

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**YERLİ HİBRİT *ZOYSİA* ÇİMİ HATLARININ DÜŞÜK SICAKLIK
DAYANIMLARININ BELİRLENMESİ**

Oğuzhan ORUÇHAN

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL BİYOTEKNOLOJİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

ŞUBAT 2025

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**YERLİ HİBRİT *ZOYSİA* ÇİMİ HATLARININ DÜŞÜK SICAKLIK
DAYANIMLARININ BELİRLENMESİ**

Oğuzhan ORUÇHAN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TARIMSAL BİYOTEKNOLOJİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞUBAT 2025

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YERLİ HİBRİT *ZOYSİA* ÇİMİ HATLARININ DÜŞÜK SICAKLIK
DAYANIMLARININ BELİRLENMESİ

Oğuzhan ORUÇHAN
TARIMSAL BİYOTEKNOLOJİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez TÜBİTAK tarafından 23AG021 nolu proje ile desteklenmiştir.

ŞUBAT 2025

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YERLİ HİBRİT ZOYSİA ÇİMİ HATLARININ DÜŞÜK SICAKLIK
DAYANIMLARININ BELİRLENMESİ**

Oğuzhan ORUÇHAN
TARIMSAL BİYOTEKNOLOJİ
ANA BİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 20/02/2025 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Faik KANTAR (Danışman)

Doç. Dr. Ceren SELİM

Doç. Dr. Kamil ERKEN

ÖZET

YERLİ HİBRİT ZOYSİA ÇİMİ HATLARININ DÜŞÜK SICAKLIK DAYANIMLARININ BELİRLENMESİ

Oğuzhan ORUÇHAN

Yüksek Lisans Tezi, Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Faik KANTAR

İkinci Danışman: Prof. Dr. Songül Sever MUTLU

Şubat 2025; 75 sayfa

Bu çalışma, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde yürütülen melezleme programı sonucu geliştirilen 30 yerli hibrit *Zoysia* hattı ile 6 ticari çeşidin (toplam 36 genotip) düşük sıcaklık koşullarına (0, -3, -6, -9 ve -12 °C) dayanıklılığını belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Deneme, şansa bağlı tam bloklar deneme desenine (her genotip için 9 tekerrür) göre planlanmış, toplam 324 saksı kullanılmıştır. Soğuk stres uygulamasından önce bitkiler, kontrollü şartlarda 8/2 °C (gündüz/gece) sıcaklıklarda 4 hafta boyunca soğuk alıştırma (aklimasyon) uygulamasına tabi tutulmuş ardından -12 °C'ye kadar kademeli olarak düşürülen sıcaklıklarda 24'er saat soğuk stresi altında bırakılmıştır.

Her sıcaklık kademesinde klorofil içeriği (SPAD), yaprak rengi (L, a, b), klorofil floresansı (Fv/Fm, PI/ABS) ve hücre zarı geçirgenliği (NES) ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca, -6 ve -12 °C uygulamalarının ardından, bitkilerin 4 hafta boyunca seradaki rejenerasyon oranları ve genel çim kaliteleri değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, tüm genotiplerde -12 °C uygulamasının ciddi hasar ve ölümlere yol açtığını göstermiştir. Buna karşın -6 °C'ye maruz kalan dayanıklı hatların klorofil içeriklerini ve hücre zar bütünlüklerini koruyabildikleri, ayrıca yüksek rejenerasyon potansiyeli gösterdikleri belirlenmiştir.

Düşük sıcaklık koşullarında, genotiplerin hücre zar geçirgenliğini koruma becerileri ile fotosentetik aktivitelerini sürdürebilmeleri arasında önemli farklılıklar olduğu saptanmıştır. Özellikle MJe116, MJ31, MJ34, MJ46, MJ73, MJ58, MJ62, MJ17, JM7 ve MJ83 hatlarının düşük sıcaklıklara daha yüksek dayanıklılık gösterdiği; buna karşın OKC, JM35, MZ68 ve SURVIVOR genotiplerinin en hassas grupta yer aldığı görülmüştür. Böylece -6 °C'ye kadar olan soğuk koşullarına dayanabilen yerli hibritlerin, kış aylarında da sürdürülebilir bir çim kalitesi sunma potansiyeline sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

ANAHTAR KELİMELE: Çim Islahı, Düşük Sıcaklık Stresi, Don Stresi, Hibrit Çim

JÜRİ: Prof. Dr. Faik KANTAR

Doç. Dr. Ceren SELİM

Doç. Dr. Kamil ERKEN



ABSTRACT

DETERMINATION OF COLD TOLERANCE OF NATIVE HYBRID ZOYSIA GRASS LINES

Oğuzhan ORUÇHAN

MSc Thesis in Agricultural Biotechnology

Supervisor: Prof. Dr. Faik KANTAR

Secondary Supervisor: Prof. Dr. Songül Sever MUTLU

February 2025; 75 pages

This study was conducted to determine the cold tolerance of 30 native hybrid Zoysia lines developed through a breeding program at Akdeniz University Faculty of Agriculture, along with six commercial cultivars (a total of 36 genotypes), under low-temperature conditions (0, -3, -6, -9, and -12 °C). The experiment was designed according to a completely randomized block design (with nine replications per genotype), using a total of 324 pots. Before the cold stress application, the plants were subjected to cold acclimation under controlled conditions at temperatures of 8/2 °C (day/night) for four weeks. Subsequently, they were exposed to cold stress at gradually decreasing temperatures down to -12 °C for 24 hours at each temperature level.

At each temperature level, measurements were taken for chlorophyll content (SPAD), leaf colour (L, a, b), chlorophyll fluorescence (Fv/Fm, PI/ABS), and cell membrane permeability (NES). Additionally, after the -6 and -12 °C treatments, the regeneration rates and overall turf quality of the plants were evaluated in the greenhouse over a four-week period. The results indicated that the -12 °C treatment caused severe damage and mortality in all genotypes. However, the cold-tolerant lines exposed to -6 °C were able to maintain their chlorophyll content and cell membrane integrity while demonstrating a high regeneration potential.

Significant differences were observed among genotypes regarding their ability to maintain cell membrane integrity and sustain photosynthetic activity under low-temperature conditions. In particular, the lines MJe116, MJ31, MJ34, MJ46, MJ73, MJ58, MJ62, MJ17, JM7, and MJ83 exhibited higher cold tolerance, whereas the genotypes OKC, JM35, MZ68, and SURVIVOR were found to be the most sensitive group. Consequently, it was concluded that the native hybrids capable of withstanding cold conditions down to -6 °C have the potential to maintain sustainable turf quality during the winter months.

KEYWORDS: Freezing Stress, Hybrid Grass, Low Temperature Stress, Turfgrass Breeding

COMMITTEE: Prof. Dr. Faik KANTAR
Assoc. Prof. Dr. Ceren SELİM
Assoc. Prof. Dr. Kamil ERKEN



ÖNSÖZ

Bu tez, yerli hibrit *Zoysia* çeşitlerinin düşük sıcaklık stresine karşı dayanıklılıklarını belirlemek amacıyla yapılmıştır. *Zoysia* çimleri, dünya genelinde başta subtropik iklim bölgeleri olmak üzere yaygın olarak kullanılan sıcak iklim çim bitkileridir. Ancak, bu türlerin ılıman karasal iklim kuşağında da kullanılabilmesi için düşük sıcaklık koşullarına dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışma, Akdeniz Üniversitesi Bahçe bitkileri Bölümü tarafından geliştirilen hibrit *Zoysia* çeşit adaylarının ve kontrol amacıyla dahil edilen ticari *Zoysia* çeşitlerinin düşük sıcaklık koşullarına dayanım durumlarını karşılaştırmalı olarak ortaya koymak üzere yürütülmüştür.

Tez çalışmam boyunca bana destek olan, bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan danışman hocalarım Prof. Dr. Faik Kantar ve Prof. Dr. Songül Sever Mutlu'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmanın aşamalarında bana katkıda bulunan Prof. Dr. Nedim Mutlu, Ahmet Karaçan, Andrea Slabutu, Bianca Hrostea ve Muhammet Mert Saygı'ya da ayrıca teşekkür ederim.

Oğuzhan ORUÇHAN

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	v
AKADEMİK BEYAN	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	3
3. MATERYAL VE METOT	7
3.1. Materyal.....	7
3.1.1. Bitkisel Materyaller	7
3.1.2. Çalışmanın Yürütüldüğü Deneme Alanı	8
3.1.3. Sera Çalışmaları.....	8
3.1.4. Yetiştirme Ortamı	9
3.1.5 Gübreleme.....	9
3.1.6. Ekipmanlar.....	9
3.1.7. Soğuk testleme (Büyütme) Odaları:	14
3.2. Metot	15
3.2.1. Bitkilerin hazırlanması.....	15
3.2.2. Sıcaklık ölçümleri.....	15
3.2.3. Gözlem ve Ölçüm Yöntemleri.....	16
3.2.4. Veri Analizi	20
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	21
4.1. Klorofil Ölçümleri (SPAD) Okumaları	21
4.2. Yaprak rengi (Chromameter) ölçümleri	26
4.2.1. L değeri.....	26
4.2.2. a değeri.....	30
4.2.3. b değeri	34
4.3. Klorofil Floresans Ölçümleri.....	39
4.3.1. FV/FM Değeri	39

4.3.2. PI/ABS değeri.....	43
4.4. Hücre membran Geçirgenlik (Elektriksel kondüktivite) Ölçümleri.....	48
4.1.1. NES Ölçümü.....	48
4.5. Rejenerasyon Oranı (RO) ve Gerçek Çim Kalitesi (GÇK) ölçümleri.....	53
4.6. Korelasyon analizi.....	57
4.7. Temel Bileşen Analizi (PCA).....	59
4.8. Yakınlık (Proximity) Analizi.....	64
5. SONUÇLAR	67
5.1. Genel Değerlendirme	67
5.2. Öneriler.....	68
6. KAYNAKLAR	70
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “**Yerli Hibrit Zoysia Çimi Hatlarının Düşük Sıcaklık Dayanımlarının Belirlenmesi.**” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

20/02/2025

Oğuzhan ORUÇHAN



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

a: Renk (kırmızı-yeşil eksen)

b: Renk (sarı-mavi eksen)

°C: Santigrat derece

FV/FM: Fotosistem II'nin maksimum kuantum verimliliği

L: Renk parlaklığı değeri

PI/ABS: Absorpsiyon başına performans indeksi

r: Korelasyon katsayısı

Kısaltmalar

%: Yüzde

g: Gram

GÇK: Gerçek Çim Kalitesi

NES: Hücre membran stabilitesi indeksi

P<0.05, P<0.001: İstatistiksel anlamlılık düzeyleri

RO: Regenerasyon Oranı

SP: Standart Sapma

SPAD: Yaprak klorofil ölçüm birimi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Çalışmanın yürütüldüğü deneme alanındaki soğuk testleme ünitesinin uydu görüntüsü.....	8
Şekil 3.2. Genotiplere ait sera görüntüsü	8
Şekil 3.3. Yetiştirme Ortamı	9
Şekil 3.4. Spad cihazı.....	10
Şekil 3.5. Chroma Meter cihazı	10
Şekil 3.6. Chroma Meter cihazı	11
Şekil 3.7. Konduktivite ölçer	11
Şekil 3.8. Mikro terazi	12
Şekil 3.9. Sera HOBO Data Logger.....	12
Şekil 3.10. Işık ölçüm cihazı.....	13
Şekil 3.11. Deney tüpleri	13
Şekil 3.12. Soğuk tesleme odası ikinci bölümü.....	14
Şekil 3.13. <i>Zoysia</i> Genotiplerin soğuk testlerinin yapıldığı kontrollü şartlarda kaydedilen ortam sıcaklık değerleri	16
Şekil 3.14. Kontrol serasında ortam sıcaklık değerleri	16
Şekil 4.1. SPAD değeri ortalamaları.....	25
Şekil 4.2. L değeri ortalamaları.....	30
Şekil 4.3. a değeri ortalamaları	34
Şekil 4.4. b değeri ortalamaları	38
Şekil 4.5. FV/FM değeri ortalamaları	42
Şekil 4.6. PI/ABS değeri ortalamaları.....	47
Şekil 4.7. NES değeri ortalamaları	52
Şekil 4.8. Rejenerasyon Oranı değeri ortalamaları	56
Şekil 4.9. Gerçek Çim Kalitesi değeri ortalamaları	56
Şekil 4.10. <i>Zoysia</i> genotip ve çeşitlerinin farklı sıcaklıklarda incelenen parametrelerin ilişkilerini gösteren Biplot grafiği	63
Şekil 4.11. <i>Zoysia</i> genotip ve çeşitlerinin -6 °C’de ölçülen parametreleri kullanılarak hesaplanan yakınlık dendrogram grafiği	66
Şekil 5.1. -12 °C uygulamasından sonra serada 1 ay bekleyen genotipler	67
Şekil 5.2. -6 °C uygulamasından sonra serada 1 ay bekleyen genotipler	68

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Denemede test edilen <i>Bermuda</i> ve <i>Zoysia</i> çim tür ve çeşitleri.....	7
Çizelge 3.2. Soğuk testleme odası PAR değerleri ortalaması.....	13
Çizelge 4.1. Soğuk ve don stresine tabi tutulan <i>Zoysia</i> genotiplerinde SPAD ölçümlerine ait varyasyon kaynakları tablosu.....	23
Çizelge 4.2. SPAD değeri ölçümleri.....	24
Çizelge 4.3. SPAD değerlerinin kontrole göre yüzde (%) değişimi.....	25
Çizelge 4.4. <i>Zoysia</i> genotiplerinde L değeri ölçümlerine ait varyasyon kaynakları tablosu	27
Çizelge 4.5. <i>Zoysia</i> genotiplerinde L değeri ölçümleri.....	28
Çizelge 4.6. <i>Zoysia</i> genotiplerinde L değerlerinin kontrole göre yüzde (%) değişimi ...	29
Çizelge 4.7. <i>Zoysia</i> genotiplerinde a değeri ölçümlerine ait varyasyon kaynakları tablosu	32
Çizelge 4.8. <i>Zoysia</i> genotiplerinde a değeri ölçümleri	32
Çizelge 4.9. <i>Zoysia</i> genotiplerinde a değerlerinin kontrole göre yüzde (%) değişimi....	33
Çizelge 4.10. <i>Zoysia</i> genotiplerinde b değeri ölçümlerine ait varyasyon kaynakları tablosu	36
Çizelge 4.11. <i>Zoysia</i> genotiplerinde b değeri ölçümleri	36
Çizelge 4.12. <i>Zoysia</i> genotiplerinde b değerlerinin kontrole göre yüzde (%) değişimi .	37
Çizelge 4.13. Soğuk ve don stresine tabi tutulan <i>Zoysia</i> genotiplerinde FV/FM değeri ölçümlerine ait varyasyon kaynakları tablosu.....	40
Çizelge 4.14. <i>Zoysia</i> genotiplerinde FV/FM değeri ölçümleri	40
Çizelge 4.15. <i>Zoysia</i> genotiplerinde FV/FM değerlerinin kontrole göre yüzde (%) değişimi	41
Çizelge 4.16. <i>Zoysia</i> genotiplerinde PI/ABS değeri ölçümlerine ait varyasyon kaynakları tablosu	44
Çizelge 4.17. <i>Zoysia</i> genotiplerinde PI/ABS değeri	45
Çizelge 4.18. <i>Zoysia</i> genotiplerinde PI/ABS değerlerinin kontrole göre yüzde (%) değişimi	46
Çizelge 4.19. <i>Zoysia</i> genotiplerinde NES Elektrokonduktivite değeri ölçümlerine ait varyasyon kaynakları tablosu	49
Çizelge 4.20. <i>Zoysia</i> genotiplerinde NES Elektrokonduktivite değeri ölçümleri.....	50
Çizelge 4.21. Soğuk ve don stresine tabi tutulan <i>Zoysia</i> genotiplerinde NES Elektrokonduktivite değerlerinin kontrole göre yüzde (%) değişimi.....	51
Çizelge 4.22. <i>Zoysia</i> genotiplerinde Rejenerasyon Oranı ve Gerçek Çim Kalitesi ölçümlerine ait varyasyon kaynakları tablosu.....	53
Çizelge 4.23. Soğuk ve don stresine tabi tutulan <i>Zoysia</i> genotiplerinde Rejenerasyon Oranı ve Gerçek Çim Kalitesi değeri ölçümleri.....	54
Çizelge 4.24. <i>Zoysia</i> genotiplerinde Rejenerasyon Oranı ve Gerçek Çim Kalitesi değerlerinin kontrole göre yüzde (%) değişimi.....	55

Çizelge 4.25. <i>Zoysia</i> genotip ve çeşitlerinin farklı sıcaklıklarda incelenen parametreler ile rejenerasyon oran (RO) ve Genel Çim Kalitesi (GÇK) arasındaki ilişkileri gösteren korelasyon katsayısı (r) değerleri	59
Çizelge 4.26. <i>Zoysia</i> genotip ve çeşitlerinin farklı sıcaklıklarda incelenen parametrelere(Öz) ait temel bileşen değerleri	61
Çizelge 4.27. <i>Zoysia</i> genotip ve çeşitlerinin farklı sıcaklıklarda incelenen parametrelere(Component) ait temel bileşen analizi değerleri	62



1. GİRİŞ

Zoysia çimleri (*Zoysia spp.*), dünya genelinde ev bahçeleri, parklar, golf ve spor sahalarında yaygın olarak kullanılan sıcak iklim çim bitkileridir (Beard, 1973). Bu cinsin üç türü; *Zoysia japonica*, *Zoysia matrella* ve *Zoysia pacifica* çim bitkisi olarak tercih edilmektedir (Engelke ve Anderson, 2003). *Zoysia japonica* türüne ait az sayıdaki tohumlu çeşit dışında, dünya genelinde kullanılan çeşitlerin çoğu, belirtilen türler arası melezlemelerle geliştirilmiş hibrit vejetatif çeşitlerden oluşmaktadır (Okeyo vd., 2011). Serin iklim çim türlerine kıyasla kuraklık, yüksek sıcaklık ve tuzluluk streslerine daha dayanıklı ve gölge koşullarında da başarılı olan *Zoysia* çimi çeşitlerine olan talep artmaktadır (Patton, 2006). Ancak, ülkemizde ticari olarak kullanılan çeşitlerin tamamı ithal edilmekte olup, bu çeşitlerin yüksek royalti bedelleri, *Zoysia* çiminin ülkemizde daha yaygın kullanımının önündeki önemli engellerden biridir.

Kurak ve yarı-kurak iklime sahip bölgelerde, yeşil alanlar için kullanılabilir sulama suyu kaynakları giderek azalmaktadır. Bu nedenle, kuraklık stresine dayanıklı ve yüksek adaptasyon yeteneğine sahip çim çeşitlerinin geliştirilmesi elzemdir (Loch vd., 2017). 2018-2021 yılları arasında Akdeniz Üniversitesi tarafından yürütülen bir proje kapsamında, *Zoysia* çiminde türler arası melezlemelerle kuraklığa dayanıklı, üstün çim performansına sahip hibrit vejetatif çeşit adayları geliştirilmiştir. Bu çeşit adaylarının düşük sıcaklık toleransı gibi çim bitkileri sektörü açısından önemli stres koşullarına dayanımlarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı, kuraklık dayanımına sahip yerli hibrit *Zoysia* çimi çeşit adaylarının düşük sıcaklık (soğuk ve don toleransı) stresine dayanımını belirlemektir. 10 °C altındaki sıcaklıklar, genetik yapı, tür ve çeşide bağlı olarak bitkilere zarar verebilmektedir (Patton ve Reicher, 2007).

Zarar şekilleri doğrudan zarar (yaprak renginde değişme, solgunluk, doku nekrozu), dolaylı zarar (hücre çeperinden özsuyu sızıntısı, besin elementi eksikliği, solunum bozukluğu, toksin birikmesi, proteinlerin parçalanması) ve ikincil stres zararları (su stresi, oksijen eksikliği) şeklinde ortaya çıkabilmektedir (Okeyo vd., 2011; Patton, 2006). Soğuk stresi, bitki gelişiminde gerileme, olgunlaşmanın gecikmesi ve tohum kalitesinin önemli ölçüde etkilenmesine neden olmaktadır (Pompeiano ve diğerleri, 2014). Soğuk zararları esas itibarıyla hücre zarlarının lipid yapısının bozulması, mitokondrilerde solunumun bozulması ve fotosentezin inhibe edilmesi yoluyla bitki gelişimini etkilemektedir (Patton vd., 2007).

Çeşit adaylarının düşük sıcaklıklara dayanım testleri, Akdeniz Üniversitesi'nde kontrollü koşullarda yürütülmüştür. Çalışmada, dört ticari *Zoysia* çim çeşidi ('El Toro', 'Empire', 'Cavalier' ve 'Zeon') ve iki ticari *Bermuda* çim çeşidi ('Okc' ve 'Survivor') olmak üzere toplam altı çeşit şahit olarak kullanılmıştır. Klonal olarak çoğaltılan ve saksılarda yetiştirilen 30 farklı hibrit çeşit adayı, ticari şahitleriyle birlikte -12 °C'ye kadar kademeli olarak düşürülen düşük sıcaklıklara maruz bırakılarak, soğuk stresi altında çim performansları ve don toleransları belirlenmiştir (Pompeiano vd., 2014; Patton vd., 2007).

Bu çalışma sonucunda, tescile konu olabilecek ilk yerli hibrit *Zoysia* çim çeşitlerinin düşük sıcaklıklara toleransı belirlenmiştir. Düşük sıcaklık koşulları stresine dayanım açısından ticari çeşitlere eşdeğer veya daha üstün performans gösteren yerli çeşitler, sürdürülebilir yeşil alanlar oluşturmak üzere ülkemizin farklı iklim koşullarına sahip bölgelerinde kullanılabilir. Ayrıca, bu çeşitler yabancı çeşitlere bağımlılığı ortadan kaldırabilir ve benzer iklime sahip pazarlarda ihracat potansiyeli sunabilir.



2. KAYNAK TARAMASI

Genetik çeşitlilik merkezi Asya olan *Zoysia* türleri, tropik, subtropik ve geçiş iklim bölgelerinde pek çok farklı yeşil alanda tercih edilen sıcak iklim çim bitkilerindendir (Duble, 1989). *Graminacea* (*Poaceae*) familyası, *Chloridoideae* altfamilyası altında sınıflandırılan bu cinsin 11 türü bulunduğu; bu türler arasında özellikle *Zoysia japonica* ‘Steud’ (Kore çimi veya Japon çimi), *Zoysia matrella* (L.) Merr. (Manila çimi) ve *Zoysia pacifica* (Goudswaard) M. Hotta & Kuroki (Maskeren çimi) gibi türlerin, çim ya da yer örtücü bitki olarak yaygın şekilde kullanıldığı belirtilmektedir (Patton vd., 2006; Engelke ve Anderson 2003).

Zoysia çimleri, oluşturdukları yüksek kaliteli çim dokusu sayesinde dünyada çok sayıda ülkede ev bahçeleri, parklar, spor alanları, at yarışı pistleri ve golf sahalarının fairway, tee ve green kısımlarında kullanılmaktadır (Beard 1973; Christians 2011; Richardson 2003). Kromozom sayısı $2n=4x=40$ olan bu bitkilerin temel kromozom sayısı $n(x=10)$ olarak raporlanmıştır (Engelke ve Anderson, 2003). *Zoysia* çimini geliştirmeye yönelik araştırmalar, özellikle köken aldığı Kore ve Japonya’nın yanı sıra başta ABD olmak üzere birçok ülkede sürmektedir (Christians 2011). Ticarete sunulan çeşitler, tohumlu ve vejetatif olmak üzere iki gruba ayrılmakta; nispeten az sayıdaki tohumlu çeşit ise çoğunlukla *Zoysia japonica* türünde tür içi melezlemeyle elde edilmiştir (Engelke ve Anderson, 2003). Daha yaygın olan vejetatif çeşitler hem aynı tür içinde hem de farklı türler arasında melezlenerek geliştirilmektedir. Örnek olarak, *Z. japonica* × *Z. pasifica* melezinden elde edilen ‘Emerald’ ve *Z. japonica* × *Z. matrella* melezinden türeyen ‘Z-3’, bu yöntemle ortaya çıkarılan hibrit çeşitlere örnek verilebilir (Engelke ve Anderson, 2003).

Z. japonica, Japon veya Kore çimi adıyla da bilinen ve 1895’te Amerika Birleşik Devletleri’ne girişiyle birlikte ıslah çalışmalarının başladığı en tanınmış *Zoysia* türüdür (Unruh vd., 2016). Stolon ve rizomları yardımıyla yavaş büyüme gösteren, çok yıllık bir çim olarak tanımlanan bu tür, *Z. matrella*’dan daha kaba stolon ve yaprak yapılarına sahiptir (Hitchcock ve Chase 1955; Anderson 2000; Patton 2006). *Z. japonica*’nın alana yerleşimi, sınırlı sayıdaki tohumlu çeşit haricinde çoğunlukla rulo çim, çim fidesi (plugging) ya da stolon/rizom parçaları (sprigging) yöntemiyle gerçekleştirilir.

California Riverside Üniversitesi’nde geliştirilen ve tohumla çoğaltılabilen ‘Zenith’ çeşidi, kaba yaprak dokusuna sahip örneklerden biri olsa da (Engelke ve Anderson, 2003), düşük çim kalitesi ve sınırlı tohum verimi nedeniyle ticari pazarda daha çok vejetatif çeşitler (‘El Toro’, ‘Meyer’, ‘Palisades’ vb.) öne çıkar (Christians ve Engelke 1994). Özellikle ‘Meyer’ gibi vejetatif çeşitlerin kullanımı, sıcak iklim çimi *Cynodon spp.* (Bermuda çimi) ve serin iklim çimi *Poa pratensis*’e (çayır salkım otu) alternatif olarak ABD’de yaygınlık kazanmıştır (Dunn, 1991).

Bu popülerite, yüksek sıcaklık, kuraklık ve soğuk toleransı sayesinde geniş bir coğrafyaya adaptasyon sağlanabilmesinden kaynaklanır (Patton 2009). Aynı zamanda

diğer sıcak iklim çimlerine kıyasla kışın düşük sıcaklıklara dayanımının oldukça iyi olması, *Z. japonica*'yı birçok bölgede tercih edilir kılmaktadır (Patton, 2009). Çeşitler arasında farklılıklar olmasına rağmen, *Z. japonica*'nın tuz stresine genelde “orta düzeyde” tolere ettiği belirtilir (Beard vd., 2005; Patton, 2009; Marcum vd., 1995).

Alanda hızlı yerleşimi, kuraklık ve düşük sıcaklık dayanımı güçlü yönleri olarak görülürken, daha kaba dokusu ve diğer *Zoysia* türlerine göre nispeten düşük kalitesi geliştirilmesi beklenen özelliklerdendir (Engelke ve Anderson, 2003).

Z. japonica ve *Z. matrella* için tür içi melezleme yoluyla çeşit geliştirildiği gibi, bu iki türün kontrolsüz veya kontrollü tozlaşmasından elde edilen hibritler de yaygın şekilde kullanılmaktadır (Engelke ve Anderson, 2003). ‘Z-3’ örneğinde olduğu gibi, *Z. japonica* × *Z. matrella* melezleri, her iki türe ait avantajlı özellikleri bünyesinde toplayabilir. *Z. japonica*'nın hızlı yayılma, soğuğa ve kuraklığa dayanım gibi olumlu özellikleri, *Z. matrella*'nın ince yaprak dokusu, iyi çim kalitesi ve tuz/gölge toleransı ile birleştiğinde hibrit *Zoysia* çimlerinde çok yüksek performans elde edilebilmektedir (Forbes, 1952; Hong, 1985; Okeyo vd., 2011).

Bu tezde ele alınan yerli hibrit *Zoysia* adaylarının da benzer melezleme çalışmalarına dayandığı, Akdeniz Üniversitesi bünyesinde geliştirildiği ve yüksek kuraklık dayanımı ile kaliteli çim dokusunu bir arada sunabilecekleri, böylece farklı stres koşullarına dayanma potansiyeli taşıdıkları ifade edilmektedir (Engelke ve Anderson, 2003; Okeyo vd., 2011).

Zoysia çimleri, Hatch-Slack (C4) fotosentetik mekanizmasına sahip sıcak iklim çim bitkileridir. Yaklaşık 27-35 °C aralığında optimum gelişme gösterirler ve serin iklim çimlerinden yaklaşık 10 °C daha yüksek sıcaklıklarda en iyi büyümeyi sergilerler (Leegood, 1993). Yaz aylarında aşırı sıcaklığa maruz kalan bölgelerde rahatça gelişebilen bu çimler, aynı zamanda sıcak iklim çimleri içinde kışın düşük sıcaklıklara karşı en toleranslı olanlardan sayılır (Pompeiano vd., 2014).

Zoysia türleri arasında soğuk dayanımı bakımından farklar vardır. *Z. japonica* bu konuda en dayanıklı tür iken (Loch vd., 2017), *Z. matrella* sıfırın altındaki sıcaklıklarda daha hassas kalabilmektedir (Forbes ve Ferguson, 1947; Patton ve Reicher 2007). *Z. japonica*, kış aylarında erken dormansiye girse de (Sifers vd., 1992; Pompeiano vd., 2014) bu durum, dona ve çok düşük sıcaklıklara karşı koruyucu bir mekanizma olarak değerlendirilmektedir (Patton, 2009).

Öte yandan subtropik bölgelerde yıl boyu yeşil kalma isteği, uzun dormansi süresini dezavantaja dönüştürebilir. Bu yüzden kışın yeşil kalma özelliği, ıslah programlarında önemli bir hedef hâline gelmiştir (Anderson vd., 2002; Patton ve Reicher, 2007). Dormansiye giren *Zoysia* çimleri, metabolik aktivitelerini yavaşlatır ve yapraklarda klorofil parçalanması sonucunda saman sarısı veya bronz renge bürünür

(Beard, 1973). İlkbaharda ortalama 10 °C üstüne çıkan sıcaklıklarla birlikte, stolon ve rizomlardaki meristematik dokular tekrar aktifleşir (Beard, 1973).

Kore ve Japonya gibi bazı ülkelerde kışın kahverengileşen çim örtüsü estetik açıdan kabul görse de subtropik iklimlerde aktif çim kullanımı arzu edildiği için bu renk değişimi istenmez (Anderson vd.,1993, 2007; Maier vd.,1994; Anderson ve Wu 2011). Üst ekim (overseeding) veya gübreleme gibi yöntemlerle yeşilliği uzatma mümkün olsa da maliyet veya don hasarı riski artabilir (Hurley vd., 1989). Dolayısıyla, kış boyunca yeşil kalan ancak aynı zamanda soğuk ve don zararına karşı da direnç gösterebilen çeşitler üzerinde yoğunlaşılması önemli görülmektedir (Patton, 2009).

Soğuk ve dona dayanım mekanizmaları *Zoysia*'da tam anlamıyla aydınlatılmamış olsa da bazı dayanıklı çeşitlerin özel kriyoprotektif proteinler ve yüksek prolin/şeker birikimi gibi faktörlerle korunabildiği öne sürülmüştür (Patton vd., 2007a, 2007b). Elektrolit Sızıntı (Electrolyte Leakage) ve rejenerasyon gibi yöntemler don hasarını değerlendirmede kullanılırken (Balasubramanian, 2002; Gao vd., 2009; Kamps vd., 1987), klorofil floresansı ve renk skoru gibi ölçümler de ek kriterler olarak yer almaktadır.

Bir yandan *Z. japonica*'ya göre kışın yeşil kalma potansiyeli daha yüksek olan *Z. matrella*, soğuk bölgelerde yetersiz kalabilir. Diğer yandan kış donlarına iyi dayanabilen *Z. japonica*, daha uzun dormansi süresiyle subtropik iklimlerde avantaj kaybı yaşayabilir (Chandra vd., 2017; Okeyo vd., 2011). Bu durum, her iki türün hibritlenmesiyle oluşturulan çeşitlerin geliştirilmesine zemin hazırlamıştır. Bazı yerli *Zoysia* hibrit adaylarının Antalya'da gözlenen kısa veya hiç dormansiye girmeyen karakterleri, subtropik iklim kuşağında “her dem yeşil” potansiyeli taşıdıklarını göstermektedir.

Ancak bu adayların 0 °C altında düşük sıcaklıklara dayanıklılık düzeyleri henüz bilinmemektedir. Geçiş ve karasal iklimlerde kullanım imkânları, don toleranslarının belirlenmesiyle ortaya konabilecektir. Nitekim Akdeniz Üniversitesi'nde daha önceki projelerde geliştirilen adayların düşük sıcaklıkta dayanım durumları bu tez kapsamında incelenmiş ve ticari şahit çeşitlerle kıyaslanarak hangi koşullarda kullanılabilecekleri saptanmaya çalışılmıştır.

Düşük sıcaklık (0-10 °C) bitkilerde yaprak renginde solgunluktan metabolik dengedeki bozulmaya kadar pek çok zarara neden olabilir (Levitt, 1980; Jones, 1992). Özellikle 0 °C altına inildiğinde hücre içi ve hücreler arası sıvı donarak membran yapısını zedeleyebilir, dokularda ani ölüm meydana gelebilir (Lutaktin vd., 2012; Balasubramanian vd., 2004). Soğuğa yavaş yavaş maruz kalma hâlinde bitkiler aklimatizasyonla kendilerini koruyacak yapıları güçlendirirler (Allard vd., 1998; Fujikawa vd., 1999; Hirt ve Shinozaki, 2004).

Bu bağlamda, *Z. japonica* gibi don toleransı yüksek türler ile *Z. matrella* gibi kışın yeşil rengini daha uzun koruyabilen türlerin melezlenmesi, soğuk stresine dirençli ancak erken dormansiye girmeyen çeşitlerin geliştirilmesine olanak tanımaktadır (Patton ve

Reicher, 2007). Aynı yöntemle Akdeniz Üniversitesi'nde elde edilen yerli *Zoysia* çeşit adaylarının don ve soğuk dayanımının test edilmesi ile, bu çimlerin geçiş ve karasal iklim bölgelerindeki potansiyel kullanımını yaygınlaştırabilir.



3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Bu çalışma, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi süs bitkileri serası ve Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü'ne ait soğuk testleme ünitesinde Şubat 2023- Ağustos 2023 tarihleri arasında yürütülmüştür. Araştırmanın amacı, *Zoysia* türlerine ait Akdeniz Üniversitesi'nde geliştirilen yerli hibrit çeşitlerin ve ticari çeşitler ile düşük sıcaklık stresine karşı dayanıklılıklarını belirlemektir. Çalışma, serada yetiştirilen bitkilerin soğuk odada düşük sıcaklık stresine maruz bırakılmadan önceki ve sonraki durumlarını karşılaştırarak, düşük sıcaklık altındaki performanslarına göre farklı iklim bölgelerinde kullanım için tavsiye edilebilecek yerli çeşit adaylarının belirlenmesine katkıda bulunmayı hedeflemiştir.

3.1.1. Bitkisel Materyaller

Bu çalışmada, *Zoysia* cinsine ait 34 farklı *Zoysia* çimi çeşidi kullanılmış olup bunların 4 tanesi şahit olarak kullanılan ticari çeşit olup, geri kalan 30 tanesi Akdeniz Üniversitesi'nde geliştirilen yerli hibrit çeşit adaylarıdır. Çalışmada ayrıca kıyas amacıyla yine bir sıcak iklim çim türü olan *Bermuda* (*Cynodon dactylon*) çimine ait iki çeşit (Survivor ve Tahoma) ise dış kontrol olarak kullanılmıştır (Çizelge 3.1). Belirtilen çeşitlerin klonal olarak çoğaltılmış köklü rulo çim (5 cm çapında) çalışmada kullanılmıştır.

Çizelge 3.1. Denemede test edilen *Bermuda* ve *Zoysia* çim tür ve çeşitleri

No	Genotip	Tür	Özellik	No	Genotip	Tür	Özellik
1	OKC (Tahoma)	<i>Bermuda</i>	Ticari çeşit	19	MJ30	<i>Zoysia</i>	Çeşit adayı
2	Survivor	<i>Bermuda</i>	Ticari çeşit	20	MJ31	<i>Zoysia</i>	Çeşit adayı
3	Cavalier	<i>Zoysia</i>	Ticari çeşit	21	MJ34	<i>Zoysia</i>	Çeşit adayı
4	Empire	<i>Zoysia</i>	Ticari çeşit	22	MJ46	<i>Zoysia</i>	Çeşit adayı
5	Zeon	<i>Zoysia</i>	Ticari çeşit	23	MJ47	<i>Zoysia</i>	Çeşit adayı
6	El Toro	<i>Zoysia</i>	Ticari çeşit	24	MJ58	<i>Zoysia</i>	Çeşit adayı
7	JM21	<i>Zoysia</i>	Çeşit adayı	25	MJ59	<i>Zoysia</i>	Çeşit adayı
8	JM32	<i>Zoysia</i>	Çeşit adayı	26	MJ62	<i>Zoysia</i>	Çeşit adayı
9	JM35	<i>Zoysia</i>	Çeşit adayı	27	MJ68	<i>Zoysia</i>	Çeşit adayı
10	JM7	<i>Zoysia</i>	Çeşit adayı	28	MJ73	<i>Zoysia</i>	Çeşit adayı
11	JMe50	<i>Zoysia</i>	Çeşit adayı	29	MJ77	<i>Zoysia</i>	Çeşit adayı
12	MJ100	<i>Zoysia</i>	Çeşit adayı	30	MJ78	<i>Zoysia</i>	Çeşit adayı
13	MJ103	<i>Zoysia</i>	Çeşit adayı	31	MJ79	<i>Zoysia</i>	Çeşit adayı
14	MJ106	<i>Zoysia</i>	Çeşit adayı	32	MJ83	<i>Zoysia</i>	Çeşit adayı
15	MJ13	<i>Zoysia</i>	Çeşit adayı	33	MJ88	<i>Zoysia</i>	Çeşit adayı
16	MJ17	<i>Zoysia</i>	Çeşit adayı	34	MJ92	<i>Zoysia</i>	Çeşit adayı
17	MJ207	<i>Zoysia</i>	Çeşit adayı	35	MJe116	<i>Zoysia</i>	Çeşit adayı
18	MJ26	<i>Zoysia</i>	Çeşit adayı	36	MZ68	<i>Zoysia</i>	Çeşit adayı

3.1.2. Çalışmanın Yürütüldüğü Deneme Alanı

Deneme, Akdeniz Üniversitesi Ziraat fakültesine ait Süs bitkileri serası ve Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü'ne ait soğuk testleme ünitesinde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, serada yetiştirilen bitkiler, soğuk oda koşullarına taşınarak düşük sıcaklık stresine maruz bırakılmıştır. Soğuk testlemeleri sonrası bitkiler, seraya taşınarak geri gelme/ rejenerasyon parametreleri değerlendirilmiştir.



Şekil 3.1. Çalışmanın yürütüldüğü deneme alanındaki soğuk testleme ünitesinin uydu görüntüsü

3.1.3. Sera Çalışmaları

Serada, 36 çim çeşidine ait 9 tekerrür toplamda 324 rulo çim saksılar içinde yetiştirilerek denemeye hazır hale getirilmiştir. Seradaki bitkiler, olgunlaşma ve güçlü kök gelişimi için serada yaklaşık 4 ay boyunca doğal ışık ve sıcaklık koşulları altında büyütülmüştür. Bu süre zarfında, bitkilerin sağlıklı gelişimini desteklemek için düzenli bakım işlemleri gerçekleştirilmiştir., Bu bitkiler, soğuk odada gerçekleştirilen düşük sıcaklık uygulamaları altında çim performanslarının belirlendiği denemelerde kullanılmıştır.



Şekil 3.2. Genotiplere ait sera görüntüsü

3.1.4. Yetiştirme Ortamı

Çalışma bitkilerin kök gelişimini destekleyecek şekilde 12 cm x 10 cm ebatlarına sahip plastik saksılar içinde yürütülmüştür. Saksıların tabanı, drenajı sağlamak amacıyla delikli yapıda olup tabanlarına drenaj malzemesi yerleştirilmiştir. Bitkilerin sağlıklı gelişimini desteklemek amacıyla yetiştirme ortamı olarak 3:1:1 oranında torf, perlit ve vermikülit kullanılmıştır.



Şekil 3.3. Yetiştirme Ortamı

3.1.5 Gübreleme

Araştırmada 18N-18P2O5-18K2O+TE içeren kompoze gübre (Nutrifol) kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan çeşitlere ait rulo çimler saksılara şaşırtıldıktan itibaren haftada bir ortalama 2.5 g Nm² oranında 10 hafta boyunca düzenli olarak verilmiştir.

3.1.6. Ekipmanlar

Bu çalışmada, bitkilerin soğuk stresine karşı fizyolojik ve biyokimyasal tepkilerini detaylı bir şekilde değerlendirebilmek için çeşitli ölçüm cihazları ve laboratuvar ekipmanları kullanılmıştır. Kullanılan ekipmanlar ve işlevleri aşağıda listelenmiştir:

3.1.6.1 Klorofilmetre (Konica Minolta SPAD-502 Plus)

Yaprak klorofil içeriğinin hızlı ve doğru bir şekilde belirlenmesi amacıyla kullanılmıştır, bu cihaz, soğuk stresinin fotosentetik pigmentler üzerindeki etkilerini değerlendirmek için önemlidir.



Şekil 3.4. Spad cihazı

3.1.6.2 Renk Ölçer (Minolta Chroma Meter CR-400)

Yaprak rengi parametrelerini ölçmek ve genotipler arasındaki renk farklılıklarını analiz etmek için kullanılmıştır, Cihaz, Lab* renk skalasına dayalı ölçüm yapmaktadır.



Şekil 3.5. Chroma Meter cihazı

3.1.6.3 Klorofil Fluorometresi (Pocket PEA, Hansatech Instruments)

Fotosistem II verimliliğini ve bitkilerin klorofil floresans dinamiklerini ölçmek için kullanılmıştır, Cihaz, bitkilerin fotosentetik performansını değerlendirmede kritik bir rol oynamıştır.



Şekil 3.6. Chroma Meter cihazı

3.1.6.4 Konduktivite Ölçer (ISOLAB pH-m,k,Cond,TDS,DO)

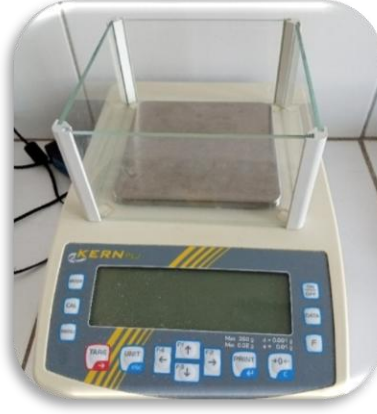
Hücre membran geçirgenlik testi kapsamında, soğuk stresine bağlı elektrolit sızıntısını değerlendirmek için kullanılmıştır.



Şekil 3.7. Konduktivite ölçer

3.1.6.5 Mikro Terazı (KERN PLJ 360-3CM)

Alınan örneklerin hassas tartımı için kullanılmıştır.



Şekil 3.8. Mikro terazi

3.1.6.6 Sıcaklık ve Nem Kayıt Cihazı (HOBO Data Logger)

Soğuk oda ve sera koşullarındaki sıcaklık ve nem değişimlerini hassas bir şekilde izlemek ve kaydetmek için kullanılmıştır.



Şekil 3.9. Sera HOBO Data Logger

3.1.6.7 Işık Ölçüm Cihazı (Apogee Instruments Quantum Flux)

Soğuk odada bitkilere yapay aydınlatma kaynağından sağlanan ışık yoğunluğunu ölçmek/teyit etmek amacıyla kullanılmıştır.



Şekil 3.10. Işık ölçüm cihazı

Çizelge 3.2. Soğuk testleme odası PAR değerleri ortalaması

PAR DEĞERLERİ			
05.08.2024	12.08.2024	19.08.2024	22.09.2024
169	210	165	312

3.1.6.8 Deney Tüpleri

Elektrokonduktivite testlerinde kullanılan yaprak örneklerinin inkübasyonu için özel olarak numaralandırılmış deney tüpleri kullanılmıştır.



Şekil 3.11. Deney tüpleri

Kullanılan tüm ekipmanlar, denemelerin doğruluğunu ve tekrarlanabilirliğini sağlamak amacıyla düzenli olarak kalibre edilmiş ve talimatlara uygun şekilde kullanılmıştır. Cihazların doğru ve etkin kullanımı, elde edilen verilerin güvenilirliğini artırmıştır.

3.1.7. Soğuk testleme (Büyütme) Odaları

Çalışma kapsamında, bitkilerin düşük sıcaklık stresine tepkilerini değerlendirmek amacıyla kullanılan büyütme odası tamamen kontrollü bir soğuk oda sisteminden oluşmaktadır. Soğuk oda, farklı sıcaklık kademelerinde yapılan uygulamalar için özel olarak tasarlanmış üç ayrı bölmeden oluşmaktadır:

3.1.7.1. Birinci Bölme

Ortalama 18°C-20°C civarında tutulan bu alan, ölçümlerin ve analizlerin gerçekleştirildiği bir ortam olarak kullanılmıştır. Bitkiler, ölçüm veya analiz sırasında bu bölmeye taşınmış ve işlemler tamamlandıktan sonra deney koşullarına geri döndürülmüştür. Ölçüm cihazlarının yer aldığı bu bölüm, deneme sırasında hassas veri toplama için ayrılmıştır.

3.1.7.2. İkinci Bölme

Denemelerin ana çalışma alanını oluşturan bu bölümde sıcaklık, -6°C'ye kadar kademeli olarak düşürülebilmektedir, -6°C uygulamaları, soğuk stresi testleri sırasında bu bölümde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.12. Soğuk tesleme odası ikinci bölümü

3.1.7.3. Üçüncü Bölme

Daha düşük sıcaklık tolerans testlerinin gerçekleştirildiği bu alanda sıcaklık -12°C'ye kadar düşürülebilmektedir, -9°C ve -12°C uygulamaları, soğuk stresi testleri sırasında bu bölümde gerçekleştirilmiştir.

Soğuk odada sıcaklık, ışık yoğunluğu ve nem koşulları hassas bir şekilde kontrol edilmiş, bu da genotiplerin düşük sıcaklık stresine dayanıklılığını detaylı bir şekilde analiz etme imkânı sağlamıştır. Her sıcaklık kademesinde alınan ölçümler, bitkilerin soğuk stresine karşı gösterdiği tepkileri karşılaştırmalı olarak değerlendirmek amacıyla kaydedilmiştir.

3.2. Metot

3.2.1. Bitkilerin hazırlanması

Araştırmada kullanılan tüm ticari çeşit ve yerli çeşit adaylarına ait rulo çimler Şubat 2023'te klonal çoğaltma yoluyla elde edilmiştir. Her saksıya yaklaşık 5 cm çapındaki 1 adet köklü rulo çim şaşırtılmıştır. Sera ortamında yetişen bitkilerin su stresine girmesini engelleyecek şekilde düzenli sulama ile saksı ortamında sürekli nem sağlanmıştır. Bitkilerin sürgün uzunluklarının yaklaşık üçte biri, haftalık olarak düzenli olarak kesilmiş ve gübreleme yapılmıştır. Düzenli bakım altında bitkilerin soğuk stresi uygulamaları başlatılmadan önce güçlü bir kök ve sürgün geliştirmeleri ve tam yüzey (%100) kaplama oranına ulaşmaları sağlanmıştır.

3.2.2. Sıcaklık ölçümleri

Deney, tamamen rastgele bloklar düzeninde gerçekleştirilmiştir. Rulo çimler saksıya şaşırtıldıktan yaklaşık 10 hafta sonra (Temmuz 2023), soğuk uygulamalar için her bir çeşide ait serada yetiştirilen 9 tekerrürün 6'sı soğuk odaya taşınmış ve burada uygulanan alıştırma süreci sonunda düşük sıcaklık stresine maruz bırakılmıştır. Her bir çeşit/çeşit adayına ait geriye kalan 3 tekerrür ise serada kontrol grubu olarak bırakılmıştır.

3.2.2.1. Alıştırma Dönemi

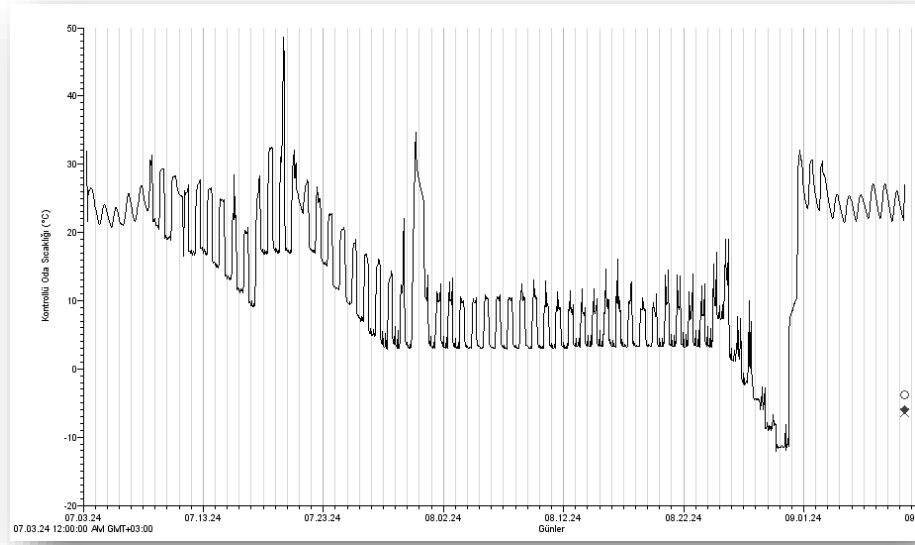
Düşük sıcaklık testlemeleri başlatılmadan önce , bitkiler kademeli olarak toplam 45 (15 + 30) günlük bir alıştırma dönemine tabi tutulmuştur. Bu süreçte başlangıçta gündüz 30°C olan sıcaklık, kademeli olarak 15 gün içerisinde, kontrollü bir şekilde 8°C'ye; gece 20°C olan sıcaklık ise 2°C'ye indirilmiştir. Alıştırma döneminin ikinci aşamasında ise, bitkiler 8°C gündüz ve 2°C gece sıcaklıklarında toplam 4 hafta boyunca tutulmuştur. Bu süreç, genotiplerin düşük sıcaklık stresine uyum sağlaması ve sonraki sıfırın altındaki sıcaklık uygulamalara hazır hale gelmesi için kritik bir ön hazırlık aşaması olmuştur.

3.2.2.2. Düşük Sıcaklık Uygulamaları

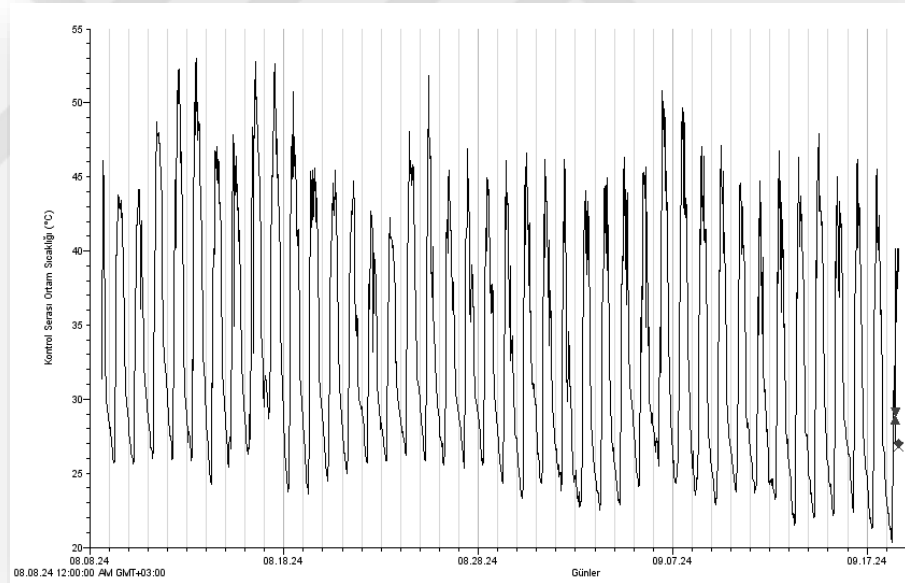
Alıştırma döneminin ardından, genotiplerin farklı sıcaklık seviyelerine toleranslarını değerlendirmek amacıyla düşük sıcaklık uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Sıcaklık, 8°C'den başlayarak kademeli olarak 0°C, -3°C, -6°C, -9°C ve -12°C'ye düşürülmüştür (Şekil 3.12). Her kademede bitkiler 24 saat tutulmuş ve ardından soğuk stresine verdikleri tepkiler düzenli olarak izlenmiş ve kayıt altına alınmıştır.

3.2.2.3. Yeniden Büyüme Dönemi

-6°C ve -12°C uygulamalarına maruz kalan bitkiler 24 saatlik bir zaman diliminde kontrollü bir şekilde 0°C ve ardından 20°C'ye alıştırılmış ve daha sonra seraya taşınmıştır. Sera koşullarına (Şekil 3.13) alınan bitkilerin stres sonrası rejenerasyon (yeniden büyüme) özelliklerine ait parametreleri gözlemlenmiştir.



Şekil 3.13. *Zoysia* Genotiplerin soğuk testlerinin yapıldığı kontrollü şartlarda kaydedilen ortam sıcaklık değerleri



Şekil 3.14. Kontrol serasında ortam sıcaklık değerleri

3.2.3. Gözlem ve Ölçüm Yöntemleri

3.2.3.1. Klorofil Ölçümleri (SPAD Okumaları)

Klorofil ölçümleri (SPAD okumaları), yapraklardaki klorofil düzeyini hızlı ve güvenilir biçimde ortaya koyarak fotosentetik aktivite hakkında fikir verir (Konica Minolta, 2009; Uddling vd., 2007). *Zoysia* genotiplerinde düşük sıcaklığın klorofil yıkımına veya sentezinde aksamalara neden olabileceği dikkate alındığında, elde edilen

SPAD sonuçları soğuk stresine tolerans düzeyinin belirlenmesinde yardımcı olur (Arnon, 1949; Porra, 2002).

Soğuk koşullara maruz kalan genotiplerde yüksek SPAD değeri korunuyorsa, bu genotiplerin klorofil yapısını veya koruyucu sistemlerini daha etkili biçimde sürdürebildikleri düşünülür. Her tekerrürde üç farklı noktadan seçilen yapraklardan ölçüm alınarak bir ortalama değer hesaplanmıştır. Ölçümler, düşük sıcaklık uygulamalarının hemen ardından gerçekleştirilmiş ve çeşitlerin klorofil içerikleri kontrol gruplarıyla karşılaştırılmıştır. Elde edilen veriler istatistiksel analizlerle incelenerek, kontrol ve stres uygulamaları arasındaki farklar ortaya konmuştur. Genotiplerin düşük sıcaklık stresine karşı klorofil içeriklerini koruma kapasitelerini değerlendirmek amacıyla kaydedilmiş ve istatistiksel analizlere tabi tutulmuştur (Taiz ve Zeiger, 2010).

3.2.3.2. Yaprak Rengi Ölçümleri

Yaprak rengi ölçümleri, *Zoysia* çimi çeşit adaylarının düşük sıcaklık stresine karşı gösterdikleri yapısal ve görsel tepkileri ortaya koymak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, renk parametreleri L (açıklık), a (kırmızı-yeşil eksen) ve b (sarı-mavi eksen) değerleri dikkate alınarak bitkilerin renk pigmentasyonlarında soğuk koşullara bağlı olarak oluşabilecek değişimler sayısal olarak belirlenmiştir (Konica Minolta, 2009).

L değeri, yaprağın ne kadar parlak veya koyu görüldüğünü yansıtır. Bu değer yükseldiğinde yaprak daha açık ya da solgun bir görünüme büründüğünü; düştüğünde ise daha koyu renkte kaldığını veya pigment yoğunluğunu koruduğunu gösterir. a değeri arttığında kırmızımsı, azaldığında ya da negatife döndüğünde ise yeşil tonunun baskınlaştığı anlaşılır. b değeri pozitif yönde arttığında sarı tonlarında yoğunlaşma, azaldığında ya da negatife geçtiğinde mavi/yeşil tonlarına kayma meydana gelir (Hoel, 2003). Düşük sıcaklık stresi altında bu parametrelerde gözlenen ani yükselmeler, yaprak renginin açıldığı veya sarımsı/soluk görüldüğü şeklinde yorumlanarak stres göstergesi olarak kabul edilebilir.

Ölçümler, yaprağın ortasından belirlenen tek bir noktadan alınmış ve tüm çeşitlerde aynı koşullar sağlanarak tutarlılık korunmuştur. Elde edilen veriler, düşük sıcaklık stresinin yarattığı pigment kaybı veya yapısal değişikliklerin kısa sürede tespit edilerek ilgili genotiplerin stres altında nasıl davrandığı ortaya konmuştur (Uddling vd., 2007). Genotiplerin düşük sıcaklık stresine karşı renk değişimlerini ne derece koruyabildiğini ya da değişime uğradığını belirlemek amacıyla kaydedilmiş ve istatistiksel analizlerle değerlendirilmiştir.

3.2.3.3. Klorofil Floresans Ölçümleri

Klorofil floresans ölçümleri, *Zoysia* çimlerinin düşük sıcaklık stresine karşı fotosentetik performansını değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiş ve bu kapsamda fotosistem II'nin verimliliğini ve enerji dönüşüm kapasitesini yansıtan Fv/Fm (maksimum kuantum verimi) ile PI/ABS (performans indeksi) değerleri incelenmiştir (Maxwell ve Johnson, 2000; Baker, 2008; Strasser vd., 2004).

Fv/Fm değeri, sağlıklı bitkilerde fotosistem II'nin maksimum verimliliğini gösterir. Bu değer düşük sıcaklık stresine bağlı olarak belirgin şekilde azalması,

fotosistem II'nin yapısal veya işlevsel zarar gördüğünün, dolayısıyla fotosentetik performansın gerilediğinin bir işaretidir. PI/ABS ise yalnızca fotosistem II değil, aynı zamanda fotosistem I'in de işlevselliğini içeren bütünleştirici bir göstergedir. Bu parametrenin yüksek kalması, emilen fotonların reaksiyon merkezlerinde verimli şekilde kullanıldığını, elektron taşınmasının sorunsuz ilerlediğini ve genel fotosentetik kapasitenin korunduğunu belirtir. Düşük sıcaklık koşulları altında Fv/Fm ve PI/ABS değerlerinin yüksekliğini koruması, ilgili genotipin stres koşullarıyla baş edebildiğini ve fotosentetik mekanizmayı büyük ölçüde sürdürebildiğini gösterir. Buna karşılık, bu değerlerde görülen kayda değer azalmalar, reaksiyon merkezlerinin zarar gördüğünü, elektron taşıma etkinliğinin azaldığını veya genel enerji dönüşüm kapasitesinin düştüğünü ifade eder (Baker, 2008; Maxwell ve Johnson, 2000).

Klorofil floresans ölçümlerinde her tekerrürde olgun ve sağlıklı yapraklar kullanılmıştır. Ölçümler, çeşitlerin düşük sıcaklık koşullarında fotosentetik performanslarını karşılaştırmak için kontrol gruplarıyla değerlendirilmiştir. Her ölçüm, aynı protokoller takip edilerek tutarlılık sağlanmıştır. Elde edilen veriler, çeşit adaylarının düşük sıcaklık stresine karşı fotosentetik etkinliklerini ne derece koruyabildiğini ve bu süreçte fotosistem II'nin etkinliğini nasıl sürdürebildiğini belirlemek amacıyla analiz edilmiştir. Bu ölçümler, genotiplerin düşük sıcaklık stresine dayanıklılıklarını değerlendirirken fotosentetik mekanizmaları hakkında önemli bilgiler sunmuş ve genotiplerin dayanıklılık seviyelerinin belirlenmesinde kritik bir rol oynamıştır (Strasser vd., 2004).

3.2.3.4. Hücre Membran Geçirgenlik (Elektriksel kondüktivite) Testi Ölçümleri

Hücre membran geçirgenlik ölçümleri, *Zoysia* çimlerinin düşük sıcaklık stresine maruz kaldıklarında hücresel bütünlüklerini ve zar stabilitesini ne ölçüde koruyabildiklerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bu ölçümlerde yaygın olarak kullanılan elektriksel kondüktivite testi, hücre zarlarında oluşan hasarı ve buna bağlı iyon sızıntısını nicel olarak değerlendirme olanağı sunmaktadır (Lutakin, 2012; Blum, 1988; Sullivan ve Ross, 1979).

Denemede, her genotipten 10 gramlık yaprak ucu örnekleri alınmış; önceden etiketlenmiş tüplere belirli bir miktar (x ml) saf su eklenerek örnekler beş saat oda sıcaklığında bekletilmiştir. Ardından ilk elektriksel kondüktivite ölçümü (25°C kondüktivite, E1) alınmış; daha sonra tüpler 100°C sıcaklıktaki su banyosunda bir saat bekletilerek hücre zarlarının tamamen parçalanması sağlanmıştır. Soğutmanın ardından ikinci ölçüm (100°C kondüktivite, E2) kaydedilmiştir.

Elde edilen 25°C (E1) ve 100°C (E2) kondüktivite değerleri üzerinden NES (% geçirgenlik oranı) formülü ($NES = [E1/E2] \times 100$) ile hesaplanmıştır. Bu oran, düşük sıcaklık stresine karşı hücre zarlarının bütünlüğünü koruyabilme derecesini yansıtmaktadır. NES değerinin nispeten düşük olması, ilk ölçümde (25°C) ortama sızan iyon miktarının toplam iyon miktarına (100°C) oranla az olduğunu, yani membran hasarının daha sınırlı kaldığını gösterir. Bu durum, hücrenin zar stabilitesini ve bütünlüğünü soğuğa rağmen daha iyi koruduğuna işaret eder. Öte yandan, NES değerinin yüksek olması, düşük sıcaklıkta iyon sızıntısının ciddi boyutlara ulaştığını ve zar hasarının daha fazla olduğunu gösterir (Lutakin, 2012).

Her ölçüm sırasında, çeşitler arasındaki farkları anlamak için altı farklı tekerrür kullanılmış ve kontrol gruplarıyla kıyaslama yapılarak iyon sızıntısı düzeylerinin istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterip göstermediği değerlendirilmiştir. Ayrıca, sadece saf su içeren kontrol tüpleri, cihazın doğru çalıştığını kontrol etmek amacıyla aynı prosedürden geçirilmiştir. Bu oran, çeşitlerin düşük sıcaklık stresine karşı hücre zarlarını ne derece koruyabildiğini değerlendirmek için kritik bir veri sağlamıştır. Veriler, genotiplerin membran bütünlüklerini koruma kapasitelerini istatistiksel analizlerle değerlendirmek üzere kaydedilmiştir. Bu ölçümler, düşük sıcaklık stresinin çeşitlerin hücre zarları üzerindeki etkilerini anlamak ve dayanıklı genotipleri belirlemek için önemli bir rehber oluşturmuştur (Blum, 1988; Sullivan ve Ross, 1979).

3.2.3.5. Rejenerasyon Oranı (Don Zararının Görsel Olarak Değerlendirilmesi)

Rejenerasyon oranı, *Zoysia* genotiplerinin düşük sıcaklık stresine maruz kaldıktan sonra normal koşullara (sera koşullarına) alındıktan sonra toparlanma/yeni sürgün oluşturabilme kapasitelerini değerlendirmek amacıyla görsel olarak belirlenmiştir. Bu ölçüm, genotiplerin düşük sıcaklık koşullarından sonra yeşil doku üretimini ve büyüme hızını ne ölçüde geri kazandığını değerlendirmek için yapılmıştır (Beard, 1973; Carrow ve Duncan, 2003).

Genotiplerin görsel olarak belirlenen rejenerasyon oranı, stres sonrası büyüme dinamiklerini ve fotosentetik aktivitenin ne kadar hızlı yeniden sağlanabildiğini yansıtır. Rejenerasyon oranının yüksek kalması, bitkinin fotosentetik pigmentlerini, kök-sürgün sistemlerini ve metabolik fonksiyonlarını büyük ölçüde koruyarak yeşil doku üretimini hızla yeniden başlatabildiğini gösterir. Buna karşılık, rejenerasyon oranının belirgin biçimde düşmesi, düşük sıcaklık stresinin bitkinin fizyolojik işlevlerini olumsuz etkilediğini, sürgün oluşum ve büyüme hızının kısıtlandığını, dolayısıyla bitkinin toparlanma yeteneğinin zayıf kaldığını ifade eder. Her genotip, sera içinde aynı çevresel koşullara tabi tutulduğundan, elde edilen sonuçlar farklı çeşitlerin soğuk stresinden sonra toparlanma potansiyelini karşılaştırmalı olarak ortaya koyar (NTEP, 2013).

Değerlendirmelerde, her çeşit adayında -6°C'ye 24 saat maruz bırakıldıktan sonra, sera ortamına aktarılan üç tekerrüre ait bitkiler incelenmiş ve don zararından sonra yeşil doku gelişimi görsel olarak gözlemlenmiştir. Gözlemler, bitkilerin seraya geri döndüğü 1. ve 3. hafta sonunda alınmıştır. Rejenerasyon oranı, görsel 0 (hiç yeşil doku yok) -100 (%100 yeşil çim örtüsü mevcut) skalası kullanılarak çeşitlerin her bir saksıda (tekerrürde) oluşturduğu yeşil doku yüzdesi baz alınarak belirlenmiştir. Kontrol grubu, referans değer olarak %100 yeşil doku kabul edilmiş ve diğer genotiplerin oranları kontrol grubuyla kıyaslanarak hesaplanmıştır. Bu değerlendirmeler, düşük sıcaklık stresine karşı dayanıklılık kapasitesi yüksek genotiplerin belirlenmesine olanak sağlamış ve genotiplerin stres sonrası toparlanma yeteneklerini anlamak için önemli bir gösterge oluşturmuştur (Carrow ve Duncan, 2003).

3.2.3.6. Gerçek Çim Kalitesi (GÇK)

Gerçek Çim Kalitesi (GÇK), *Zoysia* genotiplerinin düşük sıcaklık stresine karşı görsel ve yapısal performanslarını değerlendirmek amacıyla kullanılan önemli bir parametredir. Bu ölçüm, renk, doku, yoğunluk ve genel görsel çekicilik gibi estetik

özellikleri kapsamakta ve genotiplerin stres koşulları altındaki dayanıklılığını görsel kalite açısından yansıtmaktadır (Beard, 1973; Carrow ve Duncan, 2003; NTEP, 2013).

Değerlendirmeler, her bir çeşit adayının -6°C’de tutulmuş ve kontrol bitkilerine ait üçer tekerrürü üzerinde gerçekleştirilmiştir. Gözlemler, çeşitlerin düşük sıcaklık stresinden sonraki toparlanma/rejenerasyon süreçlerini izlemek ve görsel kalite özelliklerini karşılaştırmak amacıyla bitkilerin seraya geri döndürüldükten sonraki ilk ve üçüncü haftalarda yapılmıştır. Tüm çeşitler serada aynı çevresel koşullarda tutulmuş ve görsel kalite değerlendirmesi bu koşullar altında gerçekleştirilmiştir (Turgeon, 2011).

GÇK’nin yüksek bir değerini koruması, genotipin düşük sıcaklık stresi süresince rengini ve yoğunluğunu kaybetmediğini, seraya alındığında hızlı bir iyileşme göstererek homojen ve çekici bir görünümü sürdürdüğünü belirtir. Buna karşın GÇK değerinin düşmesi, soğuk stresine bağlı olarak yaprak renginde solma veya sararma, doku ve yoğunlukta azalma, genel görünümde bozulma yaşandığının göstergesidir. GÇK değerlendirmesi, bitkilerin yeşil doku yoğunluk, yaprak renginin korunması, doku homojenliği ve genel görsel estetik açısından 1 ile 9 arasında görsel skala kullanılarak yapılmıştır (NTEP, 2013). Bu görsel kalite skalasında 1, 6 ve 9 değerleri sırasıyla çok kötü (ölmüş/tamamen sarı), kabul edilebilir ve mükemmel çim kalitesini ifade etmektedir.

Bu ölçüm, genotiplerin düşük sıcaklık stresine karşı dayanıklılıklarını görsel kalite açısından değerlendirmek için kritik bir gösterge sunmuştur. Elde edilen veriler, genotipler arasındaki farklılıkları belirlemek ve dayanıklılık kapasitesi yüksek genotipleri tanımlamak için istatistiksel analizlere tabi tutulmuştur. Bu değerlendirme, *Zoysia* genotiplerinin estetik ve fizyolojik performansını düşük sıcaklık koşullarında anlamak için önemli bir bilgi kaynağı olmuştur (Beard, 1973; Carrow ve Duncan, 2003).

3.2.4. Veri Analizi

Denemeler süresince alınan tüm veriler, çeşit adaylarının düşük sıcaklık stresine karşı dayanıklılıklarını değerlendirmek amacıyla Microsoft Excel ve IBM SPSS Statistics version 23 yazılımı ile analiz edilmiştir. Tüm ölçüm ve gözlemlerden elde edilen veriler, genotipler arasındaki farklılıkları belirlemek ve düşük sıcaklık koşullarına verdikleri yanıtları analiz etmek için değerlendirilmiştir.

Analiz sürecinde, her parametre için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmış ve anlamlı farklılık gösteren parametreler için genotipler arasında istatistiksel karşılaştırmalar gerçekleştirilmiştir. Post-hoc testleri ile (örneğin, Tukey testi) farklı sıcaklık aşamaları arasındaki anlamlı farklar detaylı olarak incelenmiştir. Ayrıca, korelasyon analizleri kullanılarak ölçülen parametrelerin birbirleriyle ve genotiplerin düşük sıcaklık dayanıklılığı ile olan ilişkileri değerlendirilmiştir. Temel bileşen analizi (TBA), genotipler arasındaki ilişkileri daha iyi anlamak ve parametrelerin varyans açıklama kapasitelerini incelemek için uygulanmıştır.

Elde edilen sonuçlar, tablo ve grafikler aracılığıyla görselleştirilmiş ve genotiplerin düşük sıcaklık stresine karşı dayanıklılık kapasitelerini anlamak için değerlendirilmiştir. Bu analizler, dayanıklı genotiplerin belirlenmesi ve düşük sıcaklık koşullarına uygun çeşitlerin geliştirilmesi açısından önemli bir rehber sunmuştur.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde, *Zoysia* türlerine ait hibrit çeşit adayları ve ticari çeşitlerin soğuk stresine dayanıklılıkları ve soğuk stres sonrası rejenerasyon kapasiteleri değerlendirilmiştir. Çalışmada elde edilen bulgular, altı temel parametre üzerinden analiz edilmiş ve her bir genotipin düşük sıcaklık koşullarına verdiği tepkiler detaylı olarak incelenmiştir.

Analizler, serada doğal koşullarda bırakılan ‘kontrol’ grubu ile farklı sıcaklık seviyelerinde (8/2°C, 0°C, -3°C, -6°C, -9°C ve -12°C) soğuk stresine maruz kalan bitkiler arasında, ayrıca soğuk uygulamaları sonrası seraya alınan bitkiler ile kontrol bitkileri arasında yapılan karşılaştırmaları kapsamaktadır. Bulgular, soğuk stresinin çeşitler üzerindeki etkilerini belirgin bir şekilde ortaya koymuş ve aşağıda özetlenmiştir. -9°C sıcaklık uygulaması sonrası rejenerasyon ölçümleri bu tezin konusu olmadığı için içeriğe dahil edilmemiştir. -12°C sıcaklık uygulamasına maruz kalan genotiplerin tamamının seraya alındıktan sonraki ilk hafta içerisinde yapılan gözlemler sonucunda sürgün ve kök kısımlarının saman sarısı/kahve rengini aldıklarını ve tamamen zarar görerek ve ölmüş oldukları tespit edilmiştir. Öte yandan bu bitkilerde yaklaşık 2 ay boyunca serada takip edilerek olası bir rejenerasyon görülebilme ihtimali nedeniyle sulama ve bakımlarına devam edilmiştir. Ancak bu gruptaki bitkilerin hiçbirinde yeni bir sürgün gelişmesi olmamıştır. Bu nedenle, -12°C uygulaması sonrasında bu bitkilerde stres sonrası rejenerasyon durumuna ait ölçüm yapılamamış, ancak -6°C sıcaklık seviyesine maruz kalan bitkilerde ölçümler gerçekleştirilebilmiştir.

4.1. Klorofil Ölçümleri (SPAD) Okumaları

Zoysia genotiplerinde farklı sıcaklık seviyelerinde uygulanan soğuk ve don stresi, fotosentetik pigmentlerin korunup korunmadığını belirlemek amacıyla SPAD ölçümleri ile değerlendirilmiştir. Varyans analizi sonuçları (Çizelge 4.1), genotipler arasındaki ve uygulama koşullarındaki farkların istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermiştir. SPAD değeri, yapraklardaki klorofil içeriğiyle doğrudan ilişkili olduğu için soğuk koşullarda “daha yüksek” kalması, genotipin klorofilini koruma kapasitesinin nispeten güçlü olduğuna; “daha düşük” seyretmesi ise klorofil kaybının ve dolayısıyla fotosentetik kapasitedeki azalmanın belirginliğine işaret etmiştir.

Çalışmada T×U (Tekerrür × Uygulama) ve U×G (Uygulama × Genotip) etkileşimleri, farklı sıcaklık düzeylerinde istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.1). Bu sonuç, farklı tekrarlar da soğuk uygulamasına verilen tepkinin (T×U) ya da genotiplerin uygulama faktörüne (U×G) verdiği yanıtların genel olarak benzer olduğunu göstermiştir. Dolayısıyla, bu etkileşim terimlerinin etkisi üzerine ayrıntılı bir yorum yapılmamıştır.

8/2°C uygulamasında Tekerrür (T) faktörünün istatistiksel olarak anlamlı (P<0.001) bulunması, aynı genotipin tekrarlanan yetiştirme koşullarında bile SPAD değerlerinde farklılıklar gösterebildiğini ortaya koymuştur. Uygulama (U) faktörünün de (P<0.001) ve F=80.023 gibi yüksek bir varyasyon değerine sahip olması, bu sıcaklık düzeyindeki soğuk uygulamasının SPAD değerleri üzerinde önemli bir etkiye sahip

olduğunu göstermiştir. Genotip (G) faktörünün anlamlı ($P<0.001$) olması ise klorofil koruma kapasiteleri arasında belirgin farklılıklar olduğunu ortaya koymuştur. Genel olarak $8/2^{\circ}\text{C}$, “orta düzey” bir soğuk stres konumunda olup, bu seviyede SPAD değerini yüksek tutabilen genotipler, klorofillerini daha iyi koruyarak soğuğa kısmen dayanıklı olduklarını göstermiştir.

0°C 'de Tekerrür (T) faktörünün önemsiz (Ö) bulunması, tekrarlar arasında ölçümlerin tutarlılık gösterdiğini ve benzer sonuçlar elde edildiğini yansıtmıştır. Uygulama (U) faktörünün ($P<0.001$) güçlü bir şekilde anlamlı olması, 0°C sıcaklığın bile klorofil içeriğinde önemli değişikliklere neden olabildiğini göstermiştir. Genotip (G) faktörü de anlamlıdır ($P<0.001$); bazı genotiplerde SPAD değerinin kontrolden çok az düştüğü veya hafif bir artış gösterdiği, bazılarında ise belirgin azalmalar yaşandığı gözlemlenmiştir. 0°C uygulaması, bazı genotiplerde SPAD değerinin hâlâ makul düzeyde kalabildiğini, bazı genotiplerde ise daha belirgin bir klorofil kaybı yaşandığını ortaya koymuştur. Bu farklılıklar, don eşiği civarında dayanıklılık bakımından ipuçları sunmuştur.

-3°C 'de Tekerrür (T) faktörünün ($P<0.05$) anlamlılığı, bu sıcaklık koşullarında tekrarlar arasında SPAD ölçümlerinde küçük değişimler olabileceğini göstermiştir. Uygulama (U) ($P<0.001$) ve Genotip (G) ($P<0.05$) faktörlerinin anlamlı oluşu, -3°C düzeyinde soğuk stresinin klorofil içeriğinde belirgin farklılıklara yol açtığını ortaya koymuştur. Çizelge 4.2 incelendiğinde, genotiplerin -3°C 'de kontrollere kıyasla SPAD kaybının daha sınırlı olduğu veya ölçüm zamanında hafif bir artış gösterdiği, bazı genotiplerde ise daha keskin düşüşler yaşandığı görülmüştür. -3°C koşulları, genotipler arasındaki dayanıklılık farklarını netleştirerek kimilerinde pigment korumasının daha iyi, kimilerinde ise daha zayıf olduğunu göstermiştir.

-6°C 'de Tekerrür (T) faktörü ($P<0.05$) anlamlı olup, Uygulama (U) faktörünün ($P<0.001$) hâlâ güçlü olması, bu sıcaklık seviyesinde de soğuk uygulamasının SPAD üzerinde belirgin bir etkisini sürdürdüğünü ortaya koymuştur. Genotip (G) faktörü ($P<0.001$) önemini korumaktadır; ancak Çizelge 4.2'ye bakıldığında kontrol ortalamasının (54.9) 48.0 seviyesine düştüğü görülmüştür. Kimi genotipler, örneğin JM7 ve MJ73, -6°C 'ye rağmen SPAD değerlerini nispeten yüksek tutabilmiş, OKC ve CAVALIER gibi çeşitlerde ise keskin düşüşler gözlemlenmiştir. Bu düzeydeki don stresi, klorofil koruma kapasitesini ortaya koyarak genotiplerin “dona yakın” koşullardaki gerçek dayanıklılığını test etmiştir. Daha yüksek SPAD değeri koruyan genotipler, soğuğa daha dayanıklı olduğunu kanıtlamıştır.

-9°C 'de Tekerrür (T) faktörü ($P<0.05$) anlamlı bulunmuş, Uygulama (U) faktörünün $F=174.37^{**}$ ($P<0.001$) gibi çok yüksek bir değere sahip olması, bu sıcaklık seviyesinde şiddetli bir soğuk etkisi olduğunu göstermiştir. Buna karşın, Genotip (G) faktörü önemsiz (Ö) çıkmıştır. Bu durum, -9°C 'de genotipler arasındaki farkların istatistiksel olarak net bir şekilde ayrılamadığına işaret etmiştir. Yine de bazı genotipler,

örneğin MJ78, görece yüksek SPAD değeri koruyabilirken, EMPIRE, JM21 ve MJe50 gibi diğerleri ciddi klorofil kaybı yaşamıştır. -9°C artık “yoğun stres” oluşturan bir seviyeyi temsil etmiş ve genotiplerin büyük çoğunluğunun benzer şekilde klorofil kaybı yaşadığı, ancak nispeten daha dayanıklı birkaç genotipin varlığının kayda değer bir bulgu olduğu görülmüştür.

-12°C’de Tekerrür (T) faktörü ($P<0.001$) anlamlı bulunmuş ve tekrarlar arasında SPAD değerlerinde farklılıkların sürdüğünü göstermiştir. Uygulama (U) faktörünün ($P<0.001$) bu derece düşük sıcaklıkta da önemli olması, klorofil içeriklerinde belirgin azalmalar yaşandığını ortaya koymuştur. Genotip (G) faktörü ($P<0.001$) de yeniden anlamlı hâle gelmiş olup, -12°C’de bazı çeşitler hâlâ diğerlerinden daha yüksek SPAD değeri koruyabilmiştir.

Örneğin, MJ78 ve MJ58 gibi genotipler nispeten daha yüksek SPAD değerleri korurken, OKC gibi bazı genotiplerde belirgin bir düşüş gözlenmiştir. -12°C, aşırı bir don stresini temsil etmiş ve genotiplerin klorofil yıkımına karşı geliştirdiği koruyucu mekanizmalar bakımından en sert testi oluşturmuştur. SPAD değerini yüksek tutabilen genotipler, klorofil parçalanmasını yavaşlatan veya koruyucu sistemleri güçlü adaylar olarak öne çıkmıştır.

Çizelge 4.1. Soğuk ve don stresine tabi tutulan Zoysia genotiplerinde SPAD ölçümlerine ait varyasyon kaynakları tablosu

	df	8/2°C	0 °C	-3 °C	-6 °C	-9 °C	-12 °C
Tekerrür (T)	5	5.605**	1.717Ö	0.963Ö	3.244*	6.227*	7.406**
Uygulama (U)	1	80.023**	12.779**	11.208**	21.203**	174.37**	87.777**
T * U	2	0.982Ö	8.814**	4.395*	2.624Ö	0.969Ö	2.243Ö
Genotip (G)	35	2.683**	2.221**	1.803*	2.51**	1.113Ö	2.112**
U * G	35	0.833Ö	0.73Ö	1.059Ö	1.156Ö	1.23Ö	1.097Ö
Hata	245						
Toplam	324						

* $P<0.05$, ** $P<0.001$, Ö=önemsiz

Çizelge 4.2. Soğuk ve don stresine tabi tutulan Zoysia genotiplerinde SPAD değeri ölçümleri

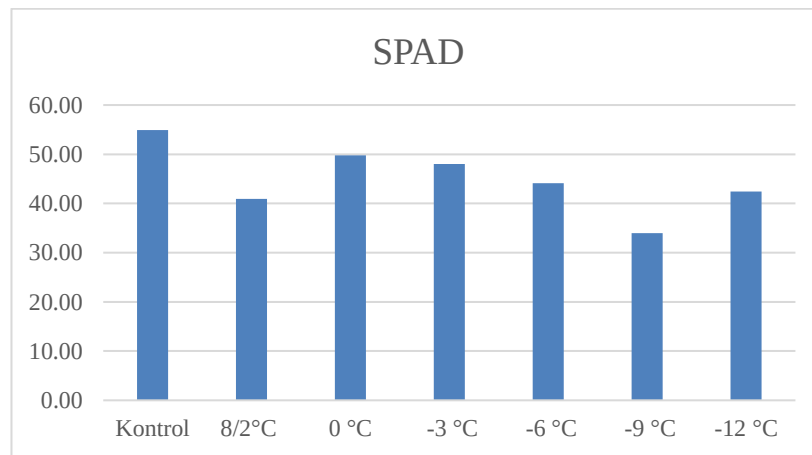
	Kontrol	8/2°C	0 °C	-3 °C	-6 °C	-9 °C	-12 °C
CAVALIER	45.4	28.0	45.9	40.8	29.0	33.3	35.9
EMPIRE	64.0	55.0	66.6	56.5	51.1	24.8	42.2
JAP EL TORO	58.0	53.9	47.0	40.4	45.1	38.2	38.0
JM21	58.3	44.8	61.1	40.2	45.6	24.5	33.0
JM32	61.9	53.9	62.3	44.7	54.1	36.9	41.1
JM35	53.4	32.2	50.8	35.9	46.0	32.0	32.6
JM7	60.7	50.6	61.2	62.9	63.0	40.8	45.1
JMe50	56.2	45.9	56.5	56.2	46.6	24.9	37.0
MJ100	59.1	46.9	61.3	55.5	57.2	35.2	40.1
MJ103	47.5	50.5	57.1	45.4	45.4	32.6	46.3
MJ106	60.2	39.2	46.4	53.6	46.5	32.8	46.2
MJ13	66.9	50.9	49.7	54.5	47.3	42.4	50.2
MJ17	52.3	46.7	54.8	48.2	44.3	27.9	43.7
MJ207	63.7	36.4	57.3	34.2	32.5	32.7	47.9
MJ26	58.3	43.2	40.7	44.0	52.1	29.3	43.4
MJ30	59.1	39.5	49.8	41.8	39.8	34.8	47.0
MJ31	62.8	48.5	48.5	54.0	41.1	31.7	38.8
MJ34	53.1	39.8	46.0	44.2	54.7	43.3	43.6
MJ46	47.9	42.8	41.4	43.8	45.0	31.1	45.8
MJ47	62.4	38.3	46.0	52.1	37.5	37.6	42.7
MJ58	68.2	42.1	55.1	55.8	53.3	35.4	53.3
MJ59	65.5	48.9	54.4	51.1	47.9	35.2	41.7
MJ62	47.4	38.9	49.9	61.7	43.5	32.0	44.0
MJ68	50.4	41.0	38.2	43.7	37.5	44.8	44.1
MJ73	43.6	43.8	42.0	51.4	62.1	38.5	39.7
MJ77	36.8	35.9	45.1	50.4	39.4	34.5	44.6
MJ78	49.5	26.7	51.9	46.7	37.6	48.3	52.7
MJ79	54.0	28.3	55.4	46.0	32.1	40.7	37.7
MJ83	53.8	37.7	40.8	43.4	57.3	23.8	49.6
MJ88	44.6	32.7	41.5	44.8	32.3	41.0	43.0
MJ92	54.2	42.6	57.8	40.8	33.5	26.0	47.4
MJe116	61.5	45.5	48.7	61.8	47.2	27.7	50.6
MZ68	40.6	30.8	38.9	43.3	34.6	38.4	31.7
OKC	37.7	26.2	38.5	43.9	26.7	26.0	26.7
SURVIVOR	57.4	31.3	44.5	50.6	42.4	31.5	40.3
ZEON	58.8	31.7	41.4	43.1	37.0	34.4	36.9
ORTALAMA	54.9	40.9	49.8	48.0	44.1	34.0	42.4
SP		5.80	6.17	6.05	6.01	7.20	6.10

Kontrol grubunda genellikle yüksek SPAD değerleri gözlemlenmiştir; ortalama 54.9 olarak belirlenen bu değerde, MJ58 (68.2) en yüksek seviyede yer alırken, MJ77 (36.8) en düşük değeri göstermiştir.

Soğuk stresi altındaki yüzdelik değişimler, genotiplerin kontrol değerlerine kıyasla SPAD oranlarını ne kadar koruduğunu veya kaybettiğini ortaya koymuştur (Çizelge 4.3). Örneğin, EMPIRE 8/2°C’de yalnızca %14’lük bir düşüş yaşarken, -9°C’de bu oran %61’e kadar yükselmiştir. MJ78 ise -9°C’de sadece %3’lük bir azalma gösterirken, 8/2°C’de %46 oranında bir düşüş gözlenmiştir.

Çizelge 4.3. Soğuk ve don stresine tabi tutulan *Zoysia* genotiplerinde SPAD değerlerinin kontrole göre yüzde (%) değişimi

	Kontrol	8/2°C	0 °C	-3 °C	-6 °C	-9 °C	-12 °C
CAVALIER	45.4	-38	1	-10	-36	-27	-21
EMPIRE	64.0	-14	4	-12	-20	-61	-34
JAP EL TORO	58.0	-7	-19	-30	-22	-34	-34
JM21	58.3	-23	5	-31	-22	-58	-43
JM32	61.9	-13	1	-28	-13	-40	-34
JM35	53.4	-40	-5	-33	-14	-40	-39
JM7	60.7	-17	1	4	4	-33	-26
JMe50	56.2	-18	1	0	-17	-56	-34
MJ100	59.1	-21	4	-6	-3	-40	-32
MJ103	47.5	6	20	-4	-5	-31	-3
MJ106	60.2	-35	-23	-11	-23	-45	-23
MJ13	66.9	-24	-26	-19	-29	-37	-25
MJ17	52.3	-11	5	-8	-15	-47	-16
MJ207	63.7	-43	-10	-46	-49	-49	-25
MJ26	58.3	-26	-30	-25	-11	-50	-26
MJ30	59.1	-33	-16	-29	-33	-41	-21
MJ31	62.8	-23	-23	-14	-35	-50	-38
MJ34	53.1	-25	-13	-17	3	-19	-18
MJ46	47.9	-11	-14	-9	-6	-35	-4
MJ47	62.4	-39	-26	-17	-40	-40	-31
MJ58	68.2	-38	-19	-18	-22	-48	-22
MJ59	65.5	-25	-17	-22	-27	-46	-36
MJ62	47.4	-18	5	30	-8	-33	-7
MJ68	50.4	-19	-24	-13	-26	-11	-12
MJ73	43.6	1	-4	18	43	-12	-9
MJ77	36.8	-3	22	37	7	-6	21
MJ78	49.5	-46	5	-6	-24	-3	6
MJ79	54.0	-48	3	-15	-41	-25	-30
MJ83	53.8	-30	-24	-19	6	-56	-8
MJ88	44.6	-27	-7	0	-28	-8	-4
MJ92	54.2	-21	7	-25	-38	-52	-12
MJe116	61.5	-26	-21	0	-23	-55	-18
MZ68	40.6	-24	-4	7	-15	-5	-22
OKC	37.7	-31	2	17	-29	-31	-29
SURVIVOR	57.4	-45	-22	-12	-26	-45	-30
ZEON	58.8	-46	-30	-27	-37	-42	-37



Şekil 4.1. SPAD değeri ortalamaları

Varyans analizi sonuçları, soğuk ve don stresinin *Zoysia* genotiplerinin klorofil içerikleri (SPAD değerleri) üzerinde belirgin etkiler yarattığını göstermiştir. Ancak bu etkilerin şiddeti hem sıcaklık düzeyine hem de genotiplerin kendi dayanıklılık mekanizmalarına bağlı olarak değişkenlik göstermiştir.

Dayanıklı genotipler arasında yer alan JM7 ve MJ13, çoğu sıcaklık basamağında SPAD değerlerini kontrol grubuna kıyasla daha iyi koruyarak soğuğa karşı dirençli bir profil sergilemiştir. Buna karşın, OKC ve MJ68 gibi hassas genotipler, farklı sıcaklık düzeylerinde fotosentetik pigmentlerini yeterince koruyamayıp ciddi kayıplar yaşamıştır.

Bu bulgular, *Zoysia*'nın düşük sıcaklık toleransını değerlendirmede SPAD ölçümlerinin kritik bir gösterge olduğunu ortaya koymuştur. Hafif ve orta düzeydeki soğuk koşullarda (8/2°C, 0°C, -3°C) bazı genotipler klorofillerini nispeten koruyabilirken, daha şiddetli don seviyelerinde (-9°C, -12°C) hızlı pigment kayıpları yaşadıkları gözlenmiştir.

4.2. Yaprak rengi (Chromameter) ölçümleri

4.2.1. L değeri

Soğuk ve don stresine tabi tutulan *Zoysia* genotiplerinde L değeri, yaprak renginin açıklık seviyesini yansıtarak düşük sıcaklıkların pigmentasyon üzerindeki etkilerini ortaya koymuştur. Yaprak rengi açıldıkça L değeri yükselir; bu durum genellikle klorofil kaybına veya dokusal bozulmalara bağlı olabilir. Çizelge 4.4'te yer alan varyans analizi sonuçları, uygulama (U) ve genotip (G) faktörlerinin çoğu sıcaklık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ($P<0.001$) bulunduğunu göstermiş, Tekerrür (T) faktörünün ise genellikle önemsiz (Ö) çıktığı gözlenmiştir. Aşağıda, 8/2°C'den -12°C'ye kadar uygulanan farklı sıcaklık seviyelerinde L değerindeki değişimler özetlenmiştir.

8/2°C'de tekerrür (T) önemsiz bulunurken, uygulama (U) ve genotip (G) $P<0.001$ düzeyinde anlamlıdır. Soğuk uygulamasının (U) etkisiyle bazı genotiplerde L değeri görece sınırlı artarken, bazıları belirgin şekilde yükselmiştir.

0°C'de T faktörünün $P<0.05$ düzeyinde anlamlı olması, tekrarlar arasında ufak farklılıklara işaret etmiştir; U ve G faktörleri de ($P<0.001$) önemlidir. Kimi genotiplerde klorofil kaybı daha sınırlı kalarak L değeri düşük tutulmuş, kimilerinde yapraklar daha açık bir renge bürünmüştür. 0°C uygulamasının da klorofil kaybına ve yaprak renginin açılmasına yol açabildiği, ancak genotiplerin bu etkiye farklı derecelerde yanıt verdiği anlaşılmıştır.

-3°C'de tekerrür (T) $P<0.05$ düzeyinde anlamlı bulunmuş, genotipler arasındaki tekrarlar ufak değişkenlikler göstermiştir. Uygulama (U) ve genotip (G) ise $P<0.001$ düzeyinde önemlidir. Bazı genotipler -3°C'de rengi çok açılmadan koruyabilirken, bazıları hızlı pigment kaybı yaşayarak yapraklarını daha açık tonlara taşımıştır. Bu derece, genotipler arasındaki dayanıklılık farklarını açık biçimde ortaya koyan bir

seviyedir; L değerinde daha az artış görülen genotipler soğuk stresine karşı daha iyi tepki vermiştir.

-6°C’de U ($P<0.001$) ve G ($P<0.001$) faktörleri yine anlamlıdır. L değerlerinde daha az artış gösteren genotipler (örneğin CAVALIER, MJ13, MJ207) veya yükseliş gösterenler (örneğin JM35, MJ69, MZ68), yaprak renginin açıldığını ya da kısmen korunduğunu göstermiştir.

-9°C’de uygulama (U) faktörünün varyasyon değeri çok yüksek ($P<0.001$) olup, soğuk stresinin sarımsı/soluk tonlar oluşturma potansiyeli (örneğin JM21, JM35) artmıştır. Genotip (G) kimi zaman önemsiz bulunsa da bazı genotiplerin (örneğin MJ13, MJ207, MJ83) nispeten daha düşük L değeri koruyabildiği kaydedilmiştir. “Yoğun stres” seviyesi olarak tanımlanabilecek -9°C’de genelde çoğu genotip benzer oranda renk açılması gösterse de bazı genotipler diğerlerine kıyasla bir miktar daha koyu yaprak rengi tutarak görece dayanıklılıklarını koruyabilmiştir.

-12°C düzeyinde tekerrür (T) faktörü bazı sıcaklık düzeylerinde önemsiz olsa da bu seviyede tekrarlar arasında küçük varyasyonlar olabildiği görülmüştür. Uygulama (U) faktörünün ($P<0.001$) bu derece düşük sıcaklıkta da önemli olması, klorofil içeriklerinde belirgin azalmalar yaşandığını ortaya koymuştur. Genotip (G) faktörü de düşük sıcaklıkta anlamlıdır ($P<0.001$); bazı genotipler nispeten daha koyu rengini sürdürürken, hassas genotipler renk açılmasıyla birlikte foto-oksidatif zarara yatkınlık göstermiştir. -12°C, aşırı don koşulları altında L değerini düşük seviyede tutabilen genotipler (örneğin CAVALIER, MJ13, MJ207, MJ83) için önemli bir stres testi oluşturmuştur; çünkü bu koşullarda bitkilerin büyük kısmı yaprak rengini açarak pigment kaybına uğramıştır.

Çizelge 4.4. Soğuk ve don stresine tabi tutulan *Zoysia* genotiplerinde L değeri ölçümlerine ait varyasyon kaynakları tablosu

	df	8/2 °C	0 °C	-3 °C	-6 °C	-9 °C	-12 °C
Tekerrür (T)	5	0.82Ö	3.007*	3.334*	0.386Ö	1.516Ö	0.293Ö
Uygulama (U)	1	39.357**	28.935**	151.315**	11.967**	89.412**	15.626**
T * U	2	1.416Ö	0.27Ö	1.147Ö	0.83Ö	2.749Ö	1.224Ö
Genotip (G)	35	5.241**	4.275**	4.673**	4.84**	3.345**	3.184**
U * G	35	2.323**	1.749*	2.435**	2.396**	1.791*	1.41Ö
Hata	245						
Toplam	324						

* $P<0.05$, ** $P<0.001$, Ö=önemsiz

Çizelge 4.5. Soğuk ve don stresine tabi tutulan *Zoysia* genotiplerinde L değeri ölçümleri

L	Kontrol	8/2°C	0 °C	-3 °C	-6 °C	-9 °C	-12 °C
CAVALIER	38.4	36.3	37.2	35.4	35.8	35.1	34.4
EMPIRE	43.9	38.8	38.9	36.9	37.6	34.4	39.9
JAP EL TORO	43.9	42.1	41.8	39.6	38.9	37.8	41.6
JM21	46.0	41.8	43.4	39.5	41.8	43.6	45.6
JM32	42.0	37.2	39.0	37.7	39.5	34.7	36.8
JM35	43.6	44.4	45.6	40.1	45.8	43.8	48.4
JM7	40.6	40.1	39.0	37.1	39.6	33.4	37.2
JMe50	42.2	40.7	39.8	39.8	42.0	42.3	44.2
MJ100	40.7	38.3	37.2	35.5	36.9	37.5	39.6
MJ103	41.4	37.4	39.0	38.2	40.0	35.9	37.1
MJ106	41.4	38.8	38.8	38.4	39.4	35.9	36.2
MJ13	38.6	37.0	37.8	33.3	36.6	33.3	34.9
MJ17	41.3	37.5	36.8	36.7	36.2	36.7	36.9
MJ207	38.5	36.3	35.1	32.9	34.2	33.1	35.3
MJ26	41.4	38.5	38.9	36.0	37.7	36.3	37.6
MJ30	42.1	37.8	38.7	36.7	40.2	37.6	44.1
MJ31	38.9	38.8	39.9	35.7	39.6	40.9	36.1
MJ34	39.5	37.4	38.4	37.7	39.5	36.8	41.9
MJ46	35.9	39.2	40.1	41.3	40.3	39.4	41.4
MJ47	39.1	38.0	37.7	34.7	37.4	38.5	39.3
MJ58	41.0	39.4	39.3	39.2	40.7	35.1	34.8
MJ59	40.9	36.9	36.5	35.7	37.5	35.5	40.4
MJ62	41.8	40.7	40.1	39.0	38.8	37.2	37.5
MJ68	40.9	39.4	40.1	37.7	39.7	38.4	38.1
MJ73	40.9	38.7	37.5	37.4	39.3	37.8	36.6
MJ77	40.4	37.9	37.0	37.4	40.0	37.0	37.8
MJ78	40.4	37.4	39.3	35.3	40.0	34.6	38.7
MJ79	39.3	42.4	43.3	39.4	43.6	37.6	39.7
MJ83	40.2	37.8	38.1	34.9	37.7	33.5	34.2
MJ88	39.9	40.1	39.4	37.6	39.9	38.2	40.8
MJ92	40.1	37.6	36.8	33.0	37.0	34.5	37.0
MJe116	37.8	38.8	38.3	36.5	37.5	37.0	38.0
MZ68	42.2	40.9	39.5	41.9	44.2	38.4	39.0
OKC	39.9	44.4	41.3	42.4	43.8	42.9	43.6
SURVIVOR	42.1	39.9	39.4	41.1	44.1	42.2	44.5
ZEON	41.7	38.9	38.4	36.8	39.3	37.1	38.0
Ortalama	40.8	39.1	39.1	37.5	39.5	37.3	39.1
SP		0.95	1.08	1.08	1.12	1.67	1.98

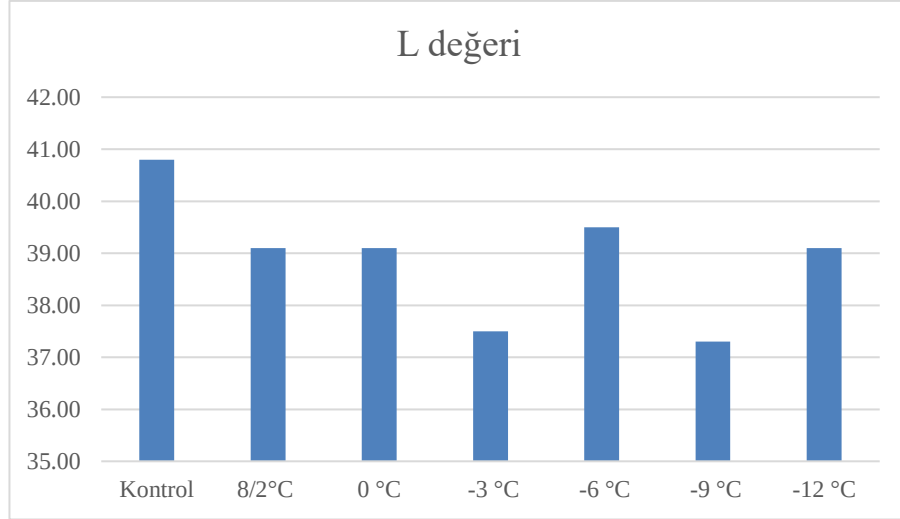
Kontrol grupları ortalamada yaklaşık 40.8 düzeyinde seyrederken, JM21 (46) ve MJ46 (35.9) gibi uç değerler dikkat çekicidir. Düşük sıcaklık uygulamalarında bazı genotipler (örneğin JM35, OKC) L değerini hızla yükselterek solgun bir görünüm sergilemiş, CAVALIER, MJ207, MJ83 gibi çeşitler ise nispeten daha koyu rengini korumayı başarmıştır.

Kontrole Göre % Değişimler (Çizelge 4.6), her uygulama düzeyinde kontrol değeriyle kıyaslandığında L değerinin ne ölçüde arttığını veya azaldığını göstermiştir. Örneğin, JM35 bazı sıcaklıklarda hafif artış veya düşüşle geçiririrken, -12°C’de %11’lik artışa kadar çıkabilmiştir. OKC ortalama %8 civarında değişim yaşarken, 8/2°C gibi koşullarda bu oran %11 düzeyine varabilmiştir. CAVALIER veya MJ83 gibi genotipler ise çoğunlukla L değerinde daha sınırlı oynamalarla görece bir dayanıklılık yansıtmıştır.

Bu % değişim verileri, genotiplerin hangi sıcaklıklarda daha iyi veya daha kötü renk koruması sağladığını somut biçimde ortaya koymuştur.

Çizelge 4.6. Soğuk ve don stresine tabi tutulan *Zoysia* genotiplerinde L değerlerinin kontrole göre yüzde (%) değişimi

	Kontrol	8/2°C	0 °C	-3 °C	-6 °C	-9 °C	-12 °C
CAVALIER	38.4	-5	-3	-8	-7	-9	-10
EMPIRE	43.9	-12	-11	-16	-14	-22	-9
JAP EL TORO	43.9	-4	-5	-10	-11	-14	-5
JM21	46.0	-9	-6	-14	-9	-5	-1
JM32	42.0	-11	-7	-10	-6	-17	-12
JM35	43.6	2	5	-8	5	0	11
JM7	40.6	-1	-4	-9	-3	-18	-8
JMe50	42.2	-4	-6	-6	0	0	5
MJ100	40.7	-6	-9	-13	-9	-8	-3
MJ103	41.4	-10	-6	-8	-4	-13	-10
MJ106	41.4	-6	-6	-7	-5	-13	-13
MJ13	38.6	-4	-2	-14	-5	-14	-10
MJ17	41.3	-9	-11	-11	-12	-11	-11
MJ207	38.5	-6	-9	-15	-11	-14	-8
MJ26	41.4	-7	-6	-13	-9	-12	-9
MJ30	42.1	-10	-8	-13	-5	-11	5
MJ31	38.9	0	3	-8	2	5	-7
MJ34	39.5	-5	-3	-5	0	-7	6
MJ46	35.9	9	12	15	12	10	15
MJ47	39.1	-3	-4	-11	-4	-2	1
MJ58	41.0	-4	-4	-5	-1	-14	-15
MJ59	40.9	-10	-11	-13	-8	-13	-1
MJ62	41.8	-3	-4	-7	-7	-11	-10
MJ68	40.9	-4	-2	-8	-3	-6	-7
MJ73	40.9	-5	-8	-8	-4	-8	-10
MJ77	40.4	-6	-8	-7	-1	-8	-6
MJ78	40.4	-8	-3	-13	-1	-14	-4
MJ79	39.3	8	10	0	11	-4	1
MJ83	40.2	-6	-5	-13	-6	-17	-15
MJ88	39.9	0	-1	-6	0	-4	2
MJ92	40.1	-6	-8	-18	-8	-14	-8
MJe116	37.8	3	1	-4	-1	-2	1
MZ68	42.2	-3	-6	-1	5	-9	-8
OKC	39.9	11	4	6	10	8	9
SURVIVOR	42.1	-5	-6	-3	5	0	6
ZEON	41.7	-7	-8	-12	-6	-11	-9



Şekil 4.2. L değeri ortalamaları

L değeri ölçümleri, *Zoysia* genotiplerinin düşük sıcaklık stresine verdiği yapısal ve fizyolojik tepkileri göstermiştir (Çizelge 4.5, 4.6). Kontrol grubu genel olarak daha dengeli ve nispeten yüksek L değerine sahipken (örneğin JM21’de 46, MJ46’da 35.9 gibi farklılıklarla), soğuk uygulamalarda her genotip farklı oranlarda açıklık artışı yaşamıştır.

Düşük sıcaklık uygulamalarında L değerini kontrolle kıyasla daha sınırlı artıran veya nispeten koyu rengi koruyan genotipler (örneğin CAVALIER, MJ207, MJ13, MJ83), soğuk koşullarda klorofilini ve yapısal bütünlüğünü koruma kapasitesi daha yüksek adaylar olarak öne çıkmıştır. Buna karşılık JM21, JM35, OKC gibi genotipler, soğukta kontrol grubuna nazaran daha belirgin L değeri artışı göstererek pigment kaybına bağlı renk açılmasının daha fazla yaşandığını gözler önüne sermiştir.

4.2.2. a değeri

Zoysia genotiplerinde farklı sıcaklık seviyelerinde uygulanan soğuk ve don stresi, yaprak renginin kırmızı-yeşil eksenini (a değeri) üzerindeki etkilerini değerlendirmek bakımından önemli bulgular sağlamıştır. a değeri negatif çıktığında yeşil pigmentin baskın, pozitif çıktığında kırmızı pigmentin ağır bastığı düşünülebilir. Çizelge 4.7’de yer alan varyans analizi sonuçları göstermiştir ki uygulama (U) ve genotip (G) faktörleri pek çok sıcaklık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ($P<0.001$) bulunmuş, tekerrür (T) ile etkileşim faktörlerinin bazı seviyelerde önemsiz (Ö) olduğu görülmüştür.

8/2°C’de tekerrür (T) ve T×U çoğunlukla önemsiz çıkarken, U ($P<0.001$) ve G ($P<0.001$) faktörleri anlamlıdır. Bu düzeydeki düşük sıcaklık bile genotiplerin a değerini değiştirebilmiştir.

0°C’de U ($P<0.001$) ve G ($P<0.001$) yine önemlidir. Kimi genotipler negatif a değerini koruyarak yeşil tonlarını sürdürmüş, kimilerinde a değeri sıfır veya pozitif bölgeye yaklaşarak soğuk stresine hassasiyet göstermiştir. 0°C uygulaması, don eşiğine

yakın koşullarda bile kırmızı-yeşil dengesinin değişebildiğini ve genotiplerin farklı tepkiler verdiğini ortaya koymuştur.

-3°C’de tekerrür (T) genelde önemsiz olsa da U ($P<0.001$) ve G ($P<0.001$) faktörleri bu sıcaklıkta da anlamlıdır. a değeri, bazı genotiplerde hızla yükselebilir (kırmızıya kayma), bazılarında nispeten negatif değer korunarak yeşil pigmentin baskın kaldığı gözlenebilir. Bu düzeydeki soğuk stresi, genotipler arasındaki a değeri farklarını belirgin hâle getirmiş ve daha dayanıklı çeşitler a değerini düşük (negatif) seviyelerde tutabilirken, hassas genotiplerde yükseliş görülmüştür.

-6°C’de tekerrür (T) çoğu zaman önemsiz çıkmakla birlikte, U ($P<0.001$) ve G ($P<0.001$) faktörleri bu düzeyde de önemini korumuştur. a değeri değişimleri, özellikle -6°C seviyesinde daha net gözlenmiş ve U×G ($P<0.05$) etkileşimi de anlamlı bulunmuştur. Bu durum, soğuk uygulamasının şiddetinin ve genetik farklılıkların birlikte renk kaymasına (kırmızılaşmaya) yol açtığını göstermiştir (örneğin MJ79, JM35, OKC ve MZ68). -6°C koşulları, genotipler arasında kırmızı-yeşil dengesi açısından ayrışmayı artırmıştır. Daha az a değeri değişimi gösteren genotipler (örneğin JM7, MJ34, MJ83), klorofil kaybına dirençli görülmüştür.

-9°C’de uygulama (U) faktörü ($P<0.001$) a değerinde güçlü etki yaratmayı sürdürmüştür. G faktörü ($P<0.05$) seviyesinde önemli olabilmiş veya bazı tekrarlar da önemsiz çıkabilmiştir. Soğuk stresinin artmasıyla a değerinin sıfır veya pozitif değerlere ulaşması (örneğin OKC ve JM21) hız kazanmıştır ve daha az a değeri değişimi gösteren genotipler (MJ103, MJ58, MJ83) ile arasındaki farklılıklar nispeten belirginleşmiştir.

-12°C’de aşırı düşük sıcaklıkta U ($P<0.001$) yine çok güçlü olmuş ve G ($P<0.05$ veya $P<0.001$) bazı seviyelerde önem kazanmıştır. Bazı genotiplerin a değerini hâlâ negatifte tutabilmesi (MJ103, MJ83, MJ68), düşük sıcaklık stresine dayanıklılığın fotosentetik pigmentler boyutunda da hissedildiğini ortaya koymuştur. Diğer bazı genotiplerde (JMe50, JM35, OKC, MJ21) a değeri pozitif yönde yükselerek yapraklarda kırmızımtırak tonun baskınlaşmasına yol açmıştır. Bu koşullarda genotiplerin kırmızı-yeşil dengesini koruma kapasitesi büyük ölçüde test edilmiştir; çünkü -12°C aşırı don koşullarındaki en kritik seviyeyi temsil etmiştir.

Çizelge 4.7. Soğuk ve don stresine tabi tutulan *Zoysia* genotiplerinde a değeri ölçümlerine ait varyasyon kaynakları tablosu

	df	8/2 °C	0 °C	-3 °C	-6 °C	-9 °C	-12 °C
Tekerrür (T)	5	0.605Ö	0.874Ö	1.405Ö	0.583Ö	1.749Ö	0.702Ö
Uygulama (U)	1	290.931**	315.118**	509.434**	542.137**	692.444**	816.658**
T * U	2	2.71Ö	1.792Ö	1.29Ö	4.717*	3.07*	1.064Ö
Genotip (G)	35	3.059**	3.242**	3.964**	3.992**	1.883*	2.598**
U * G	35	1.585*	1.91*	1.953*	1.856*	1.216Ö	2.043*
Hata	245						
Toplam	324						

* P<0.05, ** P<0.001, Ö=önemsiz

Çizelge 4.8. Soğuk ve don stresine tabi tutulan *Zoysia* genotiplerinde a değeri ölçümleri

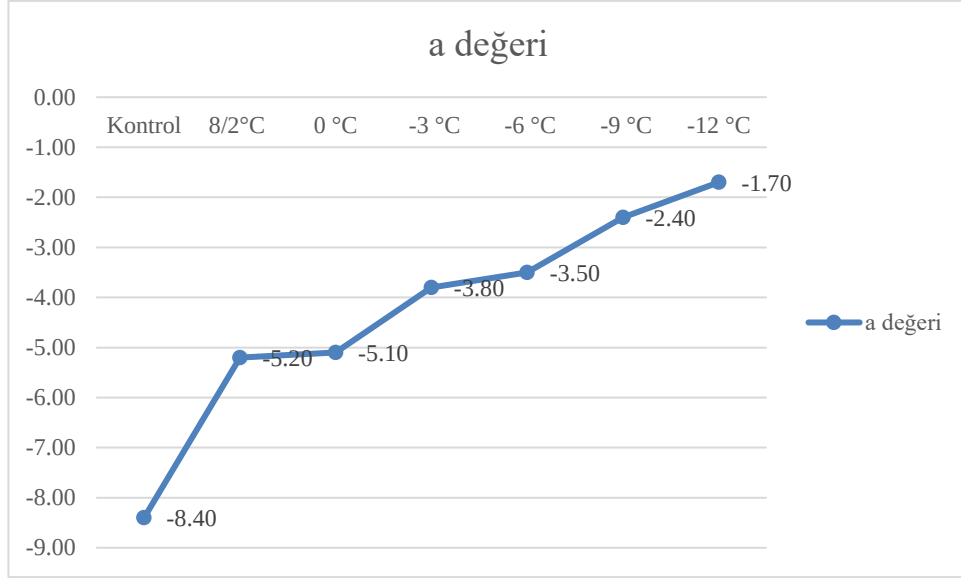
	Kontrol	8/2°C	0 °C	-3 °C-	-6 °C	-9 °C	-12 °C
CAVALIER	-7.3	-4.7	-5.5	-3.9	-4.5	-2.7	-2.4
EMPIRE	-8.8	-4.9	-4.5	-3.2	-2.8	-1.4	-0.1
JAP EL TORO	-8.3	-4.0	-4.6	-2.1	-0.4	-1.7	1.6
JM21	-8.6	-4.1	-3.1	-2.1	-2.3	0.3	1.5
JM32	-9.3	-5.7	-6.5	-4.7	-3.7	-1.9	0.0
JM35	-6.0	-3.7	-2.6	-1.8	-0.6	-0.3	3.4
JM7	-7.8	-6.0	-6.4	-5.0	-5.0	-4.2	-2.3
JMe50	-8.4	-4.6	-5.2	-1.2	-2.2	-0.5	0.9
MJ100	-8.4	-5.1	-5.4	-5.5	-4.9	-3.0	-1.5
MJ103	-8.3	-6.5	-6.9	-4.1	-3.6	-4.3	-3.8
MJ106	-8.2	-5.0	-5.5	-3.9	-4.0	-4.8	-3.2
MJ13	-7.4	-5.6	-5.2	-5.4	-4.8	-3.3	-3.3
MJ17	-9.2	-6.3	-4.9	-3.4	-3.3	-2.6	-2.2
MJ207	-9.6	-5.5	-5.7	-4.5	-4.6	-3.0	-1.8
MJ26	-9.4	-4.3	-4.7	-3.9	-2.9	-2.3	-2.6
MJ30	-8.3	-4.8	-3.9	-2.6	-3.1	-1.6	0.7
MJ31	-8.5	-4.1	-3.8	-4.2	-3.2	0.2	-2.6
MJ34	-9.5	-6.4	-5.6	-5.5	-5.6	-2.3	-0.1
MJ46	-9.1	-5.8	-5.1	-4.1	-4.5	-2.3	-1.7
MJ47	-9.3	-6.3	-6.0	-5.3	-4.0	-2.4	-2.8
MJ58	-8.4	-6.2	-6.5	-5.2	-5.0	-4.7	-3.7
MJ59	-8.8	-5.7	-6.4	-4.9	-4.5	-3.0	-1.5
MJ62	-8.9	-6.7	-5.4	-4.4	-4.6	-3.5	-2.5
MJ68	-9.5	-5.5	-5.3	-3.9	-5.2	-4.0	-4.4
MJ73	-7.1	-5.0	-5.1	-4.4	-3.7	-2.3	-4.2
MJ77	-9.1	-5.4	-5.3	-4.3	-4.1	-2.7	-2.8
MJ78	-8.0	-4.9	-4.7	-4.8	-3.5	-3.8	-1.2
MJ79	-8.7	-5.0	-3.2	-1.6	-0.1	-2.8	-1.2
MJ83	-8.7	-6.2	-5.9	-6.2	-6.2	-4.5	-4.9
MJ88	-7.9	-5.8	-4.5	-3.3	-2.4	-1.3	-0.6
MJ92	-9.3	-5.1	-5.5	-3.1	-3.0	-3.0	-2.3
MJe116	-8.6	-5.7	-5.7	-4.9	-4.7	-2.7	-2.8
MZ68	-6.2	-1.8	-1.6	0.0	1.6	-1.4	-1.0
OKC	-8.1	-2.3	-3.5	-1.0	-2.0	0.3	1.6
SURVIVOR	-5.6	-6.9	-7.1	-3.1	-3.1	-1.7	-3.0
ZEON	-8.8	-6.3	-5.7	-5.8	-5.3	-2.6	-2.8
Ortalama	-8.4	-5.2	-5.1	-3.8	-3.5	-2.4	-1.7
SP		0.64	0.64	0.68	0.75	1.03	1.07

Çizelge 4.8 verileri genotiplerin kontrol ve uygulama a değerlerini göstermiştir. Kontrol koşullarında a değeri genellikle negatif bölgede seyrederek (yeşil baskın). Örneğin MJ207 (-9.57) gibi çok negatif bir değer, koyu yeşil pigment baskınlığına işaret etmiş, SURVIVOR (-5.63) nispeten düşük negatif değeriyle dikkat çekmiştir.

Çizelge 4.9 verileri her uygulamada kontrol değeriyle kıyaslandığında a değerinin ne ölçüde değiştiğini (yüzde) yansıtmıştır. Bazı genotipler, hafif ılıman soğuk koşullarında (%-40 ila %-50) büyük değişimler gösterirken, bazılarında bu oran düşük kalabilir; daha şiddetli soğuklarda (%-70, %-80 veya pozitif sıçramalar) durum daha dramatik hâle gelebilir. Bu tablo, genotiplerin spesifik sıcaklık düzeylerindeki kırmızı/yeşil pigment dengesi koruma kapasitesini net biçimde ortaya koymuştur.

Çizelge 4.9. Soğuk ve don stresine tabi tutulan *Zoysia* genotiplerinde a değerlerinin kontrole göre yüzde (%) değişimi

	Kontrol	8/2°C	0 °C	-3 °C	-6 °C	-9 °C	-12 °C
CAVALIER	-7.32	-36	-25	-47	-39	-64	-67
EMPIRE	-8.81	-45	-49	-64	-68	-85	-99
JAP EL TORO	-8.35	-53	-45	-75	-96	-79	-119
JM21	-8.65	-52	-64	-76	-74	-104	-117
JM32	-9.29	-38	-30	-49	-60	-79	-100
JM35	-6.04	-39	-57	-71	-91	-95	-156
JM7	-7.79	-23	-18	-35	-36	-46	-70
JMe50	-8.41	-46	-39	-86	-74	-94	-111
MJ100	-8.44	-39	-36	-35	-42	-65	-82
MJ103	-8.35	-22	-18	-51	-57	-49	-54
MJ106	-8.22	-40	-33	-52	-52	-41	-61
MJ13	-7.41	-25	-30	-26	-35	-56	-56
MJ17	-9.21	-31	-46	-63	-64	-71	-76
MJ207	-9.57	-43	-40	-53	-52	-68	-81
MJ26	-9.35	-54	-50	-58	-69	-75	-72
MJ30	-8.3	-42	-53	-68	-63	-81	-109
MJ31	-8.53	-52	-56	-51	-62	-103	-70
MJ34	-9.52	-33	-41	-42	-41	-76	-99
MJ46	-9.12	-36	-44	-55	-50	-75	-81
MJ47	-9.34	-33	-36	-44	-58	-75	-70
MJ58	-8.41	-26	-23	-39	-41	-44	-56
MJ59	-8.8	-35	-27	-44	-49	-66	-83
MJ62	-8.94	-26	-39	-51	-48	-60	-73
MJ68	-9.52	-42	-44	-59	-45	-58	-54
MJ73	-7.14	-30	-29	-38	-47	-67	-42
MJ77	-9.08	-41	-41	-53	-55	-71	-69
MJ78	-8.03	-40	-41	-41	-56	-53	-86
MJ79	-8.72	-43	-64	-81	-99	-68	-86
MJ83	-8.67	-28	-32	-29	-29	-48	-43
MJ88	-7.88	-26	-43	-58	-69	-84	-93
MJ92	-9.25	-44	-41	-67	-68	-67	-75
MJe116	-8.56	-34	-34	-43	-45	-69	-68
MZ68	-6.22	-70	-74	-101	-125	-77	-83
OKC	-8.09	-72	-57	-87	-75	-103	-120
SURVIVOR	-5.63	23	27	-44	-45	-70	-46
ZEON	-8.83	-29	-35	-35	-40	-70	-69



Şekil 4.3. a değeri ortalamaları

a değeri, *Zoysia* yapraklarındaki kırmızı-yeşil eksenindeki pigment değişimlerini takip ederek düşük sıcaklık stresinin klorofil kaybına veya antosiyanin/kırmızı pigment artışına yol açıp açmadığını yansıtmıştır. Hafif soğuk koşullarında (8/2°C, 0°C) birçok genotipte kısmi değişimler yaşanırken, -3°C ve sonrasında artan soğuk şiddeti, a değerinde çarpıcı yükselişlere (yeşilden kırmızıya kayış) sebep olmuştur.

Soğuk altında a değerini büyük oranda negatif bölgede tutarak yeşil pigmentleri koruyan ya da çok sınırlı artış gösteren çeşitler (örneğin MJ103, MJ58, MJ83) düşük sıcaklık stresine daha başarılı uyum sağlamıştır. Buna karşılık a değerini hızla pozitifte yaklaştıran veya sıfıra çeken genotipler (örneğin MZ68, OKC, JM35), kırmızı tonun baskın hâle geldiğini ve dolayısıyla klorofil kaybı ile pigment dengesinde bozulma yaşadığını göstermiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre, U (uygulama) ve G (genotip) faktörleri çoğu sıcaklık düzeyinde $P < 0.001$ ile önemini korumuştur, $T \times U$ ve $U \times G$ etkileşimleri farklı seviyelerde değişkenlik göstermekle birlikte, genotiplerin uygulamaya göre renk değişimi (kırmızıya kayma) profilinde ayrışma sergilediğini ortaya koymuştur.

4.2.3. b değeri

Zoysia genotiplerinde farklı sıcaklık seviyelerinde uygulanan soğuk ve don stresi, yaprak renginde sarı-mavi ekseninde meydana gelebilecek pigment değişimlerini (b değeri) değerlendirmede önemli veriler sunmuştur. b değeri düştükçe yapraklarda mavi ton ağır basabilir, yükseldikçe sarı pigment daha belirgin hâle gelir. Çizelge 4.10'daki varyans analizi sonuçları göstermiştir ki uygulama (U) ve genotip (G) faktörleri büyük ölçüde istatistiksel olarak anlamlı (çoğunlukla $P < 0.001$) bulunmuştur, ancak bazı sıcaklık düzeylerinde tekerrür (T) ve etkileşim faktörlerinde değişkenlikler söz konusudur.

Varyans analizi sonuçlarına göre U (soğuk uygulaması) faktörü 8/2°C düzeyinde kimi zaman $P > 0.05$ (önemsiz) çıkabilmekle birlikte, bazı tablolarda $P < 0.05$ düzeyinde anlamlı da görülmüştür (Çizelge 4.10). Genotip (G) faktörünün $P < 0.001$ oluşu, 8/2°C gibi hafif-orta düzey soğukta dahi genotipler arasında b değeri farklarının belirgin seyrettiğine işaret etmiştir.

0°C koşullarında U ($P < 0.05$ veya $P < 0.001$) düzeyinde anlamlı bir etki gözlenirken, G ($P < 0.001$) faktörü yine önemini korumuştur. Bazı genotiplerde b değerinin nispeten yüksek kalması, daha sarı bir görünümün sürdüğünü, diğerlerinde bariz azalma olması ise mavi ton baskınlığını ortaya koymuştur. Dolayısıyla bu iki sıcaklık düzeyinde b değerine ilişkin farklı genotip tepkileri gözlenmiş, sarı pigment koruma kabiliyeti veya kaybı net biçimde ayrılmıştır.

-3°C uygulamasında tekerrür (T) faktörü kimi zaman $P < 0.05$ düzeyinde anlam kazanırken, U ($P < 0.001$) ve G ($P < 0.001$) faktörleri soğuk uygulamasının b değeri üzerindeki etkisini göstermiştir. Bu sıcaklıkta pek çok genotipin b değeri belirgin oranda azalabilir (maviye kayma), ancak bazı genotipler daha sınırlı düşüşle sarı tonlarını kısmen koruyabilir. Dolayısıyla -3°C, genotiplerin dayanıklılık farklarını daha açık şekilde ortaya çıkarmış bir stres eşiği hâline gelmiştir.

-6°C düzeyinde U ($P < 0.001$) faktörü belirgin sarı pigment kaybına yol açarak çoğu genotipte b değerini düşürmüştür, G ($P < 0.001$) faktörü ise bu kaybın genotipe göre daha hafif (örneğin EMPIRE, MJ100, MJ207) ya da daha ağır (örneğin JM35, MJ34, ZEON) olabileceğini göstermiştir. U×G etkileşiminin ($P < 0.05$) anlamlı çıktığı durumlar, soğuk uygulamasının şiddeti ve genetik farklılıkların birlikte renk değişimine yol açtığını ortaya koymuştur.

-9°C seviyesine gelindiğinde U faktörü, genellikle yüksek F değerleri ($P < 0.001$) ile b değerini baskılamayı sürdürmüştür ve çoğu genotipte mavi tonun güçlendiği izlenmiştir. G faktörünün $P < 0.05$ düzeyinde anlamlı olması, dayanıklılık açısından kısmi bir ayrışma olduğunu düşündürmekle birlikte, birçok genotip (örneğin OKC, SURVIVOR, ZEON) benzer pigment kaybı yaşayabilmiştir. Bu düzey, “yoğun soğuk stres” kategorisine girmiştir. Sarı pigment koruması yüksek genotipler (örneğin EMPIRE, JM32, MJ207) nadir görülse de daha düşük b değeri düşüşü sayesinde dayanıklılık sergileyebilmiştir.

-12°C aşamasında U faktörünün ($P < 0.001$) etkisi daha da belirginleşerek sarı pigment kaybının doruk noktasına ulaşmasına neden olmuştur. G faktörünün ($P < 0.001$) yine önemli bulunması, bazı genotiplerin bu aşırı soğuk koşullarda bile kısmen sarı tonunu korumaya çalıştığını, kimilerinin ise hızla mavi renge kaydığını göstermiştir. T×U ve U×G etkileşimleri değişkenlik göstermekle birlikte, uygulama (U) genel anlamda baskın faktördür; genotip farklılıkları da kritik seviyeye ulaşarak renk kaybı açısından belirgin ayrışmalar yaratır. Bu noktada b değerini koruyabilen genotiplerin gerçekten

güçlü bir soğuk dayanım mekanizmasına sahip olduğu düşünülmüştür; çünkü çoğu genotipte b değeri belirgin biçimde düşmüş ve mavi ton hâkimiyeti gözlenmiştir.

Çizelge 4.10. Soğuk ve don stresine tabi tutulan *Zoysia* genotiplerinde b değeri ölçümlerine ait varyasyon kaynakları tablosu

	df	8/2 °C	0 °C	-3 °C	-6 °C	-9 °C	-12 °C
Tekerrür (T)	5	2.408*	0.341Ö	4.001*	1.156Ö	0.832Ö	1.248Ö
Uygulama (U)	1	0.912Ö	4.666*	222.818**	177.997**	234.854**	258.449**
T * U	2	0.95Ö	1.534Ö	8.538**	1.417Ö	0.045Ö	0.866Ö
Genotip (G)	35	5.246**	3.721**	5.617**	6.785**	3.132**	3.599**
U * G	35	2.709**	1.794*	2.833**	2.72**	2.023*	2.39**
Hata	245						
Toplam	324						

* P<0.05, ** P<0.001, Ö=önemsiz

Çizelge 4.11. Soğuk ve don stresine tabi tutulan *Zoysia* genotiplerinde b değeri ölçümleri

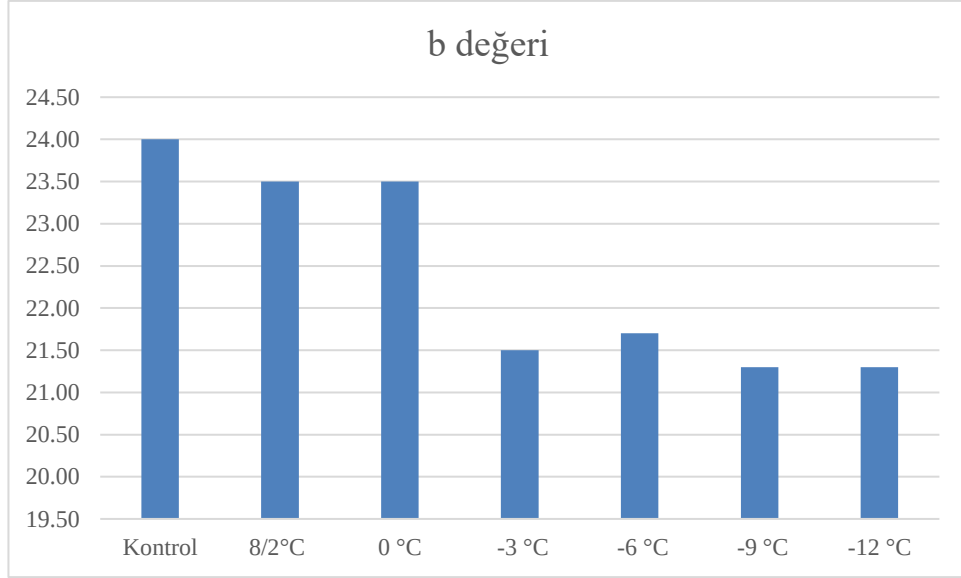
	Kontrol	8/2°C	0 °C	-3 °C	-6 °C	-9 °C	-12 °C
CAVALIER	22.6	22.0	21.8	20.4	20.7	20.5	19.3
EMPIRE	24.3	23.9	22.5	20.5	20.3	18.6	20.0
JAP EL TORO	24.0	24.7	25.1	21.9	20.8	21.9	20.9
JM21	26.2	24.1	24.1	22.1	22.6	21.5	21.8
JM32	22.5	23.3	23.6	21.2	21.4	18.9	19.2
JM35	23.3	26.0	26.0	23.1	23.3	22.4	22.7
JM7	23.9	23.7	23.8	22.4	21.8	20.8	21.8
JMe50	22.5	22.9	23.3	21.2	21.2	21.1	21.6
MJ100	23.3	20.3	20.5	19.1	19.1	21.8	21.7
MJ103	25.1	23.4	24.1	21.6	21.3	21.0	21.4
MJ106	24.0	22.3	22.6	20.9	21.4	21.6	20.4
MJ13	22.1	22.0	22.4	20.3	20.4	20.0	20.1
MJ17	24.0	23.2	22.1	20.7	21.0	20.6	20.0
MJ207	25.0	21.2	21.8	19.8	20.2	18.8	19.1
MJ26	23.7	21.9	21.4	20.5	20.9	20.5	20.6
MJ30	22.7	22.3	21.3	19.7	20.8	20.7	21.1
MJ31	22.5	21.7	21.9	20.7	20.4	21.4	20.2
MJ34	25.6	24.3	25.0	23.0	23.3	21.5	21.1
MJ46	23.5	23.5	22.7	21.2	22.2	21.8	21.9
MJ47	24.2	24.4	23.0	21.4	20.8	22.5	21.3
MJ58	24.3	24.7	24.3	23.5	23.0	21.3	21.4
MJ59	24.6	22.0	22.9	20.2	21.0	22.1	20.9
MJ62	23.7	26.5	24.1	23.0	22.4	22.6	21.6
MJ68	25.3	23.4	24.9	22.0	22.2	21.8	23.1
MJ73	24.0	22.8	24.8	22.1	20.8	20.8	21.7
MJ77	25.1	23.1	22.5	21.4	22.0	21.9	21.5
MJ78	24.6	22.4	22.6	21.1	22.5	20.0	21.0
MJ79	23.2	25.9	25.3	21.3	21.4	21.4	21.8
MJ83	23.3	22.2	22.2	21.5	21.6	21.0	21.6
MJ88	25.4	25.6	24.9	22.0	22.7	22.0	21.9
MJ92	24.9	23.6	23.7	20.0	20.7	20.4	21.1
MJe116	21.7	21.4	21.8	20.9	20.6	21.2	21.2
MZ68	23.3	22.6	23.2	21.9	21.1	21.0	19.9
OKC	26.0	27.3	27.4	24.1	25.7	25.1	24.8
SURVIVOR	22.7	26.6	26.8	23.9	24.6	23.7	25.3
ZEON	25.6	25.1	24.4	23.4	24.4	22.6	21.9
Ortalama	24.0	23.5	23.5	21.5	21.7	21.3	21.3
SP		0.67	0.78	0.54	0.54	0.79	0.75

Çizelge 4.11 verilerine göre kontrol grubu ortalaması yaklaşık 24 düzeyinde olup, JM21 (26.2) veya OKC (26) gibi genotipler daha üst düzey sarı tona yakın görünürken, MJel16 (21.7) gibi genotipler nispeten düşük b değeri ile daha az sarı ton baskınlığını göstermiştir. Soğuk uygulamaların çoğunda b değeri azalmış ve bu durum maviye kayışa işaret etmiştir.

Çizelge 4.12 her uygulamada kontrol ile kıyaslandığında b değerinin ne kadar korunduğunu veya ne kadar gerilediğini yüzdesel biçimde ortaya koymuştur. Örneğin SURVIVOR bazı sıcaklıklarda b değerinde %17–18 gibi artış göstererek sarı tonunu arttırırken, MJ100, MJ207 ve EMPIRE gibi genotiplerde ise soğuk uygulamalarında b değeri hızla düşerek mavi tonun baskınlaştığı dikkat çekmiştir. Bu yüzdelik değişimler, özellikle -3°C ile -12°C arasındaki soğuk streslerde sarı pigment kaybının derecesini açık şekilde ortaya koymuştur.

Çizelge 4.12. Soğuk ve don stresine tabi tutulan *Zoysia* genotiplerinde b değerlerinin kontrole göre yüzde (%) değişimi

	Kontrol	8/2°C	0 °C	-3 °C	-6 °C	-9 °C	-12 °C
CAVALIER	22.6	-2	-3	-10	-8	-9	-15
EMPIRE	24.3	-2	-7	-16	-17	-24	-18
JAP EL TORO	24.0	3	5	-9	-13	-9	-13
JM21	26.2	-8	-8	-16	-14	-18	-17
JM32	22.5	3	5	-6	-5	-16	-15
JM35	23.3	11	12	-1	0	-4	-3
JM7	23.9	-1	0	-6	-9	-13	-9
JMe50	22.5	2	3	-6	-6	-6	-4
MJ100	23.3	-13	-12	-18	-18	-7	-7
MJ103	25.1	-7	-4	-14	-15	-16	-15
MJ106	24.0	-7	-6	-13	-11	-10	-15
MJ13	22.1	-1	1	-8	-8	-9	-9
MJ17	24.0	-3	-8	-14	-12	-14	-16
MJ207	25.0	-15	-13	-21	-19	-25	-24
MJ26	23.7	-8	-10	-13	-12	-14	-13
MJ30	22.7	-2	-6	-13	-8	-9	-7
MJ31	22.5	-4	-3	-8	-10	-5	-10
MJ34	25.6	-5	-2	-10	-9	-16	-17
MJ46	23.5	0	-3	-10	-5	-7	-7
MJ47	24.2	1	-5	-12	-14	-7	-12
MJ58	24.3	2	0	-3	-5	-12	-12
MJ59	24.6	-10	-7	-18	-14	-10	-15
MJ62	23.7	12	2	-3	-5	-5	-9
MJ68	25.3	-7	-1	-13	-12	-14	-8
MJ73	24.0	-5	3	-8	-13	-13	-10
MJ77	25.1	-8	-11	-15	-13	-13	-14
MJ78	24.6	-9	-8	-14	-9	-19	-15
MJ79	23.2	12	9	-8	-7	-7	-6
MJ83	23.3	-5	-4	-7	-7	-10	-7
MJ88	25.4	1	-2	-13	-10	-13	-14
MJ92	24.9	-5	-5	-20	-17	-18	-15
MJel16	21.7	-1	1	-4	-5	-2	-2
MZ68	23.3	-3	0	-6	-10	-10	-15
OKC	26.0	5	5	-7	-1	-4	-5
SURVIVOR	22.7	17	18	5	9	4	12
ZEON	25.6	-2	-5	-9	-5	-12	-15



Şekil 4.4. b değeri ortalamaları

b değeri, *Zoysia* genotiplerinin yapraklarında sarı-mavi eksenindeki renk değişimlerini izleyerek soğuk stresinin pigmentasyon üzerinde yarattığı etkileri değerlendirmeye yararlı bir parametre olmuştur. Varyans analizi (Çizelge 4.10) sonuçlarına göre, U (uygulama) faktörünün özellikle -3°C'den itibaren $P < 0.001$ düzeyinde etkili olduğu ve b değerini ciddi biçimde azaltarak mavi tona yönelttiğini ortaya koymuştur. 8/2°C ile 0°C koşullarında bu etki bazı genotiplerde belirgin değilken, don seviyesine yaklaşıldığında sarı pigmentin kaybı daha göze çarpar hâle gelmiştir.

Genotip (G) faktörünün tüm sıcaklıklarda $P < 0.001$ ya da $P < 0.05$ düzeyinde anlamlı çıkması, genotiplerin soğuk koşullarda sarı pigment koruma kapasitelerinin farklılaştığını göstermiştir. T ve etkileşim terimleri (-3°C gibi bazı düzeylerde) $P < 0.05$ ile anlam kazanabilse de çoğu durumda uygulama (U) ve genotip (G) faktörlerinin baskın olduğu görülmüştür.

Soğuk altında b değerini nispeten yüksek tutarak sarı tonu korumaya meyilli genotipler (örneğin MJ100, MJ207, EMPIRE) daha güçlü pigment koruma mekanizmalarına işaret etmiştir. Buna karşılık, JM35 ve ZEON gibi bazı genotiplerde b değeri soğuk uygulamalarında belirgin biçimde düşerek mavi tonun ağır bastığını ve sarı pigmentin hızla yitirildiğini göstermiştir.

Sonuç olarak, b değeri ölçümleri, *Zoysia* genotiplerinin soğuk ve don stresine karşı renk/pigment dengesini ne ölçüde koruyabildiklerini saptamada yararlı bir gösterge olmuştur. Özellikle -3°C düzeyinde dayanıklılık ve hassasiyet ayrılmış, -9°C ve -12°C koşullarında ise genotip faktörü daha belirgin hâle gelerek seçici bir stres aracı konumuna yükselmiştir.

4.3. Klorofil Floresans Ölçümleri

4.3.1. FV/FM Değeri

Zoysia genotiplerinde farklı sıcaklık seviyelerinde uygulanan soğuk ve don stresi, fotosentetik performans ve fotosistem II etkinliği üzerine önemli etkiler yaratabilmiştir. FV/FM değeri, karanlık adaptasyonu sağlanmış bitkilerde fotosistem II'nin maksimum kuantum verimliliğini gösterdiği için, düşük sıcaklıkların fotosentetik süreçler üzerindeki muhtemel zararlarını değerlendirmek açısından kritik bir parametre olmuştur. Çizelge 4.13'te yer alan varyans analizi sonuçları, uygulama (U) ve kısmen tekerrür (T) faktörlerinin hemen her sıcaklık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ($P < 0.001$) bulunduğunu, genotip (G) ve etkileşim faktörlerinin ise bazı sıcaklık seviyelerinde önemsiz (Ö) veya anlamlı ($P < 0.05$) olabildiğini göstermiştir.

8/2°C düzeyinde U (soğuk uygulaması) faktörü $P < 0.001$ düzeyinde çok güçlü bir etkiye sahiptir. Tekerrür (T) ve $T \times U$ de bu koşullarda anlamlı çıkabilmekte, kontrol ile uygulama arasındaki farkın tekrarlar arasında değişebildiğini düşündürmüştür. Genotip (G) faktörünün çoğu zaman önemsiz bulunması, hafif-orta soğuk koşulunda FV/FM'deki farkların çoğunlukla uygulamadan kaynaklandığını işaret etmiştir.

0°C düzeyinde de U ($P < 0.001$) etkisi devam etmekte, T ve $T \times U$ bazı seviyelerde ($P < 0.05$ veya $P < 0.001$) önem kazanabilmektedir. Genotip (G) faktörü kimi zaman önemsiz görünse de $U \times G$ etkileşimi kısmen anlamlı çıkabilmiştir ($P < 0.05$). Bu sıcaklıkta bazı genotiplerin FV/FM değerini nispeten koruduğu, bazılarının ise belirgin bir düşüş gösterdiği saptanmıştır.

-3°C uygulamasında da U ($P < 0.001$) FV/FM üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir, $T \times U$ ($P < 0.001$) düzeyinde anlamlı bulunabilir. Genotip (G) faktörü çoğunlukla önemsiz ya da sınıra yakın sonuçlar verebilir, bu da -3°C'de genotipler arasındaki farkların istatistiksel olarak tam ayrılmayabileceğini akla getirmiştir. Yine de bazı genotipler FV/FM'yi nispeten daha iyi korurken, bazılarında belirgin düşüş gözlenmiştir.

-6°C düzeyinde tekerrür (T) $P < 0.001$ düzeyinde anlamlı sonuçlar verebilir, U ($P < 0.001$) ise hâlâ baskın faktördür. Pek çok genotipte FV/FM düşmeye devam eder; örneğin JM32, MJ103 gibi genotipler nispeten değerlerini koruyabilirken, JM35 ve MJ77 gibi genotiplerde daha dramatik kayıplar ortaya çıkar. -9°C düzeyinde soğuk şiddeti arttıkça, U faktörü $F = 1162.36^{**}$ gibi çok yüksek değerlere ulaşarak FV/FM üzerinde kuvvetli bir baskı yaratmıştır. Genotip (G) ise bu aşamada $P < 0.05$ düzeyinde anlamlı bulunarak dayanıklı (CAVALIER, MJ62 gibi) ve hassas (JM35, ZEON gibi) çeşitlerin kısmen ayrıştığını göstermiştir. $T \times U$ ($P < 0.05$) de kontrol ile uygulama farkının tekrarlar arasında farklı yansımalarının olabildiğini yansıtmıştır.

-12°C koşullarında uygulama (U) faktörü ($P < 0.001$) son derece güçlü olup FV/FM değerlerinde belirgin kayıplara neden olabilir. Genotip (G) faktörünün ($P < 0.05$ veya $P < 0.001$) anlam kazanması, bazı çeşitlerin (örneğin JM32, MJ62) FV/FM değerlerini

biraz daha yüksek tutabildiğini, bazılarının (JM35, MZ68) çok daha fazla kaybettiğini göstermiştir. T×U etkileşiminin ($P<0.001$) anlamlı bulunması, tekrarlar arasında kontrol ile uygulama değişiminin farklı etkileşimlere yol açabildiğini ortaya koymuştur.

Çizelge 4.13. Soğuk ve don stresine tabi tutulan *Zoysia* genotiplerinde FV/FM değeri ölçümlerine ait varyasyon kaynakları tablosu

	df	8/2 °C	0 °C	-3 °C	-6 °C	-9 °C	-12 °C
Tekerrür (T)	5	4.742**	3.765*	2.988*	5.877**	0.57Ö	2.767Ö
Uygulama (U)	1	477.554**	595.214**	520.188**	528.502**	1162.36**	2099.159**
T * U	2	11.072**	11.413**	10.429**	4.282*	3.412*	8.55**
Genotip (G)	35	0.825Ö	0.873Ö	1.074Ö	1.333Ö	1.708*	1.994*
U * G	35	0.963Ö	1.681*	1.347Ö	1.43Ö	1.496Ö	2.479**
Hata	245						
Toplam	324						

* $P<0.05$, ** $P<0.001$, Ö=önemsiz

Çizelge 4.14. Soğuk ve don stresine tabi tutulan *Zoysia* genotiplerinde FV/FM değeri ölçümleri

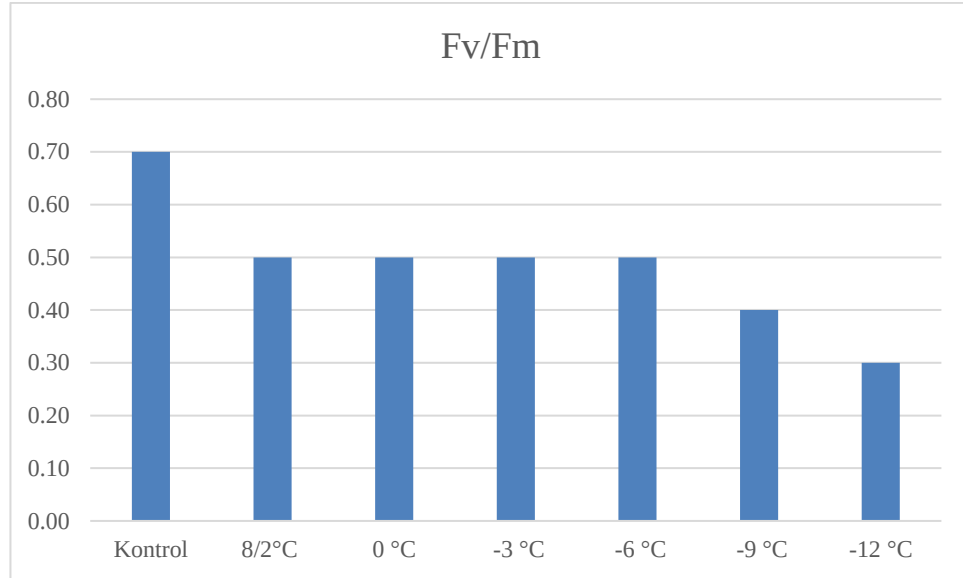
	Kontrol	8/2°C	0 °C	-3 °C	-6 °C	-9 °C	-12 °C
CAVALIER	0.69	0.44	0.52	0.57	0.51	0.54	0.31
EMPIRE	0.71	0.49	0.51	0.52	0.50	0.36	0.30
JAP EL TORO	0.71	0.44	0.43	0.47	0.50	0.42	0.22
JM21	0.70	0.37	0.49	0.53	0.39	0.44	0.40
JM32	0.68	0.47	0.53	0.52	0.56	0.47	0.40
JM35	0.73	0.41	0.38	0.39	0.38	0.38	0.20
JM7	0.71	0.41	0.43	0.54	0.48	0.46	0.39
JMe50	0.73	0.42	0.47	0.48	0.41	0.41	0.35
MJ100	0.74	0.45	0.46	0.47	0.43	0.50	0.33
MJ103	0.73	0.50	0.53	0.52	0.52	0.46	0.37
MJ106	0.68	0.44	0.47	0.53	0.45	0.44	0.41
MJ13	0.70	0.49	0.45	0.52	0.50	0.52	0.40
MJ17	0.67	0.48	0.57	0.58	0.51	0.50	0.38
MJ207	0.68	0.42	0.40	0.51	0.45	0.47	0.38
MJ26	0.70	0.44	0.51	0.51	0.50	0.46	0.38
MJ30	0.69	0.47	0.48	0.51	0.51	0.41	0.30
MJ31	0.69	0.45	0.51	0.51	0.47	0.44	0.36
MJ34	0.71	0.48	0.48	0.51	0.46	0.47	0.32
MJ46	0.68	0.49	0.51	0.52	0.51	0.48	0.41
MJ47	0.67	0.45	0.50	0.52	0.52	0.44	0.35
MJ58	0.69	0.53	0.46	0.50	0.45	0.46	0.37
MJ59	0.72	0.43	0.47	0.52	0.44	0.46	0.32
MJ62	0.69	0.37	0.47	0.51	0.48	0.51	0.43
MJ68	0.72	0.39	0.44	0.47	0.42	0.45	0.40
MJ73	0.71	0.43	0.43	0.45	0.48	0.33	0.26
MJ77	0.68	0.43	0.43	0.44	0.42	0.40	0.33
MJ78	0.68	0.50	0.50	0.49	0.50	0.47	0.26
MJ79	0.69	0.45	0.43	0.44	0.46	0.44	0.35
MJ83	0.70	0.50	0.49	0.52	0.52	0.45	0.36
MJ88	0.74	0.44	0.48	0.52	0.50	0.44	0.34
MJ92	0.71	0.47	0.45	0.48	0.51	0.46	0.40
MJe116	0.72	0.50	0.48	0.54	0.54	0.42	0.32
MZ68	0.83	0.46	0.42	0.51	0.49	0.44	0.25
OKC	0.65	0.52	0.53	0.55	0.46	0.41	0.33
SURVIVOR	0.60	0.44	0.48	0.46	0.44	0.37	0.21
ZEON	0.69	0.44	0.43	0.50	0.46	0.37	0.25
Ortalama	0.70	0.45	0.47	0.50	0.47	0.44	0.34
SP		0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03

Çizelge 4.14 incelendiğinde kontrol grubu ortalamasının yaklaşık 0.7 düzeyinde seyrettiği, MZ68 (0.83) ve SURVIVOR (0.6) gibi genotiplerin uç değerleri temsil ettiği görülür.

Çizelge 4.15 ise kontrole kıyasla FV/FM kaybının ne kadar yüksek olduğunu yüzdelik farklarla ortaya koymuştur. Örneğin JM35, bazı sıcaklıklarda % düzeyindeki azalmalarla en düşük verimliliği sergileyen adaylardan biri olarak öne çıkmıştır. OKC, 8/2°C ve 0°C’de %-21 civarında sınırlı bir kayıp yaşarken (-12°C’de %-49’a ulaşır), MZ68 -12°C’de %-70 gibi son derece yüksek bir azalmayla dikkat çekmiştir. Bu sonuçlar, genotiplerin fotosistem II’yi koruma kapasitelerinde belirgin bir çeşitlilik bulunduğunu yansıtmıştır.

Çizelge 4.15. Soğuk ve don stresine tabi tutulan *Zoysia* genotiplerinde FV/FM değerlerinin kontrole göre yüzde (%) değişimi

	Kontrol	8/2°C	0 °C	3 °C	6 °C	9 °C	12 °C
CAVALIER	0.69	-36	-24	-18	-26	-22	-55
EMPIRE	0.71	-31	-28	-27	-30	-50	-58
JAP EL TORO	0.71	-38	-40	-34	-29	-41	-69
JM21	0.70	-48	-29	-25	-45	-36	-43
JM32	0.68	-30	-22	-23	-18	-31	-40
JM35	0.73	-44	-49	-47	-49	-48	-73
JM7	0.71	-42	-40	-24	-32	-35	-44
JMe50	0.73	-43	-36	-34	-44	-43	-52
MJ100	0.74	-39	-38	-37	-42	-32	-55
MJ103	0.73	-31	-28	-28	-29	-37	-49
MJ106	0.68	-36	-31	-22	-33	-34	-40
MJ13	0.70	-30	-36	-26	-29	-26	-43
MJ17	0.67	-28	-15	-13	-23	-26	-44
MJ207	0.68	-38	-41	-25	-34	-30	-43
MJ26	0.70	-38	-27	-28	-28	-35	-46
MJ30	0.69	-31	-31	-26	-26	-40	-57
MJ31	0.69	-35	-26	-27	-32	-36	-48
MJ34	0.71	-33	-33	-27	-35	-33	-55
MJ46	0.68	-29	-26	-24	-25	-30	-40
MJ47	0.67	-34	-26	-22	-23	-35	-49
MJ58	0.69	-24	-34	-28	-35	-34	-47
MJ59	0.72	-40	-35	-28	-39	-37	-56
MJ62	0.69	-47	-32	-27	-31	-27	-38
MJ68	0.72	-46	-39	-35	-42	-37	-44
MJ73	0.71	-40	-39	-37	-32	-53	-63
MJ77	0.68	-37	-37	-35	-39	-42	-52
MJ78	0.68	-27	-27	-28	-26	-31	-61
MJ79	0.69	-35	-37	-37	-34	-37	-49
MJ83	0.70	-29	-30	-26	-26	-35	-49
MJ88	0.74	-41	-35	-30	-32	-41	-54
MJ92	0.71	-34	-37	-32	-28	-35	-44
MJe116	0.72	-32	-33	-25	-26	-41	-55
MZ68	0.83	-45	-49	-39	-41	-47	-70
OKC	0.65	-21	-19	-16	-29	-38	-49
SURVIVOR	0.60	-27	-20	-23	-26	-39	-64
ZEON	0.69	-37	-38	-29	-34	-46	-64



Şekil 4.5. FV/FM değeri ortalamaları

FV/FM değerleri, *Zoysia* genotiplerinin düşük sıcaklık uygulamalarında fotosentetik verimlilik düzeyini yansıtarak, soğuk stresinin fotosistem II üzerindeki potansiyel zararını nicel biçimde göz önüne sermiştir. Varyans analizi sonuçları (Çizelge 4.13) incelendiğinde, U (uygulama) faktörünün tüm sıcaklık basamaklarında çok yüksek F değerleriyle en baskın etken olduğu, soğuk seviyesi arttıkça FV/FM’de belirgin azalmaların yaşandığı ve özellikle -9°C ile -12°C düzeylerinde genotiplerin çoğunda verimliliğin sert biçimde düştüğü görülmüştür. Tekerrür (T) ve T×U etkileşimi, bazı sıcaklıklarda (8/2°C, 0°C, -3°C, -6°C, -12°C) anlam kazanarak kontrol ile uygulama arasındaki farkın tekrarlarında değişkenlik gösterebileceğini yansıtmıştır. Genotip (G) faktörü, hafif veya orta soğuk koşullarında önemsiz kalabilse de -9°C ve -12°C gibi ileri seviyelerde $P<0.05$ veya $P<0.001$ düzeyinde anlamlı bulunarak dayanıklı/hassas ayrımını netleştirmiştir. Özellikle -12°C’de U×G etkileşiminin ($P<0.001$) anlamlı olması, soğuk şiddeti yükseldikçe genotiplerin birbirinden farklı performanslar sergilediğini göstermiştir.

Dayanıklı genotipler arasında CAVALIER, JM32, MJ103 ve MJ17 gibi çeşitlerin -9°C ve -12°C düzeylerinde dahi FV/FM’yi nispeten yüksek tutarak fotosistem II’yi aşırı soğukta daha iyi koruyabildiği anlaşılmıştır. Buna karşılık JM21, JM35, ZEON gibi hassas genotiplerde FV/FM’deki sert düşüşler, soğuk stresinin fotosentetik mekanizmayı büyük ölçüde baskıladığını ve bu genotiplerin düşük sıcaklığa hızlı tepki vererek verimlilik kaybettiğini düşündürmüştür.

Genel olarak, FV/FM ölçümleri, *Zoysia* genotiplerinde soğuk ve don stresine karşı fotosentetik dayanıklılık düzeyini değerlendirmede önemli bir parametre olarak öne

çıkmiştir. Özellikle -9°C ve -12°C gibi yüksek stres kademelerinde genotip faktörünün belirginleşmesi, aşırı soğuk koşullarında dayanıklılık ayrışmasını bariz hâle getirmiştir.

4.3.2. PI/ABS değeri

Zoysia genotiplerinde farklı sıcaklık seviyelerinde uygulanan soğuk ve don stresi, fotosentetik enerji dönüşüm kapasitesini yansıtan PI/ABS değeri üzerinden değerlendirilmiştir. PI/ABS, fotosistem II etkinliğini ve enerji dönüşüm verimliliğini bütünleştirici biçimde göstererek düşük sıcaklıkların elektron taşıma zincirindeki muhtemel zararlarını göz önüne serer. Çizelge 4.16'daki varyans analizi sonuçları, U (uygulama) ve G (genotip) faktörlerinin pek çok sıcaklık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ($P<0.001$) bulunmuş, T (tekerrür) faktörünün genel olarak önemsiz (Ö) olduğu ve $T \times U$ 'nun bazı sıcaklıklarda ($P<0.05$) anlam kazandığı görülmüştür.

$8/2^{\circ}\text{C}$ düzeyinde U ($P<0.001$) faktörünün PI/ABS üzerinde güçlü bir etkisi bulunmakla birlikte, soğuk şiddeti düşük olduğu için bu etki zaman zaman daha sınırlı kalmıştır. Genotip (G) faktörünün $P<0.001$ düzeyinde anlamlı çıkması, sıcaklığın hafif olmasına rağmen genotipler arasındaki PI/ABS farklılıklarının belirginleşebileceğini göstermiştir.

0°C düzeyinde don eşiğine yakın koşullarda uygulama (U) yine $P<0.001$ düzeyinde anlamlıdır. Genotip (G) faktörünün de $P<0.001$ düzeyinde önemini koruması, bu sıcaklıkta dahi genotiplerin fotosistem performansında farklı tepkiler verdiğini düşündürmüştür. $T \times U$ ($P<0.05$) bazı durumlarda anlamlı olup, kontrol-uygulama farkının tekrarlar bazında değişkenlik gösterebileceğini ima etmiştir.

-3°C düzeyinde varyans analizi sonuçları uygulama (U) ve genotip (G) faktörlerinin ($P<0.001$) PI/ABS değerini belirgin ölçüde düşürebileceğini ortaya koymuştur. Bazı genotipler -3°C 'de nispeten daha yüksek endeks koruyarak fotosistem II'yi zorlu koşullara rağmen aktif tutmayı başarırken, bazıları hızlı kayıplar yaşayabilir.

-6°C düzeyinde soğuk şiddetinin artmasıyla U ($P<0.001$) etkisini sürdürmüş; genotip (G) de $P<0.001$ düzeyinde anlamlılık göstermiştir. $T \times U$ ($P<0.05$) kimi zaman anlamlı bulunduğunda, kontrol ve uygulama arasındaki farkın tekrarlar bazında değişkenlik gösterebildiği anlaşılmıştır. PI/ABS değeri birçok genotipte (JM35, MJ77 vb.) dikkate değer oranda gerilerken, MJ103 ve MJE116 gibi daha dayanıklı genotipler biraz daha yüksek endeks koruyabilmiştir.

-9°C düzeyinde don şiddeti yükseldikçe uygulama (U) faktörünün $P<0.001$ düzeyindeki etkisi devam ederek PI/ABS'de çoğu zaman %40–70 aralığında düşüşlere yol açmıştır. Genotip (G) faktörünün ($P<0.001$) anlamlılığı, hassas (JM35, MJ73, ZEON vb.) ve dayanıklı (CAVALIER, MJ62 vb.) çeşitler arasında ayrışma imkânı sağlamıştır.

-12°C düzeyinde aşırı düşük sıcaklık koşullarında U ($P<0.001$) yine güçlü bir etki göstermiş, genotip (G) faktörünün ($P<0.001$) anlamlı çıkması ise bazı genotiplerin

(JM7, MJ62, MJ92 vb.) hâlâ görece daha yüksek PI/ABS değerlerini koruyabildiğini, bazılarının (JM35, MJ73, ZEON vb.) ise %70–90 düzeyinde dramatik bir azalma yaşadığını ortaya koymuştur. Bu seviyeler, “yüksek/yoğun don” koşullarında PI/ABS’nin kritik düzeyde baskılandığını ve genotip (G) faktörünün dayanıklılık ayrışmasını belirginleştirdiğini yansıtmıştır.

Çizelge 4.16. Soğuk ve don stresine tabi tutulan Zoysia genotiplerinde PI/ABS değeri ölçümlerine ait varyasyon kaynakları tablosu

	df	8/2 °C	0 °C	-3 °C	-6 °C	-9 °C	-12 °C
Tekerrür (T)	5	0.473Ö	0.677Ö	0.522Ö	1.024Ö	1.264Ö	1.173Ö
Uygulama (U)	1	80.042**	84.875**	61.175**	57.143**	49.325**	68.81**
T * U	2	3.673*	3.199*	3.634*	3.045*	1.316Ö	1.396Ö
Genotip (G)	35	7.184**	7.235**	6.979**	7.244**	3.571**	3.474**
U * G	35	6.819**	7.437**	7.009**	6.891**	3.542**	3.633**
Hata	245						
Toplam	324						

* P<0.05, ** P<0.001, Ö=önemsiz

Çizelge 4.17. Soğuk ve don stresine tabi tutulan *Zoysia* genotiplerinde PI/ABS değeri

	Kontrol	8/2°C	0 °C	-3 °C	-6 °C	-9 °C	-12 °C
CAVALIER	1.49	0.47	0.88	1.63	0.89	1.09	0.16
EMPIRE	1.68	0.61	0.70	1.00	0.78	0.19	0.15
JAP EL TORO	1.66	0.47	0.37	0.57	0.88	0.36	0.09
JM21	1.70	0.16	0.66	0.76	0.40	0.57	0.49
JM32	1.21	0.43	0.63	0.85	1.21	0.68	0.33
JM35	2.71	0.43	0.19	0.24	0.30	0.28	0.07
JM7	1.79	0.32	0.39	1.28	0.90	0.61	0.54
JMe50	2.49	0.36	0.62	0.74	0.37	0.60	1.17
MJ100	3.53	0.48	0.60	0.63	0.49	0.88	0.26
MJ103	2.73	0.80	0.96	0.93	1.25	0.56	0.25
MJ106	1.42	0.49	0.56	0.85	0.57	0.50	0.43
MJ13	1.40	0.56	0.55	0.97	0.83	1.15	0.41
MJ17	1.08	0.55	1.05	1.34	0.88	0.86	0.37
MJ207	1.45	0.38	0.43	0.92	0.64	0.79	0.34
MJ26	1.63	0.46	0.94	0.76	0.96	0.82	0.33
MJ30	1.63	0.62	0.69	0.87	0.85	0.48	0.18
MJ31	1.54	0.59	0.65	0.89	0.62	0.56	0.30
MJ34	1.61	0.52	0.68	0.98	0.58	0.59	0.21
MJ46	1.83	0.78	0.86	0.99	0.82	0.74	0.35
MJ47	1.64	0.56	0.77	0.85	1.03	0.59	0.28
MJ58	1.13	0.88	0.45	0.76	0.53	0.53	0.23
MJ59	1.82	0.49	0.53	0.86	0.49	0.74	0.21
MJ62	1.52	0.25	0.61	0.87	0.64	0.90	0.54
MJ68	1.47	0.31	0.45	0.62	0.43	0.51	0.33
MJ73	1.91	0.36	0.38	0.50	0.56	0.16	0.07
MJ77	1.93	0.71	0.45	0.55	0.40	0.35	0.22
MJ78	1.60	0.85	0.70	0.86	0.84	0.65	0.06
MJ79	1.22	0.52	0.43	0.53	0.80	0.49	0.27
MJ83	2.62	0.94	0.66	0.88	1.04	0.63	0.28
MJ88	8.31	0.71	0.59	0.92	0.85	0.58	0.19
MJ92	1.49	0.78	0.53	1.16	0.98	0.69	0.49
MJe116	1.77	0.66	0.64	1.11	1.29	0.43	0.29
MZ68	14.88	0.67	0.54	0.90	0.90	0.61	0.11
OKC	0.66	0.91	0.87	1.05	0.62	0.41	0.11
SURVIVOR	0.70	0.36	0.50	0.50	0.41	0.20	0.07
ZEON	1.34	0.28	0.57	0.70	0.51	0.20	0.03
Ortalama	2.24	0.55	0.61	0.86	0.74	0.58	0.28
SP		0.63	0.61	0.63	0.62	1.07	1.07

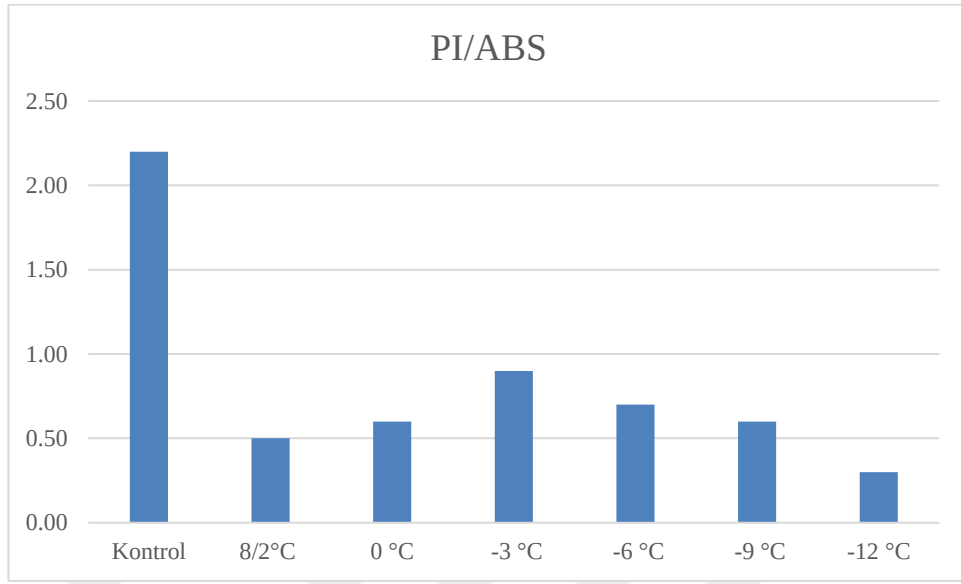
Çizelge 4.17 incelendiğinde, kontrol grubu ortalaması yaklaşık 2.4 olup, MZ68 (14.88) en yüksek, OKC (0.66) en düşük PI/ABS değerlerine sahiptir. Düşük sıcaklık uygulamalarında çoğu genotipte bu değerlerin hızla gerilediği gözlenmiştir.

Çizelge 4.18 incelendiğinde, genotiplerin kontrol koşuluna kıyasla hangi sıcaklık düzeyinde ne kadar PI/ABS kaybı yaşadığını yüzdesel olarak gösteren veriler, 8/2°C gibi hafif soğukta bile bazı genotiplerin %80–90 düzeyinde düşüş sergilediğini, bazılarında

ise bu oranın daha düşük kaldığını ortaya koymuştur. Yüksek stres seviyelerinde ise %99'a varan kayıplar sıkça görülebilir.

Çizelge 4.18. Soğuk ve don stresine tabi tutulan *Zoysia* genotiplerinde PI/ABS değerlerinin kontrole göre yüzde (%) değişimi

	Kontrol	8/2 °C	0 °C	-3 °C	-6 °C	-9 °C	-12 °C
CAVALIER	1.49	-68	-41	9	-40	-27	-89
EMPIRE	1.68	-64	-58	-40	-54	-89	-91
JAP EL TORO	1.66	-72	-78	-66	-47	-78	-95
JM21	1.70	-90	-61	-55	-77	-66	-71
JM32	1.21	-64	-48	-30	0	-44	-73
JM35	2.71	-84	-93	-91	-89	-90	-98
JM7	1.79	-82	-78	-28	-50	-66	-70
JMe50	2.49	-85	-75	-70	-85	-76	-53
MJ100	3.53	-86	-83	-82	-86	-75	-93
MJ103	2.73	-71	-65	-66	-54	-80	-91
MJ106	1.42	-65	-61	-40	-60	-65	-70
MJ13	1.40	-60	-61	-30	-41	-17	-71
MJ17	1.08	-49	-3	24	-19	-20	-65
MJ207	1.45	-74	-70	-37	-56	-46	-77
MJ26	1.63	-72	-42	-53	-41	-50	-80
MJ30	1.63	-62	-58	-47	-48	-70	-89
MJ31	1.54	-62	-58	-42	-60	-64	-80
MJ34	1.61	-68	-58	-39	-64	-63	-87
MJ46	1.83	-58	-53	-46	-56	-60	-81
MJ47	1.64	-66	-53	-48	-37	-64	-83
MJ58	1.13	-22	-60	-33	-53	-53	-80
MJ59	1.82	-73	-71	-53	-73	-59	-88
MJ62	1.52	-84	-60	-43	-58	-41	-65
MJ68	1.47	-79	-69	-58	-71	-65	-78
MJ73	1.91	-81	-80	-74	-71	-92	-96
MJ77	1.93	-63	-76	-71	-79	-82	-89
MJ78	1.60	-47	-56	-46	-48	-59	-96
MJ79	1.22	-58	-65	-57	-34	-60	-78
MJ83	2.62	-64	-75	-66	-60	-76	-89
MJ88	8.31	-91	-93	-89	-90	-93	-98
MJ92	1.49	-48	-64	-22	-34	-54	-67
MJe116	1.77	-63	-64	-38	-27	-76	-83
MZ68	14.88	-95	-96	-94	-94	-96	-99
OKC	0.66	38	32	59	-6	-38	-83
SURVIVOR	0.70	-48	-29	-29	-41	-72	-90
ZEON	1.34	-79	-58	-48	-62	-85	-98



Şekil 4.6. PI/ABS değeri ortalamaları

PI/ABS, fotosistem II performansını ve enerji dönüşüm kapasitesini bütünleştirici bir şekilde ölçerek *Zoysia* genotiplerinin soğuk stresine dayanıklılığını değerlendirmede önemli bir gösterge oluşturmıştır. Varyans analizi (Çizelge 4.16) sonuçları, U (uygulama) faktörünün tüm sıcaklık basamaklarında (8/2°C'den -12°C'ye) $P < 0.001$ düzeyinde en baskın etkiyi gösterdiğini ve sıcaklık düştükçe PI/ABS'de daha büyük kayıplara neden olabildiğini ortaya koymuştur. Genotip (G) faktörü de her sıcaklıkta $P < 0.001$ düzeyinde anlamlı bulunarak çeşitler arasında soğuk koşullarda fotosistem verimliliği bakımından farklılıklar olduğunu göstermiş, bu farklar özellikle -9°C ve -12°C gibi ileri seviye donlarda daha belirgin hâle gelmiştir. T×U etkileşimi ise bazı sıcaklıklarda ($P < 0.05$) önemli bulunup deney tekrarlarının kontrol vs. uygulama ayrımını farklı şekillerde yansıtabildiğini, buna karşın T (tekerrür) faktörünün çoğunlukla önemsiz (Ö) kalmasının PI/ABS değerlerinde esas belirleyiciliğin genotip ve uygulama faktörlerinde olduğunu düşündürmüştür.

Dayanıklı genotipler arasında CAVALIER, MJ103 ve MJ17 gibi çeşitlerin -12°C gibi aşırı soğuk seviyelerinde dahi PI/ABS değerini nispeten yüksek tutarak fotosistem II'yi koruma kapasitesine sahip olduğu görülmüştür. Buna karşılık JM35, MJ73, ZEON gibi hassas genotiplerde PI/ABS hızla düşerek düşük sıcaklıklara karşı enerji dönüşüm kapasitesinin hızla zayıfladığını göstermiştir. Genel olarak PI/ABS değerleri, *Zoysia* çimlerinin fotosistem II etkinliğini ve enerji dönüşüm verimliliğini soğuk stres altında incelemeye oldukça güçlü bir ölçüt niteliği taşımıştır. Özellikle -6°C, -9°C, -12°C gibi ileri soğuk kademelerinde gözlenen büyük kayıplar, hassas genotiplerin fotosentetik işlevlerini hızla baskıladığını yansıtırken, dayanıklı çeşitlerin stres altında bile

performanslarını belirli bir düzeyde koruyabilmesi, soğuk dayanıklılığı ve don toleransı araştırmalarında öncelikli bir kriter olarak değerlendirilmiştir.

4.4. Hücre membran Geçirgenlik (Elektriksel kondüktivite) Ölçümleri

4.1.1. NES Ölçümü

Zoysia genotiplerinde farklı sıcaklık seviyelerinde uygulanan soğuk ve don stresi, hücre zarı bütünlüğünü ve iyon sızıntısındaki değişimleri yansıtan NES (Normalized Electroconductivity Score) değeri üzerinden değerlendirilmiştir. Bu ölçüm, 25 °C ve 100 °C elektrokondüktivite değerlerinin oranı alınarak ($E1/E2$) normalize edilmiş bir % değer ($NES = [E1/E2] \times 100$) olup, membran hasarı ve zar geçirgenliği düzeyini göstermek için kritik bir gösterge olmuştur. Çizelge 4.19'daki varyans analizi sonuçları, U (uygulama) ve kısmen T (tekerrür) ile $T \times U$ etkileşimlerinin birçok sıcaklık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ($P < 0.001$) bulunduğunu, genotip (G) ve $U \times G$ etkileşimlerinin ise bazı seviye ve koşullarda önem kazandığını göstermiştir.

8/2°C düzeyinde U ($P < 0.001$) faktörünün, hafif soğuk koşullarında bile zar geçirgenliği üzerinde etkili olduğu anlaşılmış, T ($P < 0.001$) de anlamlı bulunarak tekrarlar arasında farklılıklar ortaya çıkabileceğini düşündürmüştür. Genotip (G) faktörünün $P < 0.05$ düzeyinde önemli olması, bu düzeyde de genotipler arasında zar hasarı farklarının gözlenebileceğine işaret etmiştir.

0°C düzeyinde U ($P < 0.001$) yine baskın bir rol oynamış; T ($P < 0.001$) ve $T \times U$ ($P < 0.05$) de istatistiksel olarak önem kazanarak tekrarlar bazında kontrol ve uygulama arasındaki farkların değişebildiğini göstermiştir. Genotip (G) çoğunlukla önemsiz veya $P < 0.05$ düzeyinde önem kazanabilir. Don eşiğine yakın bu seviyede zar geçirgenliğinin bariz biçimde değiştiği, ancak genotip ayrışmasının her zaman kesin olmayabileceği düşünülmüştür.

-3°C düzeyinde de U ($P < 0.001$) NES değerini ciddi biçimde düşürebilir; T ($P < 0.001$) önemini korumuştur. G ($P < 0.05$) ve $U \times G$ ($P < 0.05$) zamana bağlı olarak anlamlı bulunarak soğuk koşullarda zar stabilitesini koruma kapasitesinin genotipler arasında farklı olduğunu ortaya koymuştur.

-6°C düzeyinde tekerrür (T) ($P < 0.001$) ve U ($P < 0.001$) faktörleri yine baskın olup, $T \times U$ ($P < 0.001$) ile zaman zaman $U \times G$ de anlamlı çıkabilir. NES değerindeki belirgin düşüş bazı genotiplerde (örneğin JM35, MJe116) daha hafif kalırken, bazılarında (örneğin JMe50, MJ31) çok daha yüksek sızıntı gözlenmiştir.

-9°C düzeyinde don şiddetinin artmasıyla U ($P < 0.001$) NES üzerinde en güçlü etkiyi sürdürmüştür, T (tekerrür) bazen önemsiz kalabilir ya da $P < 0.001$ ile anlam kazanabilir; $T \times U$ ($P < 0.001$) farkın tekrarlar bazında farklı yansımaları olabileceğini belirtmiştir. Genotip (G) ($P < 0.05$) ve $U \times G$ ($P < 0.001$) faktörleri dayanıklı (örneğin JM35, MJ34) ve hassas (örneğin JM21) grupların ayrışmasında rol oynamıştır.

-12°C düzeyinde de U ($P<0.001$) baskın faktör konumunda olmuştur; çoğu genotipte sızıntının (örneğin JM21) yüksek oranda arttığı gözlenmiştir. G ($P<0.05$ veya $P<0.001$) bazı dayanıklı genotiplerin (örneğin MJ78, MJ30) hâlâ nispeten daha iyi zar stabilitesi koruduğunu göstermiştir. T×U ($P<0.001$) ise deney tekrarlarının kontrol-uygulama ayrımını farklı şekillerde yaşayabileceğine işaret etmiştir.

Çizelge 4.19. Soğuk ve don stresine tabi tutulan *Zoysia* genotiplerinde NES Elektrokonduktivite değeri ölçümlerine ait varyasyon kaynakları tablosu

	df	8/2 °C	0 °C	-3 °C	-6 °C	-9 °C	-12 °C
Tekerrür (T)	5	5.149**	5.512**	30.55**	12.444**	28.633**	18.881**
Uygulama (U)	1	260.901**	134.839**	657.493**	480.078**	1377.172**	636.119**
T * U	2	1.972Ö	3.582*	2.208Ö	12.954**	30.593**	21.469**
Genotip (G)	35	1.63*	1.247Ö	1.906*	1.168Ö	1.619*	1.549*
U * G	35	0.85Ö	0.866Ö	1.441*	0.872Ö	2.824**	2.717**
Hata	245						
Toplam	324						

* $P<0.05$, ** $P<0.001$, Ö=önemsiz

Çizelge 4.20. Soğuk ve don stresine tabi tutulan *Zoysia* genotiplerinde NES Elektrokonduktivite değeri ölçümleri

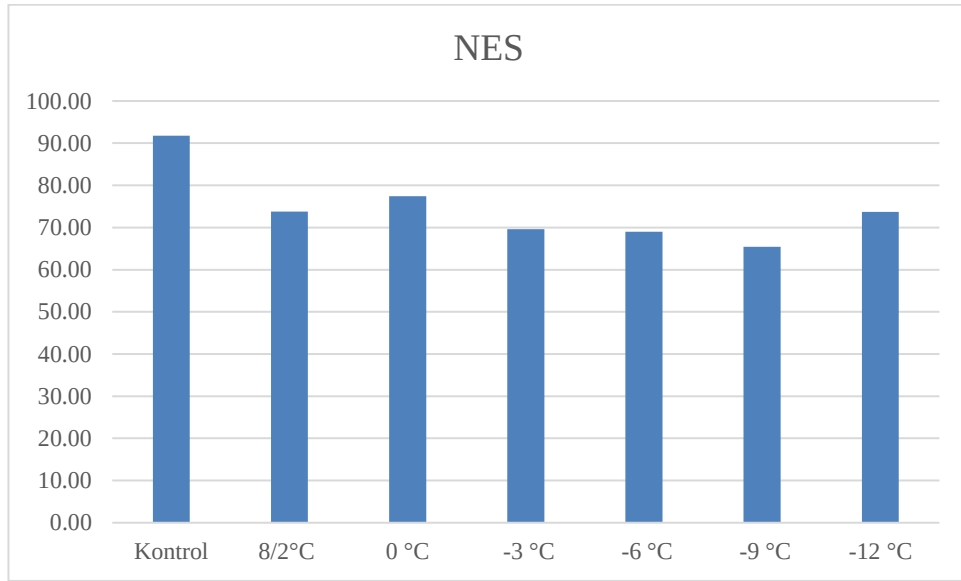
NES	Kontrol	8/2 °C	0 °C	-3 °C	-6 °C	-9 °C	-12 °C
CAVALIER	99.6	77.0	83.5	75.2	73.9	65.2	71.8
EMPIRE	89.8	75.0	78.1	66.9	68.2	67.4	75.3
JAP EL TORO	91.4	73.3	71.9	61.6	63.3	64.5	75.1
JM21	94.8	75.4	75.1	60.7	68.3	56.3	67.0
JM32	92.2	72.4	80.7	70.1	69.6	68.8	72.7
JM35	90.2	62.8	75.6	61.3	77.0	69.7	77.1
JM7	94.0	72.5	80.4	67.8	68.5	61.5	75.5
JMe50	93.9	72.9	70.7	56.7	62.7	62.2	69.2
MJ100	84.3	74.9	78.8	71.9	71.6	62.8	74.7
MJ103	89.0	78.7	78.1	74.0	68.5	67.1	76.0
MJ106	92.1	75.6	74.9	73.4	70.3	65.3	74.5
MJ13	97.2	81.4	83.3	75.0	71.8	61.4	67.5
MJ17	94.6	72.2	77.4	68.4	65.3	59.9	70.9
MJ207	88.7	73.5	72.3	70.7	72.6	63.0	68.1
MJ26	87.6	76.7	85.1	77.0	74.1	62.3	72.9
MJ30	94.2	83.3	82.2	78.3	70.9	65.1	78.2
MJ31	94.8	71.0	77.6	65.1	64.3	64.7	72.7
MJ34	88.8	72.5	74.3	69.7	69.7	70.1	76.3
MJ46	93.2	75.4	75.6	81.0	74.4	63.3	70.0
MJ47	81.6	72.9	81.5	70.3	66.5	62.3	69.3
MJ58	95.8	72.7	77.7	75.1	66.0	65.2	73.5
MJ59	96.0	75.4	78.1	71.9	69.5	59.8	74.2
MJ62	91.8	75.9	82.2	73.4	74.1	64.4	63.6
MJ68	87.9	71.6	81.6	67.8	68.0	65.0	83.2
MJ73	92.8	77.7	76.6	68.6	71.0	66.7	70.8
MJ77	89.7	72.3	78.7	71.4	70.4	59.9	74.0
MJ78	93.1	73.8	77.5	75.3	69.7	74.2	82.8
MJ79	93.2	74.4	77.3	66.9	68.9	68.7	76.0
MJ83	92.9	73.4	80.1	70.8	75.3	66.7	71.1
MJ88	91.7	75.6	75.8	71.3	74.6	58.6	64.1
MJ92	96.4	71.8	73.9	65.5	68.6	65.6	75.7
MJe116	90.6	82.2	83.1	78.8	74.9	68.3	77.8
MZ68	95.8	75.9	82.3	67.3	65.3	63.4	69.1
OKC	88.2	58.8	61.5	56.6	51.3	73.7	83.2
SURVIVOR	86.0	60.6	67.4	52.0	56.5	85.5	85.7
ZEON	92.2	76.0	75.4	77.9	69.8	64.0	74.2
Ortalama	91.8	73.8	77.4	69.6	69.0	65.4	73.7
SP		3.70	3.93	3.91	4.19	3.02	3.04

Çizelge 4.20 incelendiğinde, kontrolde ortalama NES yaklaşık 91.8 düzeyinde seyrederken, CAVALIER (99.6) en yüksek ve MJ47 (81.6) en düşük değeri yansıtmıştır. Düşük sıcaklık uygulamalarında genellikle NES gerilemiş (% E1/E2) oranı azalmıştır.

Çizelge 4.21 incelendiğinde, kontrole kıyasla NES değerlerinin hangi sıcaklık düzeyinde ne kadar korunduğunu veya ne kadar kaybedildiğini yüzdesel olarak ortaya koyan veriler, hafif soğukta dahi bazı genotiplerde ciddi düşüşler olduğunu, -9°C ve -12°C gibi şiddetli don koşullarında bile daha az NES kaybı yaşayan genotiplerin varlığını ortaya koymuştur. Bu durum, soğuk dayanıklılığı bağlamında hücre zar stabilitesini nicel biçimde yorumlamada önemli bir kaynak oluşturmıştır.

Çizelge 4.21. Soğuk ve don stresine tabi tutulan *Zoysia* genotiplerinde NES Elektrokonduktivite değerlerinin kontrole göre yüzde (%) değişimi

	Kontrol	8/2 °C	0 °C	-3 °C	-6 °C	-9 °C	-12 °C
CAVALIER	99.6	-23	-16	-24	-26	-35	-28
EMPIRE	89.8	-16	-13	-26	-24	-25	-16
JAP EL TORO	91.4	-20	-21	-33	-31	-29	-18
JM21	94.8	-20	-21	-36	-28	-41	-29
JM32	92.2	-22	-12	-24	-25	-25	-21
JM35	90.2	-30	-16	-32	-15	-23	-15
JM7	94.0	-23	-14	-28	-27	-35	-20
JMe50	93.9	-22	-25	-40	-33	-34	-26
MJ100	84.3	-11	-7	-15	-15	-25	-11
MJ103	89.0	-12	-12	-17	-23	-25	-15
MJ106	92.1	-18	-19	-20	-24	-29	-19
MJ13	97.2	-16	-14	-23	-26	-37	-31
MJ17	94.6	-24	-18	-28	-31	-37	-25
MJ207	88.7	-17	-19	-20	-18	-29	-23
MJ26	87.6	-12	-3	-12	-15	-29	-17
MJ30	94.2	-12	-13	-17	-25	-31	-17
MJ31	94.8	-25	-18	-31	-32	-32	-23
MJ34	88.8	-18	-16	-22	-22	-21	-14
MJ46	93.2	-19	-19	-13	-20	-32	-25
MJ47	81.6	-11	0	-14	-19	-24	-15
MJ58	95.8	-24	-19	-22	-31	-32	-23
MJ59	96.0	-21	-19	-25	-28	-38	-23
MJ62	91.8	-17	-10	-20	-19	-30	-31
MJ68	87.9	-19	-7	-23	-23	-26	-5
MJ73	92.8	-16	-17	-26	-23	-28	-24
MJ77	89.7	-19	-12	-20	-21	-33	-17
MJ78	93.1	-21	-17	-19	-25	-20	-11
MJ79	93.2	-20	-17	-28	-26	-26	-18
MJ83	92.9	-21	-14	-24	-19	-28	-23
MJ88	91.7	-18	-17	-22	-19	-36	-30
MJ92	96.4	-26	-23	-32	-29	-32	-22
MJe116	90.6	-9	-8	-13	-17	-25	-14
MZ68	95.8	-21	-14	-30	-32	-34	-28
OKC	88.2	-33	-30	-36	-42	-16	-6
SURVIVOR	86.0	-29	-22	-40	-34	-1	0
ZEON	92.2	-18	-18	-15	-24	-31	-19



Şekil 4.7. NES değeri ortalamaları

NES (Normalized Electroconductivity Score) değeri, *Zoysia* genotiplerinin soğuk stres altında hücre zar geçirgenliği ve zar hasarı boyutunu değerlendirmede önemli bir gösterge olmuştur. Varyans analizi (Çizelge 4.19) sonuçları, U (uygulama) faktörünün tüm sıcaklık basamaklarında (8/2°C'den -12°C'ye) $P < 0.001$ ile en baskın etkiyi sergilediğini, soğuk şiddeti arttıkça NES oranlarının (E1/E2) düşerek daha fazla iyon sızıntısı ve zar hasarına neden olduğunu ortaya koymuştur. T (tekerrür) faktörünün birden çok sıcaklık düzeyinde $P < 0.001$ düzeyinde anlamlı çıkması, deney tekrarları arasında NES ölçümlerinin farklı seyredebildiğini göstermiş, $T \times U$ ($P < 0.05$ veya $P < 0.001$) de kontrol-uygulama farkının tekrarlar bazında değişkenlik gösterebileceğine işaret etmiştir. Genotip (G) faktörü, bazı sıcaklıklarda $P < 0.05$ düzeyinde anlamlı bulunurken, bazılarında önemsiz kalabilmiştir; bu durumun özellikle -9°C ve -12°C gibi ileri seviye don kademelerinde zar stabilitesindeki genotipik ayrışmayı vurguladığı anlaşılmıştır. $U \times G$ etkileşimi ($P < 0.05$ veya $P < 0.001$) birçok düzeyde önemli bulunarak, genotiplerin uygulamaya göre farklı zar geçirgenliği tepkileri geliştirdiğini teyit etmiştir.

Dayanıklı genotipler arasında MJ30 ve MJ78 gibi çeşitler, NES değerlerini görece yüksek tutarak düşük sıcaklıklarda dahi nispeten sınırlı iyon sızıntısı ve zar hasarı sergilemiştir. Buna karşılık JM21 ile JMe50 gibi hassas genotipler, düşük sıcaklıklarda NES'in hızlı biçimde düşmesiyle birlikte hücre zar bütünlüğünün bozulduğunu ve yüksek oranda sızıntı yaşadıklarını göstermiştir. Sonuç olarak, NES elektrokondüktivite ölçümleri, *Zoysia* çimlerinde soğuk ve don stresine karşı hücre zar dayanıklılığını belirlemede güçlü bir araç sunmuştur; hem hafif/orta hem de şiddetli don koşullarında NES oranlarındaki değişimler, genotiplerin zar stabilitesi ve soğuk dayanım mekanizmaları açısından değerli veriler sağlamıştır.

4.5. Rejenerasyon Oranı (RO) ve Gerçek Çim Kalitesi (GÇK) ölçümleri

Soğuk ve don stresine tabi tutulan *Zoysia* genotiplerinde Rejenerasyon Oranı (RO) ve Gerçek Çim Kalitesi (GÇK) ölçümleri, düşük sıcaklıklardan çıkan bitkilerin toparlanma kapasitesi ve görsel/estetik özelliklerini koruma düzeyini değerlendirmede kritik önem taşır. RO, stres sonrası bitkilerin yeniden büyüme ve yeşil doku oluşturma potansiyelini yansıtırken, GÇK renk, doku, yoğunluk ve genel görünümü bir arada ele alarak soğuk stresinden sonra çimin kabul edilebilir veya yüksek düzeyde görsel kalitesini sürdürebilme başarısını ortaya koyar.

Varyans analizi (Çizelge 4.22) sonuçlarına göre uygulama (U) faktörü RO üzerinde son derece güçlü ($P<0.001$), GÇK üzerinde ise daha düşük fakat yine de anlamlı ($P<0.05$) bir etki göstermiştir. Genotip (G) faktörünün hem RO hem de GÇK’de $P<0.001$ düzeyinde önemli bulunması, soğuk koşullardan sonra toparlanma ve kalite koruma becerilerinin genotipler arasında belirgin farklılıklar içerdiğini vurgulamıştır.

Tekerrür (T) faktörü ve T×U (Tekerrür-Uygulama) etkileşimi çoğu zaman önemsiz (Ö) olarak saptanmış, bu da tekrarların veya tekrar-uygulama etkileşimlerinin RO ve GÇK üzerinde sınırlı bir etkiye sahip olduğunu düşündürmüştür. Uygulama-Genotip (U×G) etkileşiminin RO için $P<0.001$, GÇK için $P<0.05$ düzeyinde anlamlı çıkması, genotiplerin soğuk uygulamasından sonra (örneğin sera koşullarında) farklı yenilenme ve kalite profilleri sergilediğini göstermiştir.

Çizelge 4.22. Soğuk ve don stresine tabi tutulan *Zoysia* genotiplerinde Rejenerasyon Oranı ve Gerçek Çim Kalitesi ölçümlerine ait varyasyon kaynakları tablosu

	df	RO	GÇK
Tekerrür (T)	2	1.717Ö	1.371Ö
Uygulama (U)	1	36.413**	6.185*
T * U	2	1.717Ö	0.469Ö
Genotip (G)	35	2.138**	12.68**
U * G	35	2.138**	1.849*
Hata	140		
Toplam	216		

* $P<0.05$, ** $P<0.001$, Ö=önemsiz

Çizelge 4.23. Soğuk ve don stresine tabi tutulan *Zoysia* genotiplerinde Rejenerasyon Oranı ve Gerçek Çim Kalitesi değeri ölçümleri

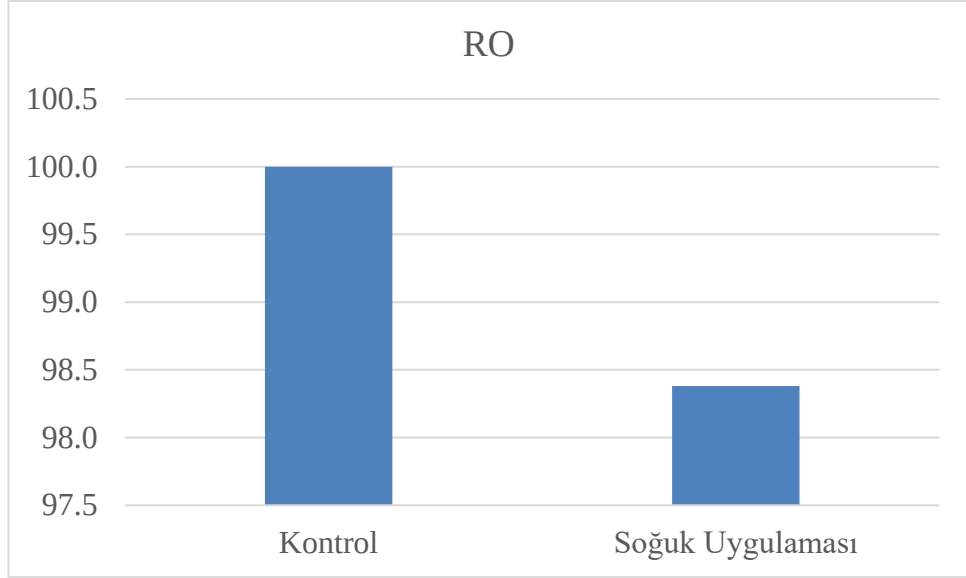
	RO Kon	RO	GÇK Kon	GÇK
CAVALIER	100	96.00	7.50	7.27
EMPIRE	100	99.70	6.67	7.00
JAP EL TORO	100	91.37	7.00	6.10
JM21	100	100.00	6.83	7.33
JM32	100	96.00	6.83	6.60
JM35	100	93.04	5.83	6.17
JM7	100	99.27	7.17	7.47
JMe50	100	94.70	6.83	7.00
MJ100	100	100.00	7.67	7.77
MJ103	100	99.11	7.83	7.84
MJ106	100	99.27	7.50	7.80
MJ13	100	99.33	7.00	7.67
MJ17	100	97.00	7.77	7.07
MJ207	100	98.70	7.43	7.94
MJ26	100	99.33	8.17	8.20
MJ30	100	99.91	7.17	7.08
MJ31	100	100.00	7.50	8.27
MJ34	100	100.00	8.17	7.87
MJ46	100	100.00	8.50	8.83
MJ47	100	99.86	8.00	7.89
MJ58	100	99.48	7.70	7.87
MJ59	100	95.48	7.33	7.31
MJ62	100	100.00	7.43	7.50
MJ68	100	98.96	7.50	7.50
MJ73	100	100.00	8.33	8.33
MJ77	100	100.00	7.50	8.16
MJ78	100	99.27	6.77	7.73
MJ79	100	97.23	7.67	7.46
MJ83	100	100.00	8.33	8.00
MJ88	100	98.96	7.93	7.70
MJ92	100	99.63	8.10	7.86
MJe116	100	100.00	8.17	8.77
MZ68	100	93.63	6.50	6.50
OKC	100	99.86	6.77	7.96
SURVIVOR	100	99.33	6.50	7.17
ZEON	100	97.30	7.17	6.93
Ortalama	100	98.38	7.42	7.55
SP		1.10		0.22

Çizelge 4.23 incelendiğinde, kontrolde (uygulama görmeyen) tüm genotipler için RO=100 olarak kabul edildiği, GÇK değerlerinin ise görsel skala esas alınarak kaydedildiği görülmektedir. Düşük sıcaklık uygulaması sonrasında ortalama RO ve GÇK'nin sırasıyla 98.38 ve 7.55 civarında seyrettiği dikkati çekmiştir.

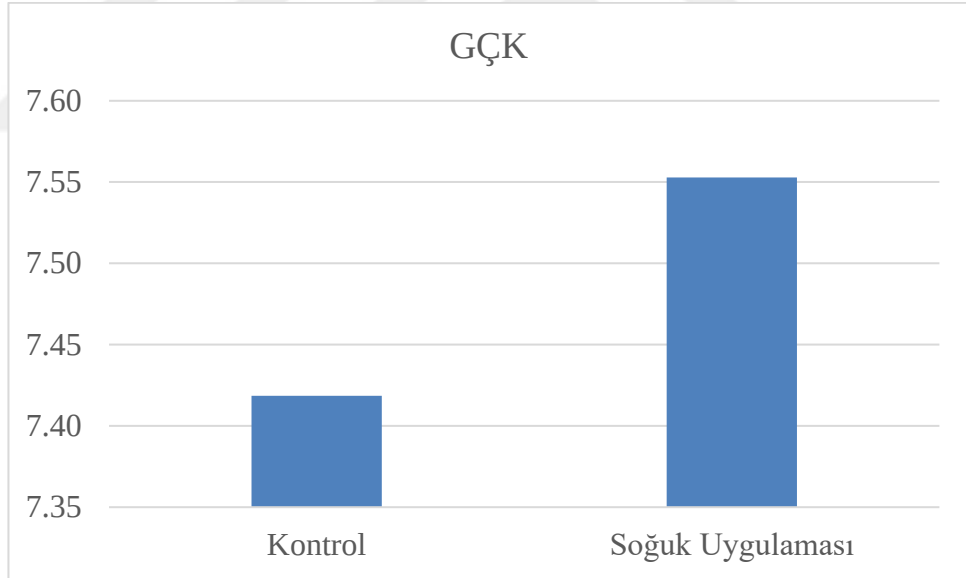
Çizelge 4.24 incelendiğinde ise, kontrole oranla RO ve GÇK'deki artış veya azalışların yüzdesel boyutunu göstermiştir. Bazı genotipler için bu fark neredeyse %0'a yakın seyrederken, bazılarında % seviyesinde belirgin düşüşler veya artışlar söz konusu olabilmektedir. Öte yandan OKC veya MJ78 gibi çeşitlerde GÇK değerinde pozitif fark kaydedilmesi, bazı genotiplerin soğuk sonrası toparlanmada daha avantajlı konumda olduğunu düşündürmüştür. Bu tablo, genotiplerin stres sonrasında ne kadar farklı tepkiler verebildiğini net biçimde ortaya koyarak, soğuk sonrası rejenerasyon ve kalite profillerinin çeşitliliğine işaret etmiştir.

Çizelge 4.24. Soğuk ve don stresine tabi tutulan *Zoysia* genotiplerinde Rejenerasyon Oranı ve Gerçek Çim Kalitesi değerlerinin kontrole göre yüzde (%) değişimi

	RO Kon	RO	GÇK Kon	GÇK
CAVALIER	100	-4.0	7.50	-3.1
EMPIRE	100	-0.3	6.67	5.0
JAP EL TORO	100	-8.6	7.00	-12.8
JM21	100	0.0	6.83	7.3
JM32	100	-4.0	6.83	-3.4
JM35	100	-7.0	5.83	5.8
JM7	100	-0.7	7.17	4.2
JMe50	100	-5.3	6.83	2.5
MJ100	100	0.0	7.67	1.3
MJ103	100	-0.9	7.83	0.0
MJ106	100	-0.7	7.50	4.0
MJ13	100	-0.7	7.00	9.5
MJ17	100	-3.0	7.77	-9.0
MJ207	100	-1.3	7.43	6.8
MJ26	100	-0.7	8.17	0.4
MJ30	100	-0.1	7.17	-1.3
MJ31	100	0.0	7.50	10.2
MJ34	100	0.0	8.17	-3.6
MJ46	100	0.0	8.50	3.9
MJ47	100	-0.1	8.00	-1.3
MJ58	100	-0.5	7.70	2.2
MJ59	100	-4.5	7.33	-0.4
MJ62	100	0.0	7.43	0.9
MJ68	100	-1.0	7.50	0.0
MJ73	100	0.0	8.33	0.0
MJ77	100	0.0	7.50	8.9
MJ78	100	-0.7	6.77	14.3
MJ79	100	-2.8	7.67	-2.6
MJ83	100	0.0	8.33	-4.0
MJ88	100	-1.0	7.93	-3.0
MJ92	100	-0.4	8.10	-2.9
MJe116	100	0.0	8.17	7.3
MZ68	100	-6.4	6.50	0.0
OKC	100	-0.1	6.77	17.6
SURVIVOR	100	-0.7	6.50	10.3
ZEON	100	-2.7	7.17	-3.3



Şekil 4.8. Rejenerasyon Oranı değeri ortalamaları



Şekil 4.9. Gerçek Çim Kalitesi değeri ortalamaları

Rejenerasyon Oranı (RO) ve Gerçek Çim Kalitesi (GÇK), *Zoysia* genotiplerinin düşük sıcaklık stresine karşı dayanıklılığını iki farklı açıdan değerlendirerek önemli bilgiler sunmuştur. RO, stres sonrasında bitkilerin yeniden büyüme ve yeşil doku oluşturma hızına odaklanırken, GÇK renk, yoğunluk, yaprak dokusu ve genel görünüm

gibi estetik özellikleri bir arada ele alır ve soğuk şartlarda dahi kabul edilebilir veya üst düzey çim kalitesine ulaşabilme potansiyelini ortaya koyar.

Varyans analizi sonuçları (Çizelge 4.22), U (uygulama) ve G (genotip) faktörlerinin hem RO hem de GÇK üzerinde istatistiksel olarak anlamlı olduğunu, T (tekrarlama) faktörünün ise çoğu zaman önemsiz (Ö) kalarak ana farkların genotip-uygulama çerçevesinde oluştuğunu göstermiştir. U×G etkileşiminin RO'de $P<0.001$, GÇK'de $P<0.05$ düzeyinde bulunması, genotiplerin soğuk sonrası koşullara farklı stratejilerle tepki verdiğini ve bu farklılıkların hem toparlanma (RO) hem de görsel kalite (GÇK) boyutunda belirginleştiğini vurgulamıştır.

Dayanıklı genotipler arasında MJ46, MJ116 ve MJ73 gibi çeşitler, soğuk uygulamasının ardından RO'yu 100 veya 99 düzeyinde tutabilmiş ve GÇK'yi 8.0 ve üzerinde muhafaza ederek stres sonrası hızlı büyüme ve yüksek çim kalitesini bir arada sergilemiştir. Buna karşın MZ68 ve JM35 gibi genotiplerde RO ve GÇK'de daha belirgin düşüşler görülmüş; fotosentetik ve fizyolojik süreçlerin zarar görmesiyle rejenerasyon ve estetik kalitenin zayıfladığı anlaşılmıştır.

Düşük sıcaklık sonrası yüksek rejenerasyon oranı (%RO) ile yüksek çim kalitesini (GÇK) aynı anda koruyabilen genotipler, soğuk stresine dayanıklı olarak değerlendirilmiştir. Eğer rejenerasyon önemli ölçüde yavaşlar (%RO düşer) ve çim kalitesi de bozulursa (GÇK düşük), o genotipin soğuğa hassas olduğu kabul edilir. Bulgular, birçok yerli *Zoysia* çim çeşit adayının -6°C gibi kritik don koşullarında dahi zarar görmeden hızlı bir rejenerasyona (RO) ve kabul edilebilir/üstü (≥ 7.0) çim kalitesine (GÇK) ulaşabildiğini göstermiş; bu da soğuk dayanımlı genotiplerin ıslah çalışmalarında ve nispeten serin iklim bölgelerindeki çim uygulamalarında değerlendirilebileceğine işaret etmiştir.

4.6. Korelasyon analizi

Zoysia genotiplerinde farklı sıcaklık düzeylerinde ölçülen SPAD, L, a, b, FV/FM, PI/ABS ve NES değerleriyle Rejenerasyon Oranı (RO) ve Gerçek Çim Kalitesi (GÇK) arasında Çizelge 4.25'teki korelasyon katsayıları (r) incelenerek, soğuk stresine tolerans mekanizmaları ile büyüme/toparlanma ve görsel kalite arasındaki ilişkiler değerlendirilmiştir. Analiz genel olarak genotiplerin fotosentetik kapasite, pigment kaybı, zar stabilitesi gibi göstergelerinin, stres sonrası çimin toparlanma ve estetik performansına nasıl yansıdığını ortaya koymuştur.

SPAD (klorofil içeriği) değerleri özellikle -3°C ve -12°C uygulamalarında RO ile anlamlı pozitif korelasyon ($r=0.319$ ve $r=0.456$ gibi) göstererek, klorofil korumasının stres sonrası rejenerasyona katkı sunduğunu düşündürmüştür. GÇK ile SPAD arasındaki pozitif ilişkiler (örneğin $r=0.462$) de soğuk koşullarda klorofil içeriğini koruyabilen genotiplerin çim kalitesini sürdürme potansiyelinin yüksek olduğunu işaret etmiştir.

Fotosentetik etkinlik göstergeleri (FV/FM, PI/ABS) ile RO arasında da dikkate değer pozitif korelasyonlar saptanmıştır. Özellikle FV/FM ile RO arasında -12°C 'de tespit edilen $r=0.454$, fotosistem II verimliliğini korumanın soğuk sonrası büyüme avantajı sağladığını göstermiştir. PI/ABS değerleri ile RO-GÇK ilişkilerinin zaman zaman daha düşük ya da sınırdaki kaldığı görülmekle birlikte, $8/2^{\circ}\text{C}$ ve 0°C 'de GÇK ile pozitif korelasyonlar (örneğin $r=0.369$) kaydedilmiş ve enerji dönüşüm kapasitesinin görsel kalite üzerinde etkili olduğu anlaşılmıştır.

Renk parametreleri (L, a, b) arasında L'nin (açıklık) çoğunlukla RO ve GÇK ile negatif ilişkiler gösterdiği veya düşük korelasyonlar verdiği, kontrol koşullarında L ile GÇK arasında $r=-0.699$ düzeyinde güçlü negatif bir ilişki bulunduğu görülmüştür. Bu, yaprak renginin aşırı açılmasının kaliteyi düşürdüğüne işaret etmiştir. a değeri (kırmızı-yeşil eksen), -6°C ve -12°C 'de RO ve GÇK ile bazen anlamlı düzeyde ($r=-0.592$, $r=-0.551$ gibi) negatif korelasyonlar vererek, soğukla birlikte yeşil pigmentini yitiren ya da kırmızılaşan bitkilerin toparlanma ve kalite performansının gerilediğine işaret etmiştir. b değeri (sarı-mavi eksen) ise çoğunlukla RO ve GÇK ile sınırlı bir ilişki göstermiş, bazı sıcaklıklarda hafif pozitif korelasyon ($r=0.193$ gibi) tespit edilmesine rağmen anlamlılık eşiğini genelde yakalayamamıştır.

NES (hücre zar stabilitesi) ile RO-GÇK arasındaki korelasyon bazı sıcaklıklarda pozitif olsa da çoğunlukla düşük düzeylerde kalmıştır. Yine de -3°C 'de GÇK ile NES arasında ($r=0.411$) gibi bir ilişki, zar stabilitesini koruyabilen genotiplerin görsel kalitelerini de belli ölçüde devam ettirebildiğini düşündürmüştür.

RO ile GÇK arasındaki korelasyon ise soğuk uygulamalarda bile yüksek ($r=0.786$, $r=0.748$ gibi) pozitif değerler sunarak, iyi toparlanan (yüksek RO) genotiplerin aynı zamanda üst düzey görsel kalite (yüksek GÇK) sergilediğini ortaya koymuştur.

Korelasyon analizinin genel değerlendirmesi, düşük sıcaklıklarda klorofil içeriğini ve fotosentetik verimliliği koruyabilen (yüksek SPAD, FV/FM, PI/ABS) genotiplerin hem rejenerasyon oranında hem de çim kalitesinde avantaj sağladığını göstermiştir. Renk parametrelerinin (özellikle L ve a) artış yönünde değişmesi, toparlanma ve kaliteyi olumsuz etkileme eğilimi taşıırken, NES ile RO-GÇK arasındaki zamana bağlı pozitif ilişkiler hücre zar stabilitesini korumanın büyüme ve estetik performans açısından katkıda bulunduğuna işaret etmiştir. Böylece, soğuk stresine dayanıklılık ıslahında yüksek SPAD, FV/FM, PI/ABS, NES ve düşük L-a değerlerinin hedeflenmesi, genotiplerin stres sonrası toparlanma ve kalite performansını artırmada temel kriterler olarak öne çıkmıştır.

Çizelge 4.25. *Zoysia* genotip ve çeşitlerinin farklı sıcaklıklarda incelenen parametreler ile rejenerasyon oran (RO) ve Genel Çim Kalitesi (GÇK) arasındaki ilişkileri gösteren korelasyon katsayısı (r) değerleri

	SPAD Kon	SPAD 8/2 °C	SPAD 0 °C	SPAD -3 °C	SPAD -6 °C	SPAD -9 °C	SPAD -12 °C
RO	0.008	-0.009	-0.025	0.319	0.152	-0.084	0.456**
GÇK	-0.088	-0.027	-0.223	0.277	0.083	-0.083	0.462**
	L Kon	L 8/2 °C	L 0 °C	L -3 °C	L -6 °C	L -9 °C	L -12 °C
RO	-0.347*	-0.322	-0.315	-0.285	-0.252	-0.165	-0.255
GÇK	-0.699**	-0.330*	-0.367*	-0.272	-0.315	-0.164	-0.381*
	a Kon	a 8/2 °C	a 0 °C	a -3 °C	a -6 °C	a -9 °C	a -12 °C
RO	-0.317	-0.394*	-0.288	-0.491**	-0.592**	-0.242	-0.477**
GÇK	-0.347*	-0.266	-0.276	-0.462**	-0.523**	-0.274	-0.551**
	b Kon	b 8/2 °C	b 0 °C	b -3 °C	b -6 °C	b -9 °C	b -12 °C
RO	0.208	-0.104	-0.190	-0.045	0.053	0.018	0.193
GÇK	0.066	-0.297	-0.281	-0.164	-0.092	0.046	0.075
	FV/FM Kon	FV/FM 8/2 °C	FV/FM 0 °C	FV/FM -3 °C	FV/FM -6 °C	FV/FM -9 °C	FV/FM -12 °C
RO	-0.370*	0.190	0.285	0.219	0.106	0.049	0.454**
GÇK	-0.219	0.279	0.225	0.203	0.176	0.148	0.452**
	PI/ABS Kon	PI/ABS 8/2 °C	PI/ABS 0 °C	PI/ABS -3 °C	PI/ABS -6 °C	PI/ABS -9 °C	PI/ABS -12 °C
RO	-0.312	0.214	0.277	0.167	0.042	0.031	0.033
GÇK	-0.228	0.369*	0.290	0.208	0.156	0.152	0.088
	NES Kon	NES 8/2 °C	NES 0 °C	NES -3 °C	NES -6 °C	NES -9 °C	NES -12 °C
RO	-0.253	0.142	0.079	0.287	0.092	0.055	0.042
GÇK	-0.152	0.207	0.081	0.411*	0.192	-0.053	-0.049
	RO	GÇK Kon					
GÇK	0.786**	0.748**					

4.7. Temel Bileşen Analizi (PCA)

Zoysia genotiplerinin düşük sıcaklık stresine çok sayıda parametreyle verdikleri tepkileri tek bir çerçevede özetlemek amacıyla uygulanan Temel Bileşen Analizi (PCA), fizyolojik ve görsel (estetik) özellikleri bir arada değerlendirmeyi sağlamıştır. Çizelge 4.26'da öz değerler ve bunların açıkladığı toplam varyans yüzdeleri, Çizelge 4.27'de ise her parametrenin bileşenlerdeki yükleri yer almıştır. PCA sayesinde klorofil içeriği (SPAD), fotosentetik verimlilik (FV/FM, PI/ABS), zar stabilitesi (NES), yaprak rengi (L, a, b), rejenerasyon oranı (RO) ve çim kalitesi (GÇK) gibi göstergelerin soğuk stresine karşı genotipler üzerindeki etkileri boyut indirgeme yaklaşımıyla tek bir analiz içinde sınıflandırılmıştır.

Öz değerler ve açıklanan varyans incelendiğinde, birinci temel bileşenin (PC1) %29.50 oranında en yüksek varyansı özetlediği görülmüştür. Bu bileşen, SPAD, FV/FM, PI/ABS gibi fotosentetik performans ve L, a, b gibi yaprak rengi parametrelerindeki geniş varyasyonu kapsayarak, klorofil koruma ve fotosistem II etkinliğini sürdürebilen genotiplerin soğukta daha dayanıklı olduğunu vurgulamıştır. İkinci temel bileşen (PC2)

%11.88'lik varyansı açıklayarak yaprak rengi ve pigmentasyon farklılıklarını ön plana çıkarmıştır; L (açıklık), a (kırmızı-yeşil), b (sarı-mavi) yüklerinin bu bileşende yüksek çıkması, renk değişim süreçlerinde çeşitlerin önemli ölçüde ayrıştığını göstermiştir. Üçüncü temel bileşen (PC3), %8.93 oranında varyans açıklayarak Rejenerasyon Oranı (RO) ve Gerçek Çim Kalitesi (GÇK) üzerinde yoğunlaşmıştır; stres sonrasında hızlı toparlanma ve yüksek çim kalitesi sergileyen genotiplerin bu bileşende yüksek skor aldığı anlaşılmıştır.

Diğer bileşenler (PC4, PC5, PC6, PC7), ilk üç bileşenin topluca açıkladığı %50.31'lik varyansın üzerine eklenerek yaklaşık %71.86'ya ulaşmıştır ve genotiplerin daha özgün fizyolojik/estetik nüanslarını temsil etmiştir. Buna göre, PC4 ve PC5 fotokimyasal verimlilik, pigment stabilitesi gibi alt varyans kaynaklarına değinirken; PC6 ve PC7 yaklaşık %9.39 oranında ek varyans açıklayarak fizyolojik dayanıklılığın ve görsel performansın ince detaylarında ayrışma yaratmıştır. Böylece ilk yedi bileşen, genotipler arasındaki farklılıkların büyük kısmını kapsamış ve boyut indirgeme çerçevesinde soğuk stresine tepkilerin net bir biçimde ayrıştırılabildiğini göstermiştir.

Bileşen yüklerine bakıldığında, PC1'de SPAD, FV/FM, PI/ABS, NES gibi parametrelerin yüksek yükler aldığı ve genotiplerin fotosentetik-fizyolojik dayanıklılığının bu bileşende tanımlandığı anlaşılmıştır. PC2, L, a ve b ile şekillenerek yaprak rengi ve pigmentasyon özelliklerini yansıtmıştır; soğuk altında renk bütünlüğünü koruyan ya da önemli pigment kaybı yaşayan çeşitler bu ekseninde ayrılmıştır. PC3'te ise RO ve GÇK öne çıkmış, genotiplerin stres sonrası büyüme/yenilenme kabiliyetiyle görsel kalitesini bir arada ele alan bir değerlendirme sunmuştur. Diğer bileşenler de ilk üç bileşende açıklanamayan varyansı tamamlayıcı nitelikte temsil etmiştir.

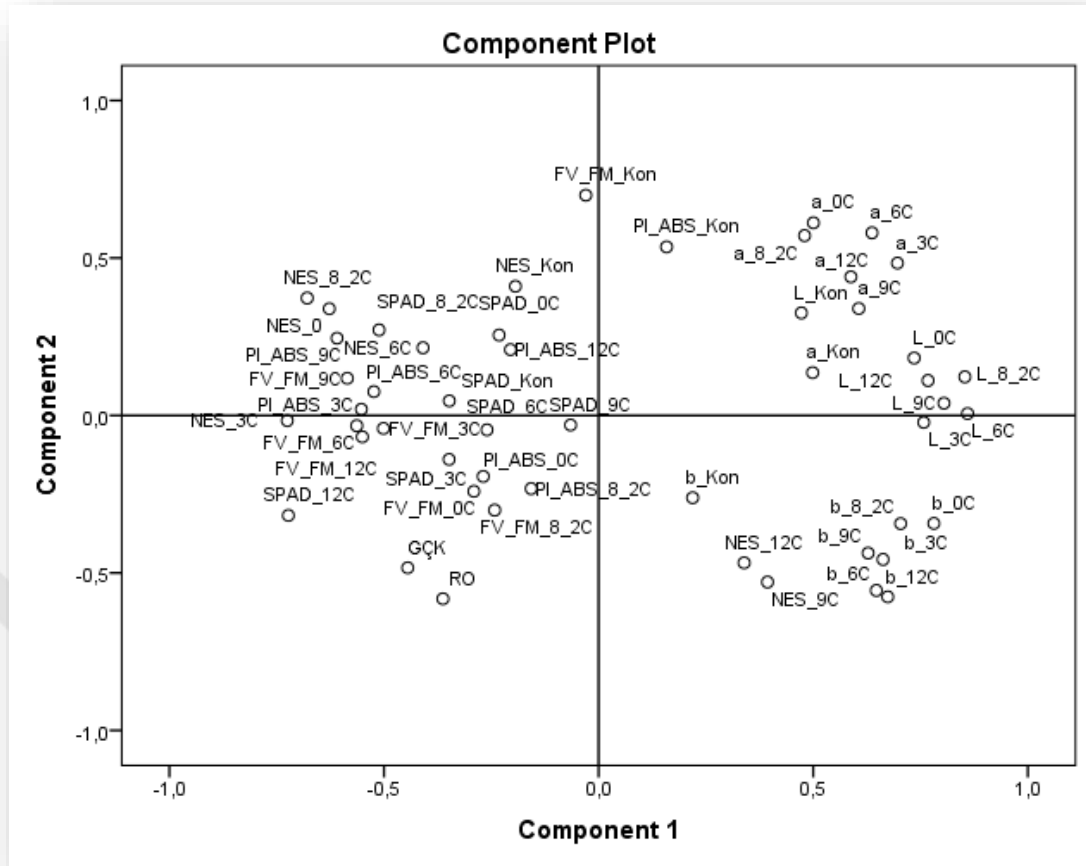
Bu sonuçlar göstermiştir ki PCA, genotiplerin soğuk stresine karşı geliştirdikleri yanıtları çok boyutlu bakış açısıyla özetleyen güçlü bir araçtır. İlk üç bileşenin %50'yi aşan varyansı tek başına açıklaması, özellikle klorofil koruma (SPAD), fotosistem II etkinliği (FV/FM, PI/ABS), pigmentasyon (L, a, b), zar stabilitesi (NES), rejenerasyon (RO) ve çim kalitesi (GÇK) gibi kritik değişkenlerin dayanıklılık analizinde belirleyici rol oynadığını yansıtmıştır. Bu bağlamda, PC1 fotosentetik-fizyolojik dayanıklılığı, PC2 görsel/pigmentasyon dayanıklılığını, PC3 ise stres sonrası toparlanma ve estetik kaliteyi temsil eden boyutlar olarak değerlendirilmiştir. Böylelikle dayanıklı genotiplerin hangi parametrelerde öne çıktığı nicel biçimde gösterilerek, soğuk stresine karşı ıslah çalışmalarında ve saha uygulamalarında yol gösterici olacak ipuçları sunulmuştur.

Çizelge 4.26. *Zoysia* genotip ve çeşitlerinin farklı sıcaklıklarda incelenen parametrelere(Öz) ait temel bileşen değeri

Bileşen	Eigen (öz) değeri (ÖD)		
	Toplam ÖD	% Varyans	Kümülatif %
1	15.044	29.498	29.498
2	6.061	11.885	41.383
3	4.555	8.931	50.314
4	3.743	7.339	57.653
5	2.969	5.822	63.475
6	2.197	4.308	67.783
7	2.078	4.075	71.858
8	1.754	3.439	75.296
9	1.491	2.924	78.220
10	1.474	2.891	81.111
11	1.119	2.195	83.305
12	1.052	2.063	85.368
--	--	--	--
51	-6.424E-16	-1.260E-15	100.000

Çizelge 4.27. *Zoysia* genotip ve çeşitlerinin farklı sıcaklıklarda incelenen parametrelere(Component) ait temel bileşen analizi değerleri

	Component											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SPAD Kon	-0.348	0.046	-0.454	0.312	0.404	-0.028	-0.063	-0.065	0.084	0.146	0.1	0.042
SPAD 8/2 °C	-0.409	0.215	-0.319	0.458	0.368	0.224	0.096	0.239	-0.102	-0.063	-0.133	0.052
SPAD 0 °C	-0.232	0.255	-0.302	0.5	0.387	-0.038	-0.159	0.06	-0.181	0.261	0.004	0.122
SPAD -3 °C	-0.269	-0.194	-0.251	0.21	0.121	0.586	0.259	-0.199	-0.136	-0.182	-0.061	0.061
SPAD -6 °C	-0.26	-0.046	-0.516	0.141	0.303	0.423	0.195	0.184	0.003	-0.105	0.073	0.263
SPAD -9 °C	-0.065	-0.03	-0.212	-0.567	-0.113	0.055	-0.326	-0.034	0.075	0.121	-0.325	0.27
SPAD -12 °C	-0.723	-0.317	-0.198	-0.188	0.117	0.095	0.026	0.041	-0.125	0.305	0.042	0.001
L Kon	0.472	0.326	-0.31	0.257	0.242	0.035	-0.168	0.374	0.002	-0.185	0.062	0.12
L 8/2 °C	0.853	0.123	0.034	0.096	-0.1	0.277	0.065	0.036	-0.038	0.2	-0.016	-0.081
L 0 °C	0.735	0.182	-0.019	0.075	-0.012	0.287	0.009	0.099	0.212	0.436	0.039	0.005
L -3 °C	0.757	-0.022	0.184	0.061	-0.04	0.435	0.032	0.081	0.003	0.006	-0.027	0.083
L -6 °C	0.86	0.006	0.055	-0.123	0.026	0.309	0.087	-0.04	-0.02	0.179	0.033	0.09
L -9 °C	0.805	0.039	0.083	0.263	-0.159	0.032	0.329	-0.103	0.23	-0.047	-0.015	0.027
L -12 °C	0.767	0.111	-0.037	0.217	0.067	-0.081	0.164	0.092	0.272	0.137	-0.017	0.206
a Kon	0.499	0.136	0.011	-0.374	0.234	0.278	-0.04	-0.406	0.053	-0.255	0.201	0.091
a 8/2 °C	0.48	0.571	0.35	-0.085	0.026	-0.164	0.221	-0.096	-0.18	0.008	0.038	0.108
a 0 °C	0.5	0.612	0.3	-0.131	-0.149	-0.075	0.233	0.041	0.021	0.183	0.112	0.03
a -3 °C	0.696	0.484	0.335	0.112	0.042	-0.004	0.032	-0.083	-0.153	0.076	-0.079	-0.142
a -6 °C	0.637	0.58	0.259	-0.09	0.176	0.01	0.008	0.009	-0.085	0.098	-0.166	-0.179
a -9 °C	0.606	0.339	0.245	0.325	0.067	-0.196	0.257	0.009	0.2	-0.111	0.11	-0.064
a -12 °C	0.588	0.44	0.123	0.272	0.159	-0.182	-0.076	0.146	0.158	0.257	0.053	0.189
b Kon	0.219	-0.261	0.027	0.08	-0.42	-0.366	-0.191	0.593	-0.322	-0.05	-0.027	0.184
b 8/2 °C	0.704	-0.343	0.088	0.094	-0.101	0.218	-0.337	0.206	0.057	0.134	-0.012	-0.225
b 0 °C	0.781	-0.343	-0.022	-0.028	-0.039	0.173	-0.326	0.118	-0.104	0.048	-0.052	-0.125
b -3 °C	0.663	-0.457	-0.018	-0.063	-0.132	0.369	-0.255	0.181	-0.016	-0.098	0.126	-0.013
b -6 °C	0.647	-0.556	0.144	-0.021	-0.193	0.108	-0.247	0.123	0.053	0.029	0.23	0.105
b -9 °C	0.628	-0.437	0.114	0.019	-0.325	0.138	0.113	-0.099	0.121	-0.138	-0.097	0.086
b -12 °C	0.674	-0.576	-0.056	0.018	-0.119	0.131	0.172	-0.081	0.022	0.013	-0.093	0.069
FV/FM Kon	-0.03	0.699	-0.024	-0.321	-0.134	0.24	0.116	0.203	-0.255	-0.108	-0.15	0.22
FV/FM 8/2 °C	-0.242	-0.301	0.539	-0.207	0.493	0.068	0.123	0.085	-0.224	0.206	0.108	0.176
FV/FM 0 °C	-0.291	-0.241	0.627	0.454	0.202	0.082	0.053	0.113	0.239	-0.098	-0.039	0.135
FV/FM -3 °C	-0.501	-0.041	0.575	0.363	-0.041	0.142	-0.185	0.08	0.036	-0.268	0.136	0.115
FV/FM -6 °C	-0.563	-0.033	0.499	-0.173	0.369	0.201	-0.101	0.186	0.151	-0.021	-0.125	-0.298
FV/FM -9 °C	-0.586	0.118	0.262	0.144	-0.31	0.098	-0.355	-0.281	0.099	0.242	-0.196	0.285
FV/FM -12 °C	-0.551	-0.068	0.069	0.488	-0.418	0.197	0.004	0.018	-0.176	0.299	-0.116	-0.09
PI/ABS Kon	0.158	0.535	0.255	-0.443	-0.171	0.242	0.063	0.087	-0.217	-0.281	-0.178	0.109
PI/ABS 8/2 °C	-0.157	-0.232	0.59	-0.322	0.202	0.025	0.221	0.091	-0.368	0.293	0.058	0.116
PI/ABS 0 °C	-0.348	-0.139	0.715	0.339	0	-0.013	0.11	0.145	0.257	-0.129	-0.074	0.139
PI/ABS -3 °C	-0.553	0.02	0.585	0.23	-0.018	0.06	-0.259	-0.108	-0.077	-0.149	0.154	0.049
PI/ABS -6 °C	-0.524	0.076	0.483	-0.144	0.348	0.229	-0.076	0.214	0.097	0.102	-0.238	-0.281
PI/ABS -9 °C	-0.61	0.245	0.243	0.181	-0.321	0.045	-0.242	-0.367	0.117	0.14	-0.138	0.215
PI/ABS -12 °C	-0.205	0.209	-0.155	0.641	-0.237	0.261	0.077	-0.245	-0.223	0.14	-0.099	-0.135
NES KON	-0.194	0.41	0.178	-0.025	-0.034	0.216	-0.309	-0.216	-0.203	0.081	0.619	-0.004
NES 8/2 °C	-0.679	0.373	-0.062	-0.182	-0.067	0.172	0.149	0.222	0.147	-0.016	0.114	-0.042
NES 0 °C	-0.628	0.339	-0.117	-0.289	-0.073	0.284	0.061	0.061	0.34	0.003	-0.066	0.027
NES -3 °C	-0.725	-0.016	0.064	-0.375	-0.182	0.088	0.078	0.225	0.256	0.148	0.163	0.103
NES -6 °C	-0.511	0.271	-0.277	-0.328	-0.265	0.047	0.085	0.17	0.344	0.239	0.211	-0.058
NES -9 °C	0.393	-0.529	0.105	-0.216	0.509	-0.019	-0.06	-0.269	0.113	0.077	-0.047	-0.025
NES -12 °C	0.339	-0.468	0.017	-0.179	0.46	-0.222	0.036	-0.14	-0.004	0.13	-0.122	0.265
RO	-0.363	-0.582	0.022	0.109	-0.211	-0.003	0.437	0.113	-0.056	0.076	0.105	0.028
GÇK	-0.445	-0.484	0.151	-0.036	-0.304	0.015	0.56	-0.056	-0.129	0.124	0.052	-0.07



Şekil 4.10. *Zoysia* genotip ve çeşitlerinin farklı sıcaklıklarda incelenen parametrelerin ilişkilerini gösteren Biplot grafiği

Şekil 4.10'daki biplot, veri setinin en çok varyansı açıklayan ilk iki temel bileşenini (PC1 ve PC2) görselleştirerek *Zoysia* genotiplerinin düşük sıcaklıklardaki tepkilerini tek bir düzlemde sunmuştur. Grafikte yer alan vektörler (oklar) her parametreyi temsil ederken, noktalar genotiplerin veya parametrelerin konumunu ve yönelimini göstermiştir. Parametrelerin (SPAD, FV/FM, PI/ABS, L, a, b, NES, RO, GÇK) farklı “ölçüm düzeyleri” (kontrol, 8/2°C, 0°C, -3°C vb.) göz önünde bulundurularak elde edilmiş olması, biplot'un soğuk stresindeki fizyolojik ve estetik özellikleri aynı anda özetlemesine imkân tanımıştır.

Yatay eksen uzanan birinci bileşen (PC1), varyansın yaklaşık %29.50'sini açıklayarak özellikle klorofil içeriği (SPAD), fotosistem II verimliliği (FV/FM, PI/ABS) ve zar geçirgenliği (NES) gibi fizyolojik dayanıklılık göstergelerini tanımlamıştır. PC1 boyunca yüksek yük alan parametreler, düşük sıcaklıkta klorofil koruma ve fotosentetik etkinliğini sürdürebilen, zar stabilitesini koruyarak iyon sızıntısını düşük seviyede tutan genotiplerin daha dayanıklı olduğunu vurgulamıştır. Örneğin SPAD -12°C ya da NES -3°C vektörlerinin uzunluğu, bu parametrelerin genotip dayanıklılığını açıklamada etkili olduğunu göstermiştir.

Dikey ekseninde yer alan ikinci bileşen (PC2), yaklaşık %11.88 oranında varyans açıklayarak yaprak rengi ve pigmentasyonu temsil eden L (açıklık), a (kırmızı-yeşil ekseni) ve b (sarı-mavi ekseni) gibi parametreleri öne çıkarmıştır. Soğuk altında renk bütünlüğünü koruma veya pigment kaybına uğrama arasındaki ayrışma bu ekseninde belirginleşmiştir. L -6°C veya a -3°C 'nin bu bileşende yüksek yüklere sahip olması, yaprak renginin açılması veya kırmızılaşması durumunun dayanıklılık performansını etkilediğini düşündürmüştür.

Rejenerasyon Oranı (RO) ve Gerçek Çim Kalitesi (GÇK) genellikle birinci iki bileşen dışında (örneğin PC3) daha büyük yükler alır, ancak biplot üzerinde SPAD -12°C veya FV/FM -6°C vektörlerine yakın konumlanmaları hâlinde hızlı toparlanma ve yüksek kalite gösteren genotiplerin klorofil içeriği veya fotosistem verimliliğini de koruyabildikleri anlaşılmıştır. Böylece RO ve GÇK'nin, fotosentetik performansla uyumlu bir doğrultuda konumlanması, soğuk sonrası büyüme ve kalite performansına yönelik ipuçları sunmuştur.

Biplot üzerinde genotip adları (örn. MJ46, JM35) hangi parametrelere yakınsa o parametrelerden yüksek skor alma eğilimindedir; vektörler arasındaki açıların küçük olması ise ilgili parametrelerin birbiriyle daha sıkı ilişkili olduğunu göstermiştir. Örneğin SPAD ile FV/FM vektörleri arasındaki dar açı, klorofil içeriği ile fotosistem etkinliğinin pozitif ve güçlü bir bağa sahip olduğunu ima ederken, a değeriyle SPAD arasında geniş açı bulunması, kırmızılaşma eğilimiyle klorofil koruma arasında zayıf ya da olumsuz bir ilişki olduğunu düşündürmüştür.

Genel olarak Şekil 4.10'daki biplot, düşük sıcaklıklarda klorofil içeriği ve fotosentetik verimliliğini (SPAD, FV/FM, PI/ABS) koruyan, zar geçirgenliğini (NES) düşük tutan ve yaprak rengi (L, a, b) anlamında daha stabil kalan genotiplerin dayanıklılıkta öne çıktığını, soğuk sonrası rejenerasyon (RO) ve çim kalitesini (GÇK) yüksek düzeyde sürdürebildiklerini gözler önüne sermiştir. Dayanıklı genotipler, bu parametreleri temsil eden vektörlere yakın konumlanırken; hassas genotipler ters yönde ya da uzak alanlarda yoğunlaşmıştır. Araştırmacılar ve uygulayıcılar, bu görsel yaklaşımla hangi genotiplerin hangi parametrelerde yüksek değerlere sahip olduğunu veya hangi parametreler arasında güçlü zıt ilişkiler bulunduğunu kolaylıkla tespit edebilirler.

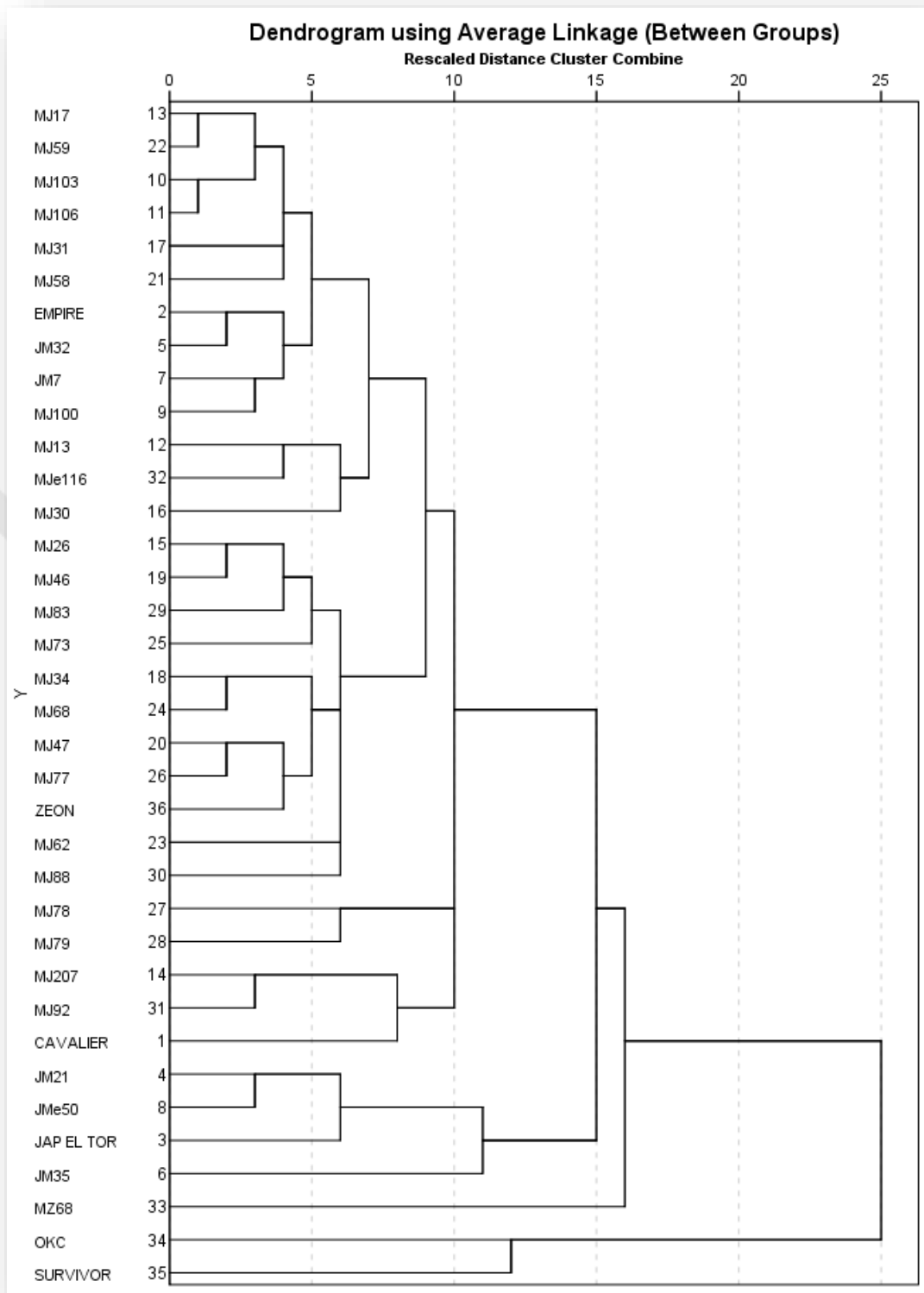
4.8. Yakınlık (Proximity) Analizi

Şekil 4.11, Average Linkage (Between Groups) kümeleme yöntemiyle, genotiplerin -6°C 'de elde edilen parametrelere göre benzerliklerini göstermiştir. Yatay ekseninde artan "Rescaled Distance" değeri, kümelerin hangi mesafede birleştiğini ortaya koyar. Kısa mesafede birleşen dallar, benzer soğuk dayanıklılık özelliklerine veya benzer parametre değerlerine sahip genotipleri işaret etmiştir; örneğin MJ103, MJ59, MJ106 gibi genotipler birbirine yakın dallarda birleşerek klorofil koruma (SPAD), fotosistem II verimi (FV/FM) ve diğer göstergelerde benzer (ve çoğunlukla iyi) performans

sergilediklerini göstermiştir. Buna karşılık, uzun mesafelerde birleşen dallar genotipler arasında bariz farklılıkların bulunduğu işaret etmiştir. Sıcak iklim çim türü *Bermuda* çeşitleri (SURVIVOR, OKC) dendrogramın “izole” dallarında yer alarak soğuk stresine daha olumsuz tepki verdiklerini kanıtlar; düşük SPAD, FV/FM gibi değerler, bu genotiplerin hücresel stabilite ve fizyolojik dayanıklılık bakımından zayıf olduğunu düşündürmüştür (Beard, 1972).

Dendrogram üzerinde gruplar/kümeler, erken aşamada ya da kısa dallarla birleşen genotiplerin benzer ve genelde iyi soğuk uyumu gösterdiğini yansıtmıştır. Bu genotipler, soğukta nispeten az klorofil kaybı ve yüksek zar stabilitesi (NES) gibi özellikleriyle “dayanıklı” bir profil sergilemiştir. Buna karşın, büyük mesafeyle ayrışan veya sonda gruplaşan genotipler soğuk toleransı düşük bir yapıya sahiptir. Dendrogram, SPAD ve FV/FM gibi fotosentetik parametreler ile L, a, b gibi renk ve NES gibi zar stabilitesi ölçütlerini bir arada değerlendirerek “genel soğuk tepki benzerliğini” ortaya koymuştur. SPAD ve FV/FM gibi parametrelerde yüksek değerlere sahip genotiplerin, hücre zar stabilitesini de (NES) korumada becerikli olduğu ve soğukta “dayanıklı” bir profil çizdiği görülmüştür.

Kümeleme analizinin sonucunda, -6 °C koşullarına verilen yanıtlar benzerliğe dayalı hiyerarşik yapılarda incelenmiştir. Kısa dallar, benzer yüksek dayanıklılık özelliklerini yansıtırken; uzun dallar belirgin farklılıkları ifade etmiştir. Özellikle *Bermuda* çimlerine (SURVIVOR, OKC) ait izole dallar, bu çeşitlerin düşük sıcaklıkta daha zayıf bir performans sergilediğini teyit etmiştir. Böylece analiz, dayanıklı genotiplerin belirlenmesinde fotosentetik kapasite (örneğin SPAD, FV/FM) ve zar stabilitesi (NES) gibi temel parametrelerin önemine işaret etmiştir.



Şekil 4.11. *Zoysia* genotip ve çeşitlerinin -6 °C’de ölçülen parametreleri kullanılarak hesaplanan yakınlık dendrogram grafiği

5. SONUÇLAR

5.1. Genel Değerlendirme

Bu çalışma, *Zoysia* genotiplerinin düşük sıcaklık koşullarındaki dayanıklılığını farklı fizyolojik ve görsel parametreler üzerinden kapsamlı bir şekilde değerlendirmiştir. Bulgular, soğuğa dayanıklılığın yalnızca tek bir ölçümle açıklanamayacağını ve fotosentetik performans ile bitkilerin morfolojik-fizyolojik özelliklerinin bir arada ele alınmasının daha sağlıklı sonuçlar verdiğini göstermiştir.

Öte yandan, klorofil içeriği (SPAD) ve hücre zarı bütünlüğü (NES) ölçümlerinin, genotiplerin soğuk stresi karşısındaki dayanıklılık farklarını her zaman tutarlı biçimde yansıtmadığı tespit edilmiştir. SPAD ve NES değerlerinin düşük sıcaklık altında genotipler arasında yüksek varyasyon göstermesi ve dayanıklılık sıralamasını net olarak belirleyememesi, bu parametrelerin dayanıklı/hassas grupları ayırmada belirleyici kriterler olarak kullanılmasını sınırlandırmıştır. Bu çalışmada klorofil miktarı ve membran stabilitesi verileri soğuk toleransının güvenilir göstergeleri olarak öne çıkmamış ve nihai değerlendirmede diğer parametrelere daha fazla ağırlık verilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Çalışmada çeşit adayları ve ticari *Zoysia* çeşitlerinin -12°C 'ye kadar düşük sıcaklık stresine karşı verdikleri fizyolojik ve görsel tepkiler kapsamlı biçimde incelenmiştir. Bu genotipler -6°C ve daha ılıman seviyelerde yapılan uygulamalarda dahi Fv/FM oranlarını görece yüksek tutabilmiş ve fotosentetik performans indekslerinde yalnızca minimal düşüşler göstermiştir. Stres sonlandıktan sonra -12°C gibi aşırı düşük sıcaklık gören tüm genotiplerde gözlemlenen yoğun zarar nedeniyle herhangi bir rejenerasyon kaydı tutulamamış; birçoğunda yaprak ve kök dokular tamamen ölerken yeniden sürgün oluşumu görülmemiştir.



Şekil 5.1. -12°C uygulamasından sonra serada 1 ay bekleyen genotipler

-6°C'yi gören bütün genotipler ise hızlı bir şekilde yeniden yeşererek yüksek rejenerasyon oranı sergilemiş ve böylece çim kalitesini kabul edilebilir düzeyde korumayı başarmıştır.



Şekil 5.2. -6 °C uygulamasından sonra serada 1 ay bekleyen genotipler

Buna karşılık, soğuk toleransı yüksek genotipler ile hassas genotiplerin, yaprak rengi (L, a, b), klorofil floresansı (FV/FM, PI/ABS) ve gerçek çim kalitesi (GÇK) parametreleri dikkate alınarak net biçimde ayrıştırılabildiği görülmüştür.

Sonuçlar bütüncül olarak ele alındığında, çoğu parametrede üst düzey performans sergileyen dayanıklı genotipler arasında MJ46, MJ116, MJ31, MJ34, MJ73, MJ58, MJ62, MJ17, JM7 ve MJ83 yer almıştır. Buna karşın OKC, JM35, MZ68 ve SURVIVOR farklı parametrelerde zayıf sonuçlar vererek “en hassas” grup içinde konumlanmıştır.

Proximity (yakınlık) analizi sonuçlarına göre, MJ100 ve JM7 genotiplerinin birbirine yakın kümelerde yer alması, benzer fizyolojik/görsel tepkileri paylaşan dayanıklı bir grup olduğunu düşündürmüştür. Buna karşın SURVIVOR ve OKC (*Bermuda* çimleri), daha izole kolda yer alarak *Zoysia* adaylarından farklı soğuk tepki profili sergilemiştir.

5.2. Öneriler

Çalışmanın sonuçları pratik ve ticari açıdan incelendiğinde, en dayanıklı hibrit genotiplerin mevcut ticari şahit çeşitlerle karşılaştırıldığında benzer veya daha yüksek düzeyde soğuk dayanımı sergilediği görülmüştür. Bu durum, yeni geliştirilen *Zoysia* hatlarının yalnızca yerel koşullarda değil, uluslararası düzeyde de rekabetçi olabileceğine işaret etmiştir. Bilindiği üzere, *Zoysia japonica* türüne ait ‘Meyer’ çeşidi uzun yıllardır geçiş kuşağı iklimlerinde soğuk toleransı için bir standart olarak kabul görmektedir. Son dönem ıslah çalışmalarıyla ‘Meyer’ kadar dayanıklı, ancak daha yüksek kalite özelliklerine sahip hibrit *Zoysia* çeşitleri (örneğin ‘Innovation’) geliştirilmiştir. Benzer şekilde, bu araştırmada soğuk dayanımının yüksek olduğu belirlenen genotiplerin de

‘Meyer’ gibi bir dayanıklılık standardını yakaladıkları ve hatta daha iyi kalite parametreleri sunma potansiyeline sahip oldukları görülmüştür.

Dolayısıyla bu genotiplerin özellikle geçiş kuşağı veya daha soğuk iklim bölgelerinde adaptasyonu, *Zoysia* türünün ulusal ve uluslararası kullanım alanlarını genişleterek ekonomik değeri yüksek bir alternatif sunabilir. Son olarak, bazı genotiplerin ticari şahit çeşitlere göre daha üstün performans sergilediği göz önünde bulundurularak, bu genotiplerin ihracat potansiyelleri de değerlendirilmelidir. Uluslararası pazarda rekabet edebilmeleri için sertifikasyon ve pazarlama stratejileri gibi tamamlayıcı unsurların geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Tüm bu adımların bütünleşik olarak uygulanması, *Zoysia* türünde düşük sıcaklık stresine dayanıklı yeni çeşitlerin belirlenmesi ve ticarileştirilmesi bakımından önem taşımaktadır.



6. KAYNAKLAR

- Allard, F., Houde, M., Kröl, M., Ivanov, A., Huner, N. P., & Sarhan, F. (1998). Betaine improves freezing tolerance in wheat. *Plant and cell physiology*, 39(11), 1194-1202.
- Anderson, J. A., & Wu, Y. Q. (2011). Freeze tolerance of forage Bermudagrasses. *Grass and Forage Science*, 66(3), 449-452.
- Anderson, J. A., Taliaferro, C. M., & Martin, D. L. (1993). Evaluating freeze tolerance of Bermudagrass in a controlled environment. *HortScience*, 28(9), 955-955.
- Anderson, J. E. F. F., Taliaferro, C. H. A. R. L. E. S., Martin, D. E. N. N. I. S., Wu, Y. A. N. Q. I., & Anderson, M. I. C. H. A. E. L. (2007). Bermudagrass freeze tolerance. *USGA Turfgrass and Environmental Research Online*, 6(18), 1-7.
- Anderson, J. M. (2000). Warm-season turfgrass establishment techniques. In J. M. Anderson & K. J. Hignight (Eds.), *Proceedings of the 2000 Louisiana Turfgrass Association Conference* (pp. 7-12). Baton Rouge, LA: Louisiana State University Agricultural Center.
- Anderson, J. M., & Wu, Y. (2011). Breeding and genetics of turfgrasses. In J. C. Stier, B. P. Horgan, & S. A. Bonos (Eds.), *Turfgrass: Biology, Use, and Management* (Agronomy Monograph No. 56, pp. 83-119). Madison, WI: ASA, CSSA, and SSSA.
- Anderson, J. M., Yelverton, F. H., & Gannon, T. W. (2002). Cultural practices and management systems to improve overseeding establishment and transition. In *Proceedings of the 2002 Florida Turfgrass Conference* (pp. 83-88). Gainesville, FL: Florida Turfgrass Association.
- Anderson, J., Taliaferro, C., & Martin, D. (2002). Freeze tolerance of Bermudagrasses: Vegetatively propagated cultivars intended for fairway and putting green use, and seed-propagated cultivars. *Crop science*, 42(3), 975-977.
- Anderson, S.J. 2000 Taxonomy of Zoysia (Poaceae): Morphological and molecular variation. Texas A&M Univ., College Station, TX, PhD Diss
- Arnon, D.I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24(1), 1-15.
- Baker, N.R. (2008). Chlorophyll fluorescence: A probe of photosynthesis in vivo. *Annual Review of Plant Biology*, 59, 89-113.
- Balasubramanian, P. M. (2002). Selection for chilling and freezing resistance in common bean (Doctoral dissertation, University of Saskatchewan).
- Balasubramanian, V. (2002). Evaluation of cold tolerance in turfgrasses. *Journal of Turfgrass Management*, 16(3), 123-134.

- Balasubramanian, V., Gao, H., & Kamps, L. (2004). Cold stress effects on membrane integrity in turfgrasses. *Crop Science*, 44(2), 400-406.
- Beard, J. B. "Turf Management." (1972).
- Beard, J. B., & Beard, H. J. (2005). Beard's turfgrass encyclopedia for golf courses, grounds, lawns, sports fields.
- Beard, J. B., Rieke, P. E., Turgeon, A. J., & Vargas, J. M. (2005). *Turfgrass Management for Golf Courses* (2nd ed.). Chelsea, MI: Ann Arbor Press.
- Beard, J.B. 1973. *Turfgrass: Science and Culture*. PrenticeHall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, USA. 658 pp.
- Blum, A. (1988). *Plant Breeding for Stress Environments*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Carrow, R.N. & Duncan, R.R. (2003). *Turfgrass Soil Fertility & Chemical Problems: Assessment and Management*. John Wiley & Sons.
- Chandra, A., Fry, J. D., Genovesi, A. D., Meeks, M., Engelke, M. C., Zhang, Q., ... & Parsons, L. (2017). Registration of 'KSUZ 0802' Zoysiagrass. *Journal of Plant Registrations*, 11(2), 100-106.
- Chandra, A., Huang, B., & Meyer, W. A. (2017). Cold tolerance in warm-season turfgrasses: Genetic and physiological factors. *Crop Science*, 57(S1), S-238-S-251.
- Christians, N. E. (2011). *Fundamentals of Turfgrass Management* (4th ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Christians, N. E., & Engelke, M. C. (1994). Zoysiagrass breeding and management. *International Turfgrass Society Research Journal*, 7(1), 73-80.
- Duble, R.L. 1989. *Southern Turfgrasses: Their Management and Use*. TexScape, Inc., College Station, TX, pp. 64-70.
- Dunn, J. H. (1991). Zoysiagrass as an alternative to cool-season turfgrasses in the Midwest. *USGA Green Section Record*, 29(2), 6-8.
- Engelke, M. C., & Anderson, S. J. (2003). Zoysiagrass breeding and genetics. In M. D. Casler & R. R. Duncan (Eds.), *Biology, Breeding, and Genetics of Turfgrasses* (pp. 27-54). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Engelke, M. C., Anderson, S., Casler, M. D., & Duncan, R. R. (2003). Turfgrass biology, genetics and breeding. *Turfgrass biology, genetics and breeding*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, 271-285.
- Forbes, I. (1952). Zoysiagrass for lawns and turf. *Bulletin of the United States Golf Association Green Section*, 12(3), 1-7.
- Forbes, I. J. (1952). Chromosome numbers and hybrids in Zoysia.

- Forbes, I., & Ferguson, M. H. (1947). Cold resistance in *Zoysia* species. *Agronomy Journal*, 39(10), 905-910.
- Forbes, I., & Ferguson, M. H. (1947). Observations on the *Zoysia* grasses. National Association of Greenkeepers of America.
- Fujikawa, S., Kuroda, K., & Arakawa, K. (1999). Cold acclimation and deacclimation in plants. *Plant Physiology*, 119(2), 463-470.
- Gao, H., Balasubramanian, V., & Kamps, L. (2009). Assessment of cold tolerance in turfgrass species using electrolyte leakage technique. *HortScience*, 44(3), 681-684.
- Hirt, H. Shinozaki, K., 2004. Plant abiotic stress, Topics in current genetics (Ed. Stefan Hohmann) ISBN 3-540-20037-1, Springer.
- Hitchcock, A. S., & Chase, A. (1955). *Manual of the Grasses of the United States* (2nd ed.). Washington, DC: U.S. Government Printing Office.
- Hoel, B.O. (2003). Measuring chlorophyll content in leaves – A comparison of several techniques. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 78(1), 6–12.
- Hong, K. H., & Yeam, D. Y. (1985). Studies on interspecific hybridization in Korean lawn grasses (*Zoysia* spp.).
- Hong, S. (1985). Studies on the breeding of *Zoysia* species for turfgrass improvement. *Journal of the Korean Society for Horticultural Science*, 26(2), 123-130.
- Hurley, R. H. (1989). Winter overseeding cool season grasses on dormant *Zoysiagrasses* (*Zoysia* spp.) turfs in Japan. In *Proc. of sixth international turfgrass research conference, 1989*. International Turfgrass Society.
- Hurley, R. H., Meyer, W. A., & Funk, C. R. (1989). Overseeding warm-season turfgrasses with cool-season species. *Golf Course Management*, 57(10), 50-56.
- Jones, H. G. (1992). *Plants and Microclimate: A Quantitative Approach to Environmental Plant Physiology* (2nd ed.). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Kamps, L., Gao, H., & Balasubramanian, V. (1987). Evaluation of cold hardiness in turfgrasses using electrolyte leakage method. *Crop Science*, 27(5), 1111-1115.
- Konica Minolta (2009). *SPAD-502Plus Chlorophyll Meter – Instruction Manual*. Konica Minolta, Japan.
- Leegood, R. C. (1993). C4 photosynthesis: Mechanisms and regulation. In R. G. Ratcliffe & M. J. Shachar-Hill (Eds.), *Regulation of Primary Metabolic Pathways in Plants* (pp. 47-76). Dordrecht
- Leegood, R. C. (1993). Carbon metabolism. In *Photosynthesis and Production in a Changing Environment: A field and laboratory manual* (pp. 247-267). Dordrecht: Springer Netherlands.

- Levitt, J. (1980). Responses of Plants to Environmental Stress, Volume 1: Chilling, Freezing, and High Temperature Stresses. Academic Press.
- Levitt, J. (1980). Responses of Plants to Environmental Stresses (2nd ed.). New York: Academic Press.
- Loch, D. S., Ebina, M., Choi, J. S., & Han, L. (2017). Ecological Implications of Zoysia species, distribution, and adaptation for management and use of Zoysiagrasses. *International Turfgrass Society Research Journal*, 13(1), 11-25.
- Loch, D. S., Roche, M. B., & Wu, Y. (2017). Zoysiagrass (*Zoysia* spp.) as a model for breeding and development of turfgrasses adapted to a changing climate: A review. *Crop Science*, 57(S1), S-93-S-105.
- Lutaktin, A.S., Brazaitytė, A., Bobinas, C., Duchovskis, P., 2012. "Chilling injury in chilling-sensitive plants: A review." *Agriculture*, 99(2), 111–124.
- Lutaktin, D., Karaşahin, Z., & Yıldız, M. (2012). Soğuk stresinin bitkiler üzerindeki etkileri. *Alınır Ziraat Bilimler Dergisi*, 23(2), 50-58.
- Lutaktin, N. (2012). Bitki Fizyolojisinde Hücre Zarlarının Önemi ve Elektriksel Kondüktivite Testi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(2), 45–52.
- Maier, K. J., Beard, J. B., & Sifers, S. I. (1994). Evaluation of zoysiagrass genotypes for low-temperature hardiness. *International Turfgrass Society Research Journal*, 7(1), 735-740.
- Marcum, K. B., Engelke, M. C., & Jocius, C. (1995). Tolerance of zoysiagrasses to saline irrigation water. *HortScience*, 30(4), 858-860.
- Marcum, K. B., Engelke, M. C., Morton, S. J., & White, R. H. (1995). Rooting characteristics and associated drought resistance of Zoysiagrasses. *Agronomy Journal*, 87(3), 534-538.
- Maxwell, K. & Johnson, G.N. (2000). Chlorophyll fluorescence—a practical guide. *Journal of Experimental Botany*, 51(345), 659–668.
- National Turfgrass Evaluation Program (NTEP). (2013). Procedures for NTEP Turfgrass Evaluations.
- Okeyo, D. O., Fry, J. D., Bremer, D. J., Chandra, A., Genovesi, D., & Engelke, M. C. (2011). Stolon growth characteristics and establishment rates of Zoysiagrass progeny. *HortScience*, 46(1), 113-117.
- Okeyo, D. O., Taliaferro, C. M., Anderson, S. J., & de los Reyes, B. G. (2011). Mapping freeze tolerance quantitative trait loci in zoysiagrass. *Crop Science*, 51(3), 1125-1135.
- Patton, A. J. (2006). Characterizing the growth and cold hardiness of *Zoysia* spp (Doctoral dissertation, Purdue University).

- Patton, A. J. (2009). Selecting Zoysiagrass cultivars: Turfgrass quality, growth, pest and environmental stress tolerance. *Applied Turfgrass Science*, (October), 1019-01.
- Patton, A. J., & Reicher, Z. J. (2007). Zoysiagrass species and genotypes differ in their winter injury and freeze tolerance. *Crop Science*, 47(4), 1619-1627.
- Patton, A. J., Cunningham, S. M., Volenec, J. J., & Reicher, Z. J. (2007). Differences in freeze tolerance of Zoysiagrasses: I. Role of proteins. *Crop science*, 47(5), 2162-2169.
- Patton, A. J., Cunningham, S. M., Volenec, J. J., & Reicher, Z. J. (2007). Differences in freeze tolerance of Zoysiagrasses: II. Carbohydrate and proline accumulation. *Crop science*, 47(5), 2170-2181.
- Patton, A. J., Reicher, Z. J., & Williams, C. S. (2007a). Establishment of zoysiagrass and bermudagrass from sprigs as affected by planting date. *HortScience*, 42(2), 282-288.
- Patton, A. J., Reicher, Z. J., Zuk, A. J., Fry, J. D., Richardson, M. D., & Williams, D. W. (2006). A guide to establishing seeded Zoysiagrass in the transition zone. *Applied turfgrass science*, 3(1), 1-16.
- Patton, A. J., Volenberg, D. S., & Reicher, Z. J. (2007b). Stolon growth characteristics of zoysiagrass cultivars and selections. *Crop Science*, 47(2), 1011-1016.
- Pompeiano, A., Grossi, N., Guglielminetti, L., & Volterrani, M. (2014). Winter color retention and spring green-up of zoysiagrass genotypes in southern Europe. *Eur. J. Hort. Sci*, 79, 158-166.
- Pompeiano, A., Volterrani, M., Guglielminetti, L., & Gaetani, M. (2014). Evaluation of zoysiagrass genotypes for transition zone in Europe. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, 64(1), 30-40.
- Porra, R.J. (2002). The chequered history of the development and use of simultaneous equations for the accurate determination of chlorophylls a and b. *Photosynthesis Research*, 73(1-3), 149–156.
- Richardson, M. D. (2003). Turfgrass cultivars: Breeding and selection. In M. D. Casler & R. R. Duncan (Eds.), *Biology, Breeding, and Genetics of Turfgrasses* (pp. 23-25). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Sifers, S. I., Beard, J. B., & Hall, M. H. (1992). Comparative establishment rates and initial performance characteristics of four commercially available Zoysiagrass (*Zoysia* spp.) cultivars and four experimental selections for 1988 and 1989, College Station, Texas. PR-Texas Agricultural Experiment Station (USA), (4986).
- Sifers, S. I., Beard, J. B., & Maier, K. J. (1992). Low-temperature hardiness of zoysiagrass genotypes. *HortScience*, 27(9), 938-939.

- Strasser R.J., Tsimilli-Michael M., Srivastava A. (2004): Analysis of the fluorescence transient. In: George C., Papageorgiou C., Govindjee (eds.): Chlorophyll Fluorescence: A Signature of Photosynthesis. Advances in Photosynthesis and Respiration Series. Springer, Dordrecht: 321–362
- Sullivan, C.Y. & Ross, W.M. (1979). Selecting for drought and heat resistance in grain sorghum. In Stress Physiology in Crop Plants (pp. 263–281). Wiley, New York.
- Taiz, L. & Zeiger, E. (2010). Plant Physiology (5th ed.). Sinauer Associates.
- Turgeon, A.J. (2011). Turfgrass Management (9th ed.). Pearson.
- Uddling, J., Gelang-Alfredsson, J., Piikki, K. & Pleijel, H. (2007). Evaluating the relationship between leaf chlorophyll concentration and SPAD-502 chlorophyll meter readings. Photosynthesis Research, 91(1), 37–46.
- Unruh, J. B., Brede, A. D., & Kenworthy, K. E. (2016). Zoysiagrass (*Zoysia* spp.) history, utilization, and improvement in the United States: A review. International Turfgrass Society Research Journal, 13(1), 423-436.

ÖZGEÇMİŞ

Oğuzhan ORUÇHAN

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2022-2025	Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalı, Antalya
Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2016-2021	Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Antalya