0	0.0014	0.1826	0.4454	0.4512	0.7158	0.6854	0.74	0.7272
	GD	5	5	5	4.2	2.6	1.4	0.2	0	0	0
	KBÇ (mm)	3.01	2.942	2.688	2.482	2.96	2.822	3.034	2.841	2.74	3.038
	Boy (cm)	17.36	16.36	15.6	16.32	16	16.46	16.82	16.4	18.32	16.92
8566	F ₀	2273.8	2546.2	2657.6	1135.8	1139.6	400.4	519	589	495.2	541.6
	F _m	2273.8	2552	2658	1651.8	1605.2	864.2	1614.6	1819.4	1840	1999
	F _v /F _m	0	0.0024	0	0.313	0.3066	0.5258	0.6768	0.669	0.7284	0.7256
	GD	5	5	5	4.4	3.2	1.2	0.4	0	0	0
	KBÇ (mm)	2.044	2.868	2.33	1.994	1.744	1.806	1.68	1.682	1.916	2.014
	Boy (cm)	9.92	14.06	12.2	9.86	8.74	9.24	9.04	9.32	10.48	11.3
8567	F ₀	1651.2	2719	2431	1203	738	433.6	545.6	513.4	384.2	499.8
	F _m	1652.2	2720	2449.4	1875.4	1401.8	1065	1534.2	1558.2	1527.8	1748.6
	F _v /F _m	0.0002	0.0002	0.0102	0.3498	0.4668	0.592	0.6218	0.665	0.7404	0.7036
	GD	5	5	5	4	3.6	1	1.2	0.4	0	0
	KBÇ (mm)	1.982	1.966	2.01	1.904	1.7	2.172	1.966	2.524	1.822	2.502
	Boy (cm)	8.94	9.74	9.04	9.18	9.16	9.64	9.48	10.86	8.48	11.06

Ek Tablo 1 (devam)

Aile	Değişken	Sıcaklıklar									
		-40	-30	-25	-22.5	-20	-17.5	-15	-10	-5	Kontrol
8568	F ₀	2163.4	2432.6	2076.4	1424.2	576	393	454.4	567.2	454.2	457.2
	F _m	2169.2	2434	2094	1660.4	1580	939.6	1518	2038	1795.6	2114
	F _v /F _m	0.002	0.0006	0.0086	0.1582	0.6082	0.5812	0.6994	0.7158	0.7346	0.779
	GD	5	5	5	2.6	1.8	1	0	0.6	0.4	0
	KBÇ (mm)	2.628	2.544	2.684	1.926	2.3504	2.838	2.678	2.606	2.066	2.5
	Boy (cm)	16.16	10.72	15.72	8.58	13.32	15.6	15.44	197.74	9.44	15.32
8569	F ₀	2174.8	2190	1512.4	674.8	727	415.6	444.8	582.2	370.8	472.8
	F _m	2175.4	2192.2	1543	1450.4	1533.6	1191	1359.4	2203.8	1278	1835.2
	F _v /F _m	0.0002	0.0008	0.031	0.5278	0.5302	0.6288	0.6508	0.7348	0.7066	0.73
	GD	5	5	5	1.4	1	1	0	0	0	0
	KBÇ (mm)	2.696	2.62	2.472	2.576	2.482	2.788	2.758	2.864	2.668	2.524
	Boy (cm)	14.54	13.26	13.54	13.94	14.6	15.4	14.32	14.04	13.52	12.5
8570	F ₀	2413.8	2493.8	2009.2	1191	621.8	471.2	504.6	570.4	382.8	458.4
	F _m	2414	2498.2	2087	1747.6	1410.2	993.4	1516.6	2210.2	1277	1509.6
	F _v /F _m	0	0.0016	0.0442	0.3324	0.5446	0.5164	0.6528	0.7378	0.6914	0.69
	GD	4.8	5	4.2	2.6	1.4	1.4	1	0.4	0.4	0.4
	KBÇ (mm)	2.386	2	2.016	2.166	1.97	2.122	2.104	2.396	2.062	2.074
	Boy (cm)	11.64	9.36	8.82	10	8.76	10.44	9.48	11.84	8.8	9.78
8572	F ₀	2291.8	2010	2242.8	800.8	627.2	529.8	497.8	535.6	347.4	402.6
	F _m	2293.2	2010.2	2279.8	1362.6	1504.6	1379.2	1833.8	1916	1134.6	1391.4
	F _v /F _m	0.0004	0	0.023	0.4154	0.58	0.5964	0.6906	0.708	0.6856	0.7054
	GD	5	5	5	3.2	2	1	1.4	0.8	0.4	0
	KBÇ (mm)	2.25	2.258	2.216	2.438	2.698	2.224	2.436	1.778	2.168	2.504
	Boy (cm)	10.06	10.16	10.84	11.2	11.74	9.44	14.52	9.74	9.88	13.2
8573	F ₀	1518.8	2022.8	2279.6	1328.2	761.2	595.6	404.25	439.2	389	635.5
	F _m	1519.8	2024	2300.8	1743.2	1216.2	1376.6	1314	1497.4	1548.2	2825
	F _v /F _m	0.0008	0.0002	0.0096	0.2376	0.3276	0.574	0.67225	0.7004	0.75	0.77275
	GD	5	5	5	3.8	2.6	1.6	1	0.8	0	0
	KBÇ (mm)	2.892	2.886	2.878	2.668	3.03	3.292	2.82	2.68	2.98	2.515
	Boy (cm)	19.36	18.98	17.92	17.1	17.74	20.4	17.825	18.36	17.6	15.425
8574	F ₀	1888.4	2125.2	2007.2	1278.6	731	544.2	469.8	608.2	355.4	648.6
	F _m	1893.8	2126.8	2092.8	1475	1161.2	1317.8	1357.8	2208.6	1188.2	2263.2
	F _v /F _m	0.0026	0.0004	0.0552	0.1876	0.3968	0.5476	0.645	0.7202	0.6748	0.7072
	GD	5	5	4	3.2	1.8	1	0.6	0.6	0	0
	KBÇ (mm)	2.488	2.678	2.988	3.29	1.96	2.756	2.516	3.726	3.116	2.484
	Boy (cm)	13.54	13.58	14.32	16	11.42	13.92	12.52	16.4	12.86	10.54

Ek Tablo 1 (devam)

Aile	Değişken	Sıcaklıklar									
		-40	-30	-25	-22.5	-20	-17.5	-15	-10	-5	Kontrol
8575	F ₀	1566.6	2380.8	2229.4	1361	1091.6	420.8	427	430.2	370.2	539.2
	F _m	1566.8	2383	2236.8	1458	1288.6	1080	1279.6	1328.6	1374.4	2163.6
	F _v /F _m	0	0	0	0.06	0.22	0.59	0.62	0.67	0.7	0.74
	GD	5	5	5	5	3.8	1.2	0.8	0	0	0
	KBÇ (mm)	3.62	3.13	3.29	3.09	3.17	3.23	3.4	3.45	3.24	3.15
	Boy (cm)	17.58	15.12	16.1	15.78	15.84	14.84	17.96	18.06	16.42	15.54
8576	F ₀	2139	2672.8	2173.4	1353.8	761.8	568.4	386.4	470.75	431.8	505.6
	F _m	2139.6	2673.4	2213.8	1717.8	998.6	1339.8	1279.8	1426	1548.8	1739.2
	F _v /F _m	0	0	0.03	0.24	0.21	0.57	0.7	0.64	0.72	0.71
	GD	5	5	5	4	3.4	1.6	1.4	1	0.4	0.2
	KBÇ (mm)	2.55	2.51	2.75	2.5	2.27	2.31	2.39	2.7	2.2	1.95
	Boy (cm)	10.28	10.86	11	10.12	9.54	9.42	9.26	10.5	9.78	8.66
8577	F ₀	2799.2	2737.8	2440.2	1210.8	1463.2	552	452.4	459.6	499.6	592.6
	F _m	2800.4	2737.8	2440.2	1612.6	1961.2	1295.6	1255.2	1470.2	1711	2083.2
	F _v /F _m	0	0	0	0.24	0.29	0.54	0.64	0.67	0.68	0.71
	GD	5	5	5	4.4	3.2	1.4	1	0.8	0.8	0.8
	KBÇ (mm)	2.45	2.47	2.78	2.12	2.96	2.7	2.16	1.96	2.39	2.23
	Boy (cm)	7.66	9.66	10.3	8.2	9.54	10.3	7.42	7.04	7.18	8.42
8578	F ₀	2105.6	2062.4	1954.4	806.4	923.8	487	336.8	489	435.2	527.4
	F _m	2107.2	2063.6	1975.2	1140.2	1613	1200.2	937.6	1532.6	1561	1876.6
	F _v /F _m	0	0	0.01	0.3	0.41	0.58	0.63	0.67	0.71	0.71
	GD	5	4.8	4.6	3.4	2.2	1.4	1.2	1	1	0.8
	KBÇ (mm)	3.26	3.28	3.36	3.06	3.2	2.65	3.1	3.4	3.47	2.95
	Boy (cm)	13.64	14.38	16	14.14	15.48	13.04	15.34	14.8	14.5	15.14
8579	F ₀	1850	2273	2315.4	720.8	692.8	545.8	379.6	389.6	436.6	541.8
	F _m	1863	2280.4	2342.4	1050.8	1800	1331.8	1337.2	1236.4	1734.4	2096.8
	F _v /F _m	0.01	0	0.01	0.32	0.6	0.57	0.71	0.66	0.74	0.74
	GD	4	4	4	1.4	1.4	1.6	0.6	0.4	0	0
	KBÇ (mm)	1.95	1.98	1.95	2.28	2.24	1.97	1.87	2.15	2.09	2.16
	Boy (cm)	7.85	7.94	7.66	8.96	7.86	8.54	7.28	8.04	6.7	8.8
8580	F ₀	2451.8	2494	2448.4	1402.4	1108.8	594.6	348.8	491.2	416	427.4
	F _m	2454.4	2494.6	2448.4	1557.2	1813	1722	913.6	1337.2	1218.8	1258.2
	F _v /F _m	0	0	0	0.12	0.35	0.65	0.6	0.61	0.64	0.63
	GD	4.4	4	4.8	3.8	2	1	1	1.2	1	0
	KBÇ (mm)	1.76	3.73	2.13	1.74	1.92	2.08	2.66	1.93	2.67	3.06
	Boy (cm)	7.5	13.6	8.62	6.2	7.24	8.46	9.46	7.54	12	10.7

Ek Tablo 1 (devam)

Aile	Değişken	Sıcaklıklar									
		-40	-30	-25	-22.5	-20	-17.5	-15	-10	-5	Kontrol
8581	F ₀	2392	2453.4	1806.4	1082.4	688.6	558.6	392.4	382.6	459.2	534
	F _m	2395.4	2455.8	1948	1925.4	1303.4	1666.8	1677.8	1359.2	2012.4	1775.6
	F _v /F _m	0	0	0.06	0.43	0.42	0.65	0.77	0.71	0.77	0.69
	GD	5	5	4.6	2.4	1.6	1.2	0.8	0.6	0.4	0.8
	KBÇ (mm)	2.08	2.14	1.94	2.07	2.15	2.13	2.04	1.88	1.97	2.04
	Boy (cm)	8.72	8.38	9.1	10.34	8.3	8.92	10.5	9.06	9.78	8.8
8582	F ₀	1908	2599	2528.2	1008.2	680.4	562.6	403.2	429.2	405.8	579
	F _m	1908	2599	2529.8	1481.8	1375.6	1322.4	1136.8	1198.4	1302	2078
	F _v /F _m	0	0	0	0.29	0.51	0.57	0.64	0.64	0.68	0.72
	GD	4.6	5	4	3	1.6	2	2	1.4	0.8	0.8
	KBÇ (mm)	2.26	2.05	2.01	2.13	2.43	2.06	2.09	2.19	2.14	2.24
	Boy (cm)	10.36	9.92	9.32	9.18	12.52	9.04	9.8	10.1	9.38	10.08
8583	F ₀	2063.4	2621.4	2015.6	638.8	684.8	433	354.8	569	479.2	601.2
	F _m	2065.4	2624.6	2095.8	991.6	1252.8	1269.2	1188.2	1960.8	1634.6	2371.2
	F _v /F _m	0	0	0.05	0.36	0.45	0.64	0.7	0.71	0.69	0.74
	GD	5	5	4.6	2	2	1	1	1	1	0.6
	KBÇ (mm)	2.21	1.81	1.89	1.75	1.93	1.9	1.86	1.99	1.79	1.77
	Boy (cm)	9.48	9.14	8.72	7.76	8.18	8.16	8.5	9.02	8.28	8.54
8584	F ₀	1996.8	2295	2531.8	856.4	824.8	540	359	441.4	511	582.4
	F _m	1998.2	2295.6	2560.4	1038.5	1286.8	1768.2	1001.4	1300	1912.2	2103
	F _v /F _m	0	0	0.01	0.24	0.35	0.69	0.63	0.63	0.73	0.71
	GD	5	5	4	3.8	2.6	1	0.8	0	0	0
	KBÇ (mm)	2.54	2.18	2.23	2.15	2.49	1.93	2.31	2.33	2.01	2.18
	Boy (cm)	11.88	10.22	9.64	11.14	11.1	9.48	10.72	11.48	9.56	10.9
8586	F ₀	1597.6	2147	1887	997	917.2	500.6	253.2	643.6	600.4	590.8
	F _m	1602	2147	1894.4	1212.2	1280	1167	705	2478.2	2193.6	2505.4
	F _v /F _m	0	0	0.01	0.21	0.32	0.53	0.61	0.74	0.72	0.76
	GD	5	5	4	3.2	2.2	1	1	1	0.8	0
	KBÇ (mm)	2.26	2.24	2.68	2.79	2.32	2.14	2.69	2.97	2.67	2.2
	Boy (cm)	11.42	11.68	12.79	13.42	12.92	11.48	11.88	13.22	12.92	10.8
8587	F ₀	1701.2	1606	1366.8	1069.8	643.8	574.2	289.4	541.4	579.6	505.6
	F _m	1800.5	1521.5	1115.75	1144.2	928	1015.2	792.8	2200.4	2205.75	1943.75
	F _v /F _m	0	0	0	0.07	0.36	0.46	0.61	0.75	0.71	0.75
	GD	4.6	5	4.2	4.2	3.8	1.2	1.4	1	0	0
	KBÇ (mm)	2.98	2.02	3.02	2.75	2.88	2.59	2.91	2.6	2.58	2.78
	Boy (cm)	15.4	11.02	14.82	12.76	14.28	12.96	14.3	12.1	11.64	12.82

Ek Tablo 2. İlkbahar mevsiminde yapılan dona dayanıklılık testlerinde her bir aileye ait değişken ortalamaları

Aile	Değişken	Sıcaklık									Kontrol
		-30	-25	-20	-17.5	-15	-12.5	-10	-7.5	-5	
54	F ₀	1400.2	1788	1874.6	1243.2	334.4	247.6	530.6	280.6	457	479.2
	F _m	1400.6	1788.4	1874.6	1364.2	623	960.2	2170.6	1068.4	1796.8	1839.4
	F _v /F _m	0.0002	0	0	0.089	0.468	0.714	0.753	0.734	0.743	0.727
	GD	5	5	5	4	2	0.4	0.4	0	0	0
55	F ₀	941.2	1890.8	1702.4	708.4	231.4	291.2	565.2	261.8	362.6	380
	F _m	941.6	1892.2	1703	939.4	651.2	985.4	2427	1013.6	1348.4	1413.8
	F _v /F _m	0	0	0	0.284	0.625	0.699	0.766	0.738	0.73	0.723
	GD	5	5	5	3.4	1.4	0	0	0	0	0
57	F ₀	1285	1448	1817.5	1254.5	242.25	279.75	445.5	198.2	294.75	365.75
	F _m	1285.25	1448	1835.25	1292.25	544	1053.25	1798	670.2	1173.75	1351.25
	F _v /F _m	0	0	0.011	0.032	0.542	0.732	0.755	0.701	0.741	0.716
	GD	5	5	5	4	2.25	1.25	0	0	0	0
58	F ₀	1204.2	1670.8	1820	1103	365.5	264	514.6	262	299.6	441.4
	F _m	1204.2	1671.6	1820.6	1156.6	666.75	1052	1849.4	972.2	1179.6	1540.2
	F _v /F _m	0	0	0	0.066	0.462	0.746	0.705	0.731	0.735	0.7
	GD	5	5	5	4	1.25	0.4	0	0	0	0
59	F ₀	1107.8	1962.2	1870.6	839.8	250.6	301.2	537	212.4	208.2	440.4
	F _m	1108	1964.4	1871.2	1058.4	483.2	1108.6	2092.2	813.4	940.8	1588.4
	F _v /F _m	0	0	0	0.224	0.477	0.725	0.74	0.738	0.776	0.71
	GD	5	5	5	3.6	2	0	0	0	0	0
60	F ₀	1063	1358	1995	1014.2	247.8	255	544.8	244.4	326.8	441.8
	F _m	1063.4	1358.6	2008.8	1150.6	574.2	847.6	2235.6	814.2	1265.6	1746
	F _v /F _m	0	0	0.007	0.129	0.568	0.659	0.756	0.69	0.738	0.744
	GD	5	5	5	4	1.6	0	0	0	0	0
62	F ₀	1189	786.4	2001.4	965.2	296.6	240.4	550.4	233.8	366.2	544.2
	F _m	1189.8	787.2	2025.8	1276.4	622.2	990.2	2205.8	889	1369.6	1855
	F _v /F _m	0	0	0.013	0.233	0.521	0.756	0.75	0.727	0.727	0.7006
	GD	5	5	5	4	3.6	1.6	0	0	0	0
63	F ₀	1463	1248	1913	762.2	279.8	276.6	584.8	268.2	363.6	481.6
	F _m	1463.2	1253.2	1928.8	1073.8	570.4	1089.2	2328	1007	1230	1570.6
	F _v /F _m	0	0.004	0.011	0.301	0.488	0.745	0.748	0.729	0.706	0.69
	GD	5	5	4.6	2.8	1.4	0	0	0	0	0
64	F ₀	1539.6	787.8	1750	1287.2	275.5	283.2	557.5	265	324.8	494.2
	F _m	1539.6	787.8	1762.5	1416.4	544	1148.6	2167.5	1058	1375.6	2117.4
	F _v /F _m	0	0	0.01	0.099	0.49	0.749	0.741	0.747	0.757	0.7628
	GD	5	5	5	4	2.5	0	0	0	0	0

Ek Tablo 2 (devam)

Aile	Değişken	Sıcaklık									Kontrol
		-30	-25	-20	-17.5	-15	-12.5	-10	-7.5	-5	
65	F ₀	1089	1070.2	1788.25	932	242.6	268	598.2	174	255.2	546
	F _m	1090.4	1070.2	1797.75	1244.6	651	1093.6	2241.2	672.2	1010	2077.6
	F _v /F _m	0	0	0.007	0.244	0.619	0.755	0.732	0.737	0.744	0.735
	GD	5	5	5	4	2.2	0.6	0	0	0	0
67	F ₀	1551	958.4	1475.6	950.6	197.2	264.2	546.8	279	379.2	544.4
	F _m	1552	959.8	1508.8	1147.2	537.8	907	2345.6	1038.4	1436.2	2095
	F _v /F _m	0	0.001	0.02	0.176	0.628	0.708	0.766	0.727	0.728	0.738
	GD	5	5	5	3.8	1.4	0	0	0	0	0
68	F ₀	1236.4	980.6	1891.4	1039.8	262	300.5	505.6	232.6	335.4	473.6
	F _m	1237.4	982.8	1891.6	1224.6	680.6	1049.25	2103.4	941	1261.4	1812.6
	F _v /F _m	0	0.004	0	0.137	0.598	0.705	0.758	0.751	0.726	0.738
	GD	5	5	5	4	2.2	0	0	0	0	0
69	F ₀	1480.3	1011.3	1124.7	1016.7	258	199.75	615.75	261.3	355.5	431.3
	F _m	1481.333	1012.667	1132	1239	695.5	609.75	1970	1019.333	1248	1319.667
	F _v /F _m	0	0.001	0.005	0.18	0.603	0.666	0.682	0.746	0.714	0.674
	GD	5	5	5	4	1.75	0	0	0	0	0
70	F ₀	1747.2	1314.2	1846.2	930.2	311.2	288.6	494.2	256.6	310.2	513.4
	F _m	1747.6	1314.4	1858.4	1291.8	816.8	1066.8	2107.4	864.6	1099.6	1993
	F _v /F _m	0	0	0.006	0.29	0.608	0.727	0.764	0.703	0.712	0.736
	GD	5	5	5	4	1.6	0	0	0	0	0
71	F ₀	1503.2	1369.4	1513.6	1018	278	276	430.8	260.8	306.8	488.8
	F _m	1503.4	1371	1563.2	1216.2	672.2	897.8	1895	936.8	1135.8	1951.8
	F _v /F _m	0	0.001	0.034	0.171	0.58	0.689	0.769	0.717	0.723	0.748
	GD	5	5	5	4	2	0	0	0	0	0
72	F ₀	765	1215	1545.6	749.8	360.2	271.4	490.2	221.6	319.6	490.2
	F _m	765.4	1217	1573.8	1095.6	726.6	1039.2	1850.6	686	1130.2	2107
	F _v /F _m	0	0.002	0.026	0.322	0.501	0.737	0.728	0.672	0.705	0.763
	GD	5	5	5	5	2.2	1	0	0	0	0
73	F ₀	1648.6	1170.4	1929.2	1266	316	264	577.2	271.8	322.8	512.8
	F _m	1648.8	1172.2	1944.2	1372.8	777.4	974.2	2248.2	1026	1182.8	1890.8
	F _v /F _m	0	0.001	0.007	0.086	0.579	0.728	0.742	0.728	0.722	0.712
	GD	5	5	5	4	2.6	0.8	0	0	0	0
76	F ₀	1486	1046.6	1519.6	763.8	315.6	271.2	526.2	254.6	313.6	473.8
	F _m	1492.2	1047.4	1521.8	1086.2	857.8	1037.2	1952.6	915.2	1129.2	1788.6
	F _v /F _m	0.004	0	0.001	0.323	0.63	0.738	0.728	0.705	0.713	0.727
	GD	5	5	5	3	0.8	0	0	0	0	0

Ek Tablo 2 (devam)

Aile	Değişken	Sıcaklık									Kontrol
		-30	-25	-20	-17.5	-15	-12.5	-10	-7.5	-5	
3233	F ₀	1349.7	1069.5	935.5	867.25	212	217.25	551.5	278.75	365.5	475.7
	F _m	1349.7	1069.75	935.5	1147.25	588.7	856.75	2104.25	1025.5	1249	1643
	F _v /F _m	0	0.00025	0	0.2635	0.631	0.74775	0.734	0.728	0.689	0.71
	GD	5	5	5	4	1.7	1.5	0	0	0	0
3234	F ₀	1707.8	1275.2	1231.6	1093	329.75	217.8	478	234.25	231.2	411
	F _m	1708.6	1275.2	1246.6	1352	683.75	707	2042.6	957	807.2	1704.6
	F _v /F _m	0	0	0.011	0.188	0.535	0.68	0.765	0.75	0.71	0.754
	GD	5	5	5	4.2	1.25	0.2	0	0	0	0
3236	F ₀	1212.2	980	938.8	926.6	309.2	217	489.6	287.25	292.8	573.2
	F _m	1212.4	980.4	1003.8	1500.6	873.8	823	2082.8	1144.75	958	2495.6
	F _v /F _m	0	0	0.061	0.379	0.642	0.73	0.75	0.742	0.689	0.769
	GD	5	5	5	3.6	1.2	0	0	0	0	0
3237	F ₀	1280.7	1191	1505.7	910.3	434.5	225	387	268	302.7	544.7
	F _m	1281.7	1192	1507.7	1271.7	715.5	815	1379.3	1111	1171.7	2254.7
	F _v /F _m	0	0.001	0.001	0.295	0.404	0.719	0.72	0.757	0.739	0.759
	GD	5	5	5	4.67	2.5	0.67	0	0	0	0
3238	F ₀	1121.7	1286.3	1517.3	1046.3	367.7	203.7	298.3	262	280	491.7
	F _m	1123	1291.7	1517.3	1137.3	689.3	791	1203.67	1163	1000.3	2170
	F _v /F _m	0.001	0.004	0	0.063	0.436	0.736	0.737	0.77	0.721	0.77
	GD	5	5	5	5	4	1.67	0	0	0	0
3240	F ₀	1544.4	1158.6	1182.2	806.2	491.8	226.8	410.4	315.2	334.8	522
	F _m	1546.6	1160	1186.8	919.2	737.2	764.8	1476.2	1300.8	1224.8	2019.8
	F _v /F _m	0.001	0.001	0.005	0.138	0.37	0.703	0.709	0.749	0.724	0.736
	GD	5	5	5	5	2.4	0.6	0	0	0	0
3241	F ₀	1465	1290	1135	821.3	306.3	275.3	325.67	273.67	238.67	403
	F _m	1465	1290	1160	1551.67	750.67	1130	1399	1097.3	841.67	1764.67
	F _v /F _m	0	0	0.02	0.47	0.581	0.755	0.766	0.751	0.716	0.771
	GD	5	5	5	4	2	0	0	0	0	0
3242	F ₀	1585.4	1086.4	1097.4	857.2	315.8	225.2	357.4	277.6	316.4	321.2
	F _m	1585.4	1086.6	1097.4	934.2	778.8	859.8	1381.6	1139.2	1141.2	1308.2
	F _v /F _m	0	0	0	0.103	0.594	0.733	0.722	0.753	0.701	0.753
	GD	5	5	5	4	1.2	0	0	0	0	0
3243	F ₀	1623.8	1133.8	1124.4	920.8	255.6	248.8	464.2	295.6	416	337.2
	F _m	1625.6	1133.8	1124.6	1064.6	703.6	1019	2011.8	1111	1545.6	1153.6
	F _v /F _m	0.001	0	0	0.161	0.618	0.749	0.766	0.7334	0.729	0.701
	GD	5	5	5	4	2.4	0	0	0	0	0

Ek Tablo 2 (devam)

Aile	Değişken	Sıcaklık									Kontrol
		-30	-25	-20	-17.5	-15	-12.5	-10	-7.5	-5	
3249	F ₀	2149.3	1373	1134	628.67	362.67	275.5	538.67	258	307.3	320.3
	F _m	2149.3	1374.3	1207	691	701.33	953.5	2167	1074.67	1085.3	1214.3
	F _v /F _m	0	0.001	0.062	0.078	0.486	0.709	0.731	0.752	0.697	0.726
	GD	5	5	5	4	2.33	0.5	0	0	0	0
8560	F ₀	2212.6	1495.4	1935.4	720.2	214.4	219.6	351.8	219.4	228.8	409.4
	F _m	2212.6	1496.8	1935.8	1095.4	581.8	838.6	1312.8	707	824.4	1629
	F _v /F _m	0	0	0	0.332	0.627	0.732	0.728	0.685	0.714	0.741
	GD	5	5	4.8	2.6	0.2	0	0	0	0	0
8561	F ₀	2176.6	1644.2	2053.8	1040	261.8	191	387	231.4	257.8	380
	F _m	2177.8	1645.4	2055.8	1568.6	536.2	625.6	1469.6	840.8	991.4	1501.2
	F _v /F _m	0	0	0	0.325	0.509	0.691	0.735	0.718	0.723	0.742
	GD	5	5	3.8	1.6	1	0	0	0	0	0
8562	F ₀	2381.4	1371.2	1860.2	1605.4	195	255.2	492.4	222.4	359.8	476
	F _m	2381.4	1371.8	1877.8	1673.4	540	820.6	1979.6	747	1272	1489.4
	F _v /F _m	0	0	0.009	0.042	0.64	0.684	0.743	0.702	0.713	0.688
	GD	5	5	5	4.6	1	0.6	0	0	0	0
8563	F ₀	2183.2	1292.4	1798.6	1602	224	239.2	550	202.2	263.2	458.4
	F _m	2184.6	1293.2	1798.6	1683.4	550.8	785	2295	703.4	946	1868.8
	F _v /F _m	0	0	0	0.053	0.548	0.693	0.759	0.704	0.707	0.748
	GD	5	5	5	4.2	1.2	0	0	0	0	0
8564	F ₀	2352.8	1571.4	1862	1353.4	249	268.6	496.6	205.4	248.4	347
	F _m	2353	1573	1862	1483.6	591.6	867.2	2068	764.2	853.4	1247.2
	F _v /F _m	0	0	0	0.096	0.58	0.689	0.759	0.713	0.704	0.719
	GD	5	5	5	4.2	1.4	0.6	0	0	0	0
8565	F ₀	1964.4	1162.8	1589	1454.6	147.4	249.4	551.2	218.4	312	427
	F _m	1964.4	1164.8	1589	1568	410.8	868.2	2423.4	813.8	1007.6	1668
	F _v /F _m	0	0.002	0	0.078	0.629	0.711	0.772	0.727	0.684	0.739
	GD	5	5	5	4	0.8	0	0	0	0	0
8566	F ₀	2275.8	1813	2114	1404	224.8	229.4	526.6	297.4	330.4	487.4
	F _m	2276.4	1814.4	2144.8	1688.8	666.8	837.2	1914.4	938.6	1147.2	1610.2
	F _v /F _m	0	0	0.017	0.172	0.653	0.716	0.724	0.672	0.7	0.669
	GD	5	5	5	3.6	1.8	0	0	0	0	0
8567	F ₀	2388.2	2141	2005.6	1281.6	201.2	233.2	580.8	258	315	623.6
	F _m	2389	2141.2	2005.6	1511.8	497	845.6	2051.2	948.4	1243.6	2470.6
	F _v /F _m	0	0	0	0.17	0.593	0.715	0.7	0.724	0.727	0.748
	GD	5	5	5	4.4	2.8	0.6	0.6	0	0	0

Ek Tablo 2 (devam)

Aile	Değişken	Sıcaklık									Kontrol
		-30	-25	-20	-17.5	-15	-12.5	-10	-7.5	-5	
8568	F ₀	2237.6	2397	1734.4	1334.4	202.2	143	438.2	239.6	279.4	585.2
	F _m	2238.4	2399	1757.2	1337.6	648.6	503.2	1862.4	869.2	1093.8	2316.2
	F _v /F _m	0.0002	0.0004	0.0156	0.0026	0.685	0.6588	0.7532	0.7204	0.7384	0.7454
	GD	5	5	5	4.6	2.6	0.6	0.6	0	0	0
8569	F ₀	2156.6	1567.2	1427.2	552.8	208.8	242	495	204.8	237.6	592.6
	F _m	2159.4	1569.4	1427.2	891.8	595.4	976	2225.8	734.2	908.8	2538.6
	F _v /F _m	0.001	0.001	0	0.369	0.64	0.748	0.776	0.713	0.715	0.766
	GD	5	5	5	4	2.2	1	0.2	0	0	0
8570	F ₀	2328.4	1986.6	1542.2	838.8	218.8	263.2	505.2	268.2	364.4	574.6
	F _m	2329.4	1987	1553.6	848	589.4	844.2	2178.4	921.8	1373.2	2508.2
	F _v /F _m	0	0	0.006	0.01	0.603	0.678	0.767	0.71	0.732	0.768
	GD	5	5	5	3.8	0.2	0	0	0	0	0
8572	F ₀	2227.8	1787.2	1457	305.8	161.4	259.6	562.4	215.6	308	571.8
	F _m	2227.8	1787.6	1510.8	492	440.6	741.2	2317	705	872.6	2330.4
	F _v /F _m	0	0	0.03	0.368	0.579	0.647	0.749	0.692	0.628	0.754
	GD	5	5	5	4	1.6	0.4	0	0	0	0
8573	F ₀	2367.6	1341	1357.2	535.8	185.8	234	281.2	193.8	300.6	495
	F _m	2368.2	1342.4	1361.2	687.4	443.2	860.2	864.6	584	1158.6	1737.2
	F _v /F _m	0	0.002	0.003	0.196	0.562	0.727	0.66	0.658	0.728	0.716
	GD	5	5	5	3.8	2	1	0	0	0	0
8574	F ₀	2455.4	1688.2	1921	1152.8	510.8	301	364.4	291.8	338.6	553.2
	F _m	2456	1689	1932.8	1230.8	813.8	744.4	1186.6	965.6	1168.8	1949.2
	F _v /F _m	0	0	0.006	0.063	0.371	0.596	0.693	0.698	0.703	0.711
	GD	5	5	5	3.8	3.4	1.4	0	0	0	0
8575	F ₀	2480	1473.2	1552.6	429.2	329.8	190.8	377.2	196.8	401.8	512.6
	F _m	2480	1474.2	1561.4	601.6	831.8	659	1358.4	623.6	1400.2	2003.8
	F _v /F _m	0	0	0.012	0.261	0.587	0.706	0.72	0.682	0.71	0.74
	GD	5	5	5	5	3.8	1.6	0	0	0	0
8576	F ₀	2499	1621	1928	690.4	271.6	253.4	331.4	259.4	400.6	744.4
	F _m	2503	1624.6	1928.2	718	594	788	1042.8	798	1145.6	2276.8
	F _v /F _m	0.001	0.002	0	0.073	0.539	0.677	0.682	0.675	0.634	0.667
	GD	5	5	5	3.2	1.8	1.6	0	0	0	0
8577	F ₀	2547.8	2472.8	1685.8	981.6	382	221.6	417	222.6	368.8	567.8
	F _m	2548	2473.8	1685.8	987.6	740.6	848	1305.2	696.4	1345.8	2122.8
	F _v /F _m	0	0	0	0.005	0.48	0.738	0.678	0.677	0.72	0.728
	GD	5	5	5	3.8	1	0	0	0	0	0

Ek Tablo 2 (devam)

Aile	Değişken	Sıcaklık									Kontrol
		-30	-25	-20	-17.5	-15	-12.5	-10	-7.5	-5	
8578	F ₀	2262.4	2013.4	1341.8	629.6	292	225.6	296	206.2	325.2	592.8
	F _m	2262.4	2015.8	1371.6	721	880	841.4	952	630.8	1286.2	2460
	F _v /F _m	0	0	0.028	0.11	0.665	0.722	0.686	0.664	0.738	0.756
	GD	5	5	5	3	1	0	0	0	0	0
8579	F ₀	2397.6	2322.2	1615.2	1055.6	304.4	222.4	370.6	236.8	338	545
	F _m	2397.8	2323	1615.6	1211.2	553	861.8	1134.4	792	1314.6	2150.2
	F _v /F _m	0	0	0	0.129	0.445	0.734	0.669	0.698	0.732	0.741
	GD	5	5	5	3.8	1.6	0.6	0	0	0	0
8580	F ₀	2538.2	2424.6	1520	1182	251.2	242.4	350	253	377.8	586.6
	F _m	2539	2426.8	1520.2	1296	654	861	1060.8	703	1307.2	2165.8
	F _v /F _m	0	0	0	0.07	0.605	0.719	0.669	0.628	0.697	0.726
	GD	5	5	4.8	3.8	1.2	1.4	0	0	0	0
8581	F ₀	2512.2	1282.8	1524.4	888.6	219	277.4	354.6	297.6	371.8	560.8
	F _m	2512.4	1283	1524.4	966.4	639.6	924.2	1276.4	1033	1454.8	2176
	F _v /F _m	0	0	0	0.12	0.639	0.698	0.687	0.71	0.744	0.739
	GD	5	5	5	3.8	1.8	0	0	0	0	0
8582	F ₀	2197.6	1233.6	1072.6	883.2	264.6	284	613.4	296.4	303.8	597.8
	F _m	2199.8	1234.2	1100.4	1116	597.4	1012.8	2654.2	917	1183.6	2582.2
	F _v /F _m	0	0	0.031	0.189	0.516	0.713	0.768	0.674	0.743	0.768
	GD	5	5	5	4.2	2.6	1.2	0	0	0	0
8583	F ₀	2100.6	1315.6	1171.4	981.8	296.2	290.4	496.4	287.6	353.4	504.2
	F _m	2101.8	1317	1171.4	990.6	549.2	1118.4	2169.4	1019.2	1352.2	2085.4
	F _v /F _m	0	0.002	0	0.007	0.471	0.739	0.77	0.706	0.731	0.756
	GD	5	5	5	4.2	1.2	0	0	0	0	0
8584	F ₀	2278.8	1347.2	1295	799	281.6	275.2	510	275.8	415.4	601.4
	F _m	2282	1350.8	1295.4	862.8	687.2	1084	1975.6	985	1543.4	2365.8
	F _v /F _m	0.001	0.003	0	0.076	0.549	0.745	0.743	0.707	0.729	0.747
	GD	5	5	5	3.8	1.4	0.2	0	0	0	0
8586	F ₀	1021.4	2106.6	1675.2	695	281.6	257	547	331.8	349.4	423.2
	F _m	1022.4	2107.2	1675.4	780.4	497.6	842.2	2212.4	1211.6	1376.2	1602.2
	F _v /F _m	0	0	0	0.125	0.466	0.69	0.747	0.724	0.743	0.736
	GD	5	5	5	4.4	2.6	1	0	0	0	0
8587	F ₀	1050	2202.8	1831	1270.6	353	286.2	538.2	326.4	316.2	385.6
	F _m	1050	2202.8	1848.8	1338.4	672.75	872	1943	1223.2	1104.2	1424
	F _v /F _m	0	0	0.013	0.052	0.458	0.657	0.716	0.726	0.711	0.725
	GD	5	5	5	4	2	0.8	0	0	0	0

Ek Tablo 3. Kış ve İlkbahar mevsimlerinde kritik sıcaklık kademelerinde hesaplanan ailelere ait ıslah değerleri

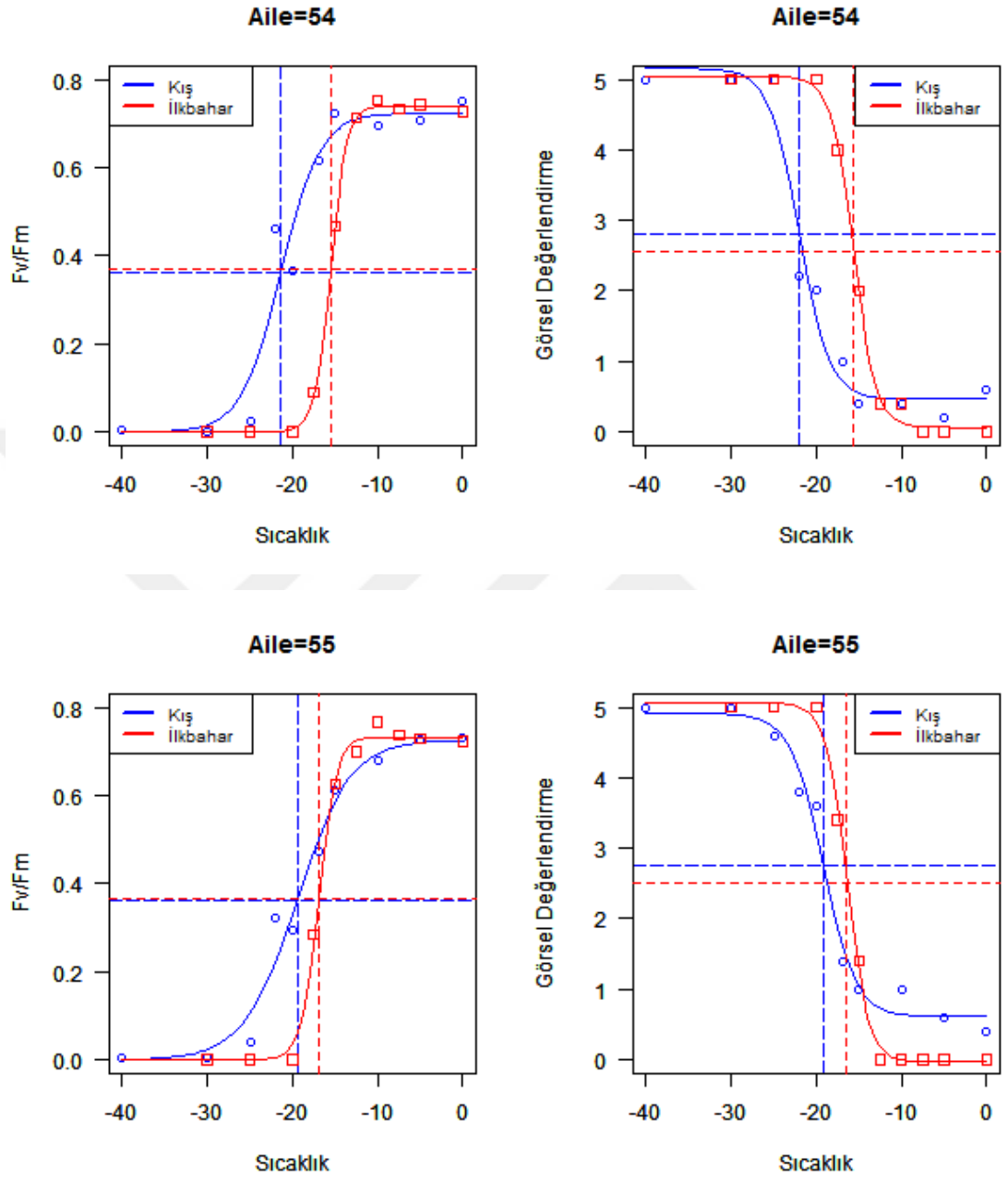
Aile	Kış			İlkbahar		
	BLUP	ID	MID	BLUP	ID	MID
54	0.0147	0.0295	0.6475	-0.0715	-0.143	0.3477
55	-0.092	-0.1841	0.4339	0.0874	0.1748	0.6656
57	-0.1026	-0.2051	0.4129	-0.055	-0.1099	0.3808
58	0.0405	0.081	0.699	-0.0732	-0.1463	0.3444
59	0.0399	0.0798	0.6978	0.0006	0.0012	0.492
60	0.0716	0.1431	0.7611	-0.0162	-0.0324	0.4584
62	0.1253	0.2507	0.8687	0.029	0.0579	0.5487
63	0.0902	0.1805	0.7985	0.0512	0.1025	0.5932
64	0.033	0.0659	0.6839	-0.0662	-0.1325	0.3583
65	0.0114	0.0229	0.6409	0.0611	0.1221	0.6129
67	0.0344	0.0689	0.6869	0.0333	0.0667	0.5574
68	-0.0242	-0.0484	0.5696	0.003	0.0061	0.4968
69	0.0558	0.1116	0.7296	0.0532	0.1065	0.5972
70	-0.0252	-0.0503	0.5676	0.0754	0.1509	0.6416
71	-0.1738	-0.3476	0.2704	0.0058	0.0117	0.5024
72	-0.0109	-0.0217	0.5963	0.0299	0.0598	0.5506
73	-0.0084	-0.0167	0.6013	-0.0167	-0.0334	0.4574
76	0.0486	0.0973	0.7153	0.105	0.21	0.7007
3233	0.0435	0.0869	0.7049	0.0777	0.1554	0.6461
3234	0.159	0.318	0.936	-0.0059	-0.0119	0.4789
3236	0.0487	0.0973	0.7153	0.1108	0.2216	0.7124
3237	0.0234	0.0469	0.6649	0.0029	0.0059	0.4966
3238	0.0069	0.0137	0.6317	-0.0888	-0.1776	0.3132
3240	-0.0101	-0.0203	0.5977	-0.0959	-0.1917	0.299
3241	0.0391	0.0783	0.6963	0.0989	0.1979	0.6886
3242	0.0044	0.0089	0.6269	-0.02	-0.04	0.4508
3243	0.054	0.1079	0.7259	0.0404	0.0808	0.5715
3249	0.0457	0.0914	0.7094	-0.0552	-0.1104	0.3804
8560	-0.0093	-0.0185	0.5995	0.0996	0.1993	0.69
8561	-0.0299	-0.0598	0.5582	0.0452	0.0903	0.5811
8562	0.0339	0.0678	0.6858	0.0015	0.003	0.4938
8563	0.0367	0.0734	0.6914	-0.0595	-0.119	0.3718
8564	-0.0066	-0.0131	0.6049	-0.0152	-0.0304	0.4603
8565	-0.0922	-0.1843	0.4337	-0.0092	-0.0185	0.4723
8566	-0.0686	-0.1372	0.4807	0.08	0.16	0.6508
8567	0.0369	0.0737	0.6917	0.011	0.022	0.5128
8568	-0.0309	-0.0618	0.5562	-0.0207	-0.0414	0.4494
8569	0.1138	0.2276	0.8456	0.1076	0.2153	0.706
8570	0.0412	0.0824	0.7004	-0.061	-0.1219	0.3688

Ek Tablo 3 (devam)

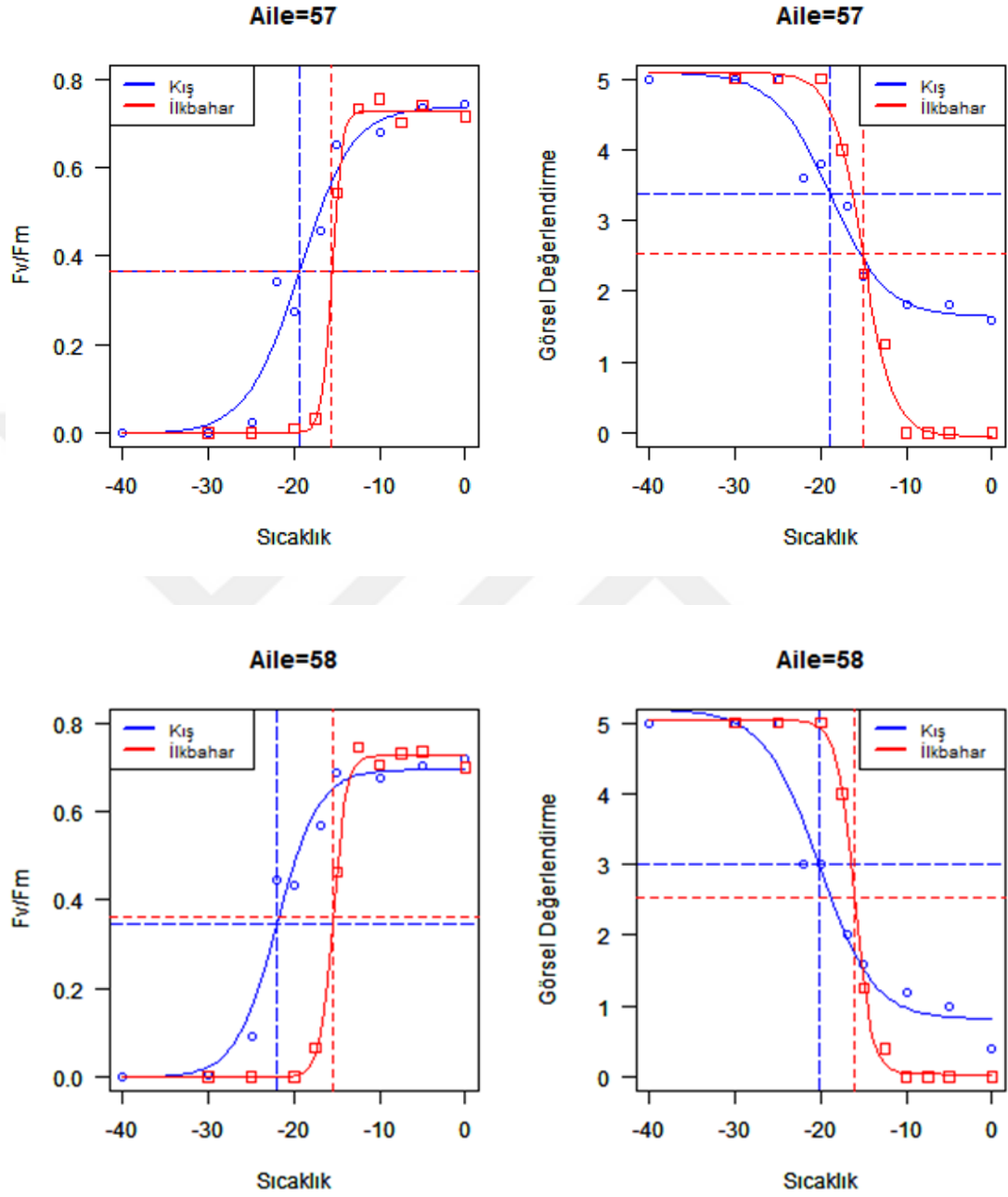
Aile	Kış			İlkbahar		
	BLUP	ID	MID	BLUP	ID	MID
8572	0.1003	0.2006	0.8186	0.0879	0.1757	0.6665
8573	-0.0946	-0.1892	0.4288	0.0234	0.0467	0.5375
8574	-0.0631	-0.1262	0.4918	-0.122	-0.244	0.2468
8575	-0.1697	-0.3394	0.2786	0.0515	0.1031	0.5938
8576	-0.1012	-0.2024	0.4156	-0.022	-0.044	0.4467
8577	-0.0815	-0.163	0.455	-0.1039	-0.2079	0.2829
8578	-0.0088	-0.0175	0.6005	0.0126	0.0252	0.5159
8579	0.0426	0.0852	0.7032	-0.0691	-0.1382	0.3526
8580	-0.0219	-0.0438	0.5741	-0.0182	-0.0365	0.4543
8581	0.0824	0.1648	0.7828	0.0134	0.0268	0.5175
8582	0.0155	0.0309	0.6489	-0.0222	-0.0445	0.4463
8583	0.0227	0.0454	0.6634	-0.1149	-0.2298	0.2609
8584	-0.0084	-0.0168	0.6012	-0.0486	-0.0972	0.3935
8586	-0.1143	-0.2286	0.3894	-0.0594	-0.1187	0.372
8587	-0.1681	-0.3362	0.2818	-0.089	-0.1781	0.3127

BLUP: Best Linear Unbiased Prediction, ID: Islah Değeri, MID: Mutlak Islah Değeri

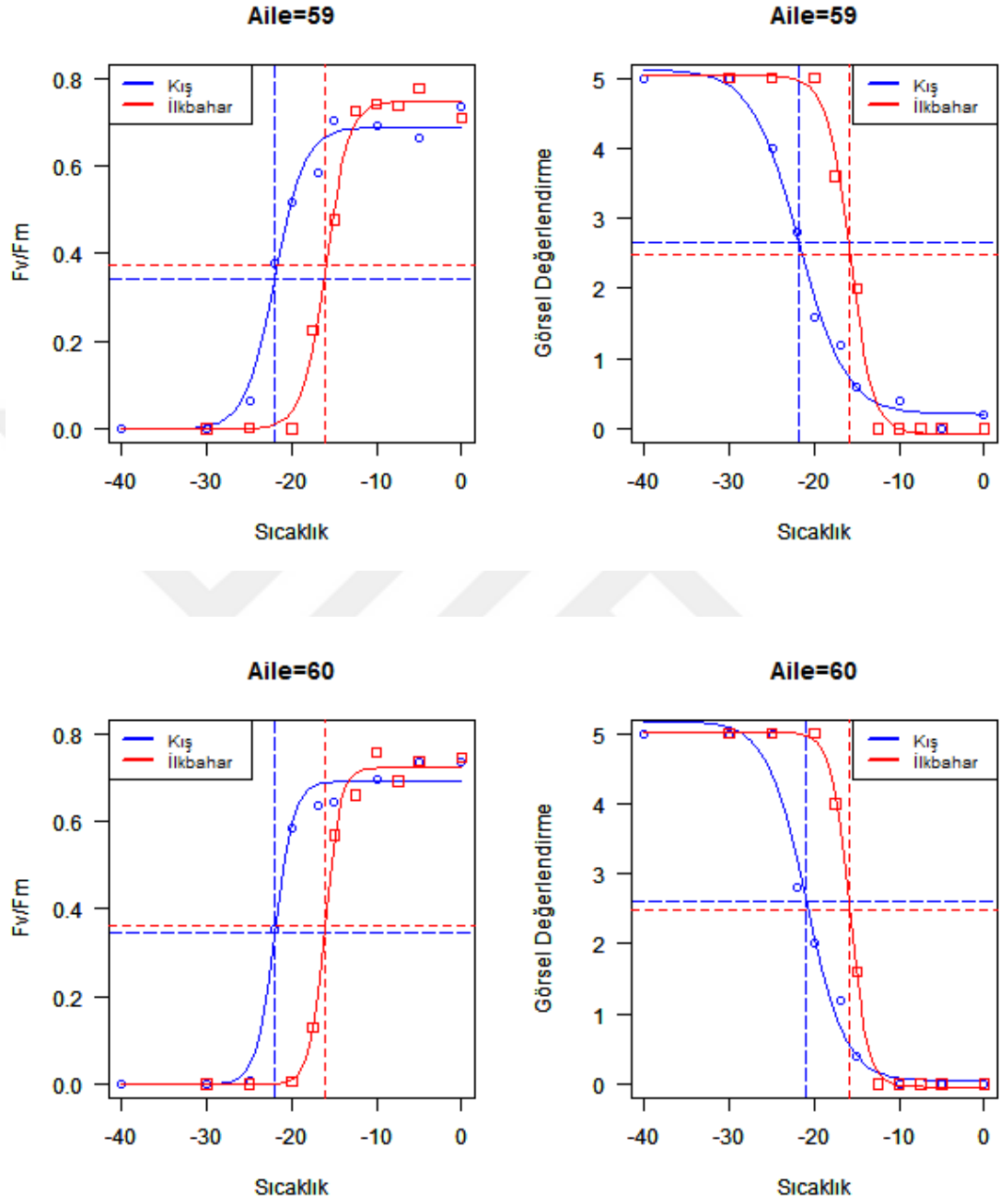
Ek Şekil 1. Ailelerin doğrusal olmayan model ile LT_{50} hesaplamalarına ait grafikler



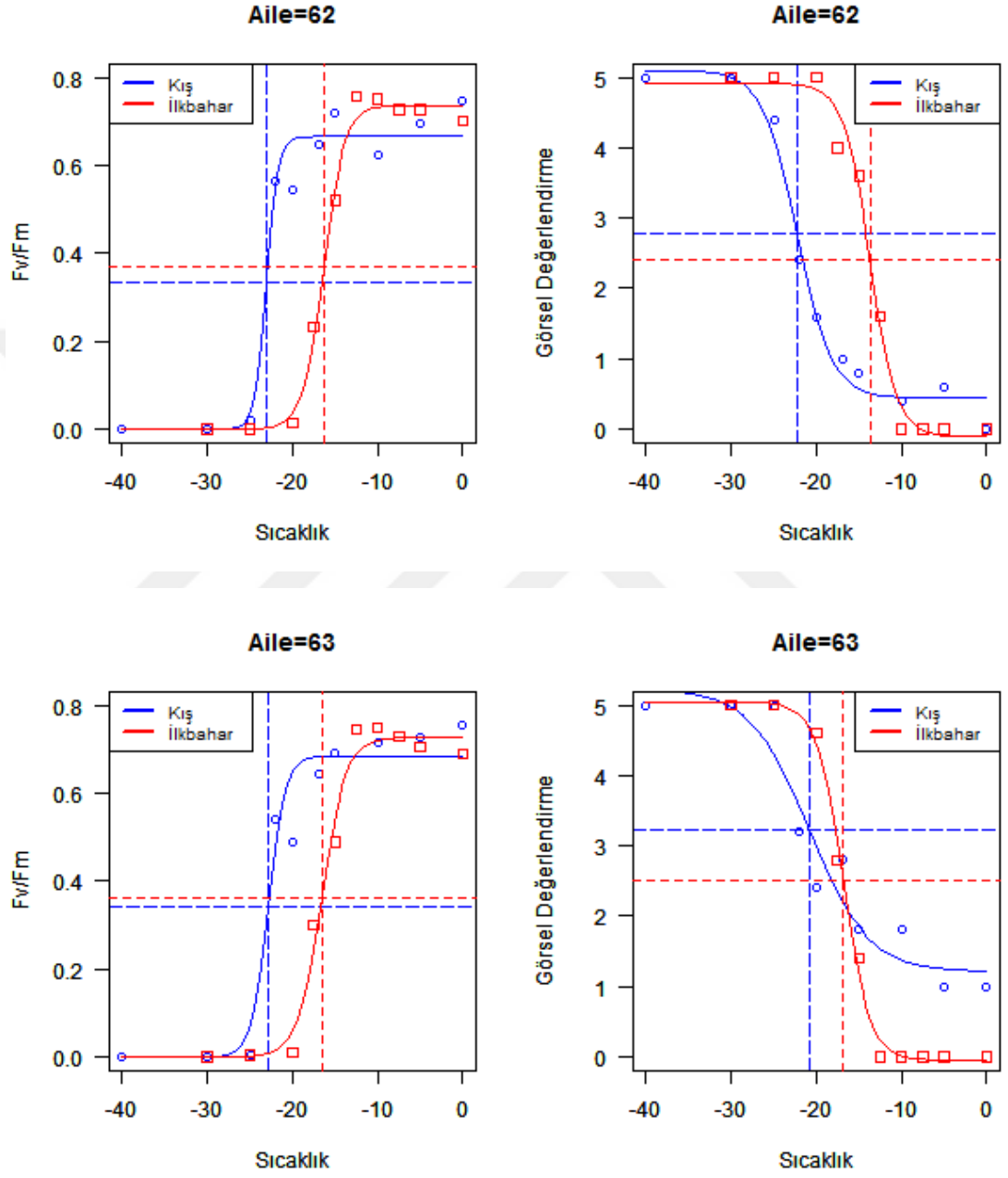
Ek Şekil 1 (devam)



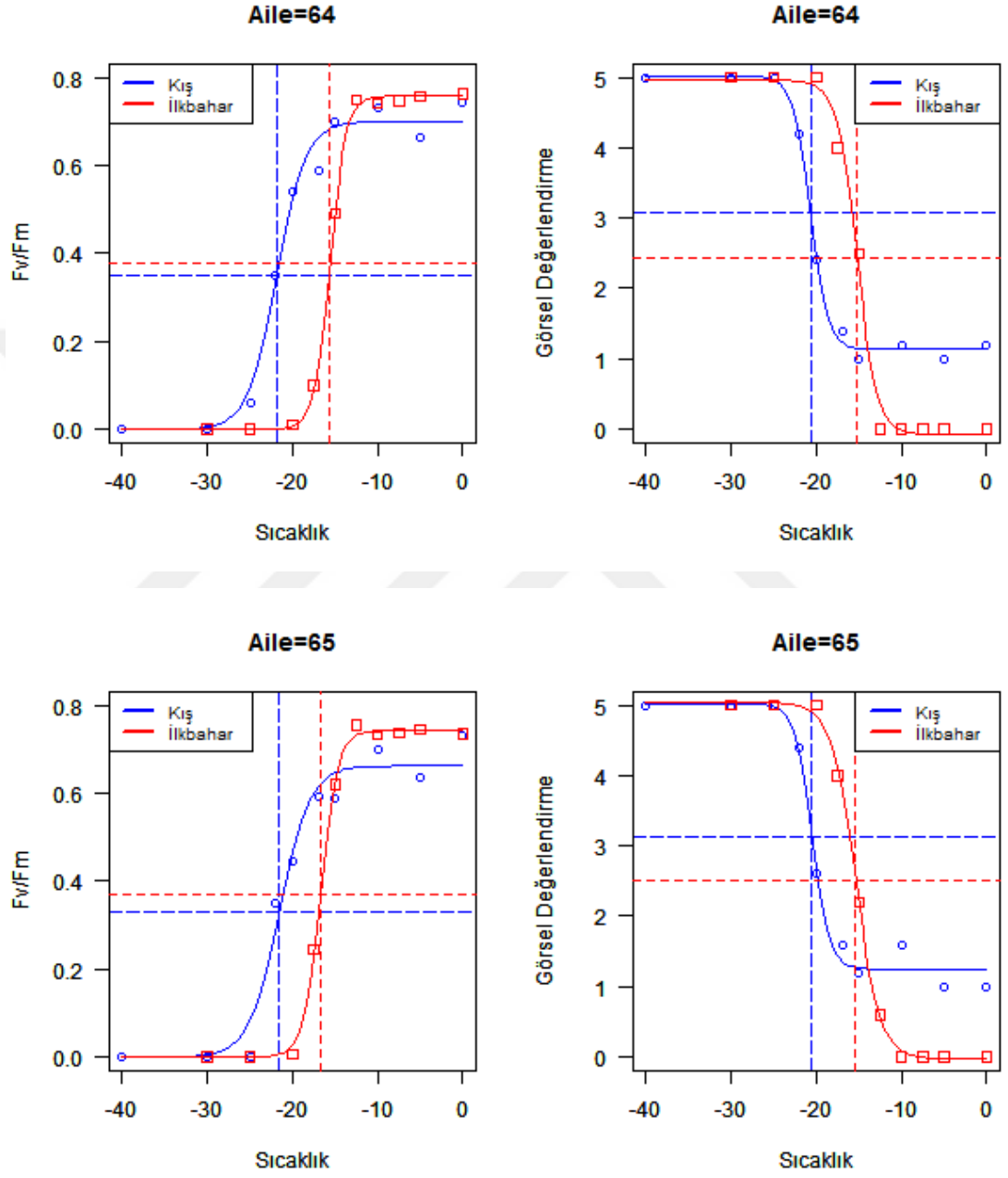
Ek Şekil 1 (devam)



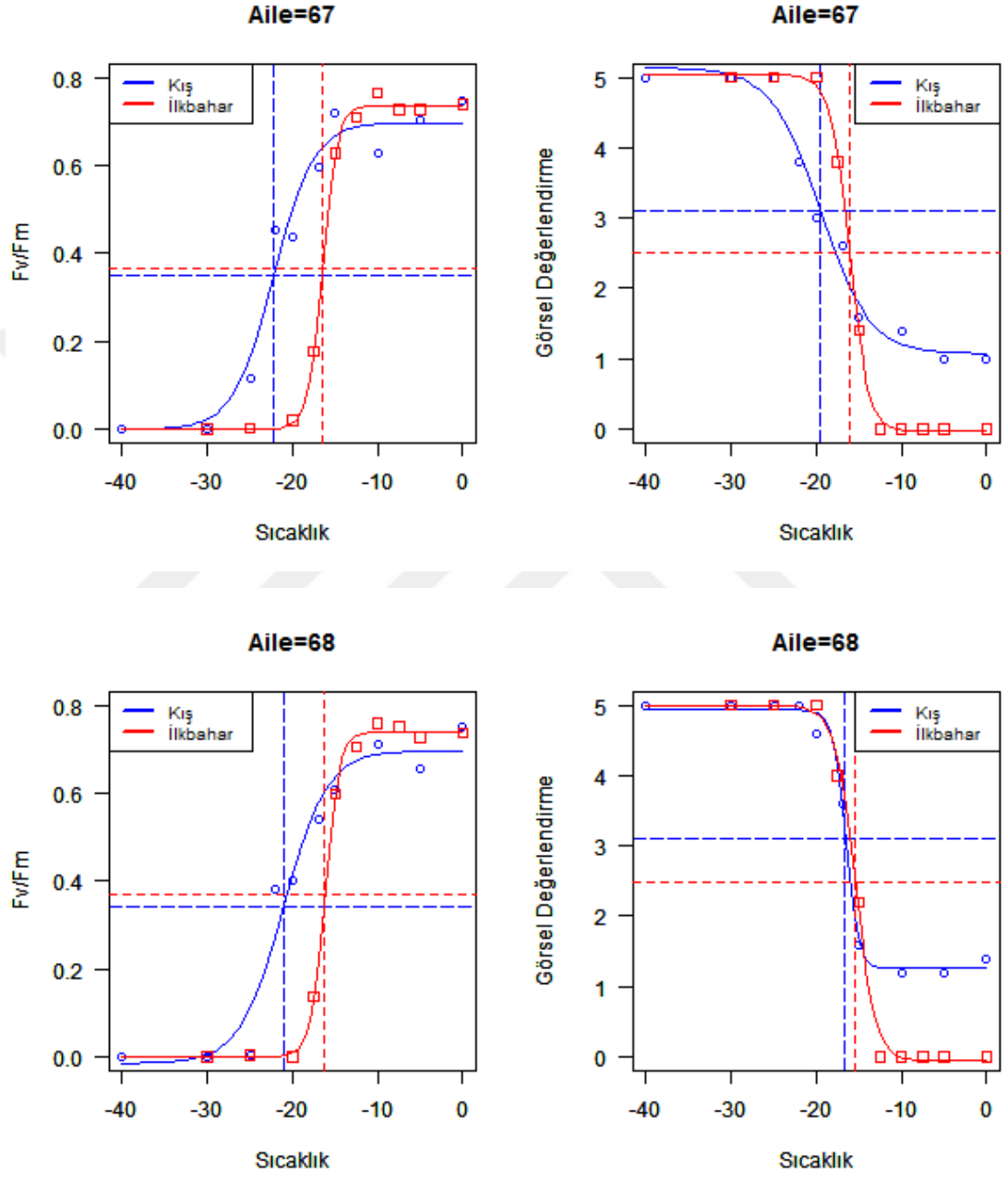
Ek Şekil 1 (devam)



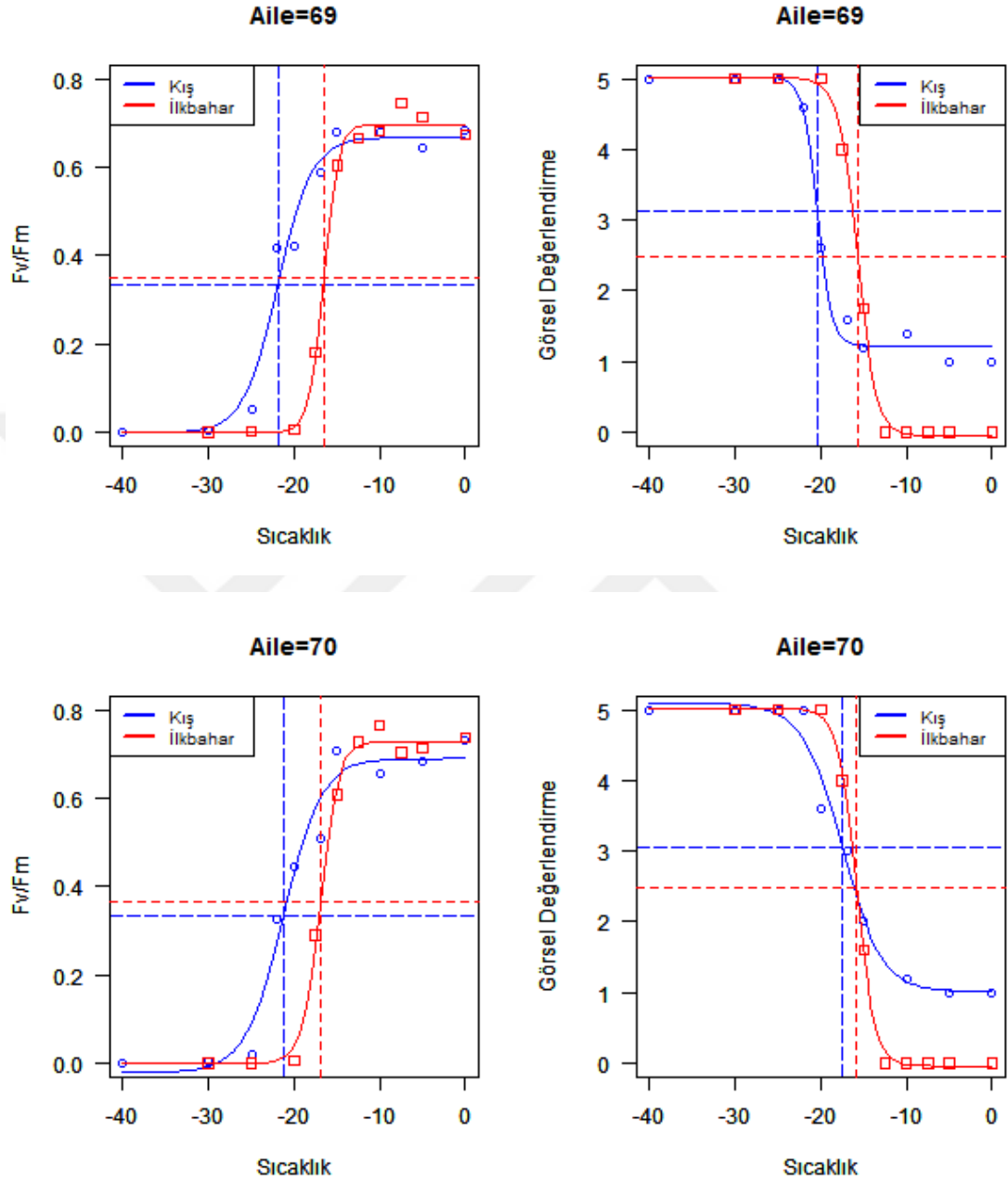
Ek Şekil 1 (devam)



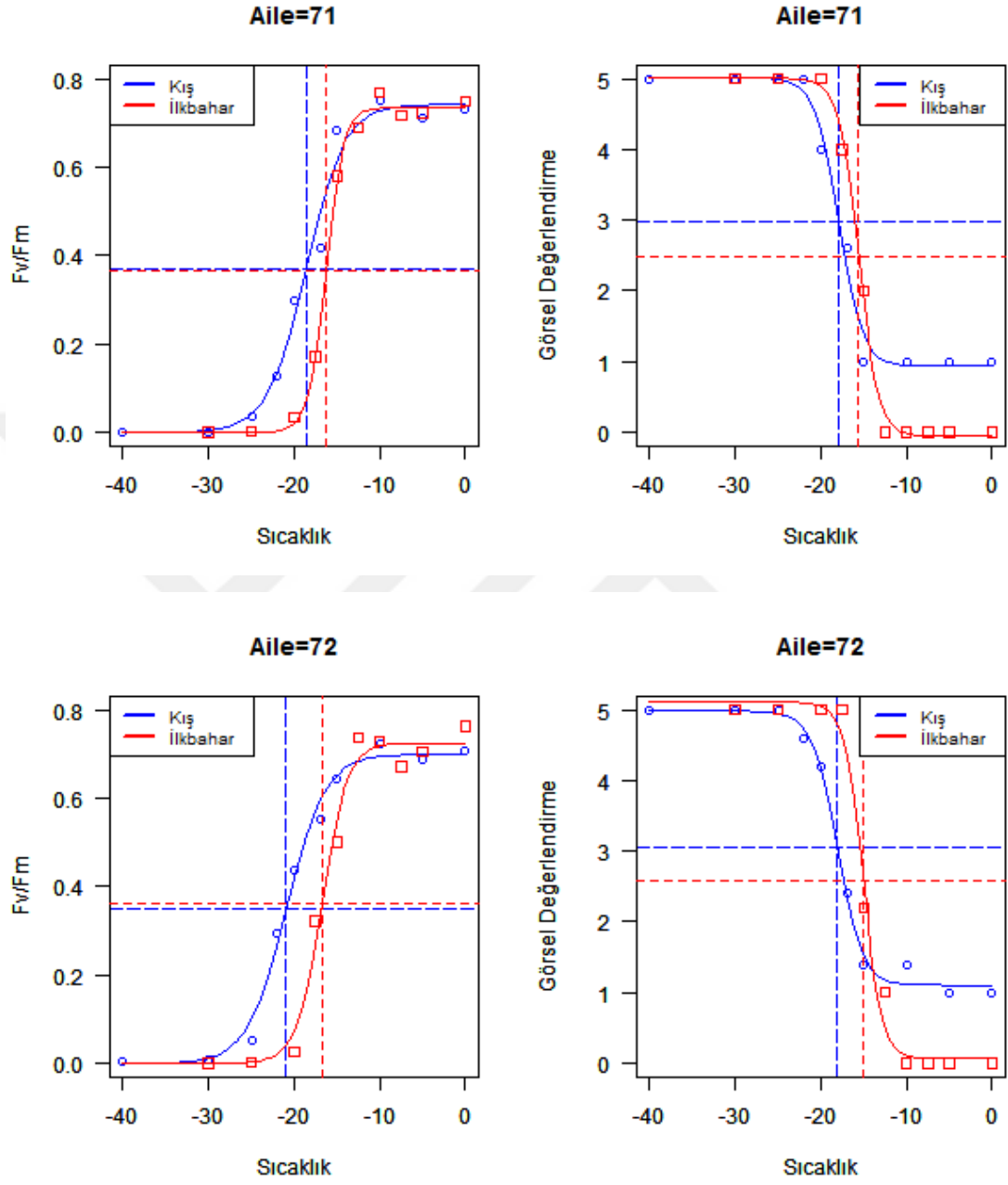
Ek Şekil 1 (devam)



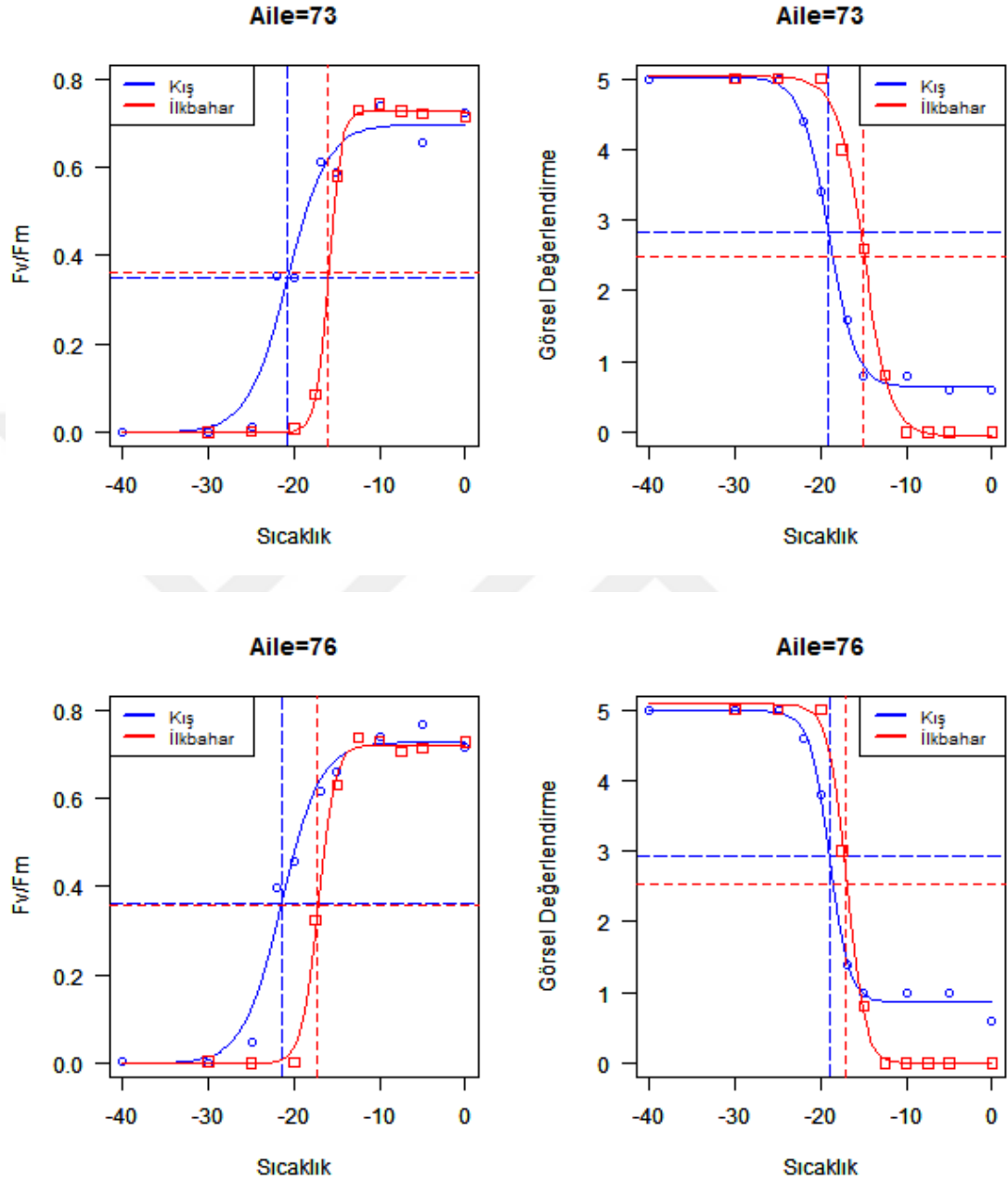
Ek Şekil 1 (devam)



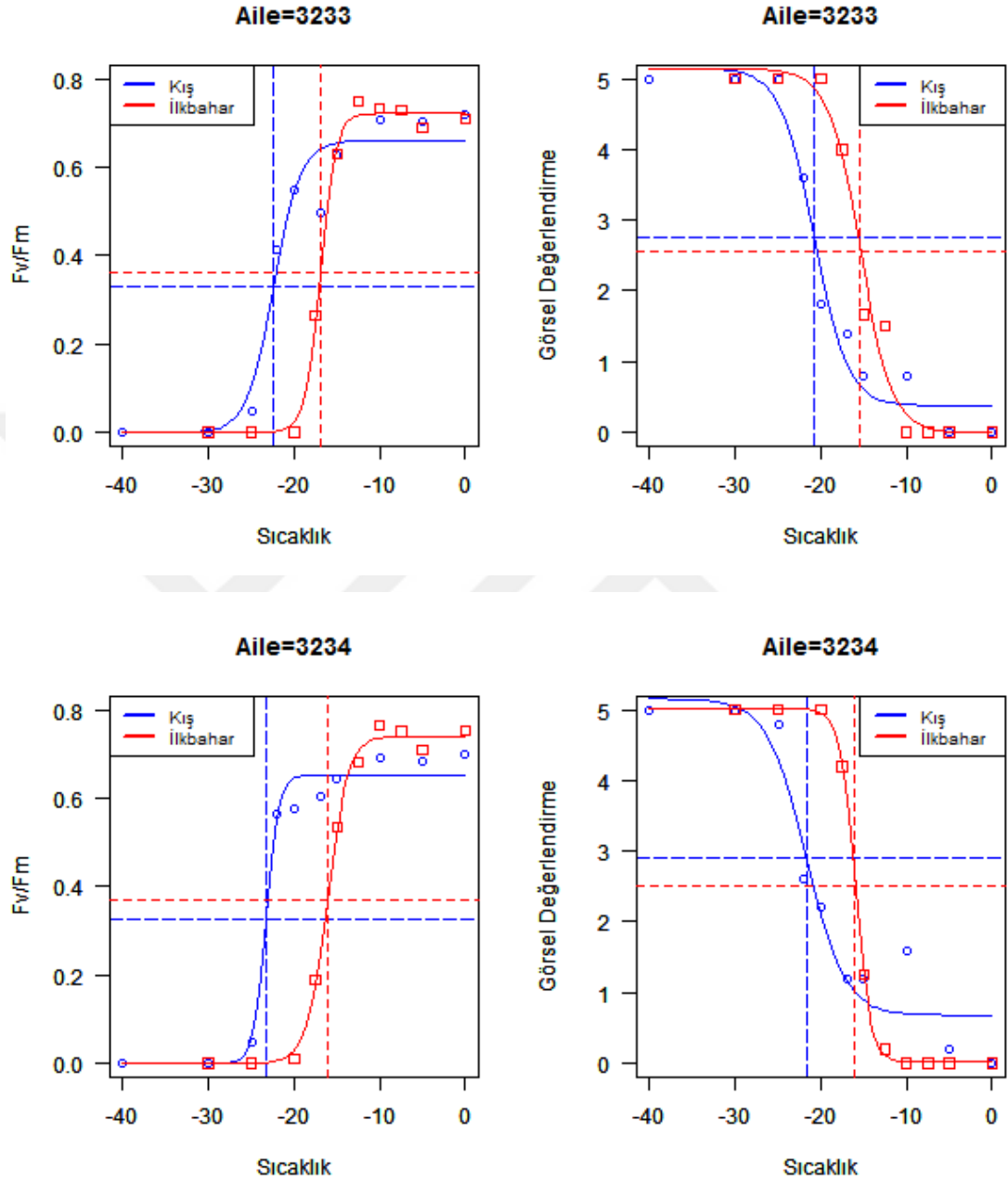
Ek Şekil 1 (devam)



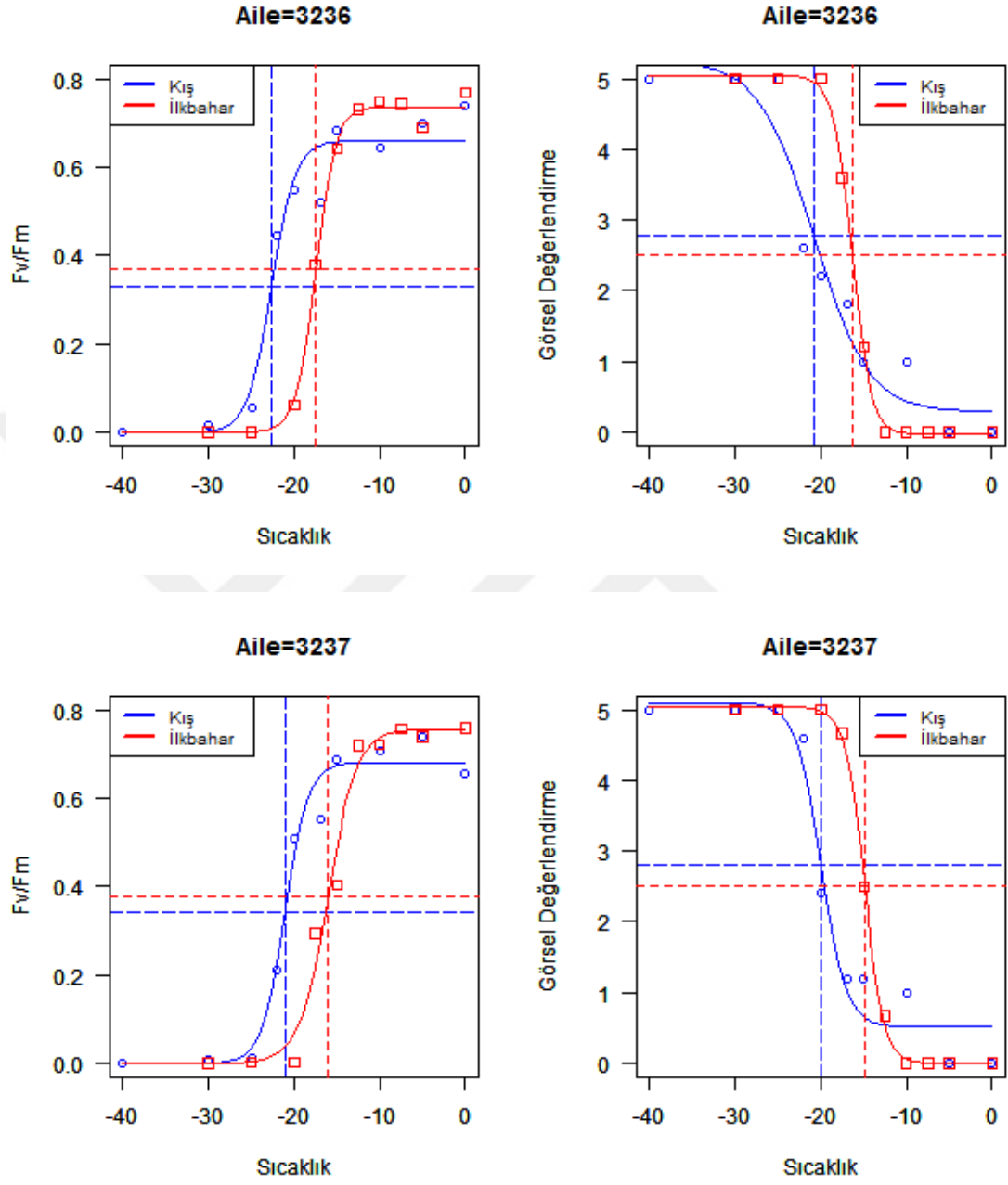
Ek Şekil 1 (devam)



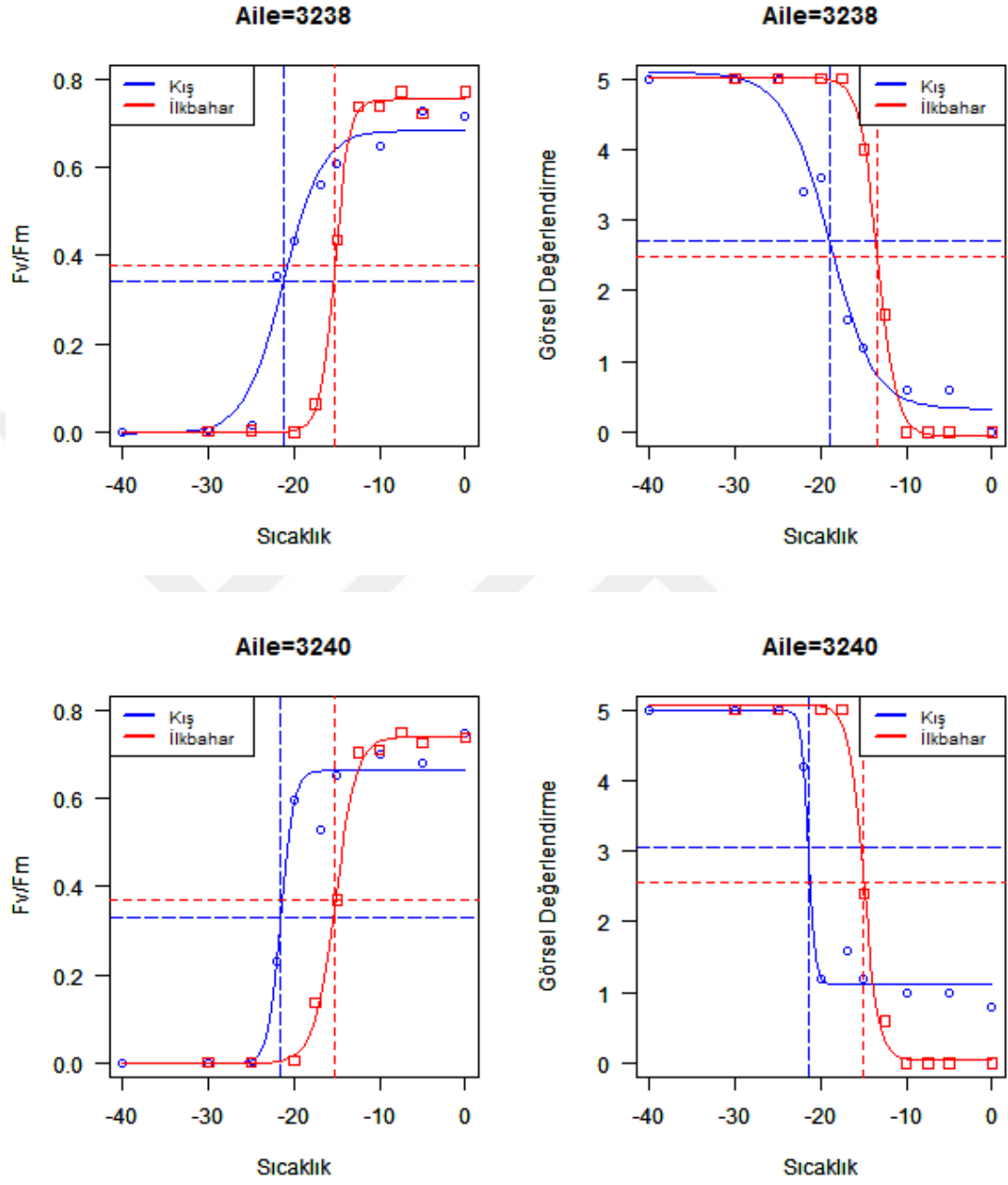
Ek Şekil 1 (devam)



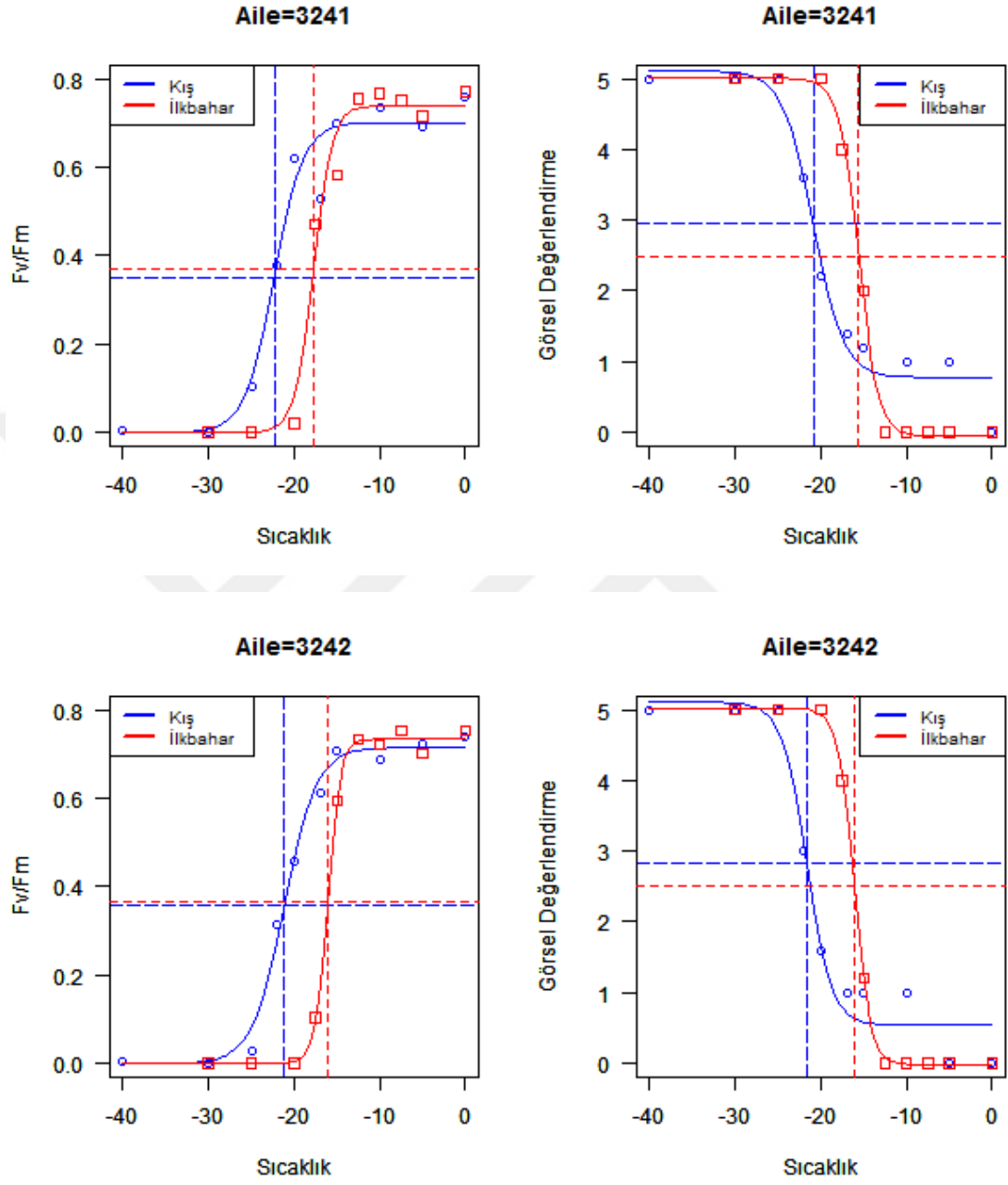
Ek Şekil 1 (devam)



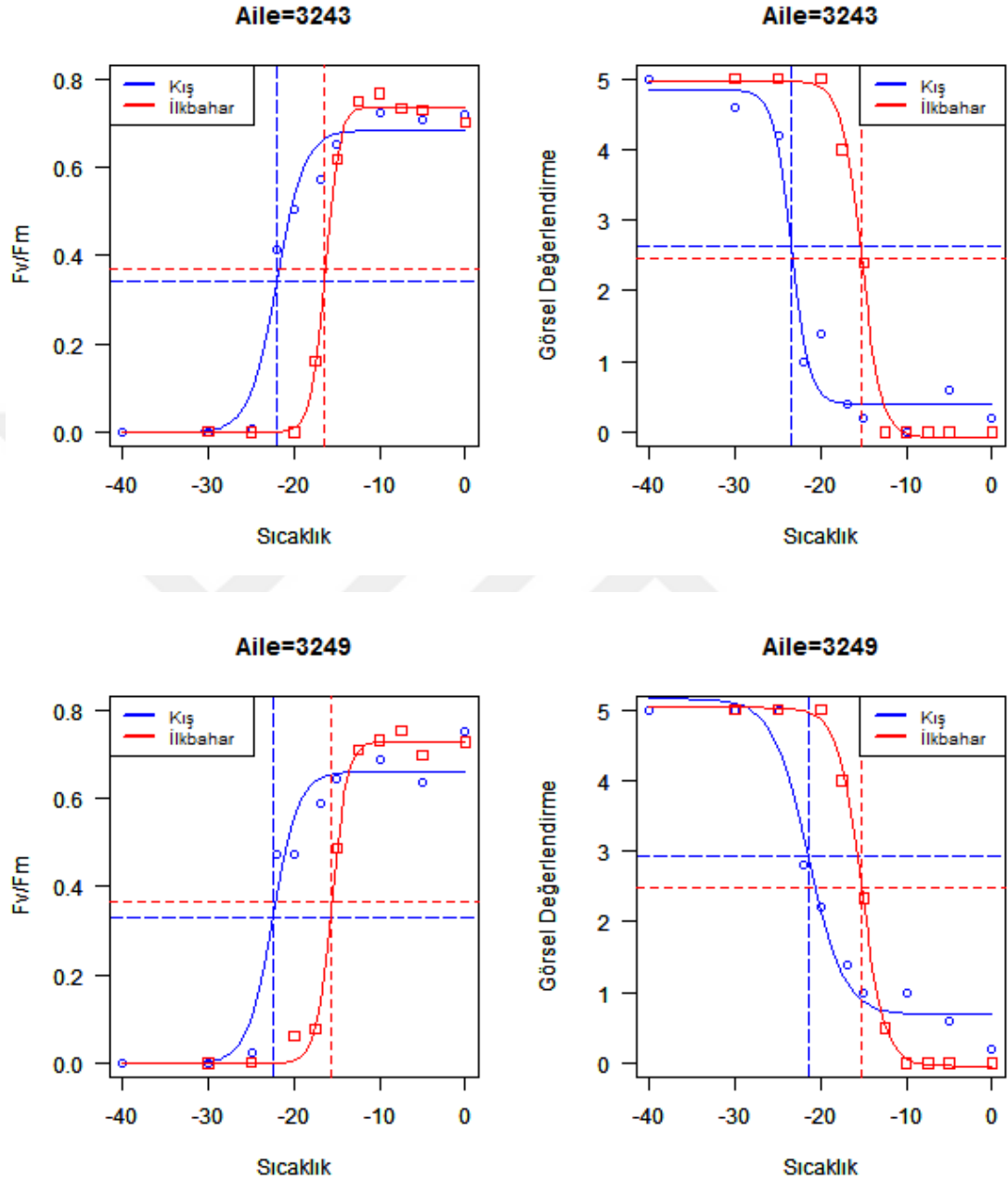
Ek Şekil 1 (devam)



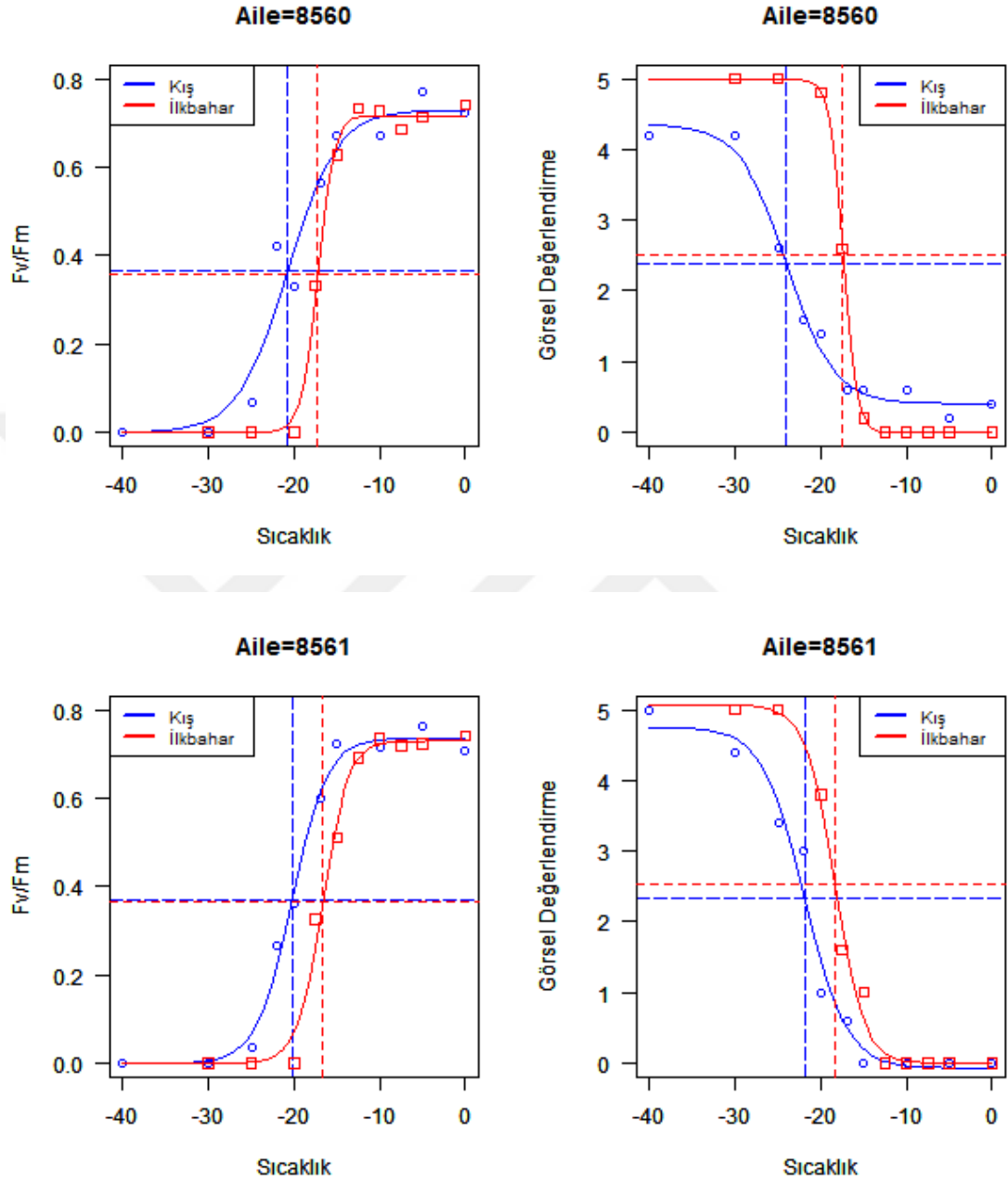
Ek Şekil 1 (devam)



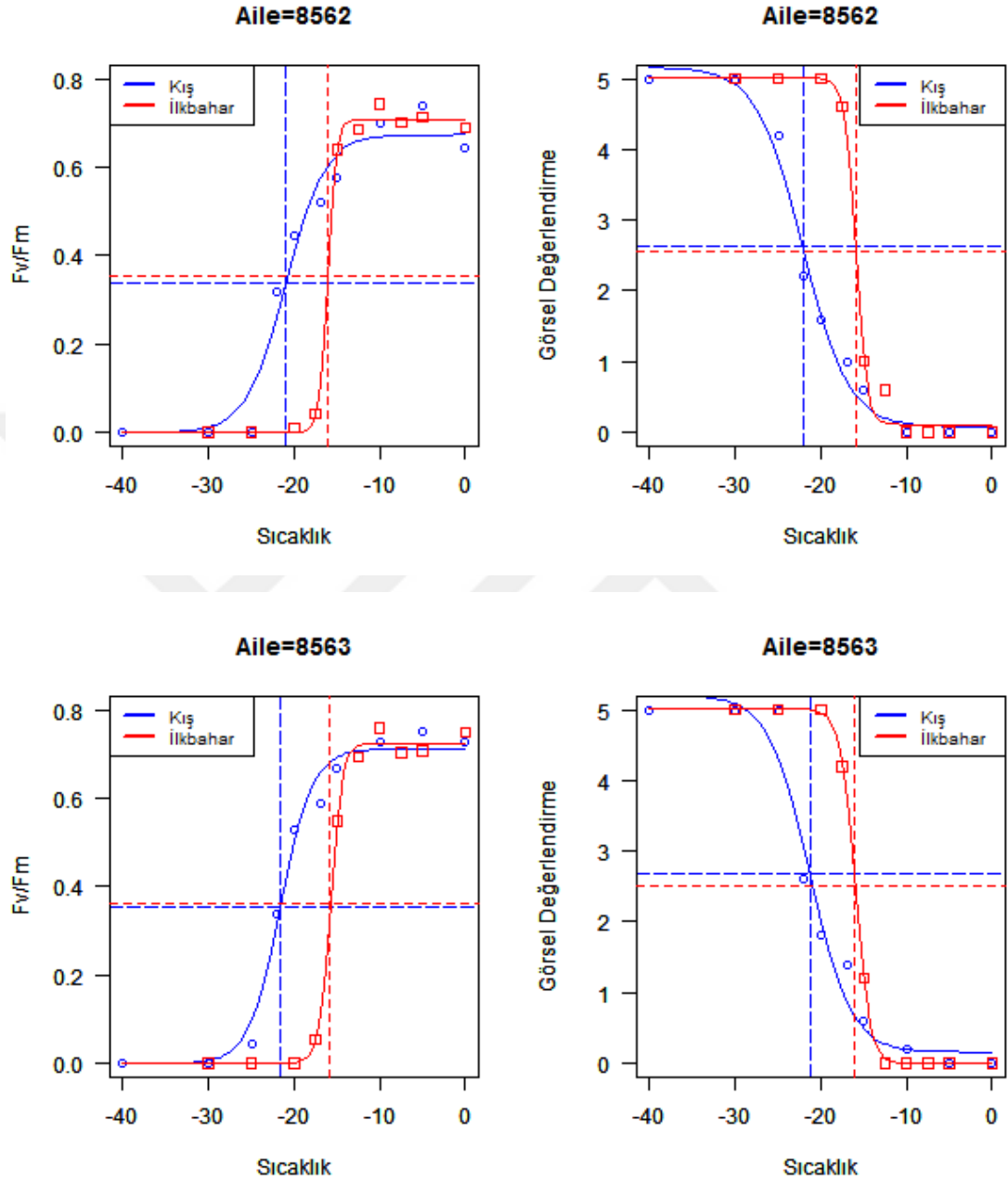
Ek Şekil 1 (devam)



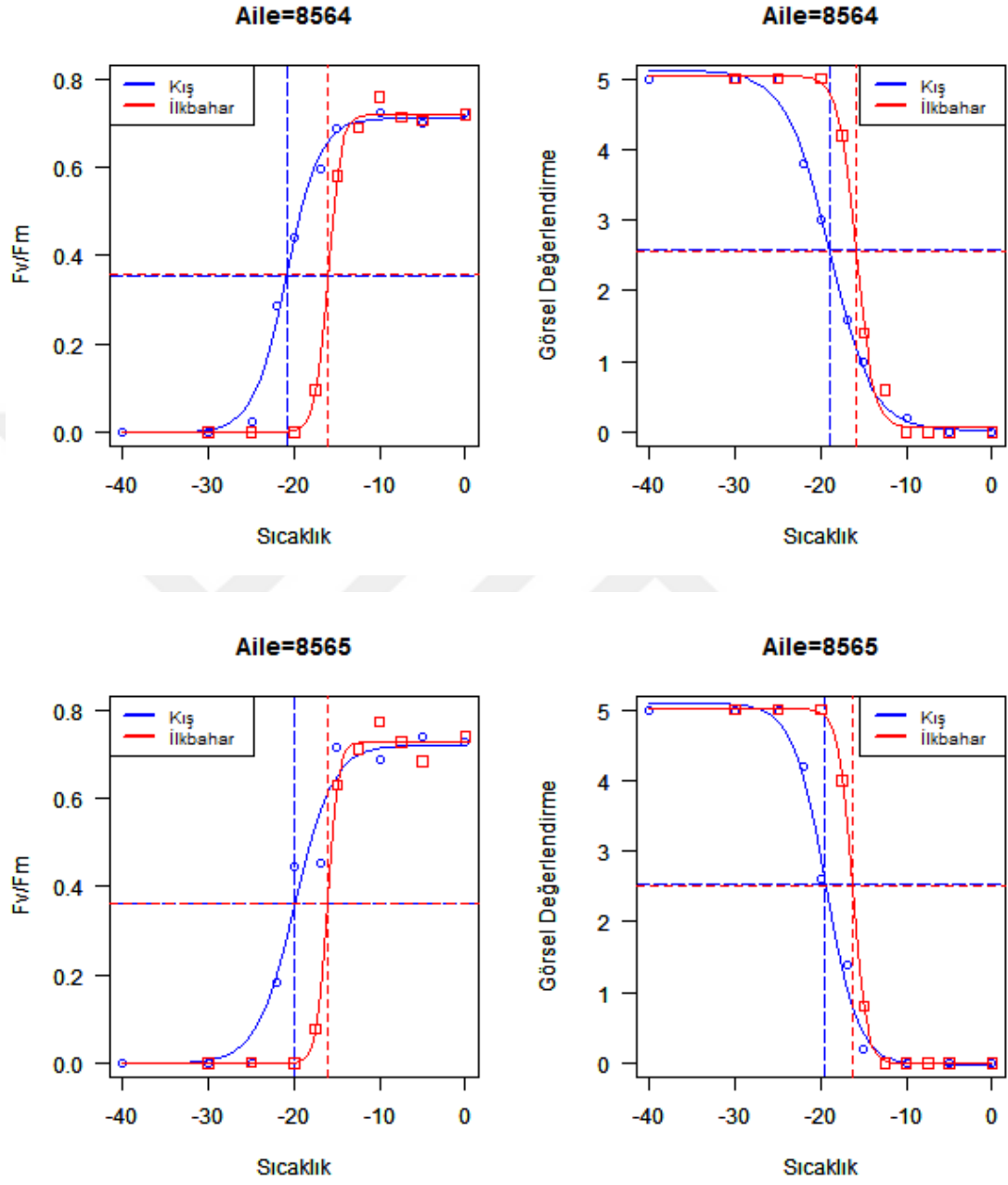
Ek Şekil 1 (devam)



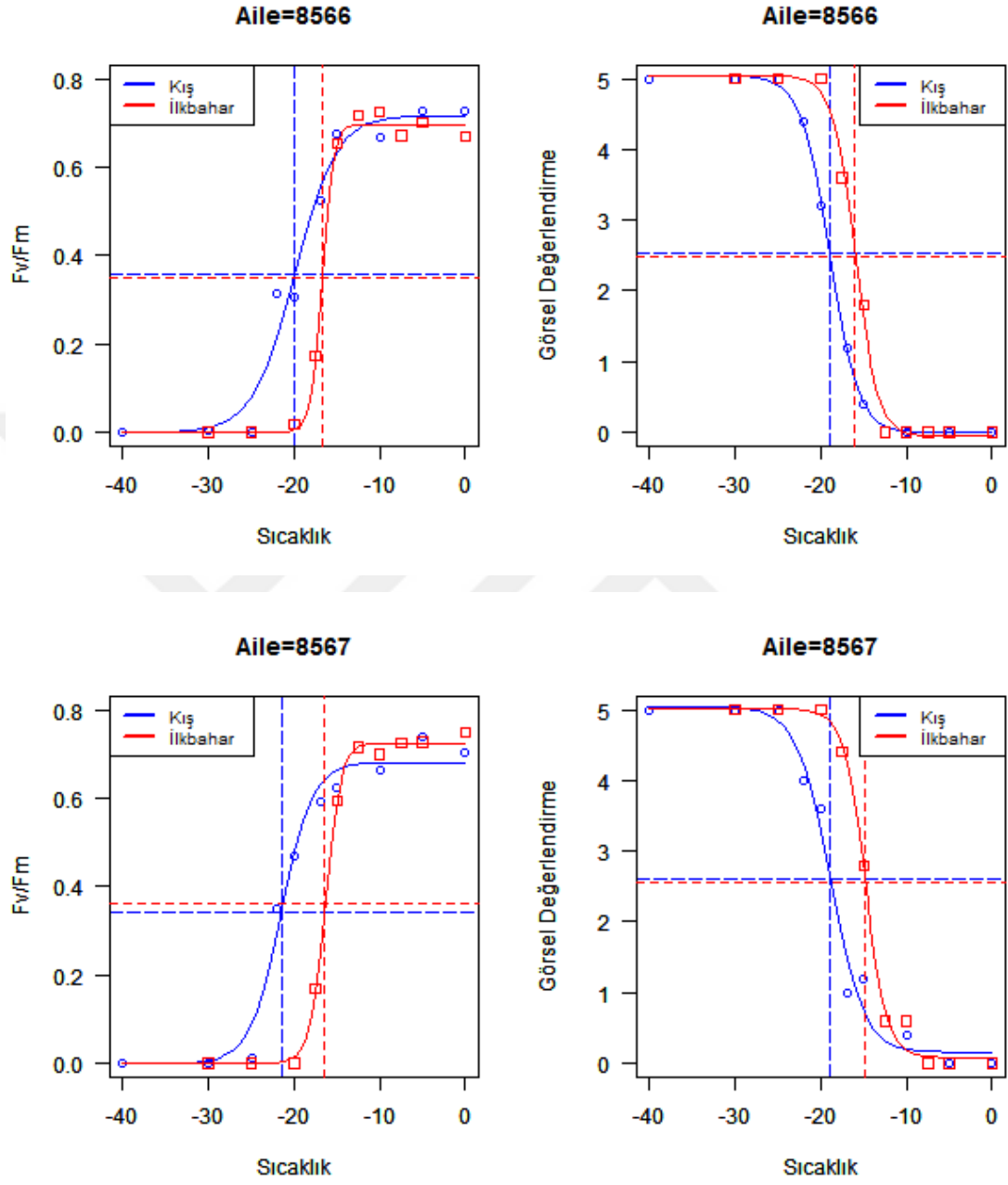
Ek Şekil 1 (devam)



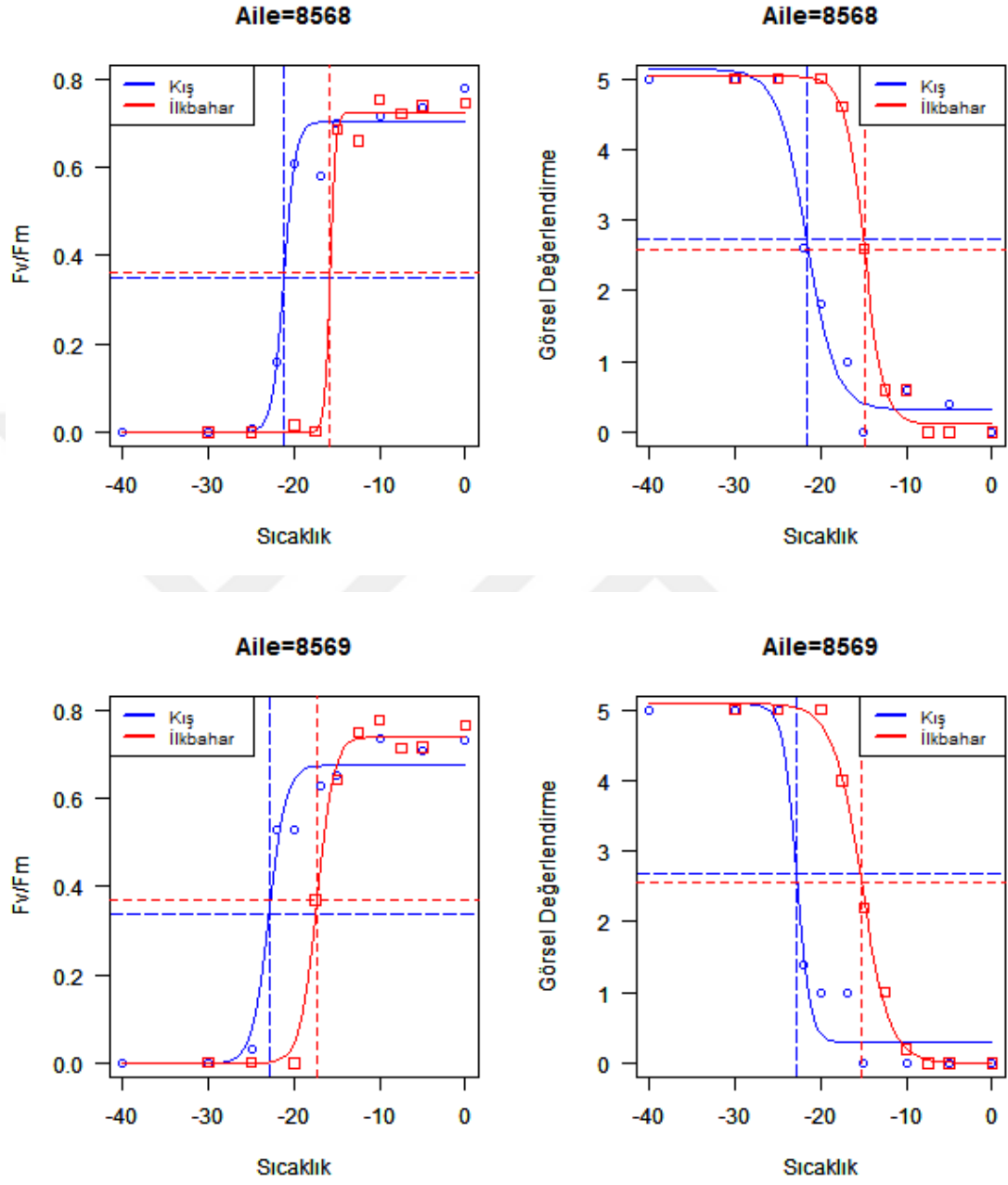
Ek Şekil 1 (devam)



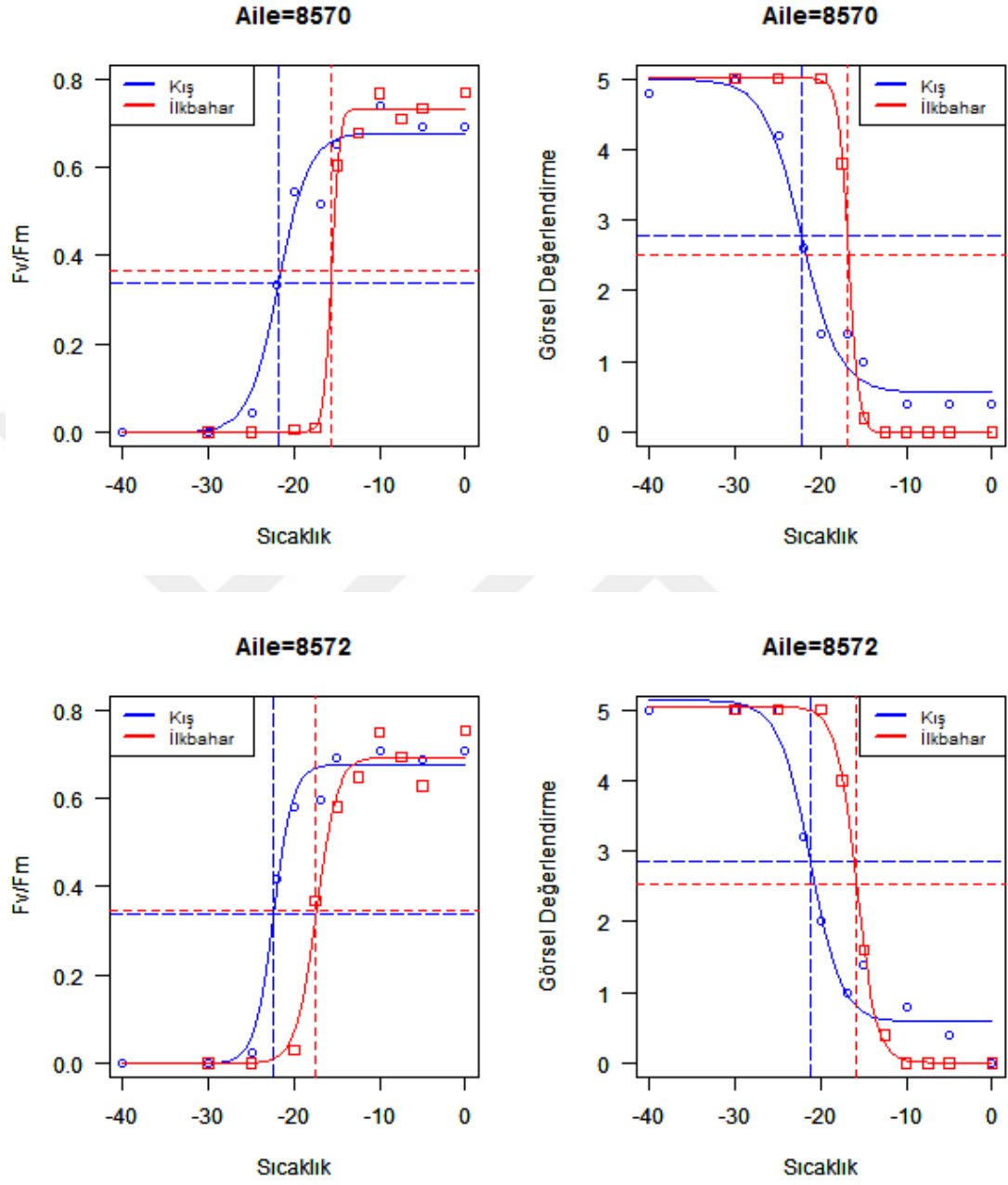
Ek Şekil 1 (devam)



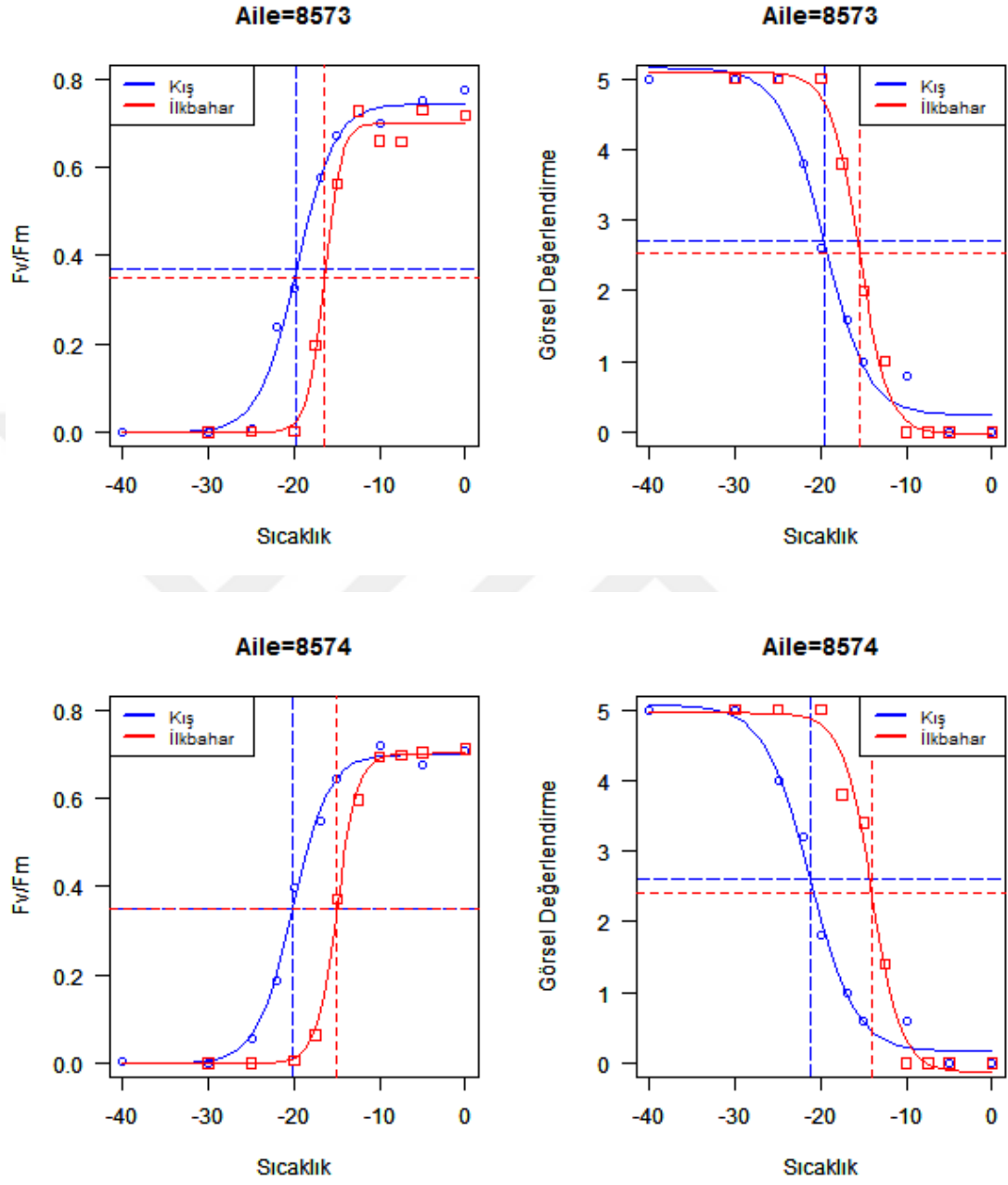
Ek Şekil 1 (devam)



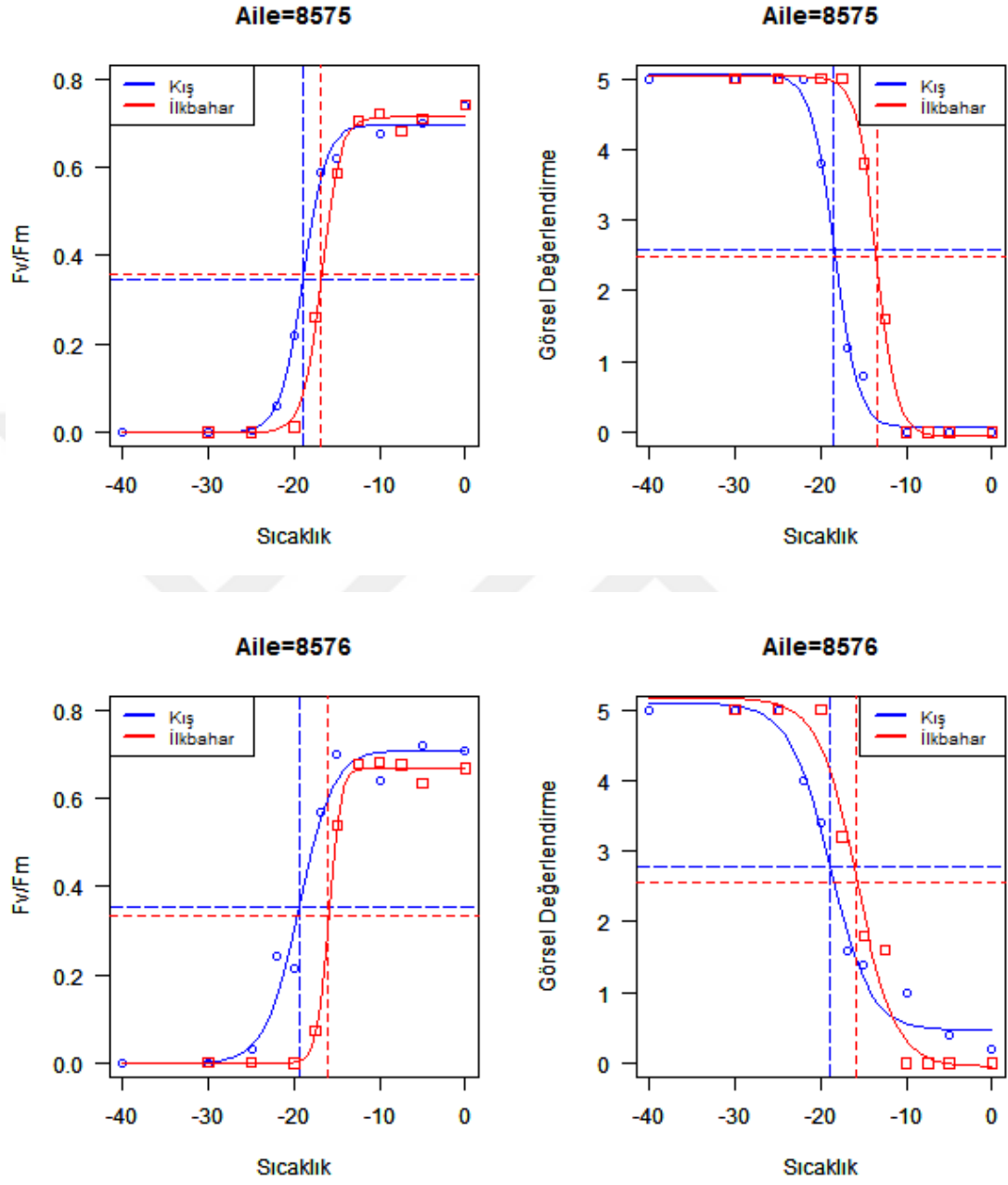
Ek Şekil 1 (devam)



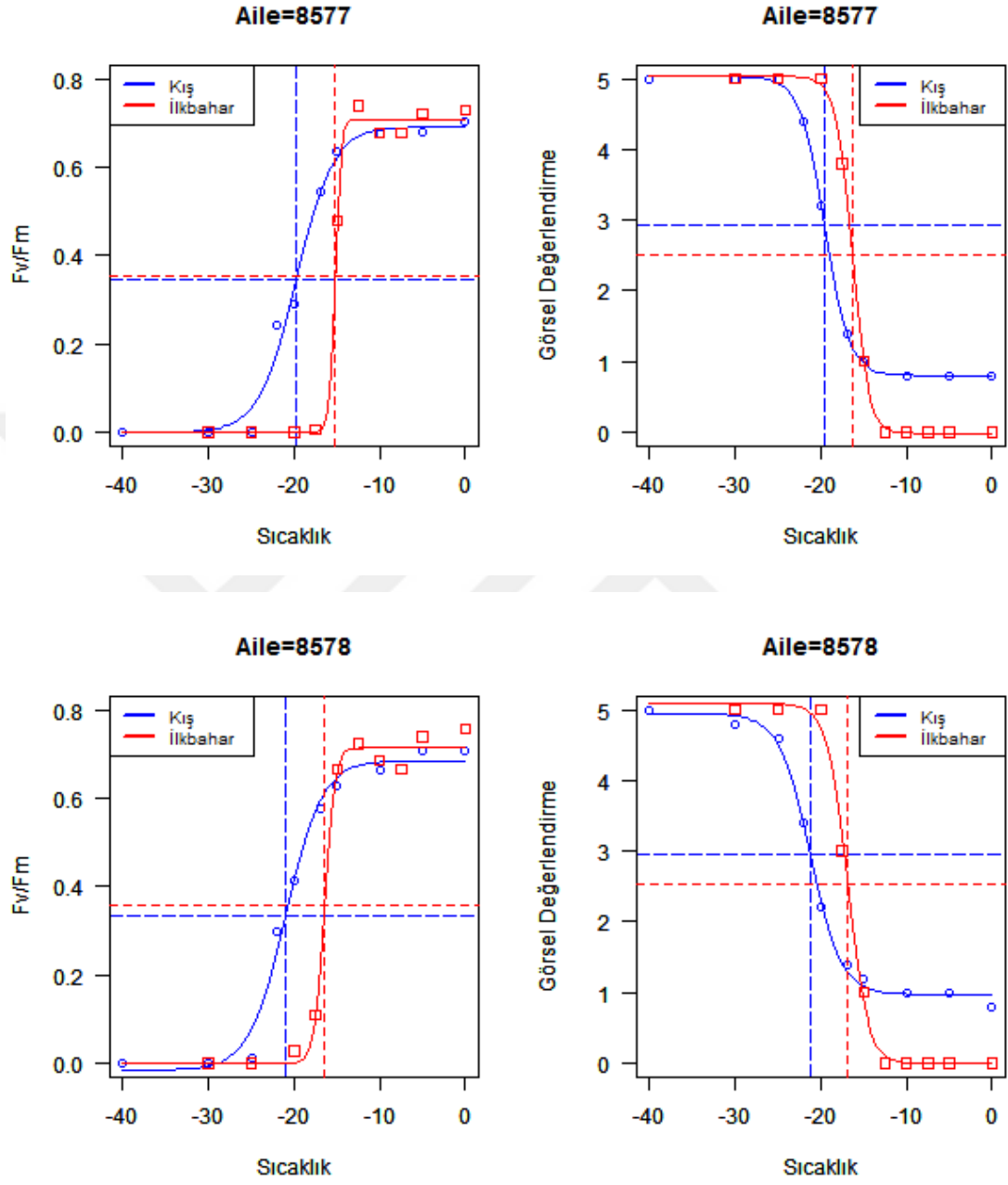
Ek Şekil 1 (devam)



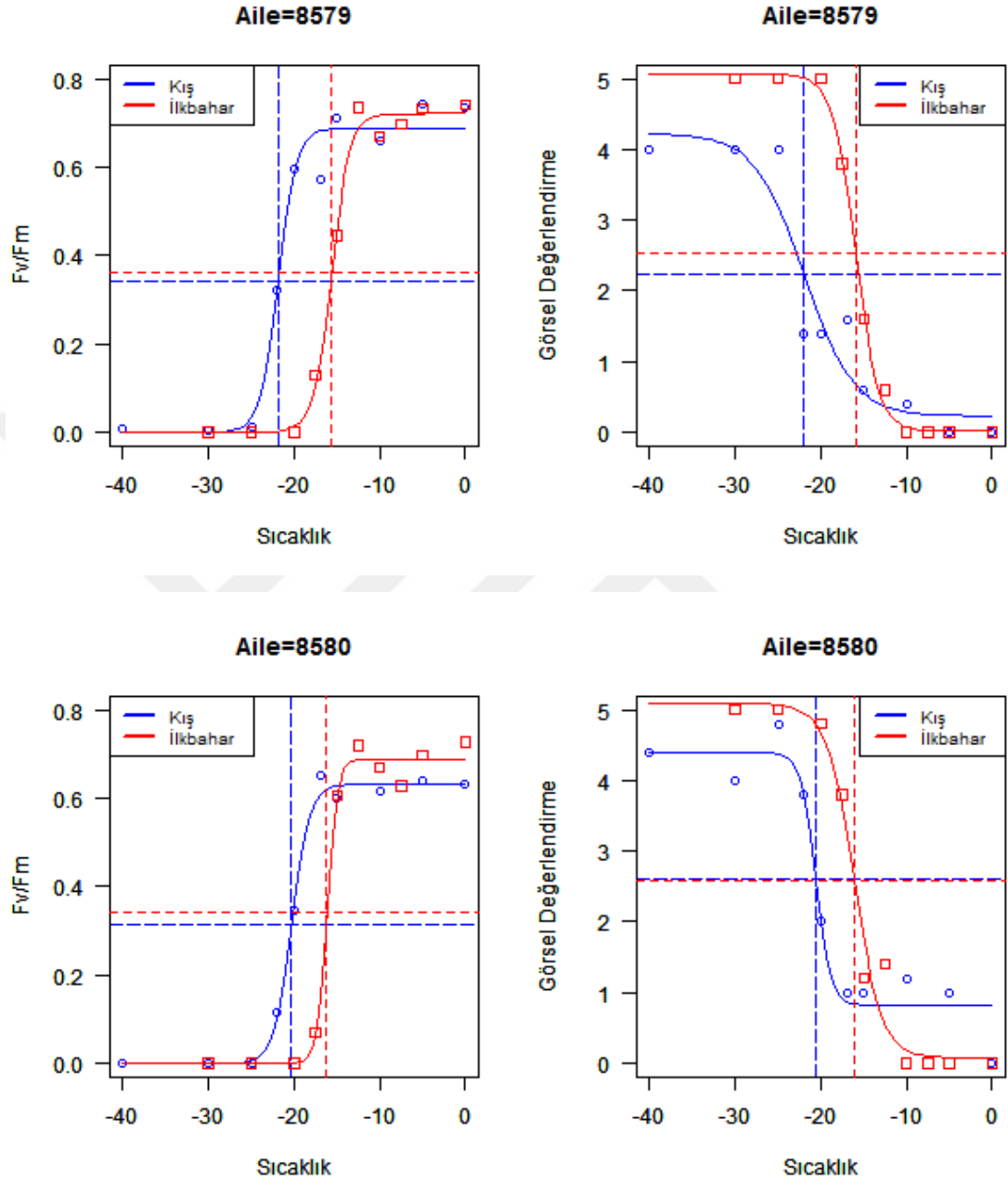
Ek Şekil 1 (devam)



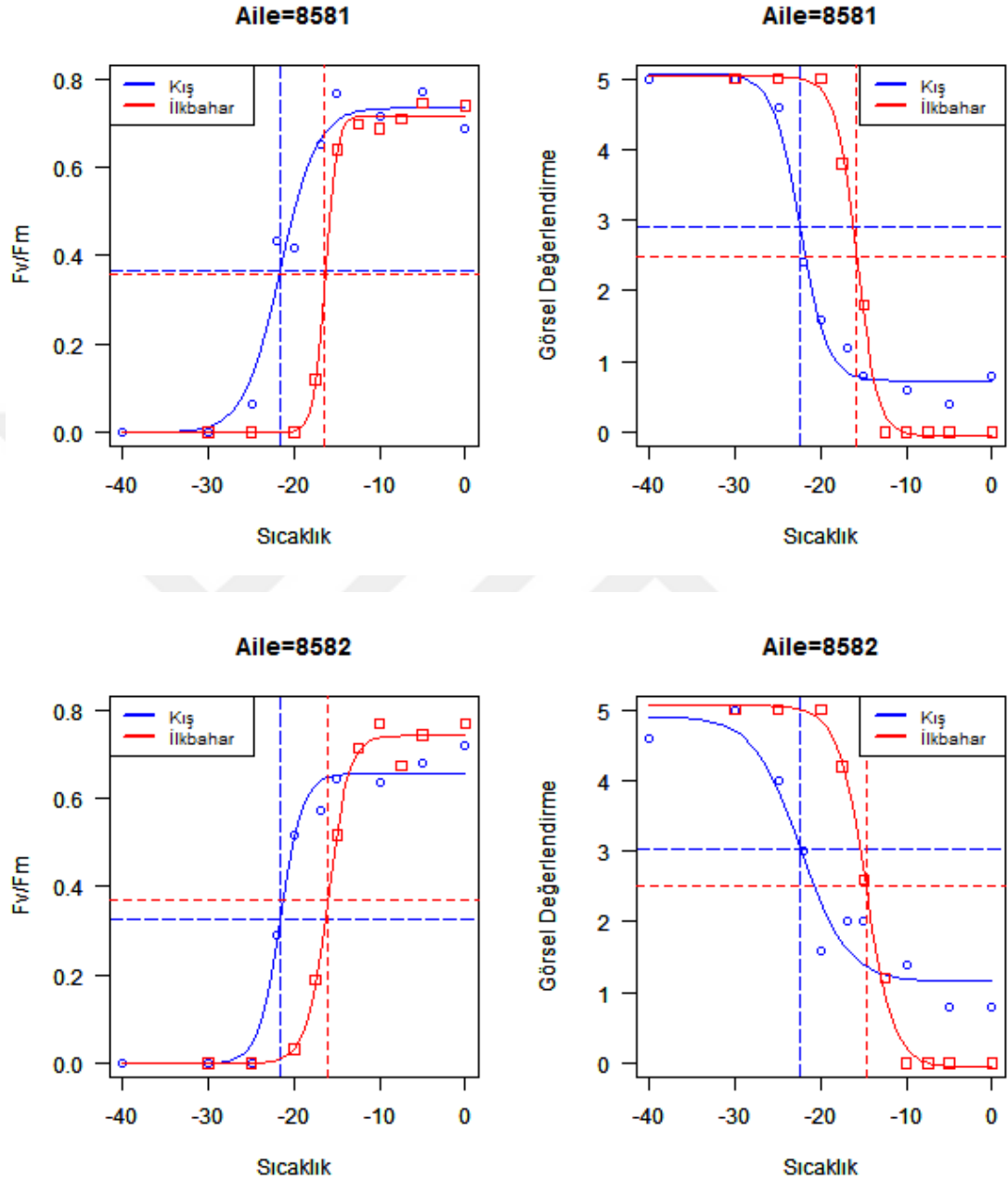
Ek Şekil 1 (devam)



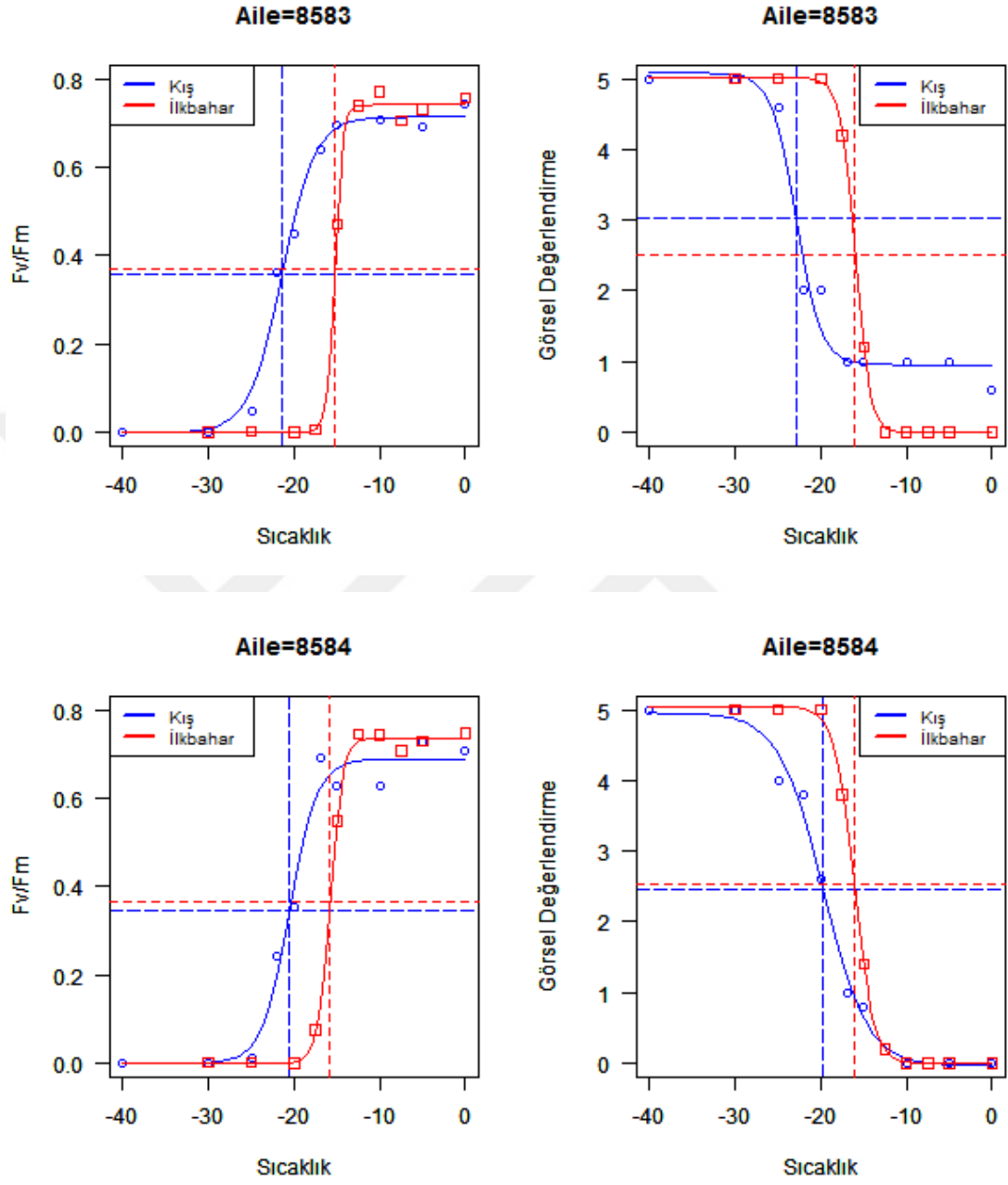
Ek Şekil 1 (devam)



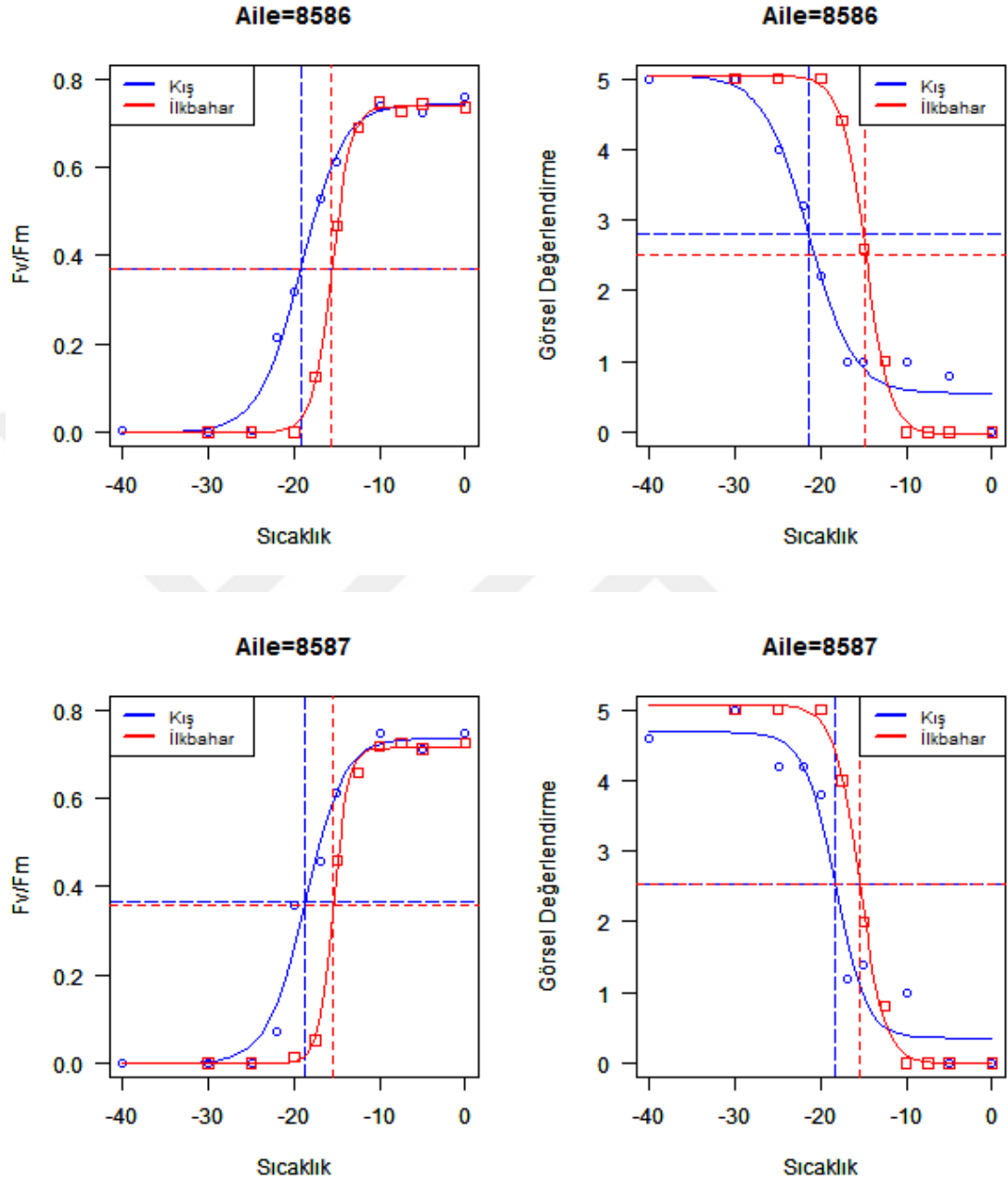
Ek Şekil 1 (devam)



Ek Şekil 1 (devam)



Ek Şekil 1 (devam)



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : KAPLAN, Abdullah

Uyruğu : T.C.

Doğum tarihi ve yeri :

Medeni hali :

Yabancı Dili :

Telefon :

Faks :

e-posta :

Eğitim

<u>Derece</u>	<u>Eğitim Birimi</u>	<u>Mezuniyet Tarihi</u>
Lisans	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği	2012
Yüksek Lisans	Virginia Tech, Department of Forest Resources and Environmental Conservation	2016
Doktora	Artvin Çoruh Üniversitesi, , Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği ABD.	2023

Çalıştığı Kurum

<u>Kurum</u>	<u>Pozisyon</u>	<u>Yıl</u>
OGM - Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü	Mühendis	2016- Halen

Yayınlar

Yılmaz, M., **Kaplan, A.**, Vermez, Y. (2013). Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.)'ın Üç Uç Popülasyonuna Ait Bazı Tohum Özellikleri. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 16(1), 55-61.

Alan, M., **Kaplan, A.** (2017) "Applicability of genomic selection on breeding of Turkish red pine", *International Symposium on New Horizons in Forestry* , (pp. 194), Isparta

Kaplan, A., Ölmez, Z., İmal, B. (2023). Gölhisar orijinli Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) fidanlarında donda dayanıklı ailelerin belirlenmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 24(1).