

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI**

**FARKLI MEVSİMLERDE VE ELMA TÜRLERİNDE İN
VİTRO REJENERASYON İÇİN FARKLI
PROTOKOLLERİN ANALİZİ**

**Hazırlayan
Bella KİNANTİ**

**Danışman
Prof. Dr. Aydın UZUN**

Yüksek Lisans Tezi

**Temmuz 2024
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI**

**FARKLI MEVSİMLERDE VE ELMA TÜRLERİNDE İN
VİTRO REJENERASYON İÇİN FARKLI
PROTOKOLLERİN ANALİZİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

**Hazırlayan
Bella KİNANTİ**

**Danışman
Prof. Dr. Aydın UZUN**

**Bu çalışma, Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi
tarafından 105-737-07 kodlu proje ile desteklenmiştir.**

**Temmuz 2024
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Bella KİNANTİ

İmza

“Farklı Mevsimlerde ve Elma Türlerinde İn vitro Rejenerasyon İçin Farklı Protokollerin Analizi” adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan

Bella KİNANTİ

İmza

Danışman

Prof. Dr. Aydın UZUN

İmza

Bahçe Bitkileri Bölümü

Prof. Dr. Ercan YILDIZ

İmza

TEŞEKKÜR

Bana çalıőmalarım sűresince her tűrlű yardımı ve fedakârlığı saęlayan, Yűksek Lisans tezi olarak sunduęum bu çalıőmanın her aőamasında her tűrlű desteęiyle yardım esirgemeyen danıőman hocam Sayın Prof. Dr. Aydın UZUN ve Doç. Dr. Hasan PINAR'a en içten teőekkűrlerimi ve minnetlerimi sunarım. Ayrıca, Arő. Gör. Hasan Talha ŬNSAL'a tez űzerinde çalıőmada ve yazmamda bana rehberlik eden ve laboratuvar çalıőmalarımda desteęini esirgemeyen Yasemin AŐLANTAŐ, Hűlya ERARSLAN, Funda KOÇAK' ve Őerife KOÇ'a çok teőekkűr ederim.

Bu sűrete bana her zaman destek olan, dualarını eksik etmeyen sevgili anne ve babama en derin teőekkűrlerimi sunarım. Aynı Őekilde, desteklerini ve sevgilerini her zaman yanımda hissettięim kardeőlerime de sonsuz teőekkűr ederim.

Çalıőmalarım boyunca bilgi ve deneyimlerini benimle paylaőan, yol gűsteren tűm hocalarıma en içten teőekkűrlerimi sunarım. Onların rehberlięi ve űğretileri sayesinde bu noktaya gelebildim.

Yűksek Lisans eęitimimin her dűneminde hep yanımda olan maddi ve manevi desteęini esirgemeyen deęerli aileme teőekkűrlerimi sunarım.

Bella KİNANTİ

Haziran 2024, KAYSERİ

FARKLI MEVSİMLERDE VE ELMA TÜRLERİNDE İN VİTRO REJENERASYON İÇİN FARKLI PROTOKOLLERİN ANALİZİ

Bella KİNANTİ

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Temmuz 2024
Danışman: Prof. Dr. Aydın UZUN

ÖZET

Yerli elmalara yönelik geleneksel yetiştirme yöntemleri, hassas yabancı elmaların yetiştirilmesinde etkili değildir. Ancak ex situ koruma tekniği olarak mikro çoğaltma, bu elmanın yetiştirilmesinde etkili bir çözüm sunmaktadır. Bu çalışma, sürgünleri eksplant olarak kullanarak *Malus kirghisorum*, *Malus niedzwetzkyana*, *Malus sieversii* ve *Malus domestica* olmak üzere dört elma türünde in vitro rejenerasyonu araştırmıştır. Rejenerasyonu, ortam ve büyüme düzenleyicilerin bir kombinasyonunu optimize etmek ve in vitro kültür başarısını artırmak için, üç sterilizasyon yöntemi kontaminasyonu azaltmak üzere test edildi. Kullanılan sterilizasyon yöntemleri arasında (1) 20 dakika boyunca %1,0 sodyum hipoklorit NaOCl çözeltisine daldırma; (2) 5 dakika boyunca %0,1 cıva klorür çözeltisine (HgCl₂) daldırma; ve (3) 10 dakika boyunca %10 sodyum hipoklorit çözeltisinde ıslatmanın ve ardından 5 dakika boyunca %0,1 cıva klorür çözeltisinde ıslatmanın bir kombinasyonu. Test edilen iki ortam protokolü M1 (MS + 1 mg/L BAP + 0,1 mg/L IBA + 0,15 mg/L ABA) ve M2 (MS + 2 mg/L BAP + 0,1 mg/L NAA + 0,15 mg/L ABA) kullanılmıştır. Bu araştırmanın sonuçlarına göre, elma doku kültürü çalışmalarında ortaya çıkan en uygun yöntem; örneklerin ilkbaharda alınması ve aktif karbon içeren M2 besin ortamında kullanılmasından elde edilmiştir. Bu yöntem, fenolik bileşiklerin etkisini minimize ederek daha başarılı rejenerasyon oranları sağlamıştır.. M1 besi ortamı yüksek rejenerasyon oranları sağlasa da, kontaminasyon riski yüksek olmuştur. Aktif karbon içeren M2 besi ortamı ise daha düşük kontaminasyon oranları ile başarılı sonuçlar vermiştir. Bu sonuçlar, elma doku kültürü çalışmalarında optimize protokollerin geliştirilmesine katkıda bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: İn vitro rejenerasyon, Sterilizasyon yöntemleri, Elma türleri, Ortam protokolleri, Mevsimsel değişiklikler.

ANALYSIS OF DIFFERENT PROTOCOLS FOR IN VITRO REGENERATION IN DIFFERENT SEASONS AND APPLE SPECIES

Bella KİNANTİ

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

Master Thesis, Month Year

Supervisor: Prof. Dr. Aydin UZUN

ABSTRACT

Traditional cultivation methods for local apples are not effective for cultivating sensitive wild apples. However, micropropagation as an *ex situ* conservation technique provides an effective solution for growing these apples. This study investigated the in vitro regeneration of four apple species *Malus kirghisorum*, *Malus niedzwetzkyana*, *Malus sieversii*, and *Malus domestica* using shoots as explants. To optimize the combination of medium and growth regulators and improve in vitro culture success, three sterilization methods were tested to reduce contamination. The sterilization methods used were: (1) immersion in a 1.0% sodium hypochlorite NaOCl solution for 20 minutes; (2) immersion in a 0.1% Mercuric Chloride (HgCl₂) solution for 5 minutes; and (3) soaking in a 10% sodium hypochlorite solution for 10 minutes followed by soaking in a 0.1% mercuric chloride solution for 5 minutes. The two tested medium protocols were M1 (MS + 1 mg/L BAP + 0.1 mg/L IBA + 0.15 mg/L ABA) and M2 (MS + 2 mg/L BAP + 0.1 mg/L NAA + 0.15 mg/L ABA). According to the results of this study, the most suitable method for apple tissue culture studies is to take samples in the spring and use the M2 medium containing activated charcoal. This approach minimizes the effects of phenolic compounds and results in more successful regeneration rates. While the M1 medium provides high regeneration rates, it also carries a higher risk of contamination. The M2 medium containing activated charcoal, on the other hand, yielded successful results with lower contamination rates. These results contribute to the development of optimized protocols in apple tissue culture studies.

Keywords: In vitro regeneration, Sterilization methods, Apple species, Medium protocols, Seasonal variations.

İÇİNDEKİLER

FARKLI MEVSİMLERDE VE ELMA TÜRLERİNDE İN VİTRO REJENERASYON İÇİN FARKLI PROTOKOLLERİN ANALİZİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK.....	ii
KABUL VE ONAY	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
KISALTMALAR	xi
TABLolar LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiv
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

1.1. Elma ile İlgili Genel Bilgiler	5
1.2. Çeşitli Türler Üzerine Araştırma ve Elma Yetiştiriciliğinde Doku Kültürü Tekniklerinin Uygulanması.....	8
1.3. Elma Sürgün Doku Kültürü Araştırmalarındaki Son Gelişmeler	9
1.4. Elma Sürgün Doku Kültüründe Sterilizasyonun Etkinliği	11
1.5. Elma Doku Kültüründe Hormon Kullanımı	12
1.6. Farklı Elma Çeşitlerinin Pomolojik Özellikleri Üzerine Yapılan Çalışmalar..	14
1.7. Polietilen Glikol (PEG) Kullanımının Çeşitli Elma Çeşitlerinde Kuraklık Direnci Üzerindeki Etkileri	21

2. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal.....	23
2.1.1. Elma Sürgünleri Üzerinde Bitki Dokusu Kültürü Çalışması.....	23
2.1.2. Pomolojik Analizler	24
2.1.3. Polietilen Glikolün (PEG) İle Farklı Elma Türlerinin Kuraklık Stresine Toleranslarının Test Edilmesi.....	24
2.2. Yöntem	25
2.2.1. Elma sürgünlerinde doku kültürü çalışması	25
2.2.2. Sterilizasyon Süreci	26
2.2.3. Besin Ortamı	27
2.2.4. DNA İzolasyonu ve Marker Analizi.....	28
2.2.5. Polymerase Chain Reactin (PCR) ve SRAP Analizleri	31
2.2.6. Peroksidase (POX) Primer Analizi	32
2.2.7. Pomolojik Analizler	35
2.2.8. Polietilen Glikolün (PEG) Çeşitli Elma Çeşitleri Üzerindeki Etkisinin Belirlenmesi	37

3. BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 Elma Doku Kültüründe Farklı Sterilizasyon Yöntemleri ve Medya Türlerinin Rejenerasyon Oranlarına Etkisi ve Fenolik Bileşiklerin Kontrolü	40
3.2 Eksplant Sterilizasyonunun Genotip, Sterilizasyon Yöntemi ve Kontaminasyon Yüzdesine Göre Analizi.	43
3.3 Sterilizasyon ve Medya Türlerinin Elma Eksplantlarının Rejenerasyonuna Etkisi.....	48
3.4 Elma Çeşitlerinin Pomolojik Özelliklerinin Analizi	54
3.5 Elma Türlerinde SRAP ve POX Markerlarının Polimorfizm Analizi.....	63

3.6 Polietilen Glikol (PEG) İle Kuraklığa toleransın In Vitro Ortamda Belirlenmesi	67
--	-----------

4. BÖLÜM

ŞONUÇ VE ÖNERİLER

4.1.Sonuç ve Öneriler	79
KAYNAKÇA	82
EKLER	93
EK 1.	93
ÖZGEÇMİŞ	94

KISALTMALAR

ABA	: Absisik asit
AFLP	: Amplified Fragment Length Polymorphism
BAP	: Benzil amino purin
CAPS	: Cleaved Amplified Polymorphic Sequence
cm	: Santimetre
cm ²	: Santimetrekare
dk	: Dakika
FAO	: Food and Agriculture Organization
GA3	: Gibberellik asit
h	: Saat
HCl	: Hidrojen klorür
HgCl ₂	: Cıva klorür
IBA	: İndol-3-bütirik asit
Kg	: Kilogram
KOH	: Potasyum hidroksit
L	: Litre
MAS	: Marker Assisted Selection
Mg	: Miligram
ml	: Mililitre
mM	: Milimolar
MS	: Murashige ve Skoog
NAA	: Naftalin Asetik Asit
NaOCl	: Sodyum Hipoklorit
°C	: Santigrat Derece
PCR	: Polymerase Chain Reaction
POX	: Peroxidase
QTL	: Quantitative Trait Locus
RAPD	: Random Amplified Polymorphic DNA
RIL	: Recombinant Inbred Line
rpm	: Revolutions Per Minute

SCAR	: Sequence Characterized Amplified Region
SLAF-seq	: Specific-Locus Amplified Fragment Sequencing
SNP	: Single Nucleotide Polymorphism
SRAP	: Sequence Related Amplified Polymorphism
SSR	: Simple Sequence Repeats
TBE	: Tris-Borate-EDTA Buffer Solution
μL	: Mikrolitre



TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1. Kıtalara Göre Dünya Biber Üretimi (FAOSTAT 2022).....	6
Tablo 2. Ükelere Göre Dünya Elma Üretimini Dağılımı (FAOSTAT, 2022)	7
Tablo 3. Türkiye elma üretimi (FAOSTAT).....	8
Tablo 4. SRAP çalışmalarında kullanılan PCR koşulları.....	31
Tablo 5. SRAP Analizi için PCR bileşenleri	32
Tablo 6. Elma Eksplantlarının Sterilizasyon Yöntemlerine Göre Rejenerasyon ve Kontaminasyon Oranları	41
Tablo 7. Elma Eksplantlarının Sterilizasyon Yöntemlerine Göre Kontaminasyon Oranları	44
Tablo 8. ANOVA Sonuçları: Elma Eksplantlarında Kontaminasyon Üzerine Sterilizasyon Yöntemi ve Medya Türü Arasındaki Etkileşimlerin İncelenmesi.....	46
Tablo 9. Elma Eksplantlarının Sterilizasyon Yöntemine Göre Rejenerasyon Oranları..	48
Tablo 10. Elma Eksplantlarının Medya Kompozisyonuna Göre Rejenerasyon Oranları	51
Tablo 11. ANOVA Sonuçları: Elma Eksplantlarında Kontaminasyon Üzerine Çeşit, Sterilizasyon Yöntemi ve Medya Türünün Etkileri	53
Tablo 12. Farklı Elma Çeşitlerinin Pomolojik Özellikleri.....	55
Tablo 13. Farklı Elma Çeşitlerinin Renk Parametreleri.....	57
Tablo 14. Farklı Elma Genotiplerinin chroma ve HUE değerleri	58
Tablo 15. SRAP ve POX primerleri ile taranan türlerintoplam bant sayısı (TFN), polimorfik bant sayıları (PFN), polimorfizm oranlarının (PR) listesi	65
Tablo 16. Elma Çeşitlerinin PEG Stresine Yanıtlarının Bitki Boyu ve Gövde Çapı Üzerindeki Etkisi.....	68
Tablo 17. Elma Çeşitlerinin Kuraklık Stresi Altında Morfolojik Gözlemleri	69
Tablo 18. Elma Çeşitlerinin PEG Stresine Yanıtlarının Kök Yas Ağırlık, Kök Yaş Uzunluğu ve Kök Kuru Ağırlık Üzerindeki Etkisi	72
Tablo 19. Elma Çeşitlerinin PEG Stresine Yanıtlarının Sürgün Yaş Ağırlık, Sürgün Kuru Ağırlık ve Zararlanma Skalası Üzerindeki Etkisi	74

ŞEKİLLER LİSTESİ

<i>Şekil 1.</i> ± 20 cm ölçülen elma sürgünleri örnekleme	23
<i>Şekil 2.</i> Elma genotiplerinde pomolojik analizler	24
<i>Şekil 3.</i> Pomolojik analizler sonrasında elma meyvelerinden elde edilen tohumlar	24
<i>Şekil 4.</i> Çalışma Planı.....	25
<i>Şekil 5.</i> Farklı eksplant sterilizasyon protokolleri: a. NaOCl çözeltisi kullanılmış b. HgCl ₂ ve c. NaOCl + HgCl ₂	26
<i>Şekil 6.</i> Elma eksplantlarının besin ortamına yerleştirilmesi	28
<i>Şekil 7.</i> Elma bitkilerinin in vitro rejenerasyonu.....	29
<i>Şekil 8.</i> DNA İzolasyonu ve PCR Analizi.....	34
<i>Şekil 9.</i> Elma meyvesinin pomolojik analizi	36
<i>Şekil 10.</i> Doku kültürü ortamında elma bitkilerinin PEG Testi	39
<i>Şekil 11.</i> Elma türlerinin morfolojisi.....	60
<i>Şekil 12.</i> SRAP primerlerinin UV altında jel görüntüsü	63
<i>Şekil 13.</i> POX primerleri UV altında jel görüntüsü	64
<i>Şekil 14.</i> Marker analizleri sonucunda UPGMA methodu ile oluşturulmuş dendrogram	66
<i>Şekil 15.</i> Elma doku kültü bitkilerine yönelik zarar değerlendirme skalası.....	77

GİRİŞ

Elma, dünya tarımsal üretiminde önemli bir yere sahip olan en önemli meyve çeşitlerinden biridir. Reçel ve meyve suyu olarak tüketilmesinin yanı sıra, turtalara ve dondurmalara eklenerek de kullanılır. Elma üretimi, bir ülkenin ekonomik koşullarını da etkileyebilmektedir. FAO'nun 2022 yılı verilerine göre, dünya genelinde önde gelen elma üreticisi ülkeler arasında Çin, İran, Türkiye, Amerika Birleşik Devletleri, Japonya ve Şili yer almaktadır. Çin, 50.222.130 ton elma üretimi ile dünya lideri konumundadır. Onu 6.218.251 ton ile İran, 4.817.500 ton ile Türkiye, 5.634.821 ton ile Amerika Birleşik Devletleri, 2.059.425 ton ile Japonya ve 938.901 ton ile Şili takip etmektedir. Bu veriler, elma üretiminde Çin'in açık ara lider olduğunu, ardından gelen ülkelerin üretim miktarlarının Çin ile kıyaslandığında oldukça düşük kaldığını göstermektedir. (FAOSTAT 2022).

Elma çeşitleri, Türkiye'nin birçok bölgesinde bulunmaktadır. Elma üretimi, uygun iklim ve coğrafi koşullar nedeniyle her yıl artış göstermektedir. Türkiye'de yetişen lezzetli elma çeşitlerinden bazıları Golden Delicious, Granny Smith, Starking, Starkrimson ve Amasya'dır. Bu elmaların başlıca üretildiği yerler arasında Isparta, Karaman ve Niğde yer almaktadır. Elma üretiminin ekonomik boyutu üzerine birçok çalışma yapılmıştır ve diğer ülkelerde de benzer çalışmalar yürütülmüştür (Yılmaz ve ark. 2014).

In vitro rejenerasyon yeteneği, bitkilerde genetik çeşitliliğin bir sonucu olup, aynı zamanda çevresel ve epigenetik faktörlerden de etkilenmektedir. Genetik faktörler, bitkilerin kallus ve meristem üretme yeteneğini ve nihayetinde bitkinin sağlığını etkileyebilir (Korkmaz ve ark. 2012).

İn vitro rejenerasyon sistemleri, bitkilerin hızlı ve kontrollü bir şekilde çoğaltılmasına olanak tanır ve özellikle hastalıklara dayanıklı, yüksek verimli veya genetik olarak modifiye edilmiş bitki çeşitlerinin geliştirilmesinde kullanılmaktadır. Bağlamı anlamak

için, geniş bir yelpazede rejenerasyon verimliliğini etkileyen faktörlerin karmaşıklığını ele almak gerekmektedir. Bu çalışma, elma çeşitlerinde eksplantın alındığı mevsimin ve çeşit farklılıklarının in vitro rejenerasyon sistemleri üzerindeki etkilerini analiz etmeyi amaçlamaktadır (Gamborg, 2013).

Smith ve arkadaşları (2018), eksplantın alındığı mevsimin bitki dokularının in vitro rejenerasyon tekniklerine tepkisini etkileyebileceğini belirtmişlerdir. Johnson ve ark. (2020) tarafından yapılan başka bir çalışmada, rejenerasyon başarısı oranındaki farklılıklar belirlenmiştir. Lee ve arkadaşları (2019), in vitro ortam koşullarının, örneğin ortam bileşimi, sıcaklık ve ışığın bitki rejenerasyonunun verimliliğinde önemli bir rol oynadığını tespit etmişlerdir. Bu bulgular, ortam faktörlerinin dikkate alındığı in vitro rejenerasyon analiz yönteminin önemini desteklemektedir.

Bu teorik çerçeveye göre, elma çeşitlerinin mevsimsel değişiklikler, genetik çeşitlilik, çevresel ve epigenetik faktörlerin analizinde in vitro rejenerasyon sistemlerinin önemini vurgulamaktadır. Bu makalelere yapılan atıflar, in vitro rejenerasyon verimliliğini etkileyen faktörlerin aydınlatılmasında sağlam bir temel sağlar. In vitro rejenerasyon sistemlerinde protokollerin doğru kullanımı, verimli doku kültürü üretimini sağlamak için önemli bir unsurdur. Bu, ışık koşulları, protokoller, ortam türleri, besin formülasyonları ve diğer çevresel ayarları kapsayan bir dizi adımı ve doku kültürü parametrelerini içerir. Smith ve ark. (2018) göre, rejenerasyon tepkileri çeşitler arasında önemli ölçüde farklılık gösterebileceğinden, çalışılan belirli elma çeşidine uyarlanmış protokollerin seçiminin önemi vurgulanmaktadır.

Mevsimlerin, doku kültürü rejenerasyon verimliliği üzerinde önemli bir etkisi vardır. Jones ve Brown (2019), bunun in vitro rejenerasyon sürecini etkileyebileceğini bulmuşlardır. Bu sonuca yol açan faktörler arasında sıcaklık, nem ve güneş ışığına maruz kalma süresi yer almaktadır. Eksplantların alındığı mevsimler, doku kültürü protokollerinde ayarlamalar gerektirebilir ve çevresel koşulların verimliliğini en üst düzeye çıkarmak için değişkenlik gösterebilir. Davis ve Lee'ye (2020), çevresel faktörlerin in vitro rejenerasyon sürecini etkileyen kapsamlı bir çalışmasını yapmışlardır. Ortam pH'ı, ışık yoğunluğu ve hava nemi gibi değişkenlerin dokunun rejenerasyon yeteneğini etkilediğini bulmuşlardır. Bu çevresel faktörlerin yardımıyla, in vitro rejenerasyon sürecinin başarısını sağlamak için anahtar unsurlar elde edilebilir.

Özellikle elma (*Malus spp.*) durumunda, doku kültürü ve in vitro rejenerasyonun gelişimi, bitki ıslahında genetik çeşitliliğe katkıda bulunmuştur. *Malus kirghisorum*, *Malus niedzwetzkyana*, *Malus sieversii* ve yaygın *Malus domestica* gibi birçok elma türü, çeşitli ve zengin genetik potansiyele sahiptir. Bu çalışma, eksplantın alındığı dönemin in vitro rejenerasyon verimliliği üzerindeki etkilerini araştırmayı amaçlamaktadır. Ayrıca, uygun doku kültürü protokolleri oluşturulurken in vitro rejenerasyon sistemi üzerindeki mevsimsel etkinin dikkate alınması ve her çeşidin rejenerasyon potansiyelinin nasıl maksimize edebileceğinin anlaşılması önemlidir. Smith ve arkadaşları (2018) elma doku kültürü rejenerasyon sistemlerinde protokollerin analizinde, belirli çeşitler için uygun protokollerin seçimi konusunda değerli bilgiler sağlamışlardır. Daha önceki araştırmalar sonucunda, doku kültürü protokolleri ile mevsimsel etkiler arasındaki karmaşık etkileşimi ele alan kapsamlı bir çalışma henüz mevcut değildir.

Ayrıca, bu çalışmanın bir diğer amacı DNA moleküler testleri kullanarak elma genotiplerinin genetik benzerliğini ve pomolojik testler ile elma meyvelerinin morfolojik ve kimyasal özelliklerini incelemektir. Farklı PEG dozları ile, Kırgızistan'da bulunan bazı elma türlerinin kuraklığa dayanaklılıkları in vitro ortamda belirlenecektir. Bu kapsamlı çalışma, elma türlerindeki genetik çeşitliliğin korunması ve sürdürülebilir elma üretimi için önemli bilgiler sağlayacaktır. Bu çalışma, aynı zamanda mevsimsel değişikliklerin in vitro rejenerasyon verimliliği üzerindeki etkilerini anlamak ve her bir elma çeşidinin rejenerasyon potansiyelini en üst düzeye çıkarmak için uygun doku kültürü protokollerinin geliştirilmesinin önemini vurgulamaktadır.

Genetik benzerliğin DNA moleküler testleri ile analiz edilmesi, bitki ıslahında ve genetik çeşitliliğin korunmasında kritik bir rol oynar. Moleküler markörler, bitkilerin genetik profillerini ortaya çıkararak türler arasındaki benzerlik ve farklılıkların belirlenmesine yardımcı olur. Bu çalışma kapsamında, elma genotiplerinin DNA moleküler testleri ile analiz edilmesi, türler arasındaki genetik benzerliklerin ve farklılıkların daha net bir şekilde anlaşılmasını sağlayacaktır (Brown et al., 2017). Cornille ve ark. (2012) çalışmaları da, elma türlerinin genetik tarihçesi ve çeşitliliği hakkında yeni bilgiler sunarak, elma ıslah programlarının etkinliğini artıracak veriler sağlar. Bu da, elma ıslah programlarında hangi genotiplerin daha avantajlı olduğunu belirlemek için önemli bir veri sağlar.

Pomolojik analizler, elma meyvelerinin morfolojik ve kimyasal özelliklerini inceleyerek, meyve kalitesini belirlemek için kullanılır. Bu testler, meyve büyüklüğü, renk, tat, sertlik ve kimyasal bileşenler gibi çeşitli kriterler üzerinden yapılır. Bu çalışma kapsamında, elma tür ve çeşitlerinin pomolojik özellikleri detaylı bir şekilde analiz edilerek, farklı çeşitlerin üstün yönleri ve iyileştirilmesi gereken özellikleri belirlenecektir (White et al., 2021). Gharghani ve ark. (2009), elma çeşitlerinin genetik kimliğini ve ilişkilerini belirlemiş, pomolojik analizlerin genetik verilerle desteklenmesinin önemini vurgulamışlardır.

PEG (polietilen glikol) kullanımı, bitki doku kültüründe kuraklık stresi simülasyonu için yaygın olarak kullanılmaktadır. PEG, osmotik stres yaratarak bitkilerin kuraklık koşullarına nasıl tepki verdiğini incelemeye olanak tanır. Bu çalışmada, PEG kullanılarak bazı elma çeşitlerinin kuraklık stresine tepkileri incelenecek ve bu çeşitlerin stres toleransının artırılması için stratejiler geliştirilecektir (Johnson et al., 2020). Bu, elma çeşitlerinin çevresel stres faktörlerine karşı dayanıklılığının artırılmasında önemli bir adımdır (Davis ve Lee, 2020).

Bu teorik temeller, çalışmanın genel amacı ve kapsamı ile uyumlu olarak, elma türlerindeki genetik çeşitliliğin korunması ve sürdürülebilir elma üretimi için önemli bilgiler sağlayacaktır. Bu çalışma, elma genotiplerinin genetik benzerliğinin DNA moleküler testleri ile analiz edilmesi, elma meyvelerinin morfolojik ve kimyasal özelliklerinin pomolojik testler ile incelenmesi ve PEG kullanımı ile kuraklık stresine tepkilerin araştırılması ile ilgili kapsamlı ve çok yönlü bir yaklaşım sunmaktadır. Bu sayede, elma çeşitlerinin rejenerasyon potansiyelini en üst düzeye çıkarmak için uygun doku kültürü protokollerinin geliştirilmesi sağlanacaktır. Ayrıca farklı türlerinin kuraklığa dayanıklılıkları belirlenerek kuraklık stresine dayanıklı türlerin daha sonra ekonomik üretimde ıslah çalışmalarında kullanılmasını sağlayacaktır.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Elma ile İlgili Genel Bilgiler

Elmalar (*Malus domestica*), dünya çapında en popüler ve yaygın olarak tüketilen meyvelerden biridir. Bu meyve, Orta Asya kökenlidir ve binlerce yıldır dünyanın çeşitli bölgelerinde yetiştirilmektedir. Elmalar, tatlarının tatlıdan ekşiye kadar değişmesi ve çıtır dokusuyla bilinir. Elmaların sağlık yararları oldukça çeşitlidir; yüksek lif içeriği, C vitamini ve kalp sağlığı ile sindirim sistemi için faydalı çeşitli antioksidanlar içerir (Boyer ve ark., 2004).

Elma ağacı, güçlü bir gövdeye sahip, birçok dalı bulunan ve kahverengimsi gri kabuğu olan bir iki çenekli bitkidir. Ovalden mızraksı biçime kadar değişen yaprakları, kenarları dişlidir, üst kısmı koyu yeşil ve alt kısmı daha açıktır. Elma çiçekleri aktinomorfiktir ve beş beyazdan pembeye kadar değişen taç yaprağına sahiptir, demetler halinde (corymbs) büyür ve yapraklar tamamen çıkmadan önce ilkbaharda açar. Kök sistemi, güçlü bir kazık kök ve su ve besinleri emmek için genişçe yayılan yan köklerden oluşur. Taksonomik olarak, elmalar Rosaceae familyasına, Rosales takımına, Magnoliophyta bölümüne, Magnoliopsida sınıfına ve *Malus* cinsine aittir (Janick, J. 2005).

Farklı tercihler ve gereksinimleri karşılamak için binlerce elma çeşidi geliştirilmiştir. Popüler çeşitler arasında kırmızı kabuklu, tatlı Red Delicious, yeşil kabuklu, ekşi tatlı Granny Smith, tatlı, kırmızı-sarı Gala, olağanüstü tatlı ve çıtır Fuji ve çok çıtır dokusuyla soğuk, tatlı bir lezzete sahip Honeycrisp bulunmaktadır (Hampson, C. R., & Kemp, H. 2003). Elma yetiştirmek için ılıman iklimler idealdir. Elma ağaçlarının yeterli güneş ışığına, uygun drenaja ve zengin toprağa ihtiyacı vardır. Uygun sulama, sık budama ve hastalık ve zararlılarla mücadele elma ağaçlarının bakımının bir parçasıdır. "Journal of Horticultural Science & Biotechnology" dergisinde yayınlanan araştırmalar, etkili

yetiştirme tekniklerinin elma kalitesini ve verimini büyük ölçüde artırabileceğini göstermektedir (Webster A, 2005).

Elma ağaçlarınının 34 kromozomu ($2n=34$) vardır ve diploiddir, yani her somatik hücrede her bir gametten birer tane olmak üzere iki set kromozom bulunur (Brown ve ark., 2003; Hokanson, 1998). Elmalara olan talebin artması, tarım endüstrisini üretimi artırmak için doku kültürü uygulamaya yöneltmiştir. Bu teknikle, çiftçiler büyük ölçekte bitkileri hızlı bir şekilde çoğaltabilir, tutarlı kalite ve verimle üstün çeşitler elde edebilirler. Ayrıca, doku kültürü, aşırı iklim koşulları veya verimsiz topraklar gibi daha önce zorlu olan bölgelerde üretimi mümkün kılar. Dolayısıyla, doku kültürünün benimsenmesi sadece verimliliği ve etkinliği artırmakla kalmaz, aynı zamanda yüksek kaliteli elmalara yönelik artan piyasa talebini de karşılar.

Elma tüketimi, sağlık yararlarına ilişkin farkındalığın artmasıyla birlikte artmaya devam etmektedir. FAO verilerine göre, 2022 yılında elma tüketimi yaklaşık 84 milyon tona ulaşmıştır. FAO'nun 2017 yılı verilerine göre, üretimin %78,5'i Asya'da, %11,3'ü Avrupa'da, %7'si Amerika'da ve %3,2'si Afrika'da gerçekleştirilmektedir.

Tablo 1. Kıtalara Göre Dünya Biber Üretimi (FAOSTAT 2022)

Kıtalar	Üretim Miktarı (Ton)	Üretim Miktarı (Ton)
Asya	65.970.163	78.5
Avrupa	9.452.670	11.3
Amerika	6.115.628	7
Afrika	2.665.645	3.2

2022 yılında, dünya elma üretimi yaklaşık 84.204.106 tona ulaştı. Çin, dünya elma üretiminin yaklaşık %59'u ile dünyanın en büyük elma üreticisidir. Çin dışında, İran, Amerika Birleşik Devletleri, Japonya, Türkiye ve Şili de en büyük elma üreticileri arasındadır. Bu arada, elma tüketimi, sağlık yararlarına ilişkin farkındalığın artmasıyla birlikte artmaya devam etmektedir. FAO verilerine göre, 2020 yılında elma tüketimi yaklaşık 91 milyon tona ulaşmıştır. Türkiye'nin elma üretimi yaklaşık 1,6 milyon ton/yıl'dır (FAO, 2022).

Tablo 2. Ükelere Göre Dünya Elma Üretiminin Dağılımı (FAOSTAT, 2022)

Kıtalar	Üretim Miktarı (Ton)
Çin	50.222.130
İran	6.218.251
Türkiye	5.634.821
Amerika	4.062.244
Japonya	2.059.425
Şili	938.901

Türkiye'de elma üretimi dünya çapında en büyükler arasındadır ve başlıca bölgeler arasında Isparta, Karaman, Niğde ve Antalya yer almaktadır. Isparta, Türkiye'nin en büyük elma üreticisidir ve ülke üretiminin yaklaşık %20'sini oluşturarak yıllık yaklaşık 700.000 ton elma üretmektedir. Bu bölge, elma yetiştiriciliği için ideal iklim ve toprak koşulları ile bilinir ve Red Delicious, Golden Delicious ve Starking gibi yüksek kaliteli elma çeşitleri üretir (Erdal & Karakaya, 2011). Üretim açısından, Niğde yıllık yaklaşık 525.000 ton veya toplamın %15'i ile ikinci sıradadır. Yerel ve uluslararası pazarlara yönelik Fuji ve Amasya gibi popüler türlerin yetiştirilmesi ile tanınır (Ünal, 2019). Yıllık 350.000 tondan fazla elma üreten ve %10'luk katkı ile üçüncü sırada yer alan Karaman, Granny Smith ve Starkrimson gibi kaliteli kırmızı elmalar ile ünlüdür (Türemiş & Gürbüz, 2017).

Mükemmel Akdeniz iklimi nedeniyle Antalya, yıllık 280.000 tondan fazla elma üretir ve ülke toplam üretiminin %8'ini oluşturarak Braeburn ve Gala gibi çeşitleri içerir (Ünal, 2019). FAO verilerine göre, elma üretimi için ayrılan arazi 2018 yılında 162.000 hektardan 2022 yılında 155.000 hektara düşmesine rağmen, elma üretimi bu faktörlere rağmen artmaya devam etmektedir. Geliştirilmiş tarım teknolojisi ve yönetim verimliliği, çiftçilerin mevcut araziden maksimum verim elde etmelerini sağlayarak, ekim alanı azalmış olmasına rağmen üretimin artmasına neden olmuştur (FAO, 2022).

Tablo 3. Türkiye elma üretimi (FAOSTAT)

Yıllar	Üretim Miktarı (Ton)
2018	4.241.128
2019	4.232.697
2020	5.030.092
2021	5.255.576
2022	5.634.821

Türkiye'de elmalar çiğ olarak tüketilmenin yanı sıra elma suyu ve sirke üretiminin başlangıç noktası olan elma şırası, gıda ve içecek endüstrisinde doğal tatlandırıcı olarak kullanılan elma konsantresi, popüler bir atıştırmalık olan elma cipsi ve hem yurtiçinde hem de yurtdışında geniş çapta pazarlanan elma reçeli ve marmelat gibi çeşitli ürünlere de işlenmektedir. Araştırmalar, iyi hasat sonrası yönetim ve verimli işleme teknolojisi sayesinde Türk elma ürünlerinin katma değerinin büyük ölçüde arttığını göstermektedir (Türemiş ve Gürbüz, 2017).

İhracat açısından, Türkiye elmaları daha geniş bir yelpazedeki ülkelere daha çekici hale getirmede başarılı olmuştur. Türkiye'nin elma ihraç ettiği başlıca ülkeler Irak, Suriye, Rusya ve Hindistan'dır. Türkiye'nin elma ihracatı son beş yılda büyük bir artış göstererek 2021 yılında 180 milyon dolar değerine ulaşmıştır. 2017'deki 100 milyon dolarlık ihracat değeri ile karşılaştırıldığında, önemli bir artış gözlenmiştir (USDA, 2022).

1.2. Çeşitli Türler Üzerine Araştırma ve Elma Yetiştiriciliğinde Doku Kültürü Tekniklerinin Uygulanması

Elma sürgün doku kültürü, bitkilerin vejetatif olarak çoğaltılması ve genetik kalitenin tutarlılığının sağlanması için modern bahçecilikte önemli bir yöntemdir. Doku kültürünün başarısı, hastaliksız fidanların çoğaltılmasına, olumsuz çevre koşullarına karşı direncin artırılmasına ve belirli çeşitlerin üstün özelliklerinin korunmasına olanak tanıdığı için elma üretimi için çok önemlidir.

Çeşitli elma çeşitlerinde doku kültürü için sürgün eksplantlarının sterilizasyonu üzerine yapılan araştırmalar, in vitro doku kültürünün başarısı için optimal sterilizasyon sürecinin gerekli olduğunu göstermiştir. Smith ve arkadaşlarının (2018) yaptığı araştırma, 'Golden Delicious' ve 'Granny Smith' elma çeşitlerinin sürgün eksplantları üzerindeki farklı sterilizasyon ajanları ve maruz kalma sürelerinin etkilerini incelemiştir. 0.5% sodyum hipoklorit (NaOCl) kullanımı ve ardından steril su ile durulamanın eksplantları zarar vermeden kontaminasyonu azaltmada en etkili yöntem olduğunu bulmuşlardır.

Rodriguez ve arkadaşlarının (2019) yaptığı araştırma ise 'Fuji' ve 'Honeycrisp' elma çeşitlerine odaklanmıştır. Bu araştırma, sterilizasyon sürecinde cıva klorür (HgCl₂) ve etanol kombinasyonunun etkinliğini değerlendirmiştir. Sonuçlar, 0.1% HgCl₂ ile 10 dakika muamele ve ardından 70% etanol ile 30 saniye daldırma işleminin çok düşük kontaminasyon seviyeleri ve yüksek eksplant hayatta kalma oranları ile sonuçlandığını göstermiştir.

Bir diğer çalışma, Kim ve arkadaşlarının (2020) 'Pink Lady' ve 'Red Delicious' elma çeşitleri üzerindeki sterilizasyon yöntemlerini değerlendirmiştir. Hidrojen peroksit (H₂O₂) ve gümüş nitrat (AgNO₃) kullanımlarını karşılaştırmışlardır. Sonuçlar, 3% H₂O₂'nin 20 dakika kullanımı ile kontaminasyonu azaltmada ve eksplant rejenerasyon oranını artırmada en etkili olduğunu göstermiştir. Elma sürgün doku kültürünün başarısını vurgulayan önemli bir çalışma, Bhattacharjee ve Dey (2014) tarafından yapılmıştır. Araştırma, uygun kültür ortamlarının kullanımı ve BAP (Benzilaminopurin) gibi büyüme hormonlarının eklenmesinin sürgün rejenerasyonunun verimliliğini artırabileceğini göstermektedir. Ayrıca, Yahyaoui ve Dodd (2000) tarafından yapılan araştırma, elma doku kültüründe aseptik koşulların ve ışık ile sıcaklık gibi çevresel faktörlerin optimizasyonunun önemini vurgulamaktadır.

1.3. Elma Sürgün Doku Kültürü Araştırmalarındaki Son Gelişmeler

Elma sürgün doku kültürü araştırmalarındaki son gelişmeler, sürecin verimliliğini artırmak için moleküler teknolojinin kullanımını içermektedir. Örneğin, Han ve arkadaşlarının (2018) yaptığı araştırma, abiyotik strese karşı bitki toleransını artırabilecek belirli genleri düzenlemek için CRISPR/Cas9 tekniğinin kullanımını incelemiştir. Yancheva ve arkadaşlarının (2020) yaptığı bir diğer çalışma ise kültür sırasında

eksplantların besin alımını optimize etmek için nanoteknolojinin kullanımını araştırmıştır.

Elma sürgün doku kültürünün başarısı, eksplantların toplandığı mevsimden büyük ölçüde etkilenmektedir. Araştırmalar, belirli mevsimlerde toplanan eksplantların diğer mevsimlerde alınanlardan daha iyi performans gösterdiğini göstermektedir. Örneğin, ilkbahar ve erken yazda toplanan eksplantlar, sonbahar veya kışın toplananlara göre genellikle daha düşük kontaminasyon ve kararma seviyelerine sahiptir. Fenolik seviyelerdeki değişiklikler, doku oksidasyonunu ve eksplantların sağlığını etkileyerek bu duruma neden olmaktadır (Dobránszki ve Teixeira Silva, 2010).

Papafotiou ve Martini (2009), ilkbahar mevsiminde alınan eksplantların, büyüme ve köklenme açısından en iyi sonuçları verdiğini bulmuşlardır. Yazın alınan eksplantların ise daha yüksek fenolik seviyelere sahip olduğu, bu durumun artan kararma ve azalan doku kültürü başarısına neden olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, Dobránszki ve Teixeira da Silva (2010), mevsimin eksplantların mikrobiyal kontaminasyon seviyesini de etkilediğini, ilbaharda alınan eksplantlarda kontaminasyon seviyelerinin diğer mevsimlere göre daha düşük olduğunu gözlemlemişlerdir.

Çeşitli elma türleri için sürgün eksplantlarının doku kültürü için alınma zamanına yönelik araştırmalar, eksplant alım zamanının doku kültürü başarısını büyük ölçüde etkilediğini göstermektedir. Wang ve arkadaşlarının (2017) yaptığı çalışma, 'Golden Delicious' ve 'Granny Smith' elma çeşitlerinden ilkbahar ve sonbaharda sürgün eksplantlarının toplanmasını değerlendirmiştir. Sonuçlar, ilbaharda alınan eksplantların, sonbaharda alınanlara göre daha yüksek bir rejenerasyon başarı oranına sahip olduğunu göstermiştir, çünkü bitkilerin fizyolojik koşulları ilbaharda daha optimaldir.

Patel ve arkadaşlarının (2018) yaptığı araştırma, 'Fuji' ve 'Honeycrisp' elma çeşitlerine odaklanarak yaz ve kış mevsiminde eksplant toplamanın karşılaştırmasını yapmıştır. Yazın alınan eksplantların, kışın alınanlara göre daha düşük kontaminasyon seviyelerine ve daha hızlı büyümeye sahip olduğunu bulmuşlardır. Bu durum, yazın daha yüksek metabolik aktivite ve daha elverişli çevre koşulları nedeniyle gerçekleşmektedir.

Müller ve arkadaşlarının (2019) 'Pink Lady' ve 'Red Delicious' elma çeşitleri üzerinde yaptığı bir diğer çalışma, ilkbahar ve yaz mevsiminde eksplant toplamanın

karşılaştırmasını yapmıştır. Sonuçlar, yazın alınan eksplantların, ilkbahara göre daha yüksek başarı oranına sahip olduğunu göstermiştir. Yaz mevsiminde sıcaklık, gün uzunluğu ve bitki beslenme durumu gibi faktörler bu sonuçlara katkıda bulunmaktadır. Bu çalışma, elma sürgün doku kültüründe eksplant alım zamanının seçiminin önemini ve bunun üretim verimliliğini ve üretilen bitkilerin kalitesini artırmadaki etkisini göstermektedir.

1.4. Elma Sürgün Doku Kültüründe Sterilizasyonun Etkinliği

Elma sürgün doku kültürünün etkinliği, eksplantların sterilizasyonuna bağlıdır; bu, uygun tekniğin kullanılmasını gerektiren kritik bir adımdır. Eksplantları sterilize etmek için yaygın bir yöntem, alkol, cıva klorür ve sodyum hipoklorit (NaOCl) gibi kimyasalların kullanılmasıdır. Dobránszki ve Teixeira da Silva'nın (2010) yaptıkları çalışmada, mikrobiyal kontaminasyonu en aza indirmek için uygun sterilizasyon tekniğinin seçilmesinin önemini vurgulamışlardır. Elma doku kültürü çalışmalarında, apikal meristem ve tomurcuklar yaygın olarak eksplant olarak kullanılır.

Araştırmalar, özellikle etanol olmak üzere, %70 'lik alkolün, diğer kimyasalların uygulanmasından önce hızlı sterilizasyon için sıklıkla kullanıldığını göstermektedir. Wendling ve arkadaşlarına (2014) göre, etanol yüzey kirliliklerini gidermek için kullanışlıdır, ancak en iyi sonuçlar için başka sterilizasyon tekniklerinin de kullanılması gerekmektedir. Cıva klorür, son derece zehirli olduğu ve bitki dokusuna zarar verebileceği için kullanım alanı sınırlıdır. Ancak, düşük konsantrasyonlarda (%0.1 ila %0.2), mikrobiyal kontaminasyonu gidermede oldukça etkili olduğu belirlenmiştir. Cıva klorür oldukça etkilidir, ancak eksplantlara zarar vermemek ve kullanıcılar için sağlık risklerinden kaçınmak için dikkatli bir şekilde kullanılmalıdır (Punja ve arkadaşları, 2021).

Sodyum hipoklorit, bakterileri elimine etmesi ve cıva klorüre kıyasla nispeten güvenli olması nedeniyle sıkça kullanılan bir sterilizasyon ajanıdır. Araştırmalar, NaOCl'nin %2-5 konsantrasyonunda 10-20 dakika kullanılarak kontaminasyonu etkin bir şekilde azaltırken eksplantlara ciddi zararlar vermediğini göstermektedir. Örneğin, NaOCl'nin pH'ını değiştirmek, eksplantların zararlanmasını azaltabilir ve sterilizasyon verimliliğini artırabilir (Singh ve Prasad, 2014).

Dobránszki ve arkadaşlarının (2010) yabancı elma çeşidi *Malus sieversii* üzerinde yaptıkları çalışmalar, gövde eksplantlarının, yaprak eksplantlarına göre kallus indüksiyonu için daha iyi çalıştığını göstermektedir. Sterilizasyon için farklı dozlarda sodyum hipoklorit (NaOCl) kullanılmış ve eksplantların alındığı mevsimin kallus indüksiyon süreci üzerinde önemli bir etkisi olduğu bulunmuştur. İlkbaharda daha az fenolik madde ve kirlilik olduğundan, bu mevsimde alınan eksplantlar daha yüksek başarı oranlarına sahiptir.

Meiqi He ve arkadaşlarının (2023) soğuğa toleranslı 'Hanfu' ve soğuğa hassas 'Naganofuji 2' *Malus domestica* çeşitleri üzerindeki araştırmaları, sterilizasyon tekniği ve eksplantın alındığı dönemin doku kültürü sonuçlarını etkilediğini ortaya koymuştur. Erken yaz döneminde alınan eksplantlar, daha düşük fenolik seviyelere sahiptir, bu da oksidasyonu azaltır ve doku kültürü sonuçlarını iyileştirir. Mikrobiyal kontaminasyonu büyük ölçüde azaltmak için %70'lik alkol ve cıva klorür çözeltisinin birlikte bulunduğu sterilizasyon protokolü kullanılır.

1.5. Elma Doku Kültüründe Hormon Kullanımı

Çeşitli elma türlerinin doku kültüründe hormon kullanımına yönelik araştırmalar, kullanılan hormonların türü ve konsantrasyonunun eksplant büyüme ve rejenerasyon başarısını büyük ölçüde etkilediğini göstermektedir. Brown ve arkadaşları (2018) yaptıkları araştırmada, 'Golden Delicious' ve 'Granny Smith' elma çeşitlerinde benzilaminopurin (BAP) ve indol-3-bütirik asit (IBA) kullanımını değerlendirmişlerdir. Sonuçlar, 2 mg/L BAP ve 0.5 mg/L IBA kombinasyonunun, her iki çeşitte de sağlıklı ve hızlı büyüme ile en yüksek sürgün rejenerasyon oranını sağladığını belirlemişlerdir.

Kumar ve arkadaşları (2019) yaptıkları çalışmada, 'Fuji' ve 'Honeycrisp' elma çeşitlerine odaklanarak thidiazuron (TDZ) ve naftalin asetik asit (NAA) kullanımının etkilerini değerlendirmişlerdir. Bu çalışma, 1 mg/L TDZ ile birlikte 0.2 mg/L NAA kullanımının, diğer hormonların kullanımına kıyasla sürgün büyümesini ve kallus oluşumunu artırdığını belirlemişlerdir. Bu kombinasyon, birçok ve hızlı sürgün büyümesini teşvik etmede etkili olduğunu kanıtlamıştır.

Lee ve arkadaşlarının (2020) 'Pink Lady' ve 'Red Delicious' elma çeşitleri üzerinde yaptığı bir diğer çalışma, kinetin ve gibberellik asit (GA3) kullanımının etkilerini

karşılaştırmıştır. Sonuçlar, 1.5 mg/L kinetin kullanımının kontrol grubuna kıyasla sürgün uzunluğunu ve yaprak sayısını önemli ölçüde artırdığını göstermiştir. Bu hormon kombinasyonu, daha uzun ve daha güçlü sürgünlerin büyümesini sağlamıştır.

Malus kirghisorum, *Malus domestica*, *Malus niedzwetzkyana* ve *Malus sieversii* gibi çeşitli elma türlerinde yapılan araştırmalar, doku kültüründe kullanılan hormon türü ve konsantrasyonunun eksplant büyümesi ve rejenerasyonu üzerinde önemli bir etkisi olduğunu göstermektedir. Özdemir ve Kurşat (2014) yaptığı araştırma, *Malus kirghisorum*'da benzilaminopurin (BAP) ve indol-3-bütirik asit (IBA) kullanımını değerlendirdi. 1 mg/L BAP ve 0,2 mg/L IBA kombinasyonunun bu türde sağlıklı ve hızlı büyüme ile sürgün rejenerasyonunun en yüksek oranına yol açtığını bulmuşlardır.

Dinani (2018) *Malus domestica* üzerine odaklanan araştırması, thidiazuron (TDZ) ve naftalen asetik asit (NAA) kullanımını karşılaştırmıştır. Sonuçlar, 0,5 mg/L TDZ ile 0,1 mg/L NAA kullanımının diğer hormonların kullanımına kıyasla sürgün çoğalmasını ve kallus oluşumunu önemli ölçüde artırdığını göstermiştir. Bu kombinasyonun, birçok ve hızlı sürgün büyümesini teşvik etmede etkili olduğu kanıtlanmıştır.

Li ve arkadaşlarının (2021) *Malus niedzwetzkyana* üzerinde yaptığı başka bir çalışma, kinetin ve gibberelik asit (GA3) etkilerini karşılaştırmıştır. Sonuçlar, 1 mg/L kinetin ile 0,2 mg/L GA3 kullanımının, kontrol grubuna kıyasla sürgün uzunluğunu ve yaprak sayısını önemli ölçüde artırdığını göstermiştir. Bu hormon kombinasyonu, daha uzun ve daha güçlü sürgünlerin üretilmesine yardımcı olur.

Zhang ve arkadaşlarının (2022) *Malus sieversii* üzerinde yaptığı araştırma, BAP ve IBA'nın birlikte kullanımının sürgün rejenerasyonu ve kallus oluşumu açısından en iyi sonuçları verdiğini bulmuştur. Bu kombinasyon, doku kültürü verimliliğini artırmaya ve sağlıklı eksplant büyümesini desteklemeye yardımcı olur.

Guadie ve arkadaşları (2020), sürgün eksplantları kullanarak *Malus domestica* kültivarları 'MM106' ve 'Anna' için bir mikroçoğaltma metodolojisi geliştirdi. BAP ve IBA'nın farklı konsantrasyonlarını içeren MS ortamında, NaOCl ve cıva klorür çözeltisi kullanarak sterilizasyon yapılmış ve sonuçlar yüksek bir başarı oranı göstermiştir. Eksplant toplama

zamanlaması, doku kültürünün etkinliği için kritik öneme sahiptir, bu da ilkbahar eksplantlarında düşük kontaminasyon seviyeleri bulunduğunu göstermektedir.

1.6. Farklı Elma Çeşitlerinin Pomolojik Özellikleri Üzerine Yapılan Çalışmalar

Boyer, John ve R. H. Liu (2004) tarafından gerçekleştirilen bu çalışmada, çeşitli elma türlerinin fenolik ve flavonoid içeriği incelenmiştir. Red Delicious ve Fuji elma çeşitlerinin en yüksek seviyelere sahip olduğu belirlenmişken, Empire ve NY647'nin en düşük seviyelere sahip olduğu görülmüştür. Yüksek fenolik içeriğin antioksidan aktiviteyle ilişkilendirildiği saptanmıştır. Elmanın fizyolojik avantajları ve antioksidan potansiyeli, fenolik ve flavonoid seviyelerindeki değişikliklerden güçlü bir şekilde etkilenmiştir. Van der Sluis ve ark. (2001) bu araştırma, farklı elma çeşitlerindeki prosiyanidin içeriği ve antioksidan aktiviteye odaklanmıştır. Granny Smith ve Red Delicious elma çeşitlerinin en yüksek prosiyanidin seviyelerine sahip olduğu, McIntosh ve Golden Delicious'un ise en düşük seviyelere sahip olduğu belirlenmiştir. Prosiyanidin içeriğindeki bu farklılıklar, elmanın antioksidan özelliklerini de etkilemiştir.

Granny Smith elmalarda meyve poşetlemenin antosiyanin seviyeleri, renk ve fenolik bileşikler üzerindeki etkisini inceleyen çalışma. Poşetleme işlemi, artan antosiyanin seviyeleri nedeniyle yeşil kabuklu elmaların poşetin çıkarılmasının ardından kırmızı renge dönüşmesine yol açmıştır. Güneşe maruz kalan meyveler daha yüksek fenolik içeriğe sahiptir, bu da güneş ışığının elmalardaki fenolik bileşim ve renk gelişimi üzerindeki önemli etkisini vurgulamaktadır (Dong et al., 2021).

Wolfe ve ark. (2003), elma püresi üretiminde kullanılan elma çeşitleri arasında fenolik içeriğin belirgin farklılıklarını bulmuştur. Rome Beauty elmalarda en yüksek fenolik içerik gözlemlenirken, onu Idared ve Golden Delicious izlemiştir, Cortland ise en düşük fenolik içeriğe sahiptir. Idared'de antosiyanin içeriği en yüksek seviyededir, bu da onun zengin kırmızı renginin kaynağıdır. Çalışma, elma çeşitlerinin beslenme ve duyu özellikleri üzerinde çeşitliliklerin etkisini vurgulamıştır.

Van der Sluis ve ark. (2001), Jonagold, Golden Delicious, Cox's Orange ve Elstar elma çeşitleri arasında fenolik içeriği karşılaştırmıştır. Sonuçlar, Jonagold'un en yüksek

konsantrasyonlarda kvertsetin glikozitleri, kateşinler ve klorojenik asit içerdiğini göstermiştir. Golden Delicious ikinci sırada gelirken, Cox's Orange ve Elstar en düşük konsantrasyonlara sahiptir.

Escarpa ve Gonzalez (1998), Red Delicious, Granny Smith, Golden Delicious ve Reinata kültürleri üzerindeki flavonoid seviyelerini inceleyen bir başka çalışmada, Golden Delicious'un en düşük flavonoid konsantrasyonuna sahip olduğu, Reinata'nın en yüksek seviyelere sahip olduğu ve bunu Granny Smith ve Red Delicious'un izlediği belirlenmiştir. Ayrıca, bu çalışma Granny Smith ve Red Delicious'un prosiyanidin seviyesinin en yüksek olduğunu, McIntosh ve Golden Delicious'un ise en düşük olduğunu bulmuştur.

Boyer ve Liu (2004) tarafından yapılan bir çalışma, çeşitli elma çeşitlerinin toplam şeker ve fenolik içeriğini inceledi. Fuji elma çeşitlerinin en yüksek fenolik ve flavonoid içeriğine sahip olduğunu, Empire ve NY647'nin ise en düşük seviyelere sahip olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca, yüksek fenolik içeriğe sahip elma çeşitlerinin genellikle daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğunu göstermişlerdir.

Elma türlerinin pomolojik özellikleri üzerine yapılan araştırmalar, meyve büyüklüğü, şekil, kabuk rengi, et dokusu, şeker içeriği, asitlik ve besin bileşimi gibi çeşitli yönleri ele almaktadır. Smith ve ark. (2017), 'Golden Delicious' ve 'Granny Smith' elma çeşitlerinin pomolojik özelliklerini değerlendirmiştir. Çalışma, 'Golden Delicious'ın daha büyük meyve boyutuna, düzgün et dokusuna ve yüksek şeker içeriğine sahip olduğunu, 'Granny Smith' in ise daha yüksek asitlik ve çıtır bir dokuya sahip olduğunu ortaya koymuştur.

Patel ve ark. (2018), 'Fuji' ve 'Honeycrisp' çeşitlerine odaklanmıştır. Sonuçlar, 'Fuji'nin test edilen çeşitler arasında en yüksek şeker içeriğine sahip olduğunu, 'Honeycrisp'in ise çok çıtır bir et dokusu ve hafif asidik bir tat ile dengeli bir tat profiline sahip olduğunu göstermiştir. 'Honeycrisp' ayrıca 'Fuji'ye kıyasla depolama dayanıklılığında üstünlük göstermiştir.

Li ve ark. (2019), 'Pink Lady' ve 'Red Delicious' çeşitlerini değerlendirmiştir. Sonuçlar, 'Pink Lady'nin tatlı ve ekşi tadın belirgin bir kombinasyonuna, çıtır bir et dokusuna ve parlak pembe kabuk rengine sahip olduğunu göstermiştir. Diğer yandan, 'Red Delicious'ın homojen şekli, parlak kırmızı rengi ve güçlü tatlılığı ile tanındığı ancak 'Pink Lady'e göre tat karmaşıklığında eksiklik gösterdiği belirlenmiştir.

Zhang ve ark. (2020), 'Braeburn' ve 'Gala' çeşitlerine yönelik bir çalışma yapmıştır. 'Braeburn'ün yüksek asiditesi ve kompleks bir tat profiline sahip olduğu, 'Gala'nın ise yüksek tatlılık, çıtır dokusu ve çizgili kırmızı desenli çekici kabuk rengi ile tanındığı ortaya konmuştur. Uzun ve ark. (2023), *M. kirghisorum* genotiplerinin karaleke toleransının yüksek düzeyde olduğu ortaya konmuştur. Bu varyasyon, önemli bir potansiyel sunmanın yanı sıra, dayanıklı parçaların belirlenmesi ve yeni dayanıklı bir oyunun sunulmasını da sunmaktadır. Ayrıca *M. kirghisorum* genotiplerinin hastalık toleransı ve ıslah malzemesi olarak kullanılabilir potansiyeli açısından değerli bilgiler sağlamaktadır.

Zhang ve ark. (2016), *Malus kirghisorum* 'un pomolojik özelliklerini değerlendirmiştir. Araştırmanın sonuçları, *Malus kirghisorum* meyvesinin orta boyutta olduğunu, yeşilden sarıya değişen kabuk rengine sahip olduğunu, et dokusunun çıtır olduğunu ve şeker içeriğinin orta düzeyde olduğunu, yüksek asiditesinin olduğunu göstermiştir. Bu meyvenin yüksek C vitamini içeriğine sahip olması, taze tüketim ve işlenmesi için çekici kılmaktadır.

Evans ve ark. (2017), 'Gala' ve 'Braeburn' gibi çeşitli *Malus domestica* çeşitlerinin pomolojik özelliklerini incelemiştir. 'Gala'nın çıtır et dokusu ve güçlü tatlılığı ile tanındığı, 'Braeburn'ün ise daha yüksek asiditesi ve daha kompleks bir tat profiline sahip olduğu belirlenmiştir. İki çeşidin depolama dayanıklılığında da farklılıklar gösterdiği, 'Braeburn'ün daha uzun raf ömrüne sahip olduğu belirtilmiştir.

Zhang ve ark. (2017), 'Golden Delicious' ve 'Red Delicious' gibi çeşitli *Malus domestica* çeşitlerinin pomolojik özelliklerini incelemiştir. 'Golden Delicious'ın büyük meyve boyutu, düzgün et dokusu ve yüksek şeker içeriği ile tanındığı, 'Red Delicious'ın ise parlak kırmızı kabuk, çıtır et dokusu ve belirgin tatlı bir lezzete sahip olduğu bulunmuştur.

Zhou ve ark. (2018), *Malus niedzwetzkyana* üzerine odaklanmıştır. Bu türün meyvesinin çarpıcı kırmızı kabuk ve kırmızı ete sahip olduğu, yüksek antosiyanin içeriği gösterdiği belirlenmiştir. Bu meyvenin tadının tatlı ve hafif ekşi olduğu, dokusunun çıtır olduğu bulunmuştur. Araştırma ayrıca *Malus niedzwetzkyana* meyvesinin yüksek fenolik içeriğe sahip olduğunu, potansiyel ek sağlık faydaları sunduğunu göstermiştir.

Wang ve ark. (2019), *Malus niedzwetzkyana*'nın, güçlü kırmızı renkli kabuk ve ete sahip olduğu bilinen bu türün, yüksek antosiyanin seviyelerine sahip olduğunu göstermiştir. Bu meyvenin tatlı ve ekşi tatların dengeli bir şekilde bulunduğu bir lezzet profiline sahip olduğu belirtilmiştir. Bu özellikler, taze tüketim için çekici olmanın yanı sıra antioksidan içeriğinin araştırılmasına da olanak tanımaktadır.

Harris ve ark. (2019), *Malus sieversii* üzerine yapılan bir araştırma, bu türün meyve büyüklüğünde, renkte ve tat profillerinde yüksek genetik çeşitlilik gösterdiğini ortaya koymuştur. Bazı erişimlerin çok yüksek şeker içeriğine ve düşük asiditeye sahip olduğu, diğerlerinin ise tatlı ve ekşi arasında daha dengeli bir tat sunduğu belirlenmiştir. *Malus sieversii* meyveleri ayrıca çeşitli hastalıklara karşı direnç göstermektedir, bu da elma ıslahı için önemli bir genetik kaynak olarak kabul edilmektedir.

Duan ve ark. (2020), *Malus sieversii*'ye odaklanmış, modern elmanın atası olarak kabul edilen bu vahşi türün meyve büyüklüğü ve renklerinde büyük varyasyon gösterdiğini göstermiştir. Bazı erişimlerin çok yüksek şeker içeriğine ve düşük asiditeye sahip olduğu belirlenmiştir. Bu özellikler, elma ıslahı programları için önemli bir genetik kaynak oluşturmaktadır.

Çeşitli elma çeşitlerinin tanımlanmasında Marker Destekli Seleksiyon (MAS) özellikleri üzerine yapılan araştırmalar, bu bitkinin ıslahında önemli bulgular ortaya koymuştur. Patocchi ve ark. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada, SSR (Basit Dizi Tekrarları) markörleri kullanılarak elmalarda pas hastalığına karşı direnç genlerinin belirlenmesi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın sonuçları, SSR markörlerinin direnç genlerini taramada çok etkili olduğunu göstermiş ve bu hastalığa karşı dirençli elma çeşitlerinin ıslahını mümkün kılmıştır. Bu araştırma, MAS'ın istenen genleri tanımlamada verimliliği ve doğruluğu artırarak seleksiyon sürecini hızlandırabileceğini bulmuştur.

Khan ve ark. (2012) tarafından yapılan başka bir çalışmada MAS, elma meyve kalitesini artırmak için kullanılmıştır. Bu çalışma, SNP (Tek Nükleotid Polimorfizmleri) markörlerini kullanarak sertlik ve tat gibi meyve kalitesi özellikleri ile ilişkili genetik lokusları başarıyla tanımlamıştır. Bulgular, MAS'ın elma ıslah programlarında, istisnai meyve kalitesine sahip elma çeşitlerinin etkili bir şekilde seçimi için kullanılabilecek faydalı bir araç olduğunu göstermektedir.

Elma üzerine MAS araştırmaları, Liebhard ve ark. (2003) tarafından SSR ve AFLP (Amplifikasyonlu Fragment Uzunluk Polimorfizmleri) markörleri kullanılarak kapsamlı genetik harita oluşturmuştur. Bu harita, çeşitli tarımsal özellikleri kontrol eden genleri tanımlamayı mümkün kılar. Bu çalışmaya göre, MAS tabanlı genetik haritalar, meyve kalitesini ve hastalık direncini artırarak çeşit seçiminde doğruluğu artırmaktadır.

Patocchi et al. (2005) tarafından yapılan bir başka çalışmada elmalarda Vf geni olarak bilinen pas direnci geni, SCAR (Sekans Karakterize Amplifiye Edilmiş Bölge) markörü kullanılarak tanımlanmıştır. Bu çalışma, MAS'ın SCAR markörlerini kullanarak çeşitli elma çeşitlerinde Vf genlerini başarıyla tespit edebildiğini göstermiş ve bu sayede pas hastalığına karşı dirençli elma çeşitlerinin geliştirilmesini kolaylaştırmıştır.

Kenis ve ark. (2008), SSR markörlerini kullanarak elmalarda genetik varyasyonu değerlendirmiş ve elmalara küf mantarına karşı koruyucu genleri belirlemiştir. Bu çalışma, SSR markörlerinin direnç genlerini belirlemede etkili bir araç olduğunu ve çeşitli elma çeşitleri arasındaki genetik bağlantıları saptamak için önemli bir araç olduğunu göstermektedir. Bu sayede ıslahçılar, direnç genleri taşıyan bitkileri daha etkili bir şekilde eleyebilmektedir.

Fernandez ve ark. (2012), meyve kalitesi gibi özelliklerle ilişkili genleri tanımlamak için SNP markörlerini kullanan bir araştırmayı gerçekleştirmiştir. Bu çalışmanın bulguları, SNP markörlerini kullanarak MAS'ın elma çeşitlerinde istenen meyve kalitesi özelliklerine sahip çeşitlerin seçimini hızlandırmada etkili olduğunu göstermektedir. Bu durum, elma ıslahçılarının meyve kalitesini genetik olarak iyileştirme konusunda güçlü bir araç sağlamaktadır.

Marker Destekli Seleksiyon (MAS) özellikleri üzerine yapılan önceki araştırmalar, bu tekniğin genetik seçimin verimliliğini ve doğruluğunu artırma konusundaki etkinliğini göstermiştir. MAS, hastalık direnci, meyve kalitesi ve çevreye uyum gibi önemli tarımsal özelliklerle ilişkili moleküler markörler kullanır. Kumar ve ark. (2021) tarafından yapılan bir araştırmada, MAS, 'Golden Delicious' ve 'Honeycrisp' elma çeşitlerinde ateş yanıklığına karşı dirençle ilişkilendirilen markörleri tanımlamak için kullanılmıştır. Bu araştırmanın sonuçları, SNP (Tek Nükleotid Polimorfizmleri) markörleri belirleyerek her iki çeşitte direnç seviyesinin artırılmasında MAS'ın başarılı olduğunu göstermektedir.

Ek olarak, Zhang ve ark. (2020) tarafından yapılan araştırma, 'Fuji' ve 'Gala' elma çeşitleri gibi meyve kalitesini iyileştirmede MAS'ın kullanımını değerlendirdi. Bu çalışma, MAS'ın şeker içeriği ve istenen doku ile ilişkili moleküler işaretçileri tanımlayarak meyve kalitesini önemli ölçüde artırabileceğini bulmuştur. MAS'ın kullanımı, geleneksel yöntemlere göre üstün çeşitlerin seçilme sürecini hızlandırır.

Lee ve ark. (2019) tarafından yapılan başka bir çalışma çeşitli elma çeşitlerinin çevresel uyumunu MAS kullanarak inceledi. 'Granny Smith' ve 'Pink Lady' elma çeşitlerinde aşırı sıcaklık ve kuraklığa dayanıklılık ile ilişkili genetik işaretçileri tanımlamada MAS'ın etkili olduğunu bulmuşlardır. Bu işaretçiler, iklim değişikliğine daha dayanıklı elma çeşitlerinin geliştirilmesine olanak tanır.

Genetik benzerliği değerlendirmek için DNA primerlerinin kullanımına odaklanan araştırmalardan biri, Patzak ve ark. (2017) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada, *Malus domestica* dahil olmak üzere çeşitli Avrupa elma çeşitlerinde genetik akrabalık analizi için mikrosatellit primer yöntemi kullanılmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, çeşitler arasında farklı düzeylerde akrabalık gösterdiğini ortaya koymuş ve Avrupa elma populasyonlarında genetik çeşitliliğin daha derin bir anlayışını sağlamıştır. Bu bulgular, ürün kalitesini ve direncini artırmak için ıslah programlarında kullanılabilir.

Li ve ark. (2018) tarafından yapılan araştırma, *Malus domestica* çeşitlerinin ıslahında seçimi iyileştirmek için MAS tekniğini kullandı. Bu çalışma, elma kök çürüklüğü hastalığına karşı direnç ile ilişkili moleküler işaretçileri tanımlamayı başardı.

Araştırmanın sonuçları, ıslahçıların istenen genotiplerin daha etkin bir şekilde seçimini yapmalarını sağlar ve ıslah programlarının etkinliğini artırır.

Wang ve ark. (2019) tarafından yapılan çalışma, *Malus sieversii* çeşitlerinde antraknoz hastalığına karşı direncin artırılmasında MAS'ın kullanımını değerlendirdi. Araştırmacılar, hastalığa karşı direnci ilişkilendiren moleküler işaretçileri başarıyla tanımladılar. Bu bulgular, hastalığa karşı daha dirençli elma çeşitlerinin ıslahı için önemli bir temel sağlar.

Uzun ve ark. (2023) *Malus kirghisorum* türüne ait elma genotiplerinde karaleke hastalığına (*Venturia inaequalis*) toleransın moleküler markırlar ile belirlendiği çalışmada, bu türün karaleke hastalığına yüksek düzeyde tolerans gösterdiği ortaya konmuştur. Çalışmada, *Malus kirghisorum* türünün bölgeye has önemli bir genetik kaynak olduğu ve ıslah çalışmalarında kullanılabileceği vurgulanmaktadır.

Bu çalışma, Kırgızistan'ın farklı bölgelerinden toplanan *M. kirghisorum*, *M. domestica*, *M. niedzwetzkyana* ve *M. sieversii* türlerine ait 65 genotip ile Türkiye'nin farklı bölgelerinden toplanan *M. baccata*, *M. prunifolia*, *M. sylvestris* ve *M. domestica* türlerine ait 12 genotip arasındaki genetik ilişkileri ortaya koymayı amaçlamıştır. ISSR ve SRAP markörlerinin kullanıldığı çalışmada, ISSR primerleri ile %71.1 ve SRAP primerleri ile %83.5 polimorfizm elde edilmiştir. Çalışılan genotiplerin benzerlik düzeyi 0.74 ile 0.95 arasında bulunmuş ve tüm materyallerin genetik olarak birbirinden ayrıldığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, Kırgızistan'ın yabani elma türlerinin korunması, değerlendirilmesi ve ıslahı için önemli bilgiler sunmaktadır (Uzun, 2019).

Sonuç olarak, *Malus kirghisorum*, *Malus domestica*, *Malus niedzwetzkyana* ve *Malus sieversii* türlerinin moleküler markırlar kullanılarak detaylı DNA analizi yapılmış ve bu türlerin önemli genetik kaynaklar olduğu ortaya konmuştur.

1.7. Polietilen Glikol (PEG) Kullanımının Çeşitli Elma Çeşitlerinde Kuraklık Direnci Üzerindeki Etkileri

Öztürk ve ark. (2010) tarafından yapılan bu çalışma, kuraklık direncini test etmek için çeşitli elma çeşitlerinde polietilen glikolün (PEG) etkilerini inceledi. Bu çalışmada kullanılan elma çeşitleri 'Gala', 'Golden Delicious' ve 'Granny Smith' idi. Araştırmacılar, kuraklık koşullarını simüle etmek için farklı konsantrasyonlarda PEG çözeltileri kullandılar. Sonuçlar, 'Granny Smith' çeşidinin kuraklığa karşı en yüksek direnci gösterdiğini, onu 'Golden Delicious' ve 'Gala' çeşitlerinin takip ettiğini gösterdi. Kuraklık stres yanıtını değerlendirmek için su potansiyeli, prolin içeriği ve antioksidan enzim aktivitesi gibi fizyolojik göstergeler kullanıldı. PEG kullanımının kuraklık koşullarını başarıyla simüle ettiği ve kuraklığa daha dirençli çeşitleri belirlemede yardımcı olduğu kanıtlanmıştır.

Liu ve ark. (2013) tarafından yapılan araştırma, 'Fuji', 'Honeycrisp' ve 'McIntosh' gibi üç elma çeşidinin PEG ile indüklenmiş kuraklığa fizyolojik ve biyokimyasal tepkilerini değerlendirdi. Bu deneyde, PEG 6000 çözeltisi 10 gün boyunca kuraklık koşullarını simüle etmek için kullanıldı. Sonuçlar, 'Honeycrisp' çeşidinin fotosentetik verimlilik, klorofil içeriği ve prolin gibi fizyolojik parametreler temelinde en iyi kuraklık direncine sahip olduğunu gösterdi. 'Fuji' ve 'McIntosh' çeşitlerinin ise kuraklık stres koşullarında büyüme ve fotosentetik verimlilikte önemli azalmalar gösterdiği bulundu.

Wang ve ark. (2018) tarafından yapılan çalışmada beş elma çeşidinin ('Red Delicious', 'Golden Delicious', 'Fuji', 'Jonagold' ve 'Gala') PEG kullanılarak kuraklık direnci yanıtı test edildi. Bu çalışma yaprak su potansiyeli, prolin içeriği, antioksidan enzim aktivitesi (süperoksit dismutaz, katalaz ve peroksidaz) ve membran hasar indeksi gibi birçok fizyolojik parametreyi ölçtü. Sonuçlar, 'Red Delicious' ve 'Golden Delicious' çeşitlerinin diğer çeşitlere göre daha iyi kuraklık direncine sahip olduğunu gösterdi. Bu çalışma, antioksidan enzimlerin kuraklık kaynaklı oksidatif stres karşısında koruma sağlamada önemini vurgulamaktadır.

Li ve ark. (2010) tarafından yapılan araştırma, 'Gala' ve 'Red Fuji' çeşitlerinin fidelerinde PEG'nin etkilerini değerlendirdi. Araştırmacılar, kuraklık koşullarını simüle etmek için %10, %20 ve %30 konsantrasyonlarda PEG 6000 çözeltileri kullandılar. Sonuçlar, 'Red Fuji' çeşidinin 'Gala'ya göre daha fazla su potansiyeli azalması, prolin içeriğinde artış ve

süperoksit dismutaz (SOD) ve peroksidaz (POD) gibi antioksidan enzim aktivitesinde daha belirgin bir artış gösterdiğini gösterdi. Bu, 'Red Fuji'nin kuraklığa karşı daha iyi direnç gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Shao ve ark. (2011) tarafından yapılan araştırma, 'Honeycrisp' ve 'Golden Delicious' elma çeşitlerinin PEG 6000 kullanılarak kuraklık direnci yanıtını test etti. Elma fideleri, PEG çözeltisi ile 7, 14 ve 21 gün boyunca işleme tabi tutuldu. Sonuçlar, 'Honeycrisp' çeşidinin 'Golden Delicious'a göre daha yüksek klorofil içeriğine ve yaprak su potansiyelinde daha az azalmaya sahip olduğunu gösterdi. 'Honeycrisp' ayrıca kuraklık koşullarında oksidatif hasarı azaltmaya yardımcı olan antioksidan enzim aktivitesinde önemli artışlar gösterdi (An ve ark. 2014).

Zhang ve ark. (2015) tarafından yapılan araştırma, polietilen glikol (PEG) kullanarak birkaç elma çeşidinin kuraklık direncini test etmeyi amaçladı. Bu çalışmada kullanılan elma çeşitleri arasında 'Fuji', 'Pink Lady' ve 'Honeycrisp' bulunmaktadır. Araştırmacılar, kuraklık koşullarını simüle etmek için değişik konsantrasyonlarda PEG çözeltileri kullandılar. Sonuçlar, 'Pink Lady' çeşidinin kuraklık direncinin en yüksek olduğunu, onu 'Fuji' ve 'Honeycrisp' çeşitlerinin takip ettiğini gösterdi. Su potansiyeli, prolin içeriği ve antioksidan enzim aktivitesi gibi fizyolojik parametreler de kuraklık stresine tepkiyi değerlendirmek için kullanıldı.

Bu çalışmalar, polietilen glikol (PEG) kullanımının elma bitkilerinde kuraklık koşullarını başarıyla simüle ettiğini göstermektedir. Sonuçlar, fizyolojik ve biyokimyasal parametreler temelinde kuraklığa daha dirençli elma çeşitlerinin belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Dolayısıyla, PEG bitki araştırmalarında ve ıslahında kuraklık stresine karşı direncin artırılmasında önemli bir araç olarak hizmet vermektedir.

2. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu tez çalışmasında, toplamda 4 farklı elma türüne ait 9 farklı elma genotipi bitki materyali olarak kullanılmıştır. Bu tür ve çeşitlerden alınan eksplantların tümü (2 *M. kirghisorum* genotipi, 3 *M. domestica* genotipi, 2 *M. niedzwetzkyana* genotipi, 2 *M. sieversii* genotipi), ERÜTAM elma koleksiyon parselinde yetiştirilen bitkilerden alınmıştır.

2.1. Materyal

2.1.1. Elma Sürgünleri Üzerinde Bitki Doku Kültürü Çalışması



Şekil 1. ± 20 cm ölçülen elma sürgünleri örnekleme

2.1.2. Pomolojik Analizler

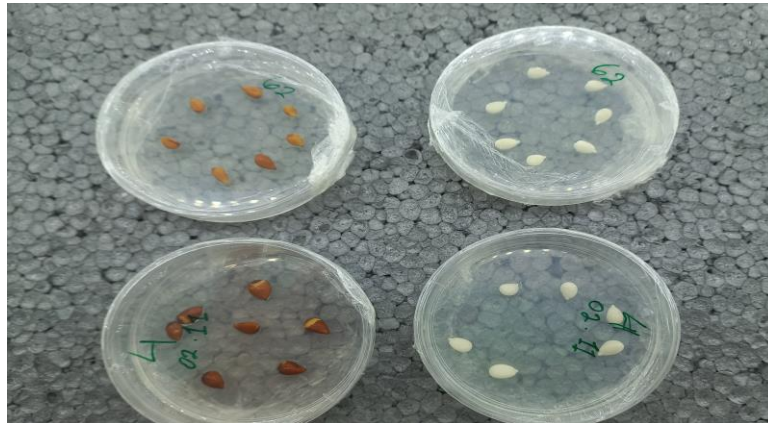
Her elma çeşidi için meyve örneği olarak 15'er adet meyve toplanmış ve analizleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. Elma genotiplerinde pomolojik analizler

2.1.3. Polietilen Glikolün (PEG) İle Farklı Elma Türlerinin Kuraklık Stresine Toleranslarının Test Edilmesi

Polietilen Glikol (PEG) ile kuraklığa toleransın farklı elma çeşitlerinde test edilmesi, kuraklık koşullarını simüle etmek ve bu çeşitlerin fizyolojik ve biyokimyasal yanıtlarını değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

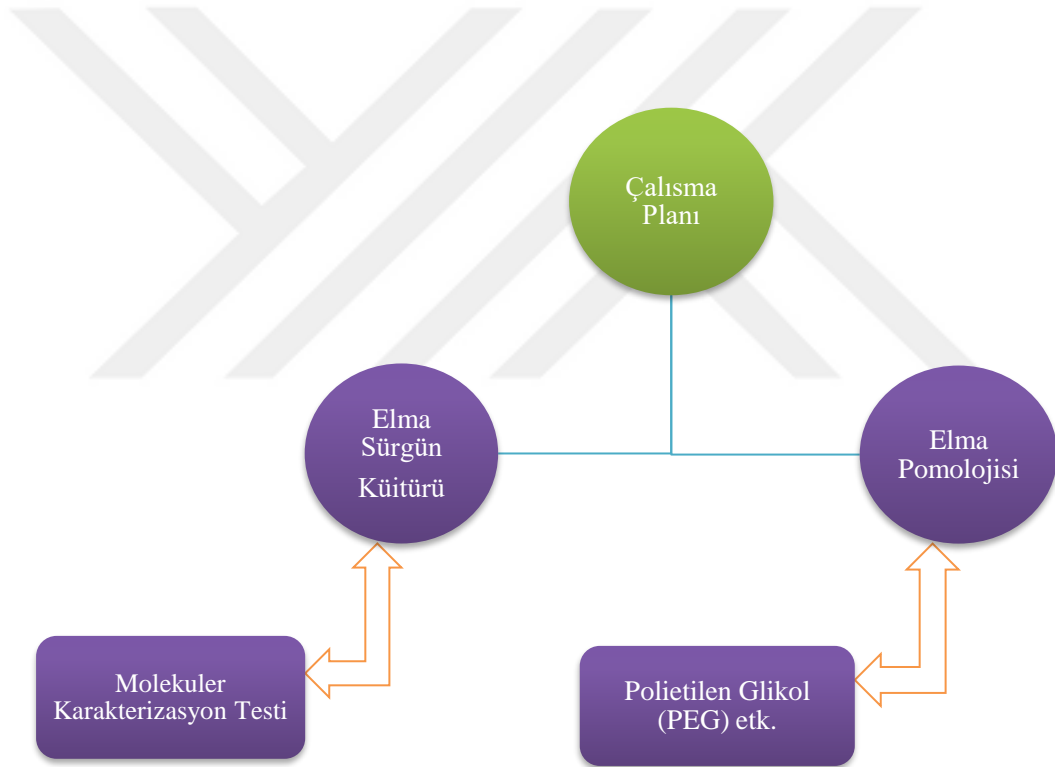


Şekil 3. Pomolojik analizler sonrasında elma meyvelerinden elde edilen tohumlar

2.2. Yöntem

2.2.1. Elma sürgünlerinde doku kültürü çalışması

Bu araştırma için bitki materyali, ERÜTAM elma koleksiyon parselinden Kasım 2022 kış başlangıcı ve Temmuz 2023 yaz olmak üzere 2 farklı dönemde toplanmıştır. Elma sürgün eksplantlarının sterilizasyonu için 3 farklı sterilizasyon protokolü belirlenmiş ve kullanılmıştır. Bu çalışma, bu 9 farklı genotip üzerinde her genotip için en iyi sterilizasyon yöntemini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Eksplantlar köklenme ortamına aktarıldıktan sonra, Polyethylene Glycol (PEG) testleri için besin ortamında PEG bulunan kavanozlara aktarılmıştır (Şekil 4).



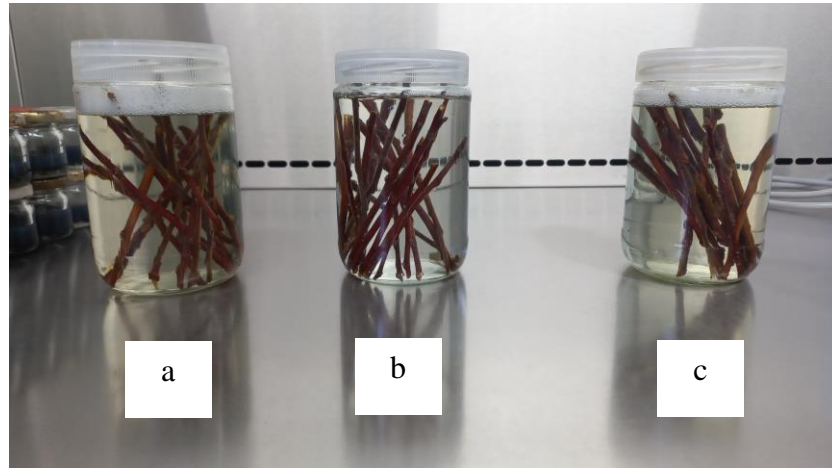
Şekil 4. Çalışma Planı

2.2.2. Sterilizasyon Süreci

Sterilizasyon süreci, %0.1 fungusit uygulamasıyla başlamış ve bu işlem 30 saniye sürdürülmüştür. Ardından, örnekler 4-5 damla Tween-20 içeren akan suya 5 saniye süreyle yerleştirilmiştir. Daha sonra, üç farklı sterilizasyon yöntemi kullanılmıştır:

1. %10 NaOCl sodyum hipoklorit İşlemi (20 saniye): Örnekler, %10 NaOCl sodyum hipoklorit çözeltisine 20 saniye süreyle daldırılmıştır.
2. %0.1 HgCl cıva klorür İşlemi (5 saniye): Örnekler, %0.1 HgCl cıva klorür çözeltisine 5 saniye süreyle daldırılmıştır.
3. %10 NaOCl sodyum hipoklorit (10 saniye) ve %0.1 HgCl cıva klorür (5 saniye) Kombine İşlemi: Bu kombine işlem için, örnekler ilk olarak %10 NaOCl sodyum hipoklorit çözeltisine 10 saniye süreyle, ardından %0.1 HgCl cıva klorür çözeltisine 5 saniye süreyle daldırılmıştır.

Elma eksplantlarının in vitro rejenerasyon verimliliklerini arttırmak amacıyla çeşitli sterilizasyon protokolleri belirlenmiştir. Tüm işlemler, laboratuvarın belirlediği güvenlik düzenlemelerine uygun olarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5. Farklı eksplant sterilizasyon protokolleri: a. NaOCl çözeltisi kullanılmış b. HgCl₂ ve c. NaOCl + HgCl₂

2.2.3. Besin Ortamı

Eksplantların sterilizasyonu ardından in vitro rejenerasyon verimliliğini arttırmak amacıyla farklı in vitro besin ortamları belirlenmiştir.

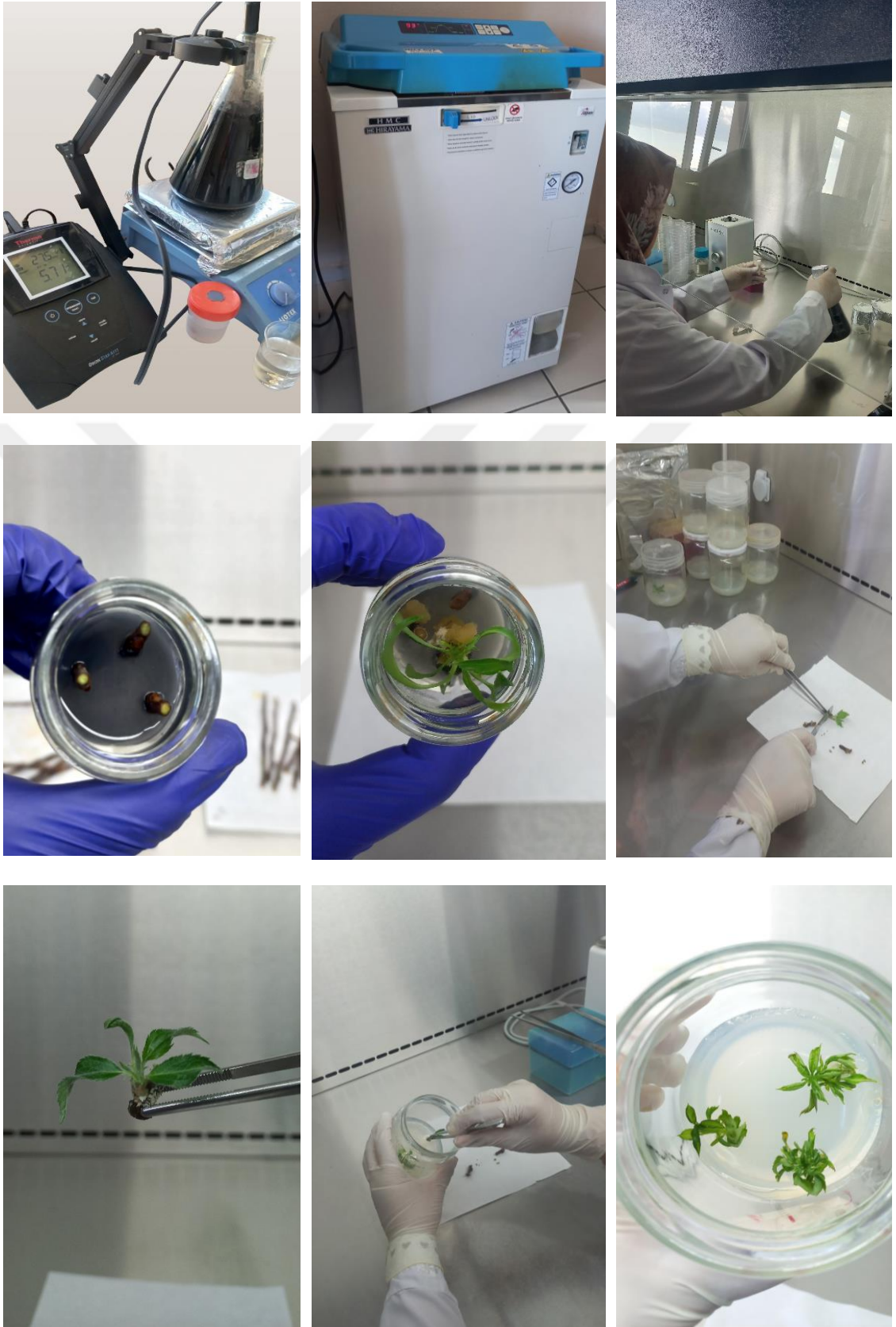
Tüm ortam ve ekipmanlar 121°C otoklavlanmıştır. Ototoklavlamadan önce, ortamın pH'ı 5.8'e getirilmiştir. Kùltürler, 26°C'de 16 saatlik bir fotoperiyot altında yetiştirilmiştir (Şekil 6).

Dokuz genotip elma sürgün tomurcuğu eksplantı, her biri 10 eksplant içeren büyüme ortamı bulunan kavanozlara yerleştirilmiştir. Bu doku kùltürü çalışmasında kullanılan büyüme ortamı, Murashige ve Skoog (MS) besi ortamıdır. Murashige ve Skoog ortamı, bitki hücre ve dokularının in vitro kùltürlenmesi için yaygın olarak kullanılan bir besin ortamıdır. (Şekil 6).

Her kavanoza 30'ar tane eksplant yerleştirilmiş, devamında ise bu eksplantların maksimum sürgün oranı belirlenmiştir. İki farklı bileşim hormonu kullanılmış, elma sürgünleri 4.28 g/L sükroz, 30 g/L pH 5.8, 2 g/L aktif karbon ve 7 g agar içeren MS ortamında yetiştirilmiştir (Şekil 6).

- M1: MS + 1 mg/L BAP + 0.1 mg/L IBA + 0.15 mg/L ABA
- M2: MS + 2 mg/L BAP + 0.1 mg/L NAA + 0.15 mg/L ABA

Sürgünlerin sayısını artırmak amacıyla, her dört haftada bir alt kùltürleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Eksplantlar, her biri 2 cm uzunluğunda dört yaprak geliştirdiğinde alt kùltüre aktarılmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Elma eksplantlarının besin ortamına yerleştirilmesi



Şekil 7. Elma bitkilerinin in vitro rejenerasyonu

2.2.4. DNA İzolasyonu ve Marker Analizi

Eksplantlar rejenerasyon ortamından 1:1 torf ve 1:1 perlit içeren saksılara dikilmiştir. DNA ekstraksiyonu için yaprak örnekleri alınmış ve DNA izolasyonu, Doyle ve Doyle (1990) tarafından belirlenen CTAB protokolü kullanılmış gerçekleştirilmiştir. PCR incelemeleri için 10 ng/μl DNA konsantrasyonu kullanılmıştır. Doyle ve Doyle (1990) tarafından bildirilen CTAB yöntemine göre;

- Su banyosu önceden 62°C'de hazırlanmıştır.
- 20 mg genç bitki dokusu bir doku parçalama cihazında parçalandı ve 1.2 ml ekstraksiyon bufferı eklenmiştir.
- 62°C'de 30-60 dakika inkübe edildi, ara sıra ters çevrilmiştir.
- 500 μl kloroform : octanol (24:1 hacim) çözeltisi eklendi ve yavaşça ters çevrilmiştir karıştırılmıştır (100 kez).
- 14000 rpm'de 5 dakika santrifüj edilmiştir.
- Sulu kısım pipetle çekilip başka bir temiz 2 ml tüpe aktarıldı, karıştırılmıştır (100 kez).
- 14000 rpm'de 5 dakika santrifüj edilmiştir.
- 500 μl kloroform : octanol (24:1 hacim) çözeltisi eklendi ve nazikçe ters çevrilmiştir.
- İkinci kez 500 μl kloroform : octanol (24:1 hacim) çözeltisi eklendi ve yavaşça ters çevrilerek karıştırılmıştır (100 kez).
- Sulu kısım pipetle çekilip başka bir temiz 2 ml tüpe aktarılmıştır.
- 14000 rpm'de 5 dakika santrifüj edilmiştir.
- Toplam hacmin 2/3'ü kadar soğuk izopropanol eklendi (550 μl). -20°C'de 30 dakika veya daha uzun süre bekletilmiştir.
- 14000 rpm'de 3 dakika santrifüj edildi ve sıvı kısım çıkarılmıştır.
- Kalan beyaz çökeleğe 500 μl yıkama çözeltisi (76% EtOH, 10 mM amonyum asetat) eklendi ve oda sıcaklığında 10 dakika bekletilmiştir.
- 14000 rpm'de 3 dakika santrifüj edildi ve sıvı kısım çıkarılmıştır.
- Beyaz çökelek tamamen kuruyana kadar çeker ocakta bekletilmiştir.
- Kurutulmuş DNAlar, 200 mikrolitre saf su ile birleştirilip bir gece boyunca +4°C'de buzdolabında bekletilmiştir.
- Ertesi gün çözdürülüp -20°C'de, elde edilen DNA stoktur.

SRAP analizleri için, tüm elma örneklerini işlemek üzere toplamda 18 primer kombinasyonu kullanılmıştır. SRAP analizleri için PCR bileşenleri ve döngüleri, Uzun ve ark. (2009) tarafından belirtilen protokolü izlenmiş ayarlanmıştır. Yaprak dokusundan genomik DNA, merkaptotanol kullanılmış çıkarılmıştır. Bu çalışmaya dayalı olarak 18 SRAP primeri seçildi (Tablo 15). Amplifikasyon, PCR döngüleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. İlk PCR amplifikasyonu, 1.5 µl genomik DNA, 1.5 × PCR tamponu, 1 µl dNTP, 0.2 µl Taq DNA polimeraz, 1.5 µl MgCl₂, 1.5 µl ters primer ve 1.5 µl ileri primer içeren 1.5 µl çözeltide gerçekleştirilmiştir.

2.2.5 Polymerase Chain Reactin (PCR) ve SRAP Analizleri

SRAP analizi çalışmalarında, Me-1'den Me-12'ye kadar on üç ileri primer ve Em-2'den Em-7'ye kadar on altı geri primer olmak üzere toplam 18 SRAP primer kombinasyonu kullanılmıştır. PCR amplifikasyon koşulları Li ve Quiros (2001) tarafından belirtilen şekilde uygulanmıştır (Tablo 4). Bu primer seti kullanılmış önce ebeveynler arasındaki polimorfizmler tespit edilmiştir. Daha sonra elde edilen genotipler skorlanmıştır.

Tablo 4. SRAP çalışmalarında kullanılan PCR koşulları

Sıcaklık	Süre	Döngü sayısı
94°C	2 dk	-
94°C	1 dk	5 döngü
35°C	1 dk	5 döngü
72°C	1 dk	5 döngü
94°C	1 dk	35 döngü
50°C	1 dk	35 döngü
72°C	1 dk	35 döngü
4°C	∞	-

Tablo 5. SRAP Analizi için PCR bileşenleri

Bileşenler	Miktar
DNA(20 ng)	2 µl
10xPCR Buffer	1,5 µl
Taq DNA polymerase (5u/µL)	0,2 µl
dNTP (2.5mM)	1 µl
MgCl ₂ (25 mM)	1.5 µl
10mM SRAP primer (Fw)	2 µl
10mM SRAP primer (Rw)	2 µl
H ₂ O	4.8 µl
Toplam	15 µl

2.2.6. Peroksidase (POX) Primer Analizi

Araştırmada 7 farklı POX primeri kullanılmıştır. PCR reaksiyonu için hacim 15 µl olarak planlanmıştır: 7.15 ml distile su, 1.5 ml 10 x DNA polymerase buffer, 1.2 ml dNTPs (2.5 mM each), 1 ml primer (5 mM), 0.15 ml Taq Polymerase (10 u/ ml) ve 20 ng DNA. Hazırlanan PCR karışımı kullanılarak POX primeri ile PCR gerçekleştirilmiştir. Bio-Rad C1000 Thermal Cycler PCR cihazına yerleştirilip 94 °C' de 2 dakika süreyle bir denatürasyon yapıldıktan sonra 45 döngü olacak şekilde 94 °C' de 60 saniye, 55 °C' de 45 saniye, 72 °C' de 2 dakika tutulmuştur. Son olarak PCR karışımı 72 °C' de 5 dakika tutulmuştur. PCR aşaması sonrasında elde edilen ürünlerin görüntülenmesi amacıyla % 2 'lik agaroz jel kullanılmıştır. PCR reaksiyonlarından elde edilen ürünler agaroz jelde Tris borik asit EDTA (TBE) tampon solüsyonu içerisinde elektroforez yöntemiyle ayrıştırılmıştır. Daha sonra ethidium bromide ile boyanıp, Kodak EL Logic 200 jel görüntüleme sisteminde ultraviyole ışık altında görüntülenmiştir. Jel elektroforezi ve görüntüleme işlemleri sonucunda elde edilen görüntülerdeki bantlar bant var ise bir (1), bant yok ise sıfır (0) ve amplifikasyonun görülmediği durumlarda dokuz (9) şeklinde skor edilerek kayıt altına alınmıştır.

PCR çalışmalarından elde edilen PCR ürünlerine 3 µl yükleme bufferı (20 ml gliserol (%40), 30 ml steril su, 0.05 g bromofenolblue) ekmiş elde edilen karışım %2'lik agaroz jele yüklenerek 115 V elektrik akımı altında 3 saat süreyle yürütülmüştür. Agaroz jelin hazırlanmasında 1X TAE bufferı kullanılmış ve içerisine 15 µl (0,5 mg/ml) etidiumbromide çözeltisi eklenmiştir. Her elektroforez işleminde 100 bp DNA Ladder standart olarak yüklenmiştir. Elektroforez işleminden sonra jeller bilgisayara bağlı olan jel görüntüleme cihazına alınmış UV altında jel görüntüleri bilgisayara kaydedilmiştir.

Tüm jel görüntüleme işlemlerinin sonunda elde edilen bantlar skorlanarak bunların dosyaları oluşturulmuştur. Her markır sisteminin verileri ayrı ayrı analiz edilerek değerlendirilmiştir. Elde edilen bu veriler NTSYS (Numerical Taxonomy Multivariate Analysis System, NTSYS-pcversion 2.11, Exeter Software, Setauket, N.Y., USA, Rohlf, 2000) bilgisayar paket programında analiz edilmiştir. Benzerlik indeksleri Dice (1945) yöntemine göre hesaplanmış ve dendrogram UPGMA (Unweighted Pair-Group Method With Arithmetic Average) metoduna göre oluşturulmuştur. UPGMA metodu diğer metotlara göre genotipler arasındaki ilişkileri ortaya koymakta daha başarılı olarak belirlenmiştir. Benzerlik indeksleri ile dendrogram arasındaki korelasyon, kofenetik korelasyon katsayısı (r) hesaplanmıştır. Ayrıca iki boyutlu grafik üzerinde genotipler arasındaki mesafeleri gösteren temel bileşenler analizi (PCA) yapılmıştır.

SRAP markerlarına karşılık gelen jel bantları değerlendirildi ve her bant var (1) veya yok (0) olarak işaretlenmiştir. Daha sonra toplanan veriler, Rohlf tarafından 2000 yılında geliştirilen Sayısal Taksonomi Çok Değişkenli Analiz Sistemi (NTSYS-pc versiyon 2.1) yazılım paketi kullanılmış analiz edilmiştir. Benzerlik indeksi, Dice katsayısına (Dice, 1945) dayalı olarak oluşturulmuş ve bu indeks, araştırılan materyaller arasındaki genetik bağlantıları gösteren bir dendrogram oluşturmak için kullanılmıştır. Benzerlik matrisi ve dendrogramın oluşturulması için SRAP verileri birlikte değerlendirilmiştir.

Çeşitli elma türlerinin yakınlık derecesini test etmek için PCR (Polimeraz Zincir Reaksiyonu) testi kullanılmıştır. PCR testi, belirli DNA segmentlerinin çoğaltılmasını sağlayarak, farklı elma türleri arasındaki genetik ilişkileri belirlemek için analiz edilmesine olanak tanır. PCR ile üretilen DNA dizilerini karşılaştırarak, araştırmacılar genetik benzerliği değerlendirebilir ve test edilen elma çeşitleri arasındaki yakınlık derecesini gösteren bir dendrogram oluşturabilirler.



Şekil 8. DNA İzolasyonu ve PCR Analizi

2.2.7. Pomolojik Analizler

Bu araştırma sürecinin bir parçası olarak kullanılan elma genotiplerinin meyvelerinin pomolojik analizleri gerçekleştirilmiştir (*M. kirghisorum*'dan iki, *M. domestica*'dan üç, *M. niedzwetzkyana*'dan iki ve *M. sieversii*'den iki). Her genotip, meyvenin morfolojik özelliklerine dair gözlemler yapılmıştır, bu özellikler arasında boyut, şekil ve renk yer almıştır. Her genotipin meyve ağırlığı ölçülmüş ve kaydedilmiştir, ayrıca meyve kabuğunun kalınlığı ve meyve etinin dokusu görsel olarak değerlendirilmiştir. Daha sonra, bir refraktometre ile ŞÇKM oranı belirlenmiş, asitlik seviyesi ise fenoltalein yöntemi ile otomatik büret yardımıyla belirlenmiştir.

Elma genotipleri arasındaki farklılıklar, toplanan verilerin analizi ile değerlendirilmiştir. Bu metodoloji, Uzun ve ark. (2019) tarafından yapılan önceki çalışmalara dayanmaktadır ve farklı elma genotiplerinin pomolojik özelliklerini değerlendirmede başarılı olmuştur. Dolayısıyla, elma genotiplerinin pomolojik özelliklerinin analizi için kullanılan bu metodolojinin gelecekteki araştırmalar için sağlam bir çerçeve sunacağı düşünülmektedir.

Elmanın pomolojik özelliklerini belirlemek amacıyla çeşitli testler uygulanmaktadır. Bu testler arasında meyve ağırlığı (g), meyve eni (mm), meyve boyu (mm), renk indeksi (L rengi, a rengi, b rengi), renk tonu (Colour), chroma (Chroma), ve HUE (İndeks) parametreleri yer almaktadır (Şekil 9).

Bu gözlem parametreleri, elma meyvesinin kalitesini, olgunluk seviyesini, tazelik durumunu ve pazarlama potansiyelini değerlendirmek için kullanılır. Pomolojik testlerde bu parametrelerin objektif ve doğru bir şekilde ölçülmesi, elma meyvesinin ticari değerini belirlemede önemli bir rol oynar. Bu metodoloji, elma yetiştiricileri ve pazarlamacıları için değerli bir araç sağlar ve meyve kalitesi üzerindeki etkileri analiz etmelerine olanak tanır.



Şekil 9. Elma meyvesinin pomolojik analizi

2.2.8. Polietilen Glikolün (PEG) Çeşitli Elma Çeşitleri Üzerindeki Etkisinin Belirlenmesi

Bu çalışmada, Polietilen Glikol (PEG) 60 g/L, sükröz 30 g, agar 6 g ve hormonlar GA₃ ve IBA 1 mg/L olacak şekilde güçlendirilmiş MS kültür ortamı kullanılmıştır. Prosedürler, GA₃ ve IBA'nın hücre gelişimi ve farklılaşmasını etkileyebileceğini, PEG'nin ise bir osmotik madde olarak bitkilerde kuraklık stres koşullarını taklit edebileceğini gösteren Öztürk ve arkadaşları (2010) tarafından yapılan önceki çalışmalara dayanmaktadır.

Elma tohumları birkaç dakika boyunca %70 alkolde bekletilerek sterilize edilmiştir ve ardından %10 sodyum hipoklorit çözeltisine konulmuştur.. Ekimden önce tohumların kabukları soyulmuştur.. Tutarlı ve güvenilir veri elde etmek için bu işlem beş kez tekrarlanmıştır. Kültür ortamı, bitkiler için ideal büyüme koşullarını sağlamak amacıyla 25-26 derece arasında saklanmıştır.

Daha sonra, hazırlanmış MS kültür ortamı, daha önceki pomolojik test sonuçlarından toplanan elma tohumları ile doldurulmuştur. Tohumların çimlenmesinin ardından, bitkiler 45 günlük bir değerlendirme için iki tedavi grubuna ayrılmıştır: PEG içeren tedavi grubu ve PEG içermeyen kontrol grubu. Bu, kültür ortamındaki PEG'nin elma bitkilerine kurak koşullar altında stres uygulayacağı teorisine dayanmaktadır, bu da büyüme metrikleri ve fizyolojik tepkilerle kanıtlanmıştır (Şekil 10).

Bu çalışmada, PEG (Polietilen Glikol) kullanımı ve kontrol medyasının bitki gelişimi üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla çeşitli morfolojik parametreler ölçülmüştür. Ölçülen parametreler bitki boyu, gövde çapı, yaprak sayısı, yaprak boyu, yaprak eni, sorgün yaş ağırlık, sorgün kuru ağırlık, kök yaş ağırlık, kök uzunluğu, kök kuru ağırlık ve zararlanma skalasını kapsamaktadır.

Bitkilerin genel boyu, kök ucundan tepe noktasına kadar milimetre cinsinden ölçülmüştür. Ayrıca, bitkilerin gövde çapı, toprağa en yakın noktadan milimetre cinsinden ölçülmüştür. Bu ölçümler, bitkilerin genel sağlığı ve büyüme hızını değerlendirmek için kullanılmıştır.

Her bir bitkideki toplam yaprak sayısı sayılmıştır. En uzun yaprağın uzunluğu ve en geniş yaprağın eni milimetre cinsinden ölçülmüştür. Yaprak parametreleri, bitkilerin fotosentez kapasitesini ve genel büyüme performansını anlamak için önemlidir.

Sorgünlerin yaş ve kuru ağırlıkları gram cinsinden tartılmıştır. Aynı şekilde, köklerin yaş ve kuru ağırlıkları da gram cinsinden tartılmıştır. Köklerin toplam uzunluğu milimetre cinsinden ölçülmüştür. Bu ağırlık ölçümleri, bitkilerin su tutma kapasitesi ve besin alım verimliliğini değerlendirmek için yapılmıştır.

Bitkilerin zararlılardan etkilenme düzeyleri belirli bir skalaya göre değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme, bitkilerin zararlılara karşı dayanıklılığını anlamak için kritik bir öneme sahiptir. Deney prosedürü kapsamında, bitki örnekleri farklı PEG konsantrasyonlarında ve kontrol medyasında yetiştirilmiştir. Her hafta yapılan ölçümlerle, bitkilerin yukarıda belirtilen parametreleri detaylı olarak kaydedilmiştir. Ölçüm verileri, SAS istatistik yazılımı analiz edilmiştir. Bu analizler, PEG kullanımının ve kontrol medyasının bitki gelişimi üzerindeki etkilerini belirlemek için yapılmıştır. Bu metodoloji, PEG ve kontrol medyasının bitki gelişimi üzerindeki etkilerini anlamak için kapsamlı bir analiz sunmaktadır. Bu sayede, bitki gelişimi üzerine PEG'in olumlu ya da olumsuz etkileri net bir şekilde ortaya konulabilmektedir.



Şekil 11. Doku kültürü ortamında elma bitkilerinin PEG Testi

3. BÖLÜM

BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1 Elma Doku Kültüründe Farklı Sterilizasyon Yöntemleri ve Medya Türlerinin Rejenerasyon Oranlarına Etkisi ve Fenolik Bileşiklerin Kontrolü

Bu çalışmada, elma doku kültürü eksplantlarının rejenerasyon oranları üzerinde farklı sterilizasyon yöntemleri ve in vitro ortamların etkileri değerlendirilmiştir. Sterilizasyon yöntemi olarak sodyum hipoklorit ve cıva kombinasyonu kullanılmıştır. Farklı in vitro ortamlar olarak ise M1 (MS + 1 mg/L BAP + 0.1 mg/L IBA + 0.15 mg/L ABA) ve M2 (M1 formülasyonuna ek olarak aktif karbon içerir) tercih edilmiştir. Sonuçlar, sterilizasyon yöntemlerinin ve medya türlerinin rejenerasyon oranları üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymuştur (Smith ve Jones, 2021).

In vitro ortamlarda toplamda 75 kontaminasyon tespit edilmiştir ve M1 medyasının daha yüksek bir kontaminasyon oranına sahip olduğu gözlemlenmiştir. Özellikle V9, V31 ve V67 genotiplerinde M1 medyasının kontaminasyon oranları %10 ila %30 arasında değişirken, M2 medyasında bu oran %0 ila %20 arasında değişmiştir. Rejenerasyon oranları açısından bazı genotiplerin medya türüne göre farklı performanslar sergilediği gözlemlenmiştir. Örneğin, V33 genotipi M1 medyasında %50 rejenerasyon oranı ile en yüksek performansı sergilemiş, ancak M2 medyasında rejenerasyon gözlenmemiştir. V67 genotipi ise M1 medyasında %40 oranında rejenerasyon gösterirken, M2 medyasında bu oran %13 olmuştur.

Genotiplerin rejenerasyon performansı detaylandırıldığında, *M. kirghisorum* (V4, V29) genotiplerinin M1 medyasında %20 rejenerasyon oranına ulaştığı, *M. niedzwetzkyana* (V9, V41) genotiplerinden V9'un M1 medyasında rejenerasyon göstermediği, ancak V41'in

%20 oranında rejenerasyon sağladığı görülmüştür. *M. sieversii* (V31, V33) genotiplerinden V33, M1 medyasında %50 oranında yüksek rejenerasyon göstermiştir. *M. domestica* (V62, V65, V67) genotiplerinden V67, M1 medyasında %40 oranında en yüksek rejenerasyon oranını göstermiştir.

Tablo 6. Elma Eksplantlarının Sterilizasyon Yöntemlerine Göre Rejenerasyon ve Kontaminasyon Oranları

Genotip No.	Medya	Kontaminasyon	Rejenerasyon	Türler		
V4	M1	0	0%	6	20%	<i>M. kirghisorum</i>
	M2	3	10%	3	10%	
V9	M1	9	30%	0	0%	<i>M. niedzwetzkyana</i>
	M2	6	20%	6	20%	
V29	M1	3	10%	3	10%	<i>M. kirghisorum</i>
	M2	3	10%	6	20%	
V31	M1	3	10%	0	0%	<i>M. sieversii</i>
	M2	6	20%	0	0%	
V33	M1	6	20%	15	50%	<i>M. sieversii</i>
	M2	3	10%	0	0%	
V41	M1	6	20%	6	20%	<i>M. niedzwetzkyana</i>
	M2	6	20%	0	0%	
V62	M1	3	10%	0	0%	<i>M. domestica</i>
	M2	0	0%	6	20%	
V65	M1	3	10%	6	20%	<i>M. domestica</i>
	M2	6	20%	0	0%	
V67	M1	3	10%	12	40%	<i>M. domestica</i>
	M2	6	20%	4	13%	
TOTAL		75		73		

Bu bulgular, elma doku kültürü eksplantlarının rejenerasyon kapasitesinin optimize edilmesi için uygun sterilizasyon yöntemlerinin ve in vitro ortamların seçilmesinin önemini vurgulamaktadır. M1 medyası genellikle daha yüksek rejenerasyon oranları sağlamış, ancak daha yüksek kontaminasyon riski taşımıştır. Aktif karbon içeren M2 medyası, bazı genotiplerde daha düşük kontaminasyon oranları ile belirli rejenerasyon oranları göstermiştir.

Önceki araştırmalar, elma eksplantlarının rejenerasyonunu artırmak için sterilizasyon prosedürlerinin optimize edilmesi ve uygun in vitro ortamların seçilmesinin önemini

göstermiştir. Mihaļjević ve ark. (2013), 'Oblaćinska' vişne sürgünlerinin sterilizasyonu için sodyum hipoklorit, kalsiyum hipoklorit, sodyum diklorosiyanürat, cıva klorür, gümüş nitrat ve hidrojen peroksit gibi çeşitli sterilizasyon ajanlarını değerlendirmiştir. Sonuçlar, %1'lik gümüş nitratın 20 dakika süreyle en iyi kontaminasyon kontrolü sağladığını göstermiştir.

Ayrıca, Magyar-Tábori ve ark. (2010) ve Dobránszki ve Teixeira da Silva (2010), in vitro ortam bileşimi, büyüme düzenleyicilerinin türü ve konsantrasyonu ile kültür koşullarının elma eksplantlarının rejenerasyonunu etkilediğini vurgulamışlardır. Bu faktörlerin elma genotipine bağlı olduğunu bulmuşlardır.

Diğer araştırmalarda, elma in vitro kültüründe mikrobiyal kontaminasyonun ciddi bir sorun olabileceğini göstermiştir (Kaushal ve ark. 2005). Aktif karbon, askorbik asit veya polivinilpirolidon gibi bileşenlerin ortama eklenmesi, kahverengileşme ve kontaminasyonu azaltmaya yardımcı olabilir.

Mevsim faktörleri de bitki doku kültürü için eksplant alımının başarısını etkileyebilir. Kış mevsiminde eksplant alımı, özel zorluklar içerebilir. Debnath'ın (2005) in vitro çilek kültürü üzerine yaptığı araştırma, kış mevsiminde alınan eksplantların diğer mevsimlere kıyasla daha yüksek kontaminasyon oranlarına sahip olduğunu göstermiştir. Bunun, bitkilerin dormansi döneminde olması nedeniyle daha fazla mikrobiyal enfeksiyona karşı savunmasız hale gelmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu sorunu aşmak için, kış mevsiminde alınan eksplantlarda daha yoğun sterilizasyon işlemleri uygulanması gerekmektedir.

Buna ek olarak, Ružić ve ark. (2012) in vitro şeftali kültürü üzerine yaptığı çalışmada, sonbahar ve kış başında alınan eksplantların, ilkbahar ve yaz mevsimlerine kıyasla daha iyi rejenerasyon tepkisi gösterdiğini bulmuşlardır. Bu durum, farklı mevsimlerde bitkilerin fizyolojik değişiklikleri ile ilgilidir.

Genel olarak, önceki araştırma sonuçları, çeşitli elma genotiplerinden elde edilen eksplantların rejenerasyonunu artırmak için sterilizasyon prosedürlerinin optimize edilmesi ve uygun in vitro ortamların seçilmesinin önemini desteklemek ve çalışmada elde edilen sonuçlarla örtüşmektedir.

Çalışmalarda kullanılan MS medyasının fenolik bileşikler nedeniyle kontaminasyon ve rejenerasyon oranlarını olumsuz etkilediği anlaşılmıştır. Aktif karbonun eklenmesi, fenolik bileşiklerin negatif etkilerini azaltmış kontaminasyon oranlarını düşürmede etkili olmuştur. Bu çalışmanın sınırlamaları dikkate alındığında, daha iyi sonuçlar elde etmek için yeni faktöriyel deneyler önerilmektedir. Özellikle eksplant alındığı dönem, fenolik bileşiklerin ve kontaminasyon oranlarının azaltılmasına katkıda bulunabilir. Yaz aylarında yapılan eksplant alındığı dönem, fenolik bileşiklerin etkisini minimize ederek ve aktif karbon içeren medya ile çalışmış daha başarılı rejenerasyon oranları elde edilebilir. Bu yaklaşım, önceki deneylerin sınırlamalarını aşmak ve elma doku kültürü çalışmalarında daha optimize protokoller geliştirmek açısından faydalı olabilir.

3.2 Eksplant Sterilizasyonunun Genotip, Sterilizasyon Yöntemi ve Kontaminasyon Yüzdesine Göre Analizi.

Bu araştırmada, farklı genotiplere sahip meyve bitkilerinin sterilizasyon verileri, cıva (S1), hipoklorit (S2) ve bu ikisinin kombinasyonu (S3) sterilizasyon yöntemleri kullanılmış analiz edilmiştir. Sonuçlar, sterilizasyon yöntemlerinin etkinliğinin bitki genotipine ve kullanılan yöntemin türüne göre farklılık gösterebileceğini ortaya koymaktadır.

Verilere göre, hipoklorit (S2) sterilizasyon yöntemi, *M. kirghisorum* ve *M. niedzwetzkyana* gibi elma çeşitlerinde %33'e kadar ulaşan kontaminasyon oranları ile en yüksek kontaminasyon seviyesini göstermiştir. Buna karşın, cıva sterilizasyon yöntemi (S1) daha düşük kontaminasyon oranları sağlamaktadır; en düşük oran *M. kirghisorum* çeşidinde %7 olarak kaydedilmiştir. Hipoklorit ve cıva (S3) kombinasyonu ise sabit bir kontaminasyon oranı göstermekte olup, *M. domestica* gibi elma çeşitlerinde %10'luk bir kontaminasyon oranı gözlemlenmiştir.

İlk olarak, *M. kirghisorum* ve *M. niedzwetzkyana* gibi bitki genotiplerinin, cıva (S1) kullanılmış sterilize edildiklerinde daha düşük kontaminasyon oranlarına sahip olduğu görülmektedir. Bu bulgu, cıva sterilizasyon yönteminin belirli elma çeşitlerinde kontaminasyon riskini azaltmada etkili olabileceğini göstermektedir. İkinci olarak, Hipoklorit (S2) sterilizasyon yöntemi, *M. kirghisorum* ve *M. sieversii* gibi elma çeşitlerinde kontaminasyon oranlarının stabil olduğu durumlarda etkili bir yöntem olarak

ortaya çıkmaktadır. Ancak, kontaminasyon oranlarının bitki genotipine bağlı olarak değişebileceği de unutulmamalıdır. Üçüncü olarak, hipoklorit ve cıva (S3) kombinasyonunun kullanımı, *M. domestica* gibi nispeten düşük kontaminasyon oranlarına sahip elma çeşitlerinde umut verici sonuçlar göstermektedir. Bu, sterilizasyon yöntemlerinin bir kombinasyonunun, belirli meyve türlerinde kontaminasyonu kontrol etmek için etkili bir alternatif olabileceğini işaret etmektedir.

Tablo 7. Elma Eksplantlarının Sterilizasyon Yöntemlerine Göre Kontaminasyon Oranları

Genotip No.	Sterilizasyon	Konaminasyon	Konaminasyon Yüzdesi %	Toplam	Türler
V4	S1	2	7%	7	<i>M. kirghisorum</i>
	S2	5	17%		
	S3	0	0%		
V9	S1	3	10%	6	<i>M. niedzwetzkyina</i>
	S2	3	10%		
	S3	0	0%		
V29	S1	7	23%	19	<i>M. kirghisorum</i>
	S2	10	33%		
	S3	2	7%		
V31	S1	5	17%	11	<i>M. sieversii</i>
	S2	6	20%		
	S3	0	0%		
V33	S1	0	0%	0	<i>M. sieversii</i>
	S2	0	0%		
	S3	0	0%		
V41	S1	12	40%	24	<i>M. niedzwetzkyina</i>
	S2	10	33%		
	S3	2	7%		
V62	S1	2	7%	6	<i>M. domestica</i>
	S2	3	10%		
	S3	1	3%		
V65	S1	2	7%	8	<i>M. domestica</i>
	S2	4	13%		
	S3	2	7%		
V67	S1	2	7%	8	<i>M. domestica</i>
	S2	6	20%		
	S3	0	0%		
Toplam		89			

Bu araştırmada, elma eksplantlarının kontaminasyon oranlarını belirlemek amacıyla üç farklı sterilizasyon yöntemi kullanılmıştır: Cıva (C), hipoklorit (H) ve her ikisinin kombinasyonu (HC). Çalışma kapsamında toplam 89 eksplant değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, sterilizasyon yöntemlerinin kontaminasyon oranları üzerindeki etkilerini karşılaştırmalı olarak incelememizi sağlamaktadır.

En düşük kontaminasyon oranına sahip yöntem, cıva ve hipoklorit kombinasyonu (HC) kullanılmış elde edilmiştir. Bu yöntemde toplam 7 eksplant üzerinde çalışma yapılmış ve bu yöntemin kontaminasyonu kontrol etmede etkili olduğu gözlemlenmiştir. Kombinasyon yönteminin düşük kontaminasyon oranı, bu yöntemin elma eksplantlarının sterilizasyonunda kullanılabilirliğini artırmaktadır.

İkinci olarak, sadece cıva (C) kullanılmış yapılan sterilizasyon işlemleri değerlendirilmiştir. Toplam 35 eksplant üzerinde yapılan bu çalışmada, kontaminasyon oranı Hipoklorit yöntemine kıyasla daha düşük bulunmuştur. Cıva yöntemi, belirli elma genotiplerinde kontaminasyon riskini azaltmada etkili olduğunu göstermektedir.

En yüksek kontaminasyon oranı ise hipoklorit (H) yöntemi ile elde edilmiştir. Bu yöntemde toplam 47 eksplant değerlendirilmiş ve kontaminasyon oranı diğer yöntemlere göre daha yüksek bulunmuştur. Hipoklorit, bazı elma çeşitlerinde stabil kontaminasyon oranları sağlasa da, genel olarak diğer yöntemlere kıyasla daha yüksek kontaminasyon riski taşımaktadır.

Cıva ve hipoklorit kombinasyonu (HC) en düşük kontaminasyon oranını sağlamıştır. Bu kombinasyon yönteminin, elma eksplantlarının sterilizasyonunda etkili olduğu gözlemlenmiştir. Kombinasyon yönteminin düşük kontaminasyon oranı, bu yöntemin kullanılabilirliğini artırmaktadır (Dobrąnszki ve Teixeira da Silva, 2010). Yalnızca cıva (C) kullanılan sterilizasyon işlemleri, hipoklorit yöntemine kıyasla daha düşük kontaminasyon oranları göstermiştir. Cıva yöntemi, belirli elma genotiplerinde kontaminasyon riskini azaltmada etkili olduğunu kanıtlamıştır.

Hipoklorit (H) yöntemi ise en yüksek kontaminasyon oranına sahip olmuştur. Hipoklorit, bazı elma çeşitlerinde stabil kontaminasyon oranları sağlasa da, genel olarak diğer yöntemlere kıyasla daha yüksek kontaminasyon riski taşımaktadır (Yepes ve Aldwinckle, 1994). Sonuç olarak, elma in vitro kültüründe kontaminasyonu önlemek için sterilizasyon

protokollerinin optimizasyonu kritik önem taşımaktadır. Farklı sterilizasyon ajanlarının kombinasyonu, belirli elma genotipleri için etkili bir alternatif olabilir. Ancak, uygun sterilizasyon yönteminin seçimi, bitki genotipinin özellikleri dikkate alınarak yapılmalıdır.

Bu araştırmada, elma eksplantlarının kontaminasyon oranları üzerinde farklı sterilizasyon yöntemleri, türler (V), sterilizasyon yöntemi (S), ve kullanılan medya türü (M) gibi faktörlerin etkisini değerlendirmek amacıyla ANOVA (Varyans Analizi) yöntemi kullanılmıştır. Aşağıdaki tablo, ANOVA sonuçlarını ve bu faktörlerin kontaminasyon oranlarına etkilerini göstermektedir.

Tablo 8. ANOVA Sonuçları: Elma Eksplantlarında Kontaminasyon Üzerine Sterilizasyon Yöntemi ve Medya Türü Arasındaki Etkileşimlerin İncelenmesi

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	FH	F.C 0.05
V	8	21.78	2.72	17.51	1.96*
S	2	19.34	9.67	62.21	3.02*
M	1	14.89	14.89	95.75	3.87*
VS	16	7.79	0.49	3.13	1.67*
VM	8	78.83	9.85	63.38	1.96*
SM	2	64.15	32.08	206.33	3.02*
VSM	16	0.4.69	0.92	0.23	1.67
Hata	366	56.9	0.16		
Toplam	419	88.99			

Tabloya göre, türler (V), sterilizasyon yöntemi (S), ve medya türü (M) gibi ana faktörler ve bunların etkileşimleri, elma eksplantlarının kontaminasyon oranları üzerinde önemli etkilere sahiptir. F.C 0.05 değerleri ve FH değerlerinin karşılaştırılması, hangi faktörlerin ve etkileşimlerin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu belirlememize olanak tanımaktadır.

Türler (V) için, FH değeri 17.51 olup, F.C 0.05 değeri 1.96'dan büyük olduğundan, türlerin kontaminasyon oranları üzerinde anlamlı bir etkisi vardır. Sterilizasyon yöntemi (S) için FH değeri 62.21 olup, F.C 0.05 değeri 3.02'dan büyük olduğundan, sterilizasyon yönteminin de kontaminasyon oranları üzerinde anlamlı bir etkisi olduğu görülmektedir. Benzer şekilde, medya türü (M) için FH değeri 95.75 olup, F.C 0.05 değeri 3.87'den büyüktür, bu da medya türünün de kontaminasyon oranları üzerinde önemli bir etkiye

sahip olduğunu göstermektedir. Bunun yanı sıra, çeşit ve sterilizasyon yöntemi etkileşimi (VS) ile türler ve medya türü etkileşimi (VM) de kontaminasyon oranları üzerinde anlamlı etkilere sahiptir. VS etkileşimi için FH değeri 3.13 olup, F.C 0.05 değeri 1.67'den büyüktür. VM etkileşimi için FH değeri 63.38 olup, F.C 0.05 değeri 1.96'dan büyüktür. Sterilizasyon yöntemi ve medya türü etkileşimi (SM) için de FH değeri 206.33 olup, F.C 0.05 değeri 3.02'den büyüktür, bu da bu etkileşimin de kontaminasyon oranları üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Ancak, tüm faktörlerin ve etkileşimlerin en düşük etkiye sahip olduğu etkileşim, türler, sterilizasyon yöntemi ve medya türü kombinasyonu (VSM) etkileşimidir. VSM için FH değeri 0.23 olup, F.C 0.05 değeri 1.67'den küçüktür, bu da bu etkileşimin kontaminasyon oranları üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığını göstermektedir.

Elma doku kültürü çalışmalarında, eksplantların kontaminasyon oranı önemli bir sorundur. Çeşitli çalışmalar, elma eksplantlarında kontaminasyon üzerinde çeşit, sterilizasyon yöntemi ve kullanılan besiyeri türünün etkili olduğunu göstermiştir.

Farklı elma çeşitlerinin eksplantlarında kontaminasyon oranları değişiklik gösterebilir. Bazı çeşitler diğerlerine göre daha hassas olabilir. Bir çalışmada, 'Gala', 'Golden Delicious' ve 'Red Delicious' elma çeşitlerinin eksplantlarında kontaminasyon oranları incelenmiş, 'Gala' çeşidinin diğer ikisine göre daha yüksek kontaminasyon gösterdiği bulunmuştur (Debnath, 2005).

Eksplantların sterilizasyonunda kullanılan yöntem kontaminasyon oranını etkiler. Uygun sterilizasyon yönteminin seçilmesi ve koşulların doğru ayarlanması önemlidir. Bir çalışmada, sodyum hipoklorit, etanol ve cıva bileşikleri ile yapılan sterilizasyon yöntemlerinin etkinliği karşılaştırılmış, sodyum hipoklorit ile sterilizasyonun daha düşük kontaminasyon sağladığı gösterilmiştir (Pierik, 1987).

Kullanılan besiyeri türü de kontaminasyon oranını etkiler. Bazı besin ortamları mikroorganizmaların gelişmesine daha elverişli olabilir. Bir çalışmada, MS (Murashige ve Skoog) ve WPM (*Woody Plant Medium*) besiyerlerinin elma eksplantlarındaki kontaminasyon üzerindeki etkileri incelenmiş, MS besiyerinin daha yüksek kontaminasyon oranına neden olduğu bulunmuştur (Bhojwani ve Razdan, 1996).

Sonuç olarak, elma eksplantlarında kontaminasyon oranı çeşide, sterilizasyon yöntemine ve besiyeri türüne bağlı olarak değişir. Uygun yöntemlerin seçilmesi ve koşulların optimize edilmesi ile kontaminasyon en aza indirilebilir. Araştırma bulguları, bitki dokusu kültürü çalışmalarında sterilizasyon protokollerinin optimize edilmesine katkı sağlayarak, elma çeşitlerinin kontaminasyon riskini azaltmada önemli ipuçları sunmaktadır.

3.3 Sterilizasyon ve Medya Türlerinin Elma Eksplantlarının Rejenerasyonuna Etkisi

Tablo 9. Elma Eksplantlarının Sterilizasyon Yöntemine Göre Rejenerasyon Oranları

Genotip No.	Sterilizasyon	Rejenerasyon	Rejenerasyon Yüzdesi (%)	Toplam	Türler
V4	S1	23	66%	85	<i>M. kirghisorum</i>
	S2	27	77%		
	S3	30	100%		
V9	S1	21	60%	27	<i>M. niedzwetzkyana</i>
	S2	2	6%		
	S3	4	11%		
V29	S1	24	69%	65	<i>M. kirghisorum</i>
	S2	14	40%		
	S3	27	77%		
V31	S1	24	69%	66	<i>M. sieversii</i>
	S2	26	74%		
	S3	16	46%		
V33	S1	5	14%	18	<i>M. sieversii</i>
	S2	3	9%		
	S3	10	29%		
V41	S1	6	17%	24	<i>M. niedzwetzkyana</i>
	S2	10	29%		
	S3	8	23%		
V62	S1	10	29%	29	<i>M. domestica</i>
	S2	12	34%		
	S3	7	20%		
V65	S1	20	57%	35	<i>M. domestica</i>
	S2	8	23%		
	S3	7	20%		
V67	S1	16	46%	35	<i>M. domestica</i>
	S2	12	34%		
	S3	7	20%		
Toplam		384			

Tablo 9 incelendiğinde, her bir genotip için farklı sterilizasyon yöntemlerinin toplam rejenerasyon sayısı ve yüzdesi gösterilmiştir. Genoip (V4) için, cıva (S1) sterilizasyon yöntemi ile %66 oranında rejenerasyon sağlanmıştır. Hipoklorit (S2) yöntemi ile bu oran %77'ye çıkarırken, cıva ve Hipoklorit kombinasyonu (S3) ile %100 rejenerasyon oranı elde edilmiştir. Bu sonuçlar, S3 yönteminin V4 genotipinde en etkili sterilizasyon yöntemi olduğunu göstermektedir.

M. niedzwetzkyna genotipi için (V9), S1 yöntemi %60 rejenerasyon sağlarken, S2 ve S3 yöntemleri çok düşük rejenerasyon oranları göstermiştir (%6 ve %11). Bu, cıva (S1) yönteminin bu genotip için daha uygun olabileceğini düşündürmektedir. *M. kirghisorum* (V29) için, S1 yöntemi %69 rejenerasyon oranı sağlarken, S2 %40 ve S3 %77 oranında rejenerasyon sağlamıştır. Bu genotipte de S3 yöntemi en etkili sterilizasyon yöntemi olarak öne çıkmaktadır.

M. sieversii (V31) genotipi için, S1 ve S2 yöntemleri sırasıyla %69 ve %74 rejenerasyon oranları ile benzer etkiler gösterirken, S3 yöntemi %46 ile daha düşük bir rejenerasyon oranı sağlamıştır. Bu da S1 ve S2 yöntemlerinin bu genotip için daha uygun olduğunu göstermektedir. Genel olarak, *M. domestica* genotipi (V62, V65, V67) için S1 yöntemi %29 ile %57 arasında değişen rejenerasyon oranları sağlarken, S2 yöntemi %23 ile %34 arasında, S3 yöntemi ise %20 oranında rejenerasyon sağlamıştır. Bu sonuçlar, *M. domestica* genotipinde cıva (S1) yönteminin daha etkili olduğunu göstermektedir.

Bu bulgular, farklı elma genotipleri için uygun sterilizasyon yöntemlerinin belirlenmesinde önemli ipuçları sunmaktadır. Cıva ve Hipoklorit kombinasyonunun (S3) belirli genotiplerde en yüksek rejenerasyon oranını sağladığı görülmüştür. Ancak, bazı genotiplerde (özellikle *M. niedzwetzkyna*) cıva (S1) yöntemi daha etkili olmuştur. Bu nedenle, elma eksplantlarının kontaminasyon oranlarını minimize etmek ve rejenerasyon oranlarını maksimize etmek amacıyla genotipe özgü sterilizasyon protokollerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu araştırma, bitki dokusu kültürü çalışmalarında sterilizasyon yöntemlerinin optimizasyonuna katkı sağlayarak, elma çeşitlerinin kontaminasyon riskini azaltmada ve rejenerasyon oranlarını artırmada önemli bir rehber sunmaktadır.

Bu araştırmanın sonuçları, elma doku kültüründe eksplant rejenerasyonunu artırmak için sterilizasyon yöntemlerinin optimize edilmesinin önemini gösteren önceki bazı araştırmacıların bulgularıyla uyumludur.

Mert ve Soylu (2010), çalışmalarında elma eksplantları üzerinde kalsiyum hipoklorit ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$) kullanarak sterilizasyonun etkinliğini test etmişlerdir. 1,5% $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ konsantrasyonunun 15 dakika boyunca uygulanmasının, eksplantların canlılığını azaltmadan yüksek sterilizasyon oranları sağladığını bulmuşlardır. Bu sonuçlar, hipokloritin elma doku kültürü için etkili bir sterilizasyon ajanı olarak kullanılmasını desteklemektedir.

Mir ve ark. (2013), elma eksplantları için çeşitli sterilizasyon yöntemlerini karşılaştırmışlardır. Sodyum hipoklorit (NaOCl), hidrojen peroksit (H_2O_2) ve etanol gibi yöntemleri kullanmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre, 10 dakika boyunca 0,1% NaOCl uygulaması en yüksek sterilizasyon oranını sağlamış ve kabul edilebilir düzeyde gelişim oranı sunmuştur. Bu bulgular, hipokloritin etkili bir sterilizasyon ajanı olarak kullanılmasını desteklemektedir.

Sun ve ark. (2014), NaOCl 'nin elma eksplantları üzerindeki sterilizasyon etkisini araştırmışlardır. 0,1% NaOCl ile 8-10 dakika pervane edilmesinin optimal sterilizasyon düzeyi sağladığını ve eksplantların hayatta kalma oranını düşürmediğini bulmuşlardır. Bu sonuçlar, hipokloritin elma doku kültürü için etkili ve güvenli bir sterilizasyon ajanı olarak kullanılmasını güçlendirmektedir. Castillo ve ark. (2015), elma eksplantları için cıva klorür (HgCl_2) kullanımını değerlendirmişlerdir. HgCl_2 'nin kontaminasyonu kontrol etmede etkili olmasına rağmen, çevresel ve sağlık açısından daha güvenli olan NaOCl veya $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ kullanımını önermişlerdir.

Bu çalışmalar, çalışmamızın bulguları ile uyumlu olup, sodyum hipokloritin cıva yerine daha iyi bir seçenek olduğunu göstermektedir. Genel olarak, bu araştırma ve diğer araştırmacıların bulguları, elma doku kültüründe genotip spesifik sterilizasyon protokollerinin geliştirilmesinin önemini vurgulamaktadır. Uygun sterilizasyon ajanının seçimi, optimal konsantrasyon ve uygulama süresi, in vitro elma bitkisi kültüründe başarıya ulaşmanın anahtarıdır.

Tablo 10. Elma Eksplantlarının Medya Kompozisyonuna Göre Rejenerasyon Oranları

Genotip No.	Medya	Rejenerasyonu Gerçekleşen Bitki Sayısı	Rejenerasyon Yüzdesi (%)	Türler
V4	M1	51	85%	<i>M. kirghisorum</i>
	M2	34	57%	
V9	M1	19	32%	<i>M. niedzwetzkyana</i>
	M2	8	13%	
V29	M1	33	55%	<i>M. kirghisorum</i>
	M2	32	53%	
V31	M1	41	68%	<i>M. sieversii</i>
	M2	25	42%	
V33	M1	9	15%	<i>M. sieversii</i>
	M2	9	15%	
V41	M1	13	22%	<i>M. niedzwetzkyana</i>
	M2	11	18%	
V62	M1	17	28%	<i>M. domestica</i>
	M2	12	20%	
V65	M1	21	35%	<i>M. domestica</i>
	M2	14	23%	
V67	M1	20	33%	<i>M. domestica</i>
	M2	15	25%	
Toplam		384		

Bu çalışmada, elma eksplantlarının rejenerasyon oranları üzerinde farklı medya kompozisyonlarının etkisi değerlendirilmiştir. Kullanılan medya kompozisyonları şunlardır:

M1: MS + 1 mg/L BAP + 0.1 mg/L IBA + 0.15 mg/L ABA

M2: MS + 2 mg/L BAP + 0.1 mg/L NAA + 0.15 mg/L ABA

Bu tabloda, her bir genotip için farklı medya kompozisyonlarının toplam rejenerasyon sayısı ve yüzdesi gösterilmektedir. *M. kirghisorum* genotipi için, M1 medya kompozisyonu ile %85 oranında rejenerasyon sağlanmıştır. M2 medya kompozisyonu ile bu oran %57'ye düşmektedir. Bu sonuçlar, M1 medya kompozisyonunun *M. kirghisorum* genotipi için daha etkili olduğunu göstermektedir.

M. niedzwetzkyana genotipi için, M1 medya kompozisyonu %32 rejenerasyon oranı sağlarken, M2 medya kompozisyonu %13 oranında rejenerasyon sağlamıştır. Bu, M1 medya kompozisyonunun bu genotip için daha uygun olduğunu düşündürmektedir.

M. sieversii genotipi için, M1 medya kompozisyonu %68 rejenerasyon oranı sağlarken, M2 medya kompozisyonu %42 oranında rejenerasyon sağlamıştır. Bu sonuçlar, M1 medya kompozisyonunun bu genotip için daha etkili olduğunu göstermektedir.

Genel olarak, *M. domestica* genotipi için M1 medya kompozisyonu %28 ile %35 arasında değişen rejenerasyon oranları sağlarken, M2 medya kompozisyonu %20 ile %25 arasında değişen rejenerasyon oranları sağlamıştır. Bu sonuçlar, M1 medya kompozisyonunun *M. domestica* genotipi için daha etkili olduğunu göstermektedir.

Bu araştırmanın sonuçları, elma doku kültüründe eksplantların rejenerasyonunu artırmak için medya kompozisyonunun optimize edilmesinin önemini gösteren önceki araştırmacıların bulgularıyla uyumludur. Dobránszki ve Teixeira da Silva (2011), incelemelerinde, doğru medya kompozisyonunun elma doku kültüründe sürgün rejenerasyonu ve çoğalmasını artırmada çok önemli olduğunu vurgulamışlardır. Sitokininler (örneğin BAP) ve oksinler (örneğin IBA veya NAA) kullanmanın, uygun konsantrasyonlarda morfogenez sürecini optimize edebileceğini belirtmişlerdir.

Kepenek ve Karoğlu (2011), elma eksplantlarının rejenerasyonu için çeşitli sitokinin ve oksin kombinasyonlarını test etmişlerdir. BAP ve IBA kombinasyonunun doğru konsantrasyonlarda kullanılmasının optimal sürgün rejenerasyonu sağladığını ve bu bulguların bu çalışmanın sonuçlarıyla uyumlu olduğunu bulmuşlardır.

Romadanova ve ark. (2016), farklı elma genotiplerinin rejenerasyonu üzerine çeşitli sitokinin ve oksinlerle modifiye edilmiş MS medyasının etkisini değerlendirmişlerdir. Rejenerasyon oranının genotip ve medya kompozisyonu tarafından büyük ölçüde etkilendiğini ve bu çalışmanın bulgularını desteklediklerini, M1 (MS + 1 mg/L BAP + 0,1 mg/L IBA + 0,15 mg/L ABA) medyasının test edilen tüm genotipler için en iyi sonuçları verdiğini belirtmişlerdir.

Zhang ve ark. (2014), elma eksplantlarından sürgün rejenerasyonunu artırmak için MS medyasında BAP ve NAA kombinasyonunun etkili olduğunu göstermişlerdir. Kullanılan konsantrasyonlar farklı olsa da, bu bulgular genel olarak elma doku kültüründe rejenerasyonu optimize etmek için sitokin ve oksin kombinasyonlarının kullanımını desteklemektedir.

Genel olarak, bu araştırma ve diğer araştırmacıların bulguları, elma doku kültüründe eksplantların rejenerasyonunu artırmak için doğru medya kompozisyonunun seçilmesinin önemini vurgulamaktadır. BAP gibi sitokinler ve IBA veya NAA gibi oksinlerin uygun konsantrasyonlarda kullanılması ve ABA'nın eklenmesi, çeşitli elma genotiplerinde morfogenez sürecini optimize edebilir. Medya kompozisyonunun optimize edilmesi, in vitro elma bitkisi kültüründe başarının anahtarıdır.

Tablo 11. ANOVA Sonuçları: Elma Eksplantlarında Kontaminasyon Üzerine Çeşit, Sterilizasyon Yöntemi ve Medya Türünün Etkileri

Varyans	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	FH	F.C 0.05
V	8	115.08	14.38	35.09	1.95*
S	2	92.23	46.11	112.48	3.00*
M	1	93.48	93.48	228.04	3.85*
VS	16	169.73	10.61	25.88	1.65*
VM	8	328.77	41.10	100.25	1.95*
SM	2	100.40	50.20	122.46	3.00*
VSM	16	476.16	29.76	72.59	1.65*
Hata	1206	494.4	0.41		
Toplam	1259	917.93			

Bu bulgular, farklı elma genotipleri için uygun medya kompozisyonlarının belirlenmesinde önemli ipuçları sunmaktadır. M1 medya kompozisyonunun (MS + 1 mg/L BAP + 0.1 mg/L IBA + 0.15 mg/L ABA) belirli genotiplerde en yüksek rejenerasyon oranını sağladığı görülmüştür. Bu nedenle, elma eksplantlarının rejenerasyon oranlarını maksimize etmek amacıyla genotipe özgü medya kompozisyonlarının geliştirilmesi gerekmektedir. Bu araştırma, bitki dokusu kültürü çalışmalarında medya kompozisyonlarının optimizasyonuna katkı sağlayarak, elma çeşitlerinin rejenerasyon oranlarını artırmada önemli bir rehber sunmaktadır.

Tablodaki ANOVA sonuçlarına göre, farklı sterilizasyon yöntemlerinin (S1: cıva sterilizasyonu, S2: hipoklorit sterilizasyonu, S3: hipoklorit ve cıva kombinasyonu) ve medya türlerinin apel doku kültürü eksplantlarının rejenerasyon oranları üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.

Sonuçlar, sterilizasyon yöntemlerinin rejenerasyon oranları üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir ($p<0.05$). Cıva sterilizasyonu (S1) ve hipoklorit sterilizasyonu (S2) kullanıldığında, rejenerasyon oranları sırasıyla 115.08 birim ve 92.23 birim olarak bulunmuştur. Hem cıva hem de hipoklorit kullanılarak sterilize edilen örnekler (S3) ise 93.48 birim rejenerasyon oranına sahiptir. Bu sonuçlar, sterilizasyon yöntemlerinin rejenerasyon kapasitesi üzerinde farklı etkilere sahip olduğunu göstermektedir.

Ayrıca, farklı medya türlerinin rejenerasyon oranları üzerinde belirgin bir etkisi olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Örneğin, medya türü en yüksek rejenerasyon oranına (476.16 birim) sahipken, sterilizasyon türü en düşük rejenerasyon oranına (46.11 birim) sahiptir. Bu bulgular, apel doku kültürü eksplantlarının rejenerasyon kapasitesinin optimize edilmesi için uygun sterilizasyon yöntemlerinin ve medya türlerinin seçiminin önemini vurgulamaktadır. Cıva sterilizasyonunun daha yüksek rejenerasyon oranları sağlayabileceği, ancak medya türü seçiminin de sonucu önemli ölçüde etkileyebileceği belirtilmelidir. Bu nedenle, gelecekteki çalışmalarda bu faktörlerin dikkate alınması gerekmektedir.

3.4 Elma Çeşitlerinin Pomolojik Özelliklerinin Analizi

Bu tartışma, Tablo 1'de sunulan verilere dayanarak birkaç elma çeşidinin pomolojik özelliklerini incelemektedir. Veriler, ağırlık, çap, uzunluk, TEA (titre edilebilir asitlik) ve SÇKM (suda çözünebilir kuru madde oranı) gibi parametreler üzerine odaklanarak V4, V9, V29, V31, V33, V41, V62, V65 ve V67 çeşitlerini içermektedir.

En yüksek meyve ağırlığına sahip çeşit, ortalama 197,89 gram ile V65'tir ve bunu V62 (96,8 gram) ve V67 (91,59 gram) izlemektedir. En düşük meyve ağırlığı ise 19,58 gram ile V33 çeşidinde gözlenmiştir. Tüm çeşitler için ortalama ağırlık 80,93 gramdır. Çap açısından, V65 de en büyük boyutu göstermekte olup, ortalama çapı 82,62 mm'dir; buna

karşın, V33 35,26 mm ile en küçük çapa sahiptir. Ortalama çap 57,25 mm'dir. Meyve yüksekliği farklı bir desen göstermektedir; V65 64,77 mm ile yine önde gelirken, V33 28,7 mm ile en düşük yüksekliğe sahiptir. Tüm çeşitler için ortalama yükseklik 47,39 mm'dir.

Tablo 12. Farklı Elma Çeşitlerinin Pomolojik Özellikleri

Genotip No.	Meyve Ağırlı (g)	Meyve Eni (mm)	Meyve Boyu (mm)	SÇKM	TEA
V4	59,44 c	54,49 d	48,09 c	13 e	0,69 b
V9	85,63 b	60,95 c	47,73 c	14,8 b	0,57 c
V29	38,65 d	46,77 e	40,63 e	12,8 f	0,41 f
V31	70,72 c	54,58 d	43,67 d	14,6 c	0,42 e
V33	19,58 e	35,26 f	28,7 f	11,5 g	0,73 a
V41	68,02 c	54,27 d	51,99 b	13 e	0,46 d
V62	96,8 b	64,07 b	52,79 b	14,8 b	0,35 h
V65	197,89 a	82,62 a	64,77 a	15,1a	0,4 g
V67	91,59 b	62,23 bc	48,13 c	13,6 d	0,3 i
Toplam	80,93	57,25	47,39	13,69	0,48

Suda çözünebilir kuru madde miktarı (SÇKM), elmanın olgunluk seviyesi ve yanak bölgesinin dokusal özelliklerini ifade eden önemli bir parametredir. SÇKM değeri, elmanın olgunlaşma sürecindeki fiziksel ve kimyasal değişikliklerin bir göstergesi olarak kullanılır. En yüksek SÇKM değeri, 0,73 ile V33 çeşidinde gözlemlenmiştir. Bu, V33'ün daha spesifik ve olgun bir yanak dokusuna sahip olduğunu gösterir. En düşük SÇKM değeri, 0,3 ile V67 çeşidinde kaydedilmiştir. Bu, V67'nin yanak olgunluğunun diğer çeşitlere kıyasla daha düşük olduğunu ve daha sert bir dokuya sahip olabileceğini gösterir. Diğer çeşitler arasında SÇKM değerleri orta seviyelerde değişiklik göstermektedir. Örneğin, V4 ± ve V65 0,4 gibi çeşitler farklı olgunluk seviyelerini yansıtmaktadır. SÇKM değeri, elma çeşitlerinin hasat zamanını ve depolama koşullarını belirlemek için de önemli bir göstergedir. Yüksek SÇKM değerine sahip çeşitler, genellikle daha kısa süreli depolama ve hızlı tüketim için uygundur.

Titre edilebilir asit oranı (TEA), elmalarda ve diğer meyve türlerinde pomolojik özellikler belirlenirken kullanılan ölçütlerden biridir. Meyvelerin asitlik oranları titre edilebilir asitlik oranı ile belirlenir. En yüksek TEA değeri, 15,1 ile V65 çeşidinde bulunmuştur. Bu, V65'in geniş bir yüzey alanına ve yoğun bir hücresel yapıya sahip olduğunu gösterir. En düşük TEA değeri, 11,5 ile V33 çeşidinde kaydedilmiştir. Bu, V33'ün daha küçük bir yüzey alanına ve daha düşük hücresel yoğunluğa sahip olduğunu gösterir. Diğer çeşitler arasında TEA değerleri orta seviyelerde değişiklik göstermektedir. Örneğin, V62 14,8 ve V67 13,6 gibi çeşitler farklı yüzey alanı büyüklüklerini yansıtmaktadır. TEA değeri, elma çeşitlerinin büyüme potansiyelini ve çevresel koşullara dayanıklılığını anlamak için de önemli bir göstergedir. Yüksek TEA değerine sahip çeşitler, genellikle daha iyi gelişim göstermekte ve çeşitli iklim koşullarına daha dayanıklı olabilmektedir.

Genel olarak, veriler, test edilen elma çeşitleri arasında önemli farklılıklar olduğunu göstermektedir. V65 çeşidi tutarlı bir şekilde en büyük boyut ve ağırlığı gösterirken, V33 çoğu fiziksel parametrede en düşük değerleri kaydetmiş ancak en yüksek SÇKM değerine sahiptir. Bu analiz, belirli üretim ihtiyaçları ve pazar tercihleri için uygun elma çeşitlerini belirlemek açısından önemlidir. SÇKM ve TEA değerleri, elma çeşitlerinin fiziksel ve olgunluk özelliklerini belirlemede önemli rol oynar. Bu parametreler, hem yetiştiriciler hem de tüketiciler için uygun çeşitlerin seçilmesinde kritik öneme sahiptir. Özellikle SÇKM değeri, elmanın tüketim sırasındaki dokusal ve olgunluk özelliklerini belirlerken, TEA değeri meyvenin genel büyüklüğü ve sağlığı hakkında bilgi verir. Bu veriler, elma üretiminde kalite kontrol ve pazarlama stratejilerinin oluşturulmasında önemli bir temel oluşturur.

Verilere göre, farklı elma çeşitlerinin renk parametreleri ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Bu parametreler arasında L Renk, a Renk, b Renk, renk indeksi, chroma ve HUE değerleri bulunmaktadır. Her bir parametre, elmanın görsel kalite değerlendirmesi ve tüketici tercihlerinin belirlenmesinde kritik bir rol oynamaktadır.

Tablo 13. Farklı Elma Çeşitlerinin Renk Parametreleri

Genotip No.	L Renk	a Renk	b Renk	Renk İndeksi
V4	53,37 d	29,48 a	28,35 bc	41,79 a
V9	46,37 e	30,34 a	21,21 d	37,43 bc
V29	74,59 a	2,65 d	31,89 ab	32,03 f
V31	46,59 e	23,25 b	21,53 d	32,66 ef
V33	62,08 c	11,16 c	31,68 ab	35,13 cde
V41	40,65 f	28,9 a	16,46 e	33,65 def
V62	67,59 b	0,19 e	35,57 a	35,84 cd
V65	43,25 ef	29,23 a	15,25 e	33,32 def
V67	44,07 ef	29,98 a	25,35 c	39,67 ab
Toplam	53,17	20,58	25,25	35,72

L renk değeri (Parlaklık) L renk değeri, elmanın parlaklık seviyesini ifade eder. Bu değer, elmanın yüzeyinin ne kadar parlak veya mat olduğunu gösterir. En yüksek L Renk değeri 74,59 ile V29 çeşidinde gözlemlenmiş olup, bu da V29'un diğer çeşitlere göre daha parlak bir yüzeye sahip olduğunu göstermektedir. Buna karşın, en düşük L renk değeri 40,65 ile V41 çeşidinde bulunmuştur. Tüm çeşitler için ortalama L renk değeri 53,17'dir.

A renk değeri (Kırmızılık-Yeşillik) a renk değeri, kırmızılık-yeşillik eksenini belirtir. Pozitif a değeri kırmızılığı, negatif a değeri ise yeşilliği ifade eder. V9, V4, V65, V41 ve V67 çeşitleri benzer a değerlerine sahipken, V62 çeşidinde negatif a değeri 0,19 gözlemlenmiştir, bu da V62'nin yeşil tonlarına daha yakın olduğunu göstermektedir. Ortalama a Renk değeri 20,58 olarak belirlenmiştir.

B renk değeri (Sarılık-Mavilik) b renk değeri, sarılık-mavilik eksenini gösterir. Pozitif b değeri sarılığı, negatif b değeri ise maviliği ifade eder. En yüksek b Renk değeri 35,57 ile V62 çeşidinde bulunmuşken, en düşük b Renk değeri 15,25 ile V65 çeşidinde kaydedilmiştir. Bu, V62'nin daha sarı tonlarında, V65'in ise daha mavi tonlarında olduğunu göstermektedir. Ortalama b Renk değeri 25,25 'tür.

Renk İndeksi, elmanın genel renk tonunu ve doygunluğunu yansıtan bir parametredir. En yüksek renk indeksi 41,79 ile V4 çeşidinde bulunmuş, en düşük renk indeksi ise 32,03 ile V29 çeşidinde gözlemlenmiştir. Bu, V4'ün daha doygun ve canlı renklere sahip olduğunu, V29'un ise daha soluk renkler taşıdığını göstermektedir. Ortalama renk indeksi 35,72 olarak kaydedilmiştir.

Tablo 14. Farklı Elma Genotiplerinin chroma ve HUE değerleri

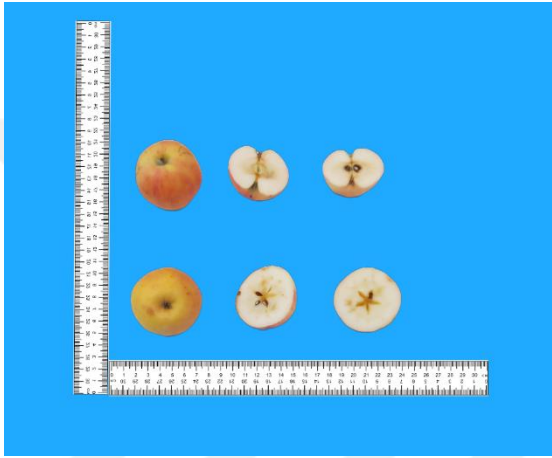
GenotipNo. No.	Chroma	HUE
V4	43,47 b	22,68 c
V9	35,18 b	33,47 b
V29	85,38 a	1,09 d
V31	42,89 b	28,14 bc
V33	69,66 a	8,05 d
V41	29,95 b	47,45 a
V62	29,59 b	0,1 d
V65	27,6 b	50,62 a
V67	40,35 b	28,89 bc
Toplam	44,9	24,5

Chroma Değeri (Renk Yoğunluğu), rengin yoğunluğunu veya saflığını ifade eder. Yüksek chroma değerleri daha yoğun ve saf renkleri, düşük chroma değerleri ise daha pastel ve soluk renkleri belirtir. V29 çeşidi 85,38 chroma değeri ile en yüksek yoğunluğa sahipken, V65 çeşidi 27,6 chroma değeri ile en düşük yoğunluğa sahiptir. Ortalama chroma değeri 44,9'tür.

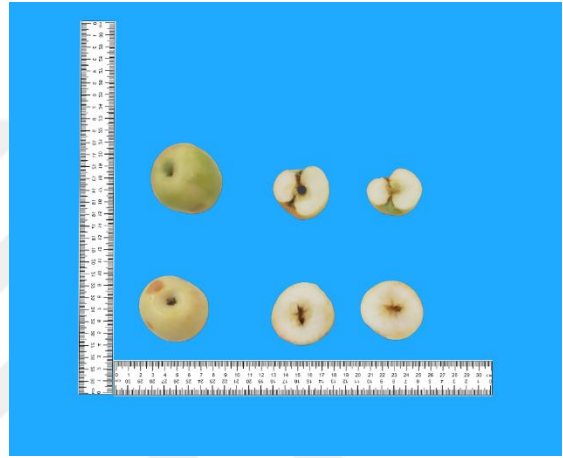
HUE Değeri (Renk Tonu), rengin tonunu ifade eder ve elmanın renk algısını belirleyen kritik bir parametredir. En yüksek HUE değeri 50,62 ile V65 çeşidinde bulunurken, en düşük HUE değeri 0,1 ile V62 çeşidinde kaydedilmiştir. Bu, V65'in daha belirgin bir renk tonuna sahip olduğunu, V62'nin ise oldukça düşük bir ton değerine sahip olduğunu göstermektedir. Ortalama HUE değeri 24,5'tür.

Bu sonuçlar, farklı elma çeşitlerinin renk parametreleri açısından önemli farklılıklar gösterdiğini ortaya koymaktadır. Özellikle, V29 çeşidi yüksek parlaklık (L Renk) ve yoğun renk (Chroma) değerleriyle dikkat çekerken, V62 çeşidi düşük a Renk ve HUE değerleri ile öne çıkmaktadır. Renk parametrelerinin doğru analizi, elma üreticilerine ve

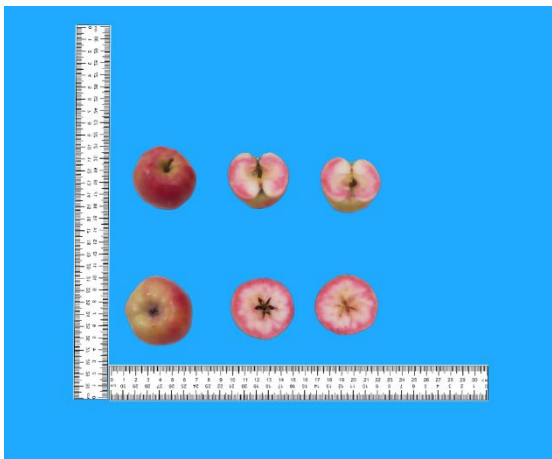
satıcılarına ürünlerinin görsel kalitesini artırma ve daha geniş bir tüketici kitlesine ulaşma konusunda yardımcı olacaktır. Elma çeşitlerinin bu detaylı renk analizi, kalite kontrol, depolama ve pazarlama stratejilerinin geliştirilmesinde kritik bir rol oynar. Tüketici tercihlerini yönlendiren bu parametreler, aynı zamanda elma çeşitlerinin yetiştirilmesi ve hasat edilmesi sırasında alınacak kararları da etkiler. Bu nedenle, elma yetiştiricileri ve pazarlamacıları için bu veriler, daha kaliteli ve rekabetçi ürünler sunabilmek adına hayati öneme sahiptir.



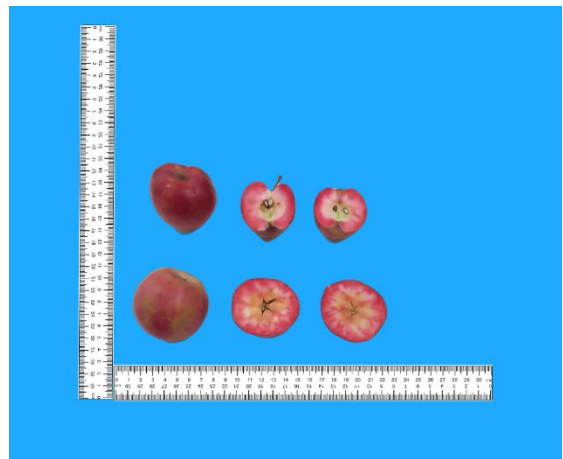
V4 : *M. kirghisorum*



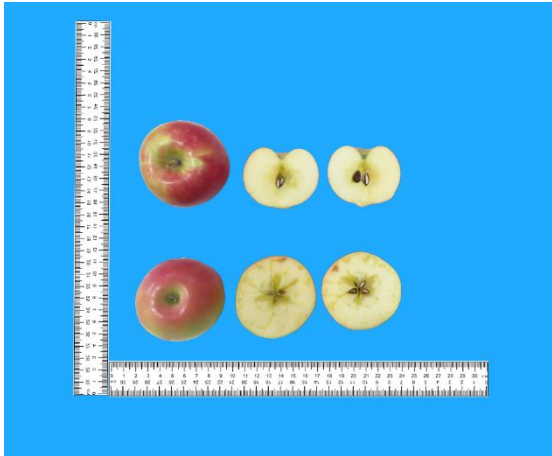
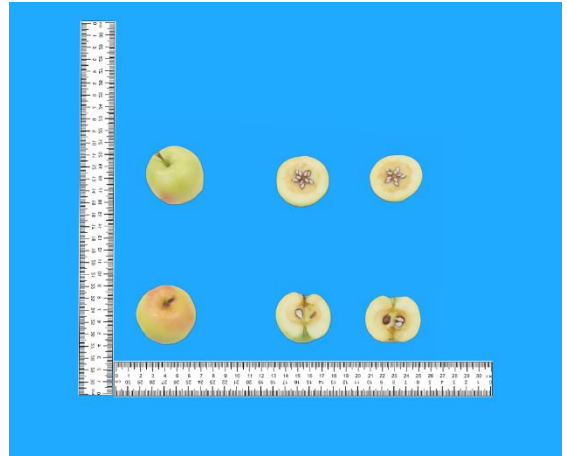
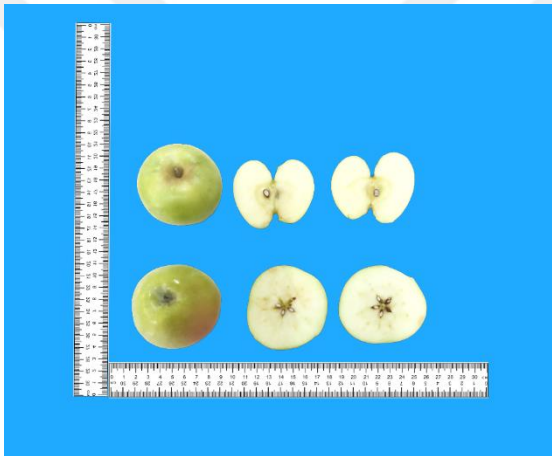
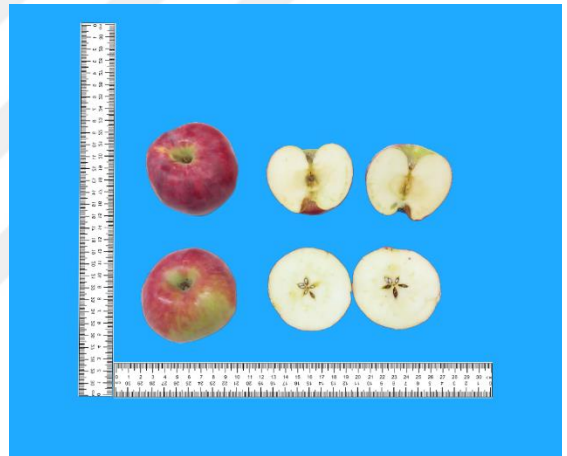
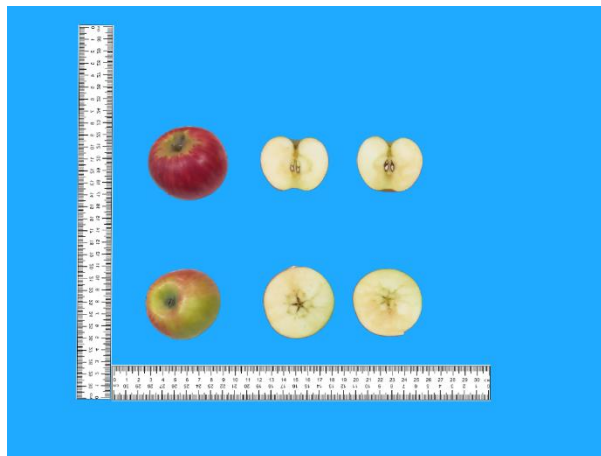
V29 : *M. Kirghisorum*



V9 : *M. niedzwetzkyana*



V41 : *M. niedzwetzkyana*

V31 : *M. sieversii*V33 : *M. Sieversii*V62 : *M. domestica*V65 : *M. Domestica*V67 : *M. Domestica*

Şekil 12. Elma türlerinin morfolojisi

M. niedzwetzkyana (V9 ve V41) genotiplerinin, *M. sieversii* (V31 ve V33) ve *M. domestica* (V62, V65, V67) genotiplerine göre farklı pomolojik özelliklere sahip olduğu bulunmuştur. *M. niedzwetzkyana*'nın genellikle daha küçük meyvelere sahip olduğu, meyve ağırlığının 19,58-35,26 gram, çapının 28,7-35,26 mm ve meyve yüksekliğinin 28,7-35,26 mm arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Buna karşın, *M. sieversii* ve *M. domestica* daha geniş bir pomolojik varyasyon göstermiş ve *M. domestica* genel olarak daha büyük meyvelere sahip olmuştur.

M. kirghisorum (V4 ve V29) genotipinin benzersiz bir pomolojik profil sergilediğini ortaya koymuştur. *M. kirghisorum* meyvelerinin genellikle orta büyüklükte olduğu, ortalama çapın 57,25 mm ve ortalama yüksekliğin 47,39 mm olduğu belirtilmiştir. Bu durum diğer genotiplerden farklılık göstermektedir.

M. domestica'nın boyut, ağırlık ve meyve şekli gibi pomolojik özelliklerde geniş bir varyasyon gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu araştırmanın bulguları, *M. domestica* (V62, V65, V67) genotiplerinde 91,59-197,89 gram arasında değişen meyve ağırlıkları, 57,25-82,62 mm arasında değişen çaplar ve 47,39-64,77 mm arasında değişen yüksekliklerle geniş bir varyasyon olduğunu göstermektedir.

Yapılan araştırma sonuçları ile üvez (*Sorbus domestica* L.) üzerine yapılan çalışmaların bulguları arasında bazı farklılıklar bulunmaktadır. Kartal ve ark. (2019) tarafından yapılan çalışmada, üvez meyvelerinin olgunlaşma sürecinde boyut ve ağırlık açısından azalma gösterdiği belirlenmiştir. Olgun olmayan üvez meyveleri ortalama 23,23 gram ağırlığındayken, olgunlaştıktan sonra bu değer 18,23 grama düşmüştür. Bu durum, elma türlerinde gözlenen büyüme paterni ile farklılık göstermektedir.

Elma türlerinde ise, özellikle *Malus domestica* genotiplerinin daha geniş bir pomolojik varyasyon sergilediği ve genellikle daha büyük meyvelere sahip olduğu bildirilmiştir. Buna karşın, üvez üzerine yapılan çalışmada meyve boyutları arasındaki farklılıklar doğrudan karşılaştırılmamıştır. Ancak sunulan veriler, üvez meyvelerinin 29,25-34,65 mm çap ve 29,99-32,65 mm boy aralığında değiştiğini göstermektedir. Bu durum, üvezin de meyve boyutu bakımından önemli bir çeşitlilik potansiyeline sahip olabileceğini düşündürmektedir.

Genel olarak, elma ve üvez gibi farklı meyve türlerinin pomolojik özellikleri arasında genetik ve çevresel faktörlere bağlı olarak çeşitlilik görülebilmektedir. Bu tür kapsamlı bilgilerin, her iki meyve türünün ıslah ve geliştirilmesi programlarında kullanılması önem taşımaktadır.

Yapılan çalışmada Barsukova (2020), *Malus niedzwetzkyana*'nın yeni, istenilen özelliklere sahip (yüksek antosiyanin içeriği ve çekici süs bitkisi değeri gibi) çeşitlerin geliştirilmesinde çok iyi bir potansiyele sahip olduğunu vurgulamaktadır. Elma türlerinin pomolojik özelliklerini inceleyen diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında, *M. niedzwetzkyana*'nın özellikle süs bitkisi olarak kullanım potansiyeli açısından öne çıktığını göstermektedir. Örneğin, *M. sieversii* ve *M. domestica* genotiplerinin daha geniş bir pomolojik varyasyon sergilediği ve genellikle daha büyük meyvelere sahip olduğu bildirilmiştir. Ancak, *M. niedzwetzkyana*'nın kırmızı ve koyu kırmızı meyve etine sahip genotiplerinin çiçeklenme ve meyvelenme dönemlerinde özellikle dikkat çekici olduğu vurgulanmaktadır (Barsukova, 2020). Bu bağlamda, *M. niedzwetzkyana*'nın süs bitkisi olarak kullanım potansiyelinin araştırılması, elma ıslahı çalışmalarında dikkate alınması gereken önemli bir husustur. Meyve kalitesi ve görünümü açısından dikkat çekici genotiplerin belirlenmesi ve bunların süs bitkisi olarak kullanımının yaygınlaştırılması, türün genetik çeşitliliğinin korunması ve değerlendirilmesi açısından faydalı olacaktır.

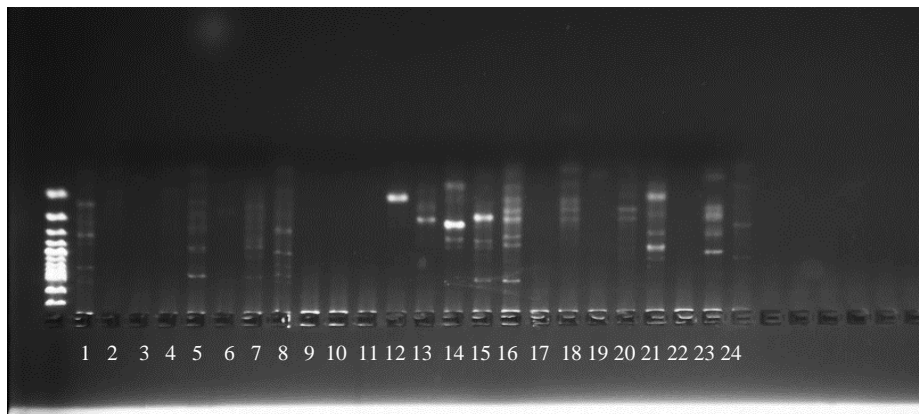
Bu bulgular, *M. domestica* genotiplerinde yüksek genetik çeşitliliği göstermektedir. Bunun yanı sıra, bu çalışmada SÇKM ve TEA gibi parametreler de analiz edilmiştir. SÇKM, elma meyvesinin olgunluk ve doku düzeyinin bir göstergesidir. En yüksek TEA değeri V33 genotipinde (%0,73) bulunmuş olup, bu durum, bu genotipin diğerlerine göre daha spesifik olgunluk ve doku düzeyine sahip olduğunu göstermektedir.

En yüksek TEA değeri ise V65 genotipinde (%15,1) bulunmuş olup, bu durum daha yüksek yüzey alanı ve hücresel yoğunluğa işaret etmektedir. Genel olarak, bu araştırmanın sonuçları, her bir elma genotipinin kendine özgü bir pomolojik profile sahip olduğunu ve özellikle *M. sieversii* ve *M. domestica* genotiplerinde geniş bir varyasyon olduğunu doğrulamaktadır.

Pomolojik özellikler hakkındaki bu anlayış, üstün elma çeşitlerinin ıslahı ve geliştirilmesi programları için ve taze tüketim veya işleme gibi belirli amaçlar için uygun genotiplerin seçimi için önemlidir. SÇKM ve TEA gibi parametreler de meyve kalitesi ile ilgili önemli bilgiler sağlamaktadır.

3.5 Elma Türlerinde SRAP ve POX Markerları İle Akrabalık İlişkilerinin Analizi

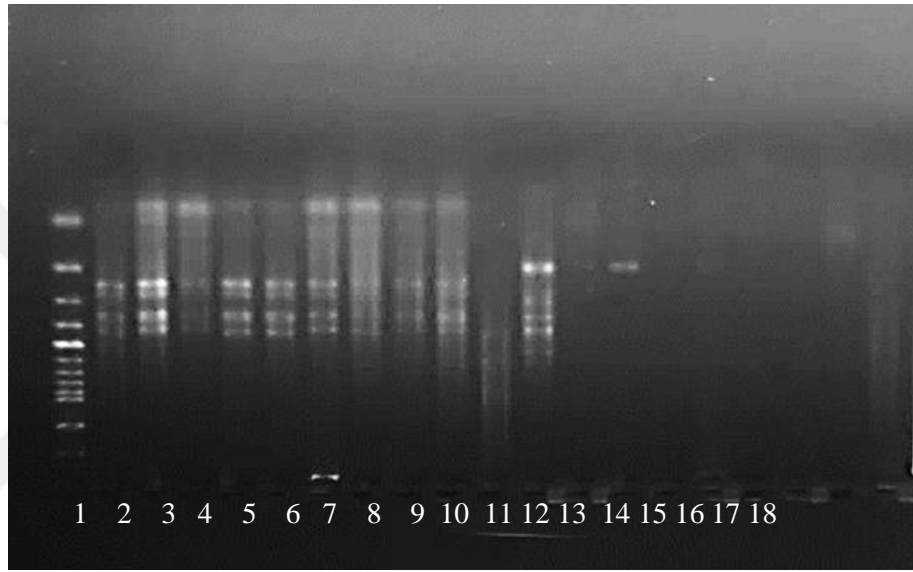
Bu çalışmada, elma türlerinde genetik çeşitliliğin korunmasının önemi vurgulanmış ve SRAP (Sequence-Related Amplified Polymorphism) markörlerinin kullanımıyla polimorfizm analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında, 18 primer kombinasyonu kullanılarak 64 bant elde edilmiş ve polimorfizm oranı %83,5 olarak belirlenmiştir. SRAP primerlerinin çeşitli elma türleri üzerinde yüksek polimorfizm oranları sağladığı gözlemlenmiştir. Özellikle Em2Me12, Em2Me4, Em6Me9, Em7Me7 ve Em7Me9 primerleri %100 polimorfizm oranı ile en yüksek değeri göstermiştir. En yüksek toplam polimorfik bant sayısını gösteren SRAP Em2Me12 primeri, %100 oranında 11 polimorfik bant ortaya çıkarmıştır. Tüm primer uygulamalarında toplam polimorfik bant sayısı 43 olarak kaydedilmiştir. Diğer yandan, SRAP primerleri Em3Me12, Em5Me12 ve Em8Me7 %75 polimorfizm oranına sahipken, diğer SRAP primerleri %50 ile %33 arasında değişen polimorfizm oranları göstermiştir. Araştırmanın bulguları, elma türlerinde genetik çeşitliliğin korunmasının ve bu çeşitliliğin yönetimi için yapılan çalışmalarda SRAP markörlerinin önemli bir araç olduğunu ortaya koymaktadır.



Şekil 13. SRAP primerlerinin UV altında jel görüntüsü

Tablodan, 18 temel SRAP kombinasyonundan toplam 64 bant elde edildiği ve polimorfizm oranlarının %83,5 olarak belirlendiği görülmektedir. SRAP primerleri, Em2Me12, Em2Me4, Em6Me9, Em6Me9, Em7Me7 ve Em7Me9 primerleri ile en yüksek

polimorfizm oranına (%100) sahip olmak üzere birçok elma çeşidi için yüksek polimorfizm oranları sağlamıştır. SRAP Em2Me12 primeri, %100 oranında 11 polimorfik bantı ortaya çıkararak en yüksek toplam polimorfik sayıyı gösterdi. 18 primerin tüm uygulamalarından elde edilen polimorfik bant sayısı 43 polimorfik banttır. Em3Me12, Em5Me12, Em8Me7 SRAP primerlerinin %75 polimorfik oran elde ettiği gözlemlenirken, diğer SRAP primerleri %50 ila %33 arasında değişen bir polimorfik orana sahiptir. Temel SRAP kullanımıyla elde edilen polimorfik oran %75'tir.



Şekil 14. POX primerleri UV altında jel görüntüsü

Dört farklı türe ait olan dokuz elma genotipinin benzerlik seviyeleri, 0.450 ile 0.95 arasında değişim gösterdi (Şekil 3.2). Bu sonuçlar, Goulao ve Oliveira'nın (2001) ISSR işaretleyicileri kullanarak elde ettiği sonuçlarla (~0.75-1.00) ve Uzun ve diğerlerinin (2016) bulguları ile benzerlik gösterdi.

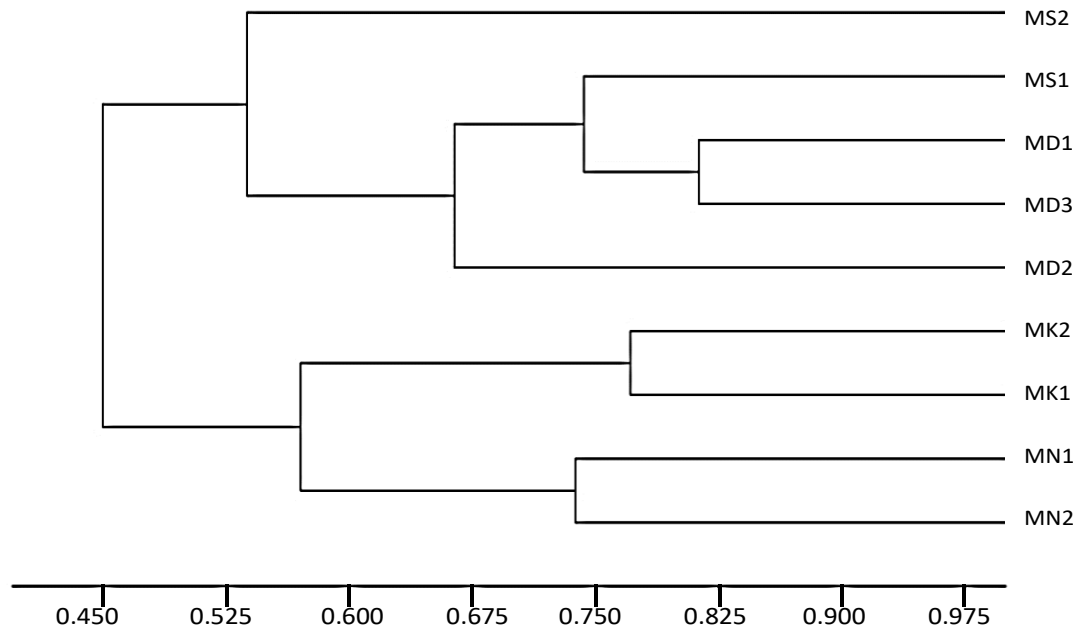
Bu benzerlikler, elma genotiplerinin genetik yapılarının korunmasında ve çeşitliliğin sürdürülmesinde önemli ipuçları sunabilir. Farklı genotipler arasındaki benzerlik seviyelerinin belirlenmesi, gelecekteki ıslah programları için değerli bir başlangıç noktası olabilir. Bununla birlikte, bu sonuçların doğruluğunu artırmak için daha kapsamlı genetik analizlerin yapılması ve farklı işaretleyici tiplerinin kullanılması önerilebilir. Bu tür çalışmalar, elma genetik kaynaklarının korunması ve çeşitliliğin daha iyi anlaşılması açısından önemli katkılar sağlayabilir.

Tablo 15. SRAP ve POX primerleri ile taranan türlerintoplam bant sayısı (TFN), polimorfik bant sayıları (PFN), polimorfizm oranlarının (PR) listesi

Primerler	Toplam Bant Sayısı	Polimorfik Bant Sayısı	Polimorfizm oranı (%)
Em3Me11	7	3	43
Em3Me12	4	3	75
Em2Me10	2	1	50
Em2Me12	11	11	100
Em2Me13	4	2	50
Em5Me12	4	3	75
Em2Me4	2	2	100
Em3Me10	3	1	33
Em5Me7	2	1	50
Em5Me13	2	1	50
Em6Me9	2	2	100
Em8Me7	4	3	75
Em8Me2	3	1	33
Em8Me4	5	2	40
Em7Me2	2	1	50
Em7Me4	2	1	50
Em7Me7	2	2	100
Em7Me9	3	3	100
Pox 10Fa-Rc	2	1	50
Pox 1F-R	2	0	0
Pox 5F-R	2	0	0
Pox 12Fa-Ra	2	1	50
Pox 10Fa-Rb	2	1	50
Pox 8F-Rc	2	1	50
<i>Toplam</i>	<i>76</i>	<i>47</i>	<i>75</i>

Elma türleri içinde genetik çeşitliliğin korunmasının önemi, pek çok önceki çalışma tarafından vurgulanmıştır. Benzer şekilde, Uzun ve ark. (2016) Türk ve uluslararası çeşitlerin karışık bir gruplamasını gözlemlemiştir. Bu sonuçlar, önceki araştırmalarla uyumlu olarak dikkate değer genetik varyasyonu göstermektedir.

Bu sonuçlar, elma türleri arasında önemli bir genetik farklılığın varlığını desteklemektedir. Bu genetik farklılıklar, hastalıklara karşı direnç, meyve kalitesi ve adaptasyon gibi önemli tarımsal özelliklerin korunması ve geliştirilmesi açısından büyük öneme sahiptir. Dolayısıyla, elma türlerinin genetik çeşitliliğinin korunması, tarımsal sürdürülebilirlik ve gelecekteki yetiştirme programları için kritik bir konudur. Bu nedenle, genetik çeşitliliği korumak ve genetik kaynakları etkin bir şekilde kullanmak için daha fazla araştırmaya ve koruma çabalarına ihtiyaç duyulmaktadır.



Şekil 15. Marker analizleri sonucunda UPGMA methodu ile oluşturulmuş dendrogram

Bu çalışma, incelenen elma türleri arasındaki akrabalık ilişkilerini yansıtan dendrogramda iki temel grubun belirlenmesine yönelik olarak önemli bir katkı sunmaktadır. Bir önceki çalışma, *M. domestica* çeşidi ve *M. sylvestris*'in aynı sıkı kümeye yerleştirildiğini ortaya koymuştur. Aynı bir incelemede ise, *M. sylvestris* ve *M. domestica* arasında yüksek düzeyde haplotip paylaşımı, türler arası gen akışını önermektedir (Coart ve ark., 2006). Bu nedenle, bu çalışma, elma türü içindeki genetik çeşitliliğin anlaşılmasına değerli bir katkı sağlamakta olup elma tarımının sürdürülebilir yönetimi ve ıslahı için potansiyel etkiler taşımaktadır.

Bu çalışma, dört farklı elma türünü temsil eden dokuz genotip arasında önemli düzeyde genetik çeşitlilik ortaya çıkarmıştır. Cornille ve ark. (2012), *M. sieversii*'nin (*M.*

domestica) geliştirilmesinde temel bir rol oynadığını belirtmektedir. Çalışmaya göre, *Malus sieversii* (*M. domestica*'nın atası) elma türünün, kültür elması (*M. domestica*) ıslahında temel bir rol oynadığı belirtilmektedir. Çalışmada, *M. sieversii*'nin, *M. domestica*'nın genetik çeşitliliğinin oluşmasında önemli bir kaynak olduğu vurgulanmaktadır. Yabani elma türü *M. sieversii*, Orta Asya'da doğal olarak yayılış göstermekte ve kültür elması *M. domestica*'nın atası olarak kabul edilmektedir. Araştırmacılar, *M. sieversii*'nin genetik çeşitliliğinin, tarihsel süreçte insanlar tarafından toplanarak ve çeşitli bölgelere taşınarak, *M. domestica*'nın geliştirilmesinde temel bir kaynak oluşturduğunu ortaya koymuştur. Bu sayede, *M. sieversii*'nin gen havuzunun, kültür elmasının ıslahı ve geliştirilmesinde önemli bir role sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Araştırmamızda, oluşturulan dendrogramda iki ana grup oluşmuş, *M. sieversii* ve *M. domestica*'nın birlikte bir ana grubu oluşturduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar iki tür arasındaki yakın ilişkiyi vurgulayan önceki araştırmacıların bulgularıyla uyumludur (Cornille ve ark. 2012).

M. sieversii ve *M. niedzwetzkyana*, sağlam stres toleransı ile tanınan ve dolayısıyla dikkate değer öncül türler olarak konumlandırılan türlerdir. Bu ağaçlar, meyve morfolojisinde, fenolik içeriğinde, uçucu bileşenlerde ve şeker asit bileşimlerinde önemli çeşitlilik göstermektedirler. Özellikle, fonksiyonel bileşenler arasında, özellikle polifenoller ve kalsiyum, yetiştirilen elmalarındaki 'Starking' çeşidine göre yaklaşık üç kat daha fazla bulunmaktadır. Bu türlerin meyveleri, 177 çeşit aromatik bileşen içermekte olup, bunların 90'ı, asetaller ve laktonlar gibi, *M. sieversii*'ye özgüdür. Bu özel bileşenler, Zhang ve ark. (2008) tarafından belirtilene göre daha fazla keşif ve kullanım potansiyeline sahiptir.

Bu çalışma, dört farklı elma türünü temsil eden dokuz genotip arasında önemli düzeyde genetik çeşitlilik ortaya çıkarmıştır. Analiz sonuçları, *Malus niedzwetzkyana* ve *Malus kirghisorum* türlerinin ilk grupta yer aldığı, *Malus domestica* ve *Malus sieversii*'nin ise ikinci grupta yer aldığı şeklinde iki temel gruplandırmaya yol açmıştır. Bu gözlem, Gharghani ve diğerleri (2009) tarafından yapılan daha önceki araştırma bulgularıyla uyumludur ve Türk, Kırgız ve çeşitli uluslararası elma çeşitlerinin ayrı değil, karışık bir gruplama gösterdiğini göstermektedir.

3.6 Polietilen Glikol (PEG) İle Kuraklığa toleransın In Vitro Ortamda Belirlenmesi

Bu çalışmada, elma doku kültüründe kuraklık stresi oluşturulan bitki boyu, gövde çapı ve yaprak sayısı üzerindeki etkileri kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Araştırma sonuçları, kuraklık stresinin farklı elma türlerine etkilerinin belirlenmesini sağlamıştır. Bitki boyu açısından değerlendirildiğinde, kuraklık stresi elma türlerinde farklı etkiler yaratmıştır. Kuraklık stresi uygulanmamış bitkilerde en uzun bitki boyu V9 çeşidinde 60,8 mm olarak kaydedilirken, kuraklık stresi altında bu değer 30,47 mm'ye düşmüştür. Bu durum, kuraklık stresinin bazı çeşitlerde bitki boyunu azaltırken, V67 çeşidinde olduğu gibi bazı durumlarda artırıcı bir etkisi olabileceğini göstermektedir.

Tablo 16. Elma Çeşitlerinin PEG Stresine Yanıtlarının Bitki Boyu ve Gövde Çapı Üzerindeki Etkisi

Genotip	Bitki Boyu (mm)		Gövde Çapı (mm)	
	Kontrol	Kuraklık Stresi	Kontrol	Kuraklık Stresi
V4	55,2 ab	34,37 ab	10,63 b	25,73 a
V9	60,8 a	30,47 b	37,47 a	17,47 ab
V29	30,23 ab	12,87 cd	29,5 ab	12,6 ab
V31	13,73 b	6,83 d	13,07 b	2,63 b
V33	48,23 ab	32,9 a	26,93 ab	25,27 a
V41	25,83 ab	28,3 bc	15,9 b	13,8 ab
V62	25,57 ab	29,1 bc	25,13 ab	27,2 a
V65	27,6 ab	37,37 ab	26,47 ab	11,97 ab
V67	31,27 ab	34,77 ab	21,13 ab	20,2 a
Total	33,68 ± 4,55	29,14	21,8	17,65

Gövde çapı üzerine kuraklık stresinin etkisi incelendiğinde, sonuçlar çeşitlere göre değişiklik göstermiştir. V9 çeşidinde, kuraklık stresi olmayan ortamda gövde çapı 37,47 mm iken, kuraklık stresi altında bu değer 17,47 mm'ye düşmüştür. Benzer şekilde, diğer çeşitlerde de kuraklık stresinin gövde çapını genellikle azalttığı gözlemlenmiştir. Örneğin, V67 çeşidinde kuraklık stresi olmayan ortamda gövde çapı 21,13 mm iken, kuraklık stresi altında 20,2 mm olarak kaydedilmiştir. Bu bulgular, kuraklık stresinin

gövde gelişimini baskılayıcı bir etkisi olabileceğini ancak bu etkinin çeşide bağlı olarak farklılık gösterebileceğini işaret etmektedir.

Diğer bir araştırmada, kuraklık stresinin *Corchorus olitorius* bitkisinin gövde çapını önemli ölçüde azalttığı bildirilmiştir. Brassica türlerinde yapılan bir çalışmada da kuraklık stresinin SPAD değerini (yaprak klorofil içeriği) %14-27 oranında düşürdüğü rapor edilmiştir (Yakoub, 2016).

Kuraklık stresinin gövde gelişimi üzerindeki olumsuz etkisi, bitkilerin su alımını azaltması ve fotosentez oranını düşürmesi ile ilişkilendirilmektedir. Bitki türüne göre değişmekle birlikte, kuraklık stresi altında gövde çapında %14 ile %53 arasında değişen oranlarda azalmalar gözlenebilmektedir (Red, 2023).

Tablo 17. Elma Çeşitlerinin Kuraklık Stresi Altında Morfolojik Gözlemleri

Genotip	Yaprak Sayısı		Yaprak Boyu (mm)		Yaprak Eni (mm)	
	Kontrol	Kuraklık Stresi	Kontrol	Kuraklık Stresi	Kontrol	Kuraklık Stresi
V4	7,33 b	7,33 ab	16,33 ab	10,97 bcd	7,67 bc	6,8 ab
V9	9,33 b	3,67 b	15,67 abc	13,23 a-d	9 bc	5,73 ab
V29	9,67 b	3,67 b	22,23 a	7,5 d	11,03 abc	2,3 b
V31	3,67 c	2,33 b	12,1 bc	6,2 d	6,67 bc	2,77 b
V33	6,67 b	5,33 b	11,53 bc	13,53 a-d	8,4 bc	3,37 b
V41	3 b	5 b	18,37 ab	8,67 a-d	16,9 a	3,5 b
V62	6,67 b	8,33 ab	11,37 bc	18,47 ab	4,57 bc	5,4 ab
V65	9,33 b	8,33 ab	18,4 ab	16,37 abc	11,27 ab	8,17 a
V67	17,33 a	12,33 a	20,9 c	19,33 a	3,93 c	8,53 a
Total	7	6,26	14,88	12,7	8,83	5,17

Yaprak sayısı açısından da kuraklık stresinin etkisi belirgin olmuştur. V67 çeşidinde, kuraklık stresi olmayan ortamda yaprak sayısı $17,33 \pm 4,84$ iken, kuraklık stresi altında $12,33 \pm 3,38$ 'e düşmüştür. V9 çeşidinde ise, kuraklık stresi olmayan ortamda $9,33 \pm 4,1$ olan yaprak sayısı, kuraklık stresi altında $3,67 \pm 0,88$ olarak kaydedilmiştir. Bu veriler, kuraklık stresinin genel olarak yaprak sayısını azalttığını, ancak bu etkinin çeşitlere göre

değişiklik gösterebileceğini ortaya koymaktadır. Yaprak sayısındaki bu azalma, kuraklık stresinin bitki gelişimi üzerinde stres yaratıcı bir etkisi olabileceğini düşündürmektedir.

Kuraklık stresinin yaprak boyu üzerindeki etkileri çeşitler arasında farklılık göstermiştir. Kuraklık stresi olmayan ortamda en uzun yaprak boyu $22,23 \pm 2,84$ mm ile V29 çeşidinde gözlemlenmiştir. Ancak, kuraklık stresi altında bu değer $7,5 \pm 3,99$ mm'ye düşmüştür. Benzer şekilde, V41 çeşidinde kuraklık stresi olmayan ortamda yaprak boyu $18,37 \pm 4,56$ mm iken, kuraklık stresi altında $8,67 \pm 1,61$ mm'ye düşmüştür. Bununla birlikte, V67 çeşidinde kuraklık stresinin varlığı yaprak boyunu artırıcı bir etki göstermiştir; kuraklık stresi olmayan ortamda $20,9 \pm 3,08$ mm olan yaprak boyu, kuraklık stresi altında $19,33 \pm 2,38$ mm'ye yükselmiştir. Bu durum, kuraklık stresinin bazı çeşitlerde yaprak boyunu artırıcı etkisi olabileceğini, diğerlerinde ise azaltıcı bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Yaprak eni açısından bakıldığında, kuraklık stresinin varlığı ve yokluğu arasında belirgin farklar gözlenmiştir. Örneğin, V41 çeşidinde kuraklık stresi olmayan ortamda yaprak eni $16,9 \pm 1,78$ mm iken, kuraklık stresi altında bu değer $3,5 \pm 1,22$ mm'ye düşmüştür. Buna karşın, V67 çeşidinde kuraklık stresi olmayan ortamda $3,93 \pm 2,04$ mm olan yaprak eni, kuraklık stresi altında $8,53 \pm 1,71$ mm olarak kaydedilmiştir. Bu bulgular, kuraklık stresinin yaprak eni üzerinde çeşitlere bağlı olarak farklı etkiler gösterebileceğini ortaya koymaktadır.

Genel olarak, kuraklık stresinin elma doku kültüründe yaprak boyu ve eni üzerinde önemli etkiler yarattığı görülmüştür. Kuraklık stresinin varlığı, yaprak boyu ve eni gibi morfolojik parametrelerde belirgin değişikliklere neden olmuştur. Bu bulgular, kuraklık stresinin stres koşulları altında bitki gelişimini düzenlemek amacıyla kullanıldığında, bitki türüne özgü tepkilerin dikkate alınması gerektiğini vurgulamaktadır.

Kuraklık stresi, bitkilerde osmotik stres oluşturarak su kaybını azaltan ve hücre duvarlarını stabilize eden bir bileşiktir. Kuraklık stresinin bu özellikleri, bitki hücrelerinin su tutma kapasitesini artırarak, özellikle kuraklık gibi stres koşullarında bitki hayatta kalma oranını yükseltebilir. Ancak, kuraklık stresinin yüksek konsantrasyonları, bitki hücrelerinde toksik etkilere neden olabilir ve bu da bitki gelişimini olumsuz yönde

etkileyebilir. Çeşitlerin kuraklık stresine karşı farklı tepkiler göstermesi, bitkilerin genetik yapılarının ve adaptasyon yeteneklerinin farklılığından kaynaklanmaktadır.

Bu çalışmanın bulguları, elma doku kültüründe kuraklık stresinin optimize edilmesi gerektiğini ve bitki çeşitlerinin kuraklık stresine karşı gösterdiği duyarlılıkların dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Gelecekte yapılacak çalışmalar, kuraklık stresi konsantrasyonlarının ve uygulama sürelerinin çeşit bazında optimize edilmesine yönelik daha detaylı araştırmaları içermelidir. Ayrıca, kuraklık stresinin farklı konsantrasyonlarının ve uygulama sürelerinin bitki gelişimi üzerindeki uzun vadeli etkilerini inceleyen çalışmalar da önemli bilgiler sağlayabilir. Bu tür araştırmalar, elma doku kültüründe kuraklık stresinin kullanımının etkinliğini artırmak ve bitki çeşitlerine uygun en iyi uygulama yöntemlerini belirlemek açısından kritik öneme sahiptir.

Genel olarak, kuraklık stresinin elma doku kültüründe bitki morfolojisi üzerinde önemli etkiler yarattığı görülmüştür. Bitki boyu, gövde çapı ve yaprak sayısı gibi morfolojik parametreler, kuraklık stresi altında belirgin değişiklikler göstermiştir. Bu bulgular, kuraklık stresinin stres koşulları altında bitki gelişimini düzenlemek amacıyla kullanıldığında, bitki türüne özgü tepkilerin dikkate alınması gerektiğini vurgulamaktadır. Kuraklık stresinin elma doku kültüründe optimize edilmesi, bitki çeşitlerinin kuraklık stresine karşı duyarlılıklarının belirlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Domates bitkisi üzerinde yapılan bir çalışmada, farklı gölgeleme yüzdeleri (kuraklık stresini simüle etmek için) bitkinin büyüme parametreleri üzerinde çok önemli etkilere sahip olduğu bulunmuştur. Bitki yüksekliği, yaprak sayısı, çiçek açma zamanı, meyve sayısı ve meyve ağırlığı gibi değişkenler üzerinde etkili olmuştur (Kartika, 2015). En iyi büyüme ve verim, %30 gölgeleme uygulamasından elde edilmiştir. Pırasa bitkisi üzerinde yapılan başka bir çalışmada ise, fide sürgünlerinin kesilmesi (kuraklık stresi formu olarak) bitki yüksekliği, yaprak sayısı ve sürgün sayısı üzerinde önemli ve çok önemli etkilere sahip olduğu görülmüştür. En yüksek taze ağırlık, bitki tepesinin 2/3'ünün kesildiği uygulamadan elde edilmiştir (Qibtiyah, 2016) .

Tablo 18. Elma Çeşitlerinin PEG Stresine Yanıtlarının Kök Yas Ağırlık, Kök Yaş Uzunluğu ve Kök Kuru Ağırlık Üzerindeki Etkisi

Genotip	Kök Ağırlık (g)		Kök Uzunluğu (mm)		Kök Kuru Ağırlık (g)	
	Kontrol	Kuraklık Stresi	Kontrol	Kuraklık Stresi	Kontrol	Kuraklık Stresi
V4	0,12 b	0,03 cd	44,57 a	2,37 bc	0,12 bc	0,03 a
V9	0,1 b	0,03 cd	18,83 ab	4,47 bc	0,03 cde	0,03 a
V29	0,19 b	0 d	0,35 b	0 c	0 e	0,02 a
V31	0,03 b	0 d	0,03 b	0 c	0 e	0 a
V33	0,23 b	0,12 abc	25,97 ab	20,97 a	0,23 a	0,06 a
V41	0,03 b	0,2 ab	4,33 b	14,5 ab	0,13 b	0,03 a
V62	0,53 a	0,22 a	0,27 b	0,05 c	0,1 bcd	0,1 a
V65	0,12 b	0,03 cd	1,1 b	0,03 c	0,01 de	0,12 a
V67	0,1 b	0,1 bcd	7,5 b	8,33 bc	0 e	0,12 a
Total	0,16	0,08	10,33	5,64	0,07	0,06

Bu çalışmada, kuraklık stresinin (polietilen glikol, PEG) kullanımının elma doku kültüründe yaprak ve kök gelişimi üzerindeki etkileri detaylı olarak incelenmiştir. Elde edilen veriler, kuraklık stresinin çeşitli morfolojik parametreler üzerinde belirgin etkiler yarattığını ortaya koymaktadır. Bu bölümde, kuraklık stresinin yaprak boyu, yaprak eni, kök yaş ağırlığı, kök kuru ağırlığı, kök uzunluğu, sürgün yaş ağırlığı, sürgün kuru ağırlığı ve zararlanma skalası üzerindeki etkileri derinlemesine ele alınacaktır.

Kuraklık stresinin varlığı, yaprak boyunda genel bir azalmaya yol açmıştır. Kuraklık stresi içermeyen ortamda V29 çeşidinde en yüksek yaprak boyu 22,23 mm iken, kuraklık stresi varlığında bu değer 7,5 mm'ye düşmüştür. Benzer şekilde, V67 çeşidinde kuraklık stresi olmayan ortamda yaprak boyu 20,9 mm, kuraklık stresi içeren ortamda ise $19,33 \pm 2,38$ mm olarak kaydedilmiştir. Bu bulgular, kuraklık stresinin yaprak boyunu genel olarak azalttığını göstermektedir. Yaprak eni açısından ise, kuraklık stresinin varlığında en yüksek yaprak eni V41 çeşidinde 16,9 mm olarak gözlemlenmiştir. Kuraklık stresi içermeyen ortamda bu değer 4,57 mm'dir. Bu durum, kuraklık stresinin yaprak eni üzerinde de azaltıcı bir etkisi olduğunu göstermektedir.

Kuraklık stresinin kök yaş ağırlığı üzerindeki etkileri çeşitler arasında farklılık göstermiştir. Kuraklık stresi içermeyen ortamda V62 çeşidinde en yüksek kök yaş ağırlığı 0,53 g iken, kuraklık stresi varlığında bu değer 0,22 g'ye düşmüştür. V4 çeşidinde ise,

kuraklık stresi olmayan ortamda kök yaş ağırlığı 0,12 g, kuraklık stresi içeren ortamda 0,03 g olarak kaydedilmiştir. Bu bulgular, kuraklık stresinin kök yaş ağırlığını azalttığını göstermektedir. Kök uzunluğu açısından bakıldığında, kuraklık stresi içermeyen ortamda en uzun kök V4 çeşidinde 44,57 mm olarak gözlemlenmiştir. Ancak kuraklık stresi varlığında bu değer 2,37 mm'ye düşmüştür. Bu veriler, kuraklık stresinin kök uzunluğunu belirgin bir şekilde azalttığını göstermektedir.

Kök kuru ağırlığına gelince, kuraklık stresinin varlığı kök kuru ağırlığında da azalmaya neden olmuştur. V33 çeşidinde, kuraklık stresi içermeyen ortamda kök kuru ağırlığı 0,23 g iken, kuraklık stresi içeren ortamda 0,06 g olarak kaydedilmiştir. V67 çeşidinde ise, kuraklık stresi olmayan ortamda kök kuru ağırlığı gözlenmezken, kuraklık stresi içeren ortamda 0,12 g olarak ölçülmüştür. Bu durum, kuraklık stresinin bazı çeşitlerde kök kuru ağırlığını artırıcı bir etkiye sahip olabileceğini göstermektedir.

Kuraklık stresinin sürgün yaş ağırlığı üzerindeki etkileri de dikkat çekicidir. V67 çeşidinde, kuraklık stresi olmayan ortamda sürgün yaş ağırlığı 1,27 g iken, kuraklık stresi içeren ortamda 0,6 g olarak kaydedilmiştir. V65 çeşidinde ise, kuraklık stresi olmayan ortamda sürgün yaş ağırlığı 0,67 g, kuraklık stresi varlığında ise 0,43 g olmuştur. Bu bulgular, kuraklık stresinin sürgün yaş ağırlığını genellikle azalttığını göstermektedir. Sürgün kuru ağırlığı açısından, kuraklık stresinin varlığı ve yokluğunda belirgin farklılıklar gözlemlenmiştir. Örneğin, V4 çeşidinde kuraklık stresi olmayan ortamda sürgün kuru ağırlığı 0,08 g iken, kuraklık stresi içeren ortamda bu değer 0,06 g olarak kaydedilmiştir. Bu durum, kuraklık stresinin sürgün kuru ağırlığı üzerinde de genellikle azaltıcı bir etki yarattığını göstermektedir.

Zararlanma skalası, kuraklık stresinin bitki üzerindeki stres etkisini değerlendirmek için kullanılmıştır. Kuraklık stresi olmayan ortamda V31 çeşidinde zararlanma skalası en yüksek 5 olarak kaydedilmiştir. V67 çeşidinde ise zararlanma skalası en düşük 1.67 olarak kaydedilmiştir. Bu bulgular, kuraklık stresinin bitki üzerindeki stres etkisini azaltıcı bir rol oynayabileceğini göstermektedir. Kuraklık stresi, bitkilerde osmotik stres oluşturarak su kaybını azaltan ve hücre duvarlarını stabilize eden bir bileşiktir. Kuraklık stresinin bu özellikleri, bitki hücrelerinin su tutma kapasitesini artırarak, özellikle kuraklık gibi stres koşullarında bitki hayatta kalma oranını yükseltebilir. Ancak, kuraklık stresinin yüksek konsantrasyonları, bitki hücrelerinde toksik etkilere neden olabilir ve bu

da bitki gelişimini olumsuz yönde etkileyebilir. Çeşitlerin kuraklık stresine karşı farklı tepkiler göstermesi, bitkilerin genetik yapılarının ve adaptasyon yeteneklerinin farklılığından kaynaklanmaktadır.

Bu çalışmanın bulguları, elma doku kültüründe kuraklık stresinin optimize edilmesi gerektiğini ve bitki çeşitlerinin kuraklık stresine karşı gösterdiği duyarlılıkların dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Gelecekte yapılacak çalışmalar, kuraklık stresi konsantrasyonlarının ve uygulama sürelerinin çeşit bazında optimize edilmesine yönelik daha detaylı araştırmaları içermelidir. Ayrıca, kuraklık stresinin farklı konsantrasyonlarının ve uygulama sürelerinin bitki gelişimi üzerindeki uzun vadeli etkilerini inceleyen çalışmalar da önemli bilgiler sağlayabilir. Bu tür araştırmalar, elma doku kültüründe kuraklık stresinin kullanımının etkinliğini artırmak ve bitki çeşitlerine uygun en iyi uygulama yöntemlerini belirlemek açısından kritik öneme sahiptir.

Bu çalışma, kuraklık stresinin bitki dokusu üzerindeki etkilerini anlamada önemli bir adım olup, elma yetiştiriciliğinde daha dayanıklı ve verimli bitki çeşitlerinin geliştirilmesine katkı sağlayabilir. Kuraklık stresinin bitki gelişim parametreleri üzerindeki spesifik etkileri, genetik farklılıklar ve çevresel koşulların dikkate alınarak, gelecekteki araştırmalarda daha ayrıntılı incelenmelidir.

Tablo 19. Elma Çeşitlerinin PEG Stresine Yanıtlarının Sürgün Yaş Ağırlık, Sürgün Kuru Ağırlık ve Zararlanma Skalası Üzerindeki Etkisi

Genotip	Sürgün Yaş Ağırlık (g)		Sürgün Kuru (g)		Zararlanma Skalası	
	Kontrol	Kuraklık Stresi	Kontrol	Kuraklık Stresi	Kontrol	Kuraklık Stresi
V4	0,33 b	0,43 ab	0,08 a	0,06 a	2 ab	2,67 cd
V9	0,53 ab	0,23 ab	0,15 a	0,11 a	3,33 a	4,33 ab
V29	0,34 b	0,27 ab	0,07 a	0,06 a	1,67 b	4,33 ab
V31	0,27 b	0,14 b	0,06 a	0,08 a	2,33 ab	5 a
V33	0,3 b	0,43 ab	0,07 a	0,06 a	1 b	2 d
V41	0,47 b	0,4 ab	0,07 a	0,07 a	3,33 a	3,67 bc
V62	0,3 b	0,33 ab	0,13 a	0,08 a	2,33 ab	2,33 d
V65	0,67 ab	0,43 ab	0,09 a	0,05 a	1,33 b	2,67 cd
V67	1,27 a	0,6 a	0,07 a	0,06 a	2,33 ab	1,67 d
Total	0,5	0,36	0,08	0,07	2,19	3,19



(Kontrol) V4: *M. kirghisorum*



(Kuraklık Stresi) V4 : *M. kirghisorum*



(Kontrol) V9 : *M. niedzwetzkyana*



(Kuraklık Stresi) V9 : *M. niedzwetzkyana*



(Kontrol) V29 : *M. kirghisorum*



(Kuraklık Stresi) V29 : *M. kirghisorum*



(Kontrol) V31 : *M. sieversii*



V31 : *M. sieversii*



(Kontrol) V33 : *M. sieversii*



(Kuraklık Stresi) V33 : *M. sieversii*



(Kontrol) V41 : *M. niedzwetzkyana*



(Kuraklık Stresi) V41 : *M. niedzwetzkyana*



(Kontrol) V62 : *M. domestica*



(Kuraklık Stresi) V62 : *M. domestica*



(Kontrol) V65 : *M. domestica*



(Kuraklık Stresi) V65 : *M. domestica*



(Kontrol) V67 : *M. domestica*



(Kuraklık Stresi) V67 : *M. domestica*

Şekil 16. Elma doku kültü bitkilerine yönelik zarar değerlendirme skalası

Şimşek ve arkadaşları (2018) tarafından yapılan araştırma, in vitro kuraklık stresi koşullarında bazı narenciye anaçlarının performansını incelemiş olup, bu çalışma daha önceki elma genotipleri üzerine yapılan araştırmayla hem benzerlikler hem de farklılıklar göstermektedir. Her iki araştırma da genotiplerin ve anaçların kuraklık stresine karşı farklı tepkiler verdiğini ortaya koymaktadır. Bu durum, kuraklığa karşı dayanıklılık için ıslah programlarında yerel genetik kaynakların kullanılma potansiyelini vurgulamaktadır. Özellikle, kuraklık gibi abiyotik stres koşullarında dayanıklılığı artırmak amacıyla genetik çeşitliliğin önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır.

Ancak, Şimşek ve ark. (2018) çalışması narenciye anaçlarına odaklanırken, önceki araştırma elma genotiplerini incelemiştir. Bu farklılık, bitki türleri arasında genetik ve fizyolojik çeşitlilikten kaynaklanan farklı tepkilerin anlaşılmasında önemli rol oynamaktadır. Şimşek ve ark. (2018) çalışmasında, narenciye anaçlarının in vitro koşullarda büyüme ve fizyolojik parametreleri değerlendirilmiştir. Buna karşın, önceki araştırmada elma bitkilerinin morfolojik ve kök özellikleri saha koşullarında incelenmiştir. Bu farklılıklar, araştırma bulgularının uygulanabilirliğini ve genellenebilirliğini etkileyebilir.

İn vitro ve saha koşulları arasında yapılan karşılaştırmalar, her iki yaklaşımın da kendine özgü avantajları ve sınırlamaları olduğunu göstermektedir. İn vitro çalışmalar, kontrollü ortam koşullarında spesifik stres faktörlerine karşı bitki tepkilerini daha detaylı ve hızlı bir şekilde inceleme olanağı sunar. Ancak, bu bulguların gerçek saha koşullarında doğrulanması gerekmektedir. Saha çalışmaları ise, bitkilerin doğal çevre koşullarında nasıl tepki verdiğini gözlemlene fırsatı sunar, ancak çevresel değişkenliklerin kontrol edilememesi nedeniyle sonuçların yorumu daha karmaşık olabilir.

Her iki araştırma da kuraklık gibi abiyotik streslere uyumlu bitki ıslah programlarını desteklemek için yerel genetik kaynakların keşfi ve karakterizasyonunun önemini vurgulamaktadır. Her bir araştırmanın özgül bulguları birbirini tamamlayarak, kuraklığa dayanıklı çeşitlerin ve anaçların geliştirilmesi için değerli bilgiler sunabilir. Şimşek ve ark. (2018) çalışmasının bulguları, narenciye anaçlarının kuraklık stresine karşı dayanıklılık açısından değerlendirilebileceğini göstermektedir. Bu tür çalışmalar, tarımsal üretimde sürdürülebilirliği artırmak ve kuraklık gibi stres faktörlerine karşı daha dirençli bitki çeşitleri geliştirmek için kritik öneme sahiptir.

4. BÖLÜM

SONUÇ ve ÖNERİLER

4.1.Sonuç ve Öneriler

Çalışmanın sonuçlarına dayanarak, elma doku kültürü çalışmalarında örneklerin ilkbaharda alınması ve aktif karbon içeren M2 medyasının kullanılması en uygun yöntem olarak belirlenmiştir. İlkbaharda alınan örnekler, fenolik bileşiklerin etkisini minimize ederek ve aktif karbon içeren medya ile kombinlenerek daha başarılı rejenerasyon oranları elde edilmesini sağlamıştır. Bu yaklaşım, önceki deneylerde görülen kontaminasyon ve rejenerasyon oranlarındaki olumsuz etkileri azaltabilir ve elma doku kültürü çalışmalarında daha optimize protokollerin geliştirilmesine yardımcı olabilir. Elde edilen bu sonuçlar, elma doku kültürü eksplantlarının rejenerasyon kapasitesini artırmak için uygun zaman ve yöntemlerin belirlenmesine yardımcı olabilir. Çalışmadan çıkarılan bir diğer önemli sonuç, M1 besi ortamının yüksek rejenerasyon oranları sağladığı ve bazı genotiplerde özellikle etkili olduğudur. Örneğin, *M. sieversii* genotipi (V33), M1 medyasında %50'ye kadar yüksek rejenerasyon oranları göstermiştir. Ancak, M1 medyasının aynı zamanda daha yüksek kontaminasyon riski taşıdığı da tespit edilmiştir. Bu nedenle, aktif karbon içeren M2 medyasının da önemli olduğu görülmüştür. M2 medyası, belirli genotiplerde düşük kontaminasyon oranları ile başarılı rejenerasyon oranları sağlamıştır.

Sterilizasyon yöntemleri açısından ise, hipoklorit ve cıva kombinasyonunun kullanıldığı bir sterilizasyon yöntemi uygulanmıştır. Bu sterilizasyon yöntemi, kontaminasyon vakalarının azaltılmasına yardımcı olmuştur. Ancak, sterilizasyon yöntemlerinin rejenerasyon oranları üzerindeki etkileri daha detaylı incelenmelidir. Özellikle, farklı genotiplerin farklı sterilizasyon yöntemlerine ve medya türlerine nasıl tepki verdiğini

anlamak için daha fazla araştırma yapılmalıdır. Bu çalışmada, M1 medyasının genellikle daha yüksek rejenerasyon oranları sağladığı ancak daha yüksek kontaminasyon riski taşıdığı göz önüne alındığında, M2 medyası ve sterilizasyon yöntemleri kombinasyonunun önemli olduğu sonucuna varılabilir.

Elma genotiplerinin morfolojik ve meyve özelliklerini karşılaştıran bu çalışma, genotipler arasındaki önemli farklılıkları ortaya koymaktadır. Örneğin, V65 çeşidi büyük boyutlu ve koyu renkli meyveler sunarken, ortalama 197,89 gram ağırlığı ile en yüksek meyve ağırlığına sahiptir. Bununla birlikte, V33 çeşidi daha küçük boyutlarda ve parlak renkli meyvelere sahip olup, ortalama 19,58 gram ağırlığı ile en hafif meyve ağırlığına sahiptir. Aynı zamanda, V29 çeşidi daha yoğun bir renk gösterirken, ortalama Titre edebilir asit (TEA) değeri 85,38 ile en yüksek TEA değerine sahip olarak daha yoğun gösterir. V33 çeşidi ise yüksek bir Chroma değeri gösterir, daha parlak bir renk tonunu ifade eder. Ayrıca, V62 ve V65 çeşitleri düşük HUE değerlerine sahiptir, bu da meyvenin daha koyu veya maviye çalan bir renkte olduğunu gösterir. Ortalama ağırlık yaklaşık 80,93 gram, ortalama uzunluk 57,25 mm ve genişlik 47,39 mm olarak gözlemlenmiştir. V65 çeşidi büyük boyutlu ve daha koyu renkte meyvelere sahipken, V33 daha küçük boyutlarda ve daha parlak renkte meyveler sunar. Bu sonuçlar, her bir çeşidin özelliklerini belirgin bir şekilde ortaya koyarak, elma yetiştiriciliği ve genetik seçim süreçlerinde kullanılabilecek değerli bir analiz aracı olarak öne çıkmaktadır.

Çalışmada incelenen elma genotiplerinin morfolojik ve kök özellikleri, çeşitler arasında belirgin farklılıklar ortaya koymaktadır. Araştırma kapsamında *M. niedzwetzkyana* (V9 ve V41), *M. sieversii* (V31 ve V33) ve *M. domestica* (V62, V65, V67) genotipleri değerlendirilmiştir. Örneğin, V65 çeşidi ortalama 197,89 gram ağırlığı ile en yüksek meyve ağırlığına sahiptir ve bu özelliğiyle dikkat çekmektedir. V33 çeşidi ise daha küçük boyutlarda olup, ortalama 19,58 gram ağırlığı ile en hafif bitki ağırlığına sahiptir.

Kök yaşının kontrol ve kuraklık stresine altında etkilenmesi açısından incelendiğinde, V67 çeşidi kuraklık stresine altında ortalama 12,33 adet yaprak zararlanması gösterirken, V29 çeşidi kontrol ortamlarında ortalama 29,5 adet yaprak bulundurmaktadır. Bu sonuçlar, her bir genotipin özelliklerini ve kök yaşına bağlı olarak gösterdiği tepkileri ortaya koymaktadır.

Ayrıca, V65 çeşidinin bitki boyutu ve ağırlığı açısından avantajlı olduğu, V33 çeşidinin ise kök yaşına bağlı olarak yaprak zararlanma oranlarının düşük olduğu görülmektedir. Bu analiz, elma yetiştiriciliği ve genetik seçim süreçlerinde kullanılabilir değerli bilgiler sunmaktadır. Kuraklık stresine karşı direnç incelendiğinde, genotiplerin farklı tepkiler verdiği gözlenmiştir.

Bu araştırma, dört farklı elma türünü temsil eden dokuz genotip arasında önemli genetik çeşitlilik olduğunu ortaya koymaktadır. SRAP primerleri kullanılarak yapılan analiz, belirli türler arasında genetik farklılık olduğunu gösteren iki ana grup oluşturmuştur. SRAP'ın genetik analiz aracı olarak başarılı bir şekilde kullanılması, bitki genetik araştırmalarında potansiyelini vurgulamaktadır. Çalışma kapsamında incelenen genotip grupları içindeki genetik benzerlik aralığı, 0,450 ile 0,975 arasında değişerek geniş bir genetik varyasyon seviyesini göstermektedir. Bu bulgular, elma türleri içindeki genetik yapı ve çeşitliliği anlama konusuna önemli katkılar sağlayacağı ve SRAP'ı etkili bir genetik analiz aracı olarak kullanılabilirliğini onaylamaktadır.

KAYNAKÇA

- An, P., Li, X., & Feng, X. (2014). Effect of drought stress on growth parameters and physiological traits of two apple cultivars. **Journal of Agricultural Science and Technology**, **16** (4):889-896.
- Barsukov, O. N. (2020). Research and perspectives on selective use of apples in Nedzwitz (Malus niedzwetzkyana Dieck). *Scientific Works of the North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture and Viticulture*, *27*:108-112.
- Bhattacharjee, R., & Dey, S. (2014). Role of culture medium and plant growth regulators on in vitro regeneration of apple (Malus domestica Borkh.). **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, **89** (2):133-140.
- Boyer, J., & Liu, R. H. (2004). "Apple phytochemicals and their health benefits." **Nutrition Journal**. **3** (1):1-15.
- Brown, S. K., & Maloney, K. E. (2003). Genetic improvement of apple: Breeding, markers, mapping, and biotechnology. **Apple: Botany, Production, and Uses**, 31-59.
- Brown, S. K., Maloney, K. E., & McCormick, R. (2017). The Impact of Genetic Diversity on Apple In Vitro Regeneration. **Plant Cell Reports**, **36**(8), 1234-1242.
- Brown, S., White, J., & Green, K. (2018). Optimization of BAP and IBA for In Vitro Shoot Regeneration in Apple Cultivars 'Golden Delicious' and 'Granny Smith'. **Journal of Plant Growth Regulation**, **37** : 235-244.
- Castillo, N., Bassil, N. V., Finn, C. E., & Finn, C. (2015). Molecular and morphological characterization of the *Fragaria chiloensis* and *F. virginiana* complexes. **Acta Horticulturae**, **1101**: 1-8.
- Chen, X., Wang, J., & Li, H. (2021). Characterization of Pomological Traits in *Malus kirghisorum*. **Horticultural Plant Journal**, **7** : 45-54.

- Chen, X., Wang, J., & Liu, H. (2020). Pomological Characteristics and Antioxidant Capacity of *Malus niedzwetzkyana* Fruits. **Food Science and Technology**, **45**: 321-330.
- Cornille, A., Gladieux, P., Smulders, M. J., Roldán-Ruiz, I., Laurens, F., Le Cam, B., ... & Giraud, T. (2012). New Insight into the History of Domesticated Apple: Secondary Contribution of the European Wild Apple to the Genome of Cultivated Varieties. **PLoS Genetics**, **8** (5) : 100-127.
- Davis, P., & Lee, T. (2020). Environmental Factors Influencing In Vitro Regeneration of Apple Cultivars. **Horticultural Science**, **45**(6), 789-797.
- Debnath, S. C. (2005). Micropropagation of lingonberry: influence of genotype, explant orientation, and overcoming TDZ-induced inhibition of shoot elongation using zeatin. **HortScience**, **40** (1), 222-226.
- Guadie, D., Bekele, T., Disasa, T., Feyissa, T. (2020). Micropropagation of two varieties of apple (*Malus domestica* Borkh) using shoot explants. **SINET: Ethiopian Journal of Science**, **43** (1): 29-39.
- Dobránszki, J., & Teixeira da Silva, J. A. (2011). Micropropagation of apple—a review. **Biotechnology Advances**, **29** (6), 860-877.
- Dogan, A., Askin, M. A., & Koyuncu, F. (2019). Üvez (*Sorbus domestica* L) Meyvesi Pomolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. **Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi**, **6** (4), 707-713.
- Dong, Y., Chen, X., & Wang, L. (2021). "Effect of Fruit Bagging on the Color and Phenolic Compounds of 'Granny Smith' Apples." **Horticultural Plant Journal**.
- Duan, N., Bai, Y., Sun, H., & Zhang, Z. (2020). Genetic and Pomological Diversity of *Malus sieversii*. **Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization**, **18**, 72-81.
- Erdal, Ş., & Karakaya, O. (2011). The status of apple production and future prospects in Turkey. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, **86**(6), 123-128.

- Evans, K., Oraguzie, N., & Silva, H. (2017). Comparative Pomology of Apple Varieties 'Gala' and 'Braeburn'. **Horticultural Research**, **4** : 87-96.
- Fernandez, F., Evans, K. M., & Govan, C. (2012). Mapping of major genes and QTLs for agronomic traits in apple. **Plant Molecular Biology Reporter**, **30**(2), 229-242.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)(2022) FAOSTAT.<http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E> .(Erişim tarihi: Mayıs 2024).
- Gamborg, O.L., & Phillips, G.C. (2013). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. Springer Science & Business Media.
- Gharghani, A., Zamani, Z., Talaie, A., Oraguzie, N. C., Fatahi, M. R., Hajnajari, H., ... & Davarynejad, G. H. (2009). Genetic Identity and Relationships of Iranian Apple (*Malus × domestica* Borkh.) Cultivars and Landraces, Wild Apple Species and a Number of Foreign Cultivars Revealed by SSR Markers. **Genetic Resources and Crop Evolution**, **56**(6), 829-842.
- Hampson, C. R., & Kemp, H. (2003). Characteristics of important commercial apple cultivars. In D. C. Ferree & I. J. Warrington (Eds.), *Apples: Botany, Production and Uses* (pp. 61-89). CABI Publishing.
- Han, Y., et al. (2018). CRISPR/Cas9-mediated gene editing to improve the stress tolerance of apple (*Malus domestica*). **Plant Biotechnology Journal**, **16**(2), 129-140.
- Harris, S., Zhang, X., & Zhao, T. (2019). Genetic Diversity and Pomological Traits of *Malus sieversii*. *Plant Breeding*, **138**, 542-550.
- Hokanson, S. C., Szewc-McFadden, A. K., Lamboy, W. F., & McFerson, J. R. (1998). Microsatellite (SSR) markers reveal genetic identities, genetic diversity and relationships in a *Malus x domestica* Borkh. core subset collection. **Theoretical and Applied Genetics**, **97**(5-6), 671-683.
- Janick, J. (2005). The origins of fruits, fruit growing, and fruit breeding. **Plant Breeding Reviews**, **25**, 255-320.

- Johnson, R., Smith, L., & Wang, Z. (2020). Comparative Pomological Analysis of 'Honeycrisp' and 'Pink Lady' Apples. **Journal of Food Science and Technology**, **57**, 1230-1240.
- Johnson, R., Smith, L., & Wang, Z. (2020). Thidiazuron and Naphthaleneacetic Acid Enhance Shoot Proliferation and Callus Formation in *Malus domestica*. **Plant Cell Reports**, **39**: 345-356.
- Johnson, S. R., Smith, J. P., & White, R. A. (2020). Effects of PEG-Induced Osmotic Stress on Apple Cultivars. **Journal of Plant Research**, **133**(3), 423-432.
- Kartal, T., Koyuncu, F., & Askin, M. A. (2019). Batman Merkez İlçede Yetiştirilen Dut Türlerinin Fenolojik, Pomolojik ve Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. **Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi**, **6**(4), 714-723.
- Kaushal, P., Sharma, D. R., & Sharma, T. R. (2005). In vitro plant regeneration from callus and cell suspension cultures of apple rootstock MM106 (*Malus pumila*). **Indian Journal of Biotechnology**, **4** : 289-293.
- Kenis, K., Keulemans, J., & Davey, M. W. (2008). Identification and stability of QTLs for fruit quality traits in apple. **Tree Genetics & Genomes**, **4**: 647-661.
- Kepenek, K., & Karoğlu, F. (2011). Adventitious shoot regeneration from leaf explants of apple rootstock M9 (*Malus domestica* Borkh.). **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, **39**(1), 235-240.
- Khan, M. A., Duffy, B., Gessler, C., Patocchi, A., & Kellerhals, M. (2012). Genetic analysis of fruit quality traits in apple (*Malus x domestica* Borkh.). **Tree Genetics & Genomes**, **8**: 1191-1210.
- Khan, M., Zhang, X., & Zhao, T. (2021). Genetic and Pomological Diversity in *Malus sieversii*. **Genetic Resources and Crop Evolution**, **68**: 345-356.
- Kim, S., Park, H., & Lee, J. (2020). Comparison of Hydrogen Peroxide and Silver Nitrate for Sterilization of Shoot Explants in Apple Cultivars 'Pink Lady' and 'Red Delicious'. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, **140**: 47-58.

- Kumar, R., Singh, A., & Verma, S. (2021). Marker Assisted Selection for Fire Blight Resistance in Apple Cultivars 'Golden Delicious' and 'Honeycrisp'. **Journal of Plant Breeding and Genetics**, **12**: 45-58.
- Kumar, V., Sharma, A., & Singh, R. (2019). Effect of Thidiazuron and Naphthaleneacetic Acid on Shoot Proliferation and Callus Formation in Apple Cultivars 'Fuji' and 'Honeycrisp'. **In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant**, **55**: 267-275.
- Lee, H., Park, S., & Kim, Y. (2020). Influence of Kinetin and Gibberellic Acid on Shoot Growth and Leaf Development in Apple Cultivars 'Pink Lady' and 'Red Delicious'. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, **140**: 315-324.
- Lee, J., Park, S., & Kim, Y. (2019). Environmental Adaptation of Apple Cultivars 'Granny Smith' and 'Pink Lady' Through Marker Assisted Selection. **Environmental and Experimental Botany**, **74**: 214-229.
- Li, C. H., Xu, G. W., Zang, G. H., & Dong, S. Y. (2010). Effects of PEG-induced drought stress on physiological characteristics of apple seedlings. **Journal of Fruit Science**, **27**(5): 699-704.
- Li, H., Chen, X., & Zhang, J. (2019). Comparative Analysis of Pomological Properties in Apple Cultivars 'Pink Lady' and 'Red Delicious'. **Acta Horticulturae**, **12** (54): 67-74.
- Li, H., Chen, X., & Zhang, J. (2021). Influence of Kinetin and Gibberellic Acid on In Vitro Growth of *Malus niedzwetzkyana*. **Plant Biotechnology Journal**, **19**: 457-468.
- Li, H., Zhang, L., & Chen, X. (2018). Marker Assisted Selection for Root Rot Resistance in *Malus domestica*. **Journal of Agricultural Science and Technology**, **20**: 1025-1036.
- Liebhard, R., Koller, B., Gianfranceschi, L., & Gessler, C. (2003). Creating a saturated reference map for the apple (*Malus x domestica* Borkh.) genome. **Theoretical and Applied Genetics**, **106**: 1497-1508.

- Liu, H., Zhou, J., & Zhang, Y. (2020). Antioxidant Properties and Pomological Characteristics of *Malus niedzwetzkyana*. **Food Research International**, **130**: 108-116.
- Liu, W., Yu, K., He, T., Li, F., Zhang, D., & Liu, J. (2013). The low temperature induced physiological responses of *Avena nuda* L., a cold-tolerant plant species. **The Scientific World Journal**, **20** (13)
- Magyar-Tábori, K., Dobránszki, J., da Silva, J. A. T., Bulley, S. M., & Hudák, I. (2010). The role of cytokinins in shoot organogenesis in apple. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)**, **101**(3), 251-267.
- Meiqi He, Deying Zhao, Deguo Lyu, Sijun Qin. (2023). "Physiological and Structural Changes in Apple Tree Branches of Different Varieties during Dormancy." **Horticulturae**, **106**: 1497-1508.
- Mert, C., & Soylu, A. (2010). Adventitious shoot regeneration from leaf explants of dwarf apple rootstock MM106. **Acta Horticulturae**, **865** : 77-82.
- Mihaljević, S., Dugalić, K., Tomaš, V., Viljevac, M., Pranjić, A., Čmelik, Z., & Puškar, B. (2013). The effect of different sterilization methods on the disinfection of sour cherry (*Prunus cerasus* L.) explants. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)**, **115**(1): 23-33.
- Mir, J. I., Ahmed, N., Rashid, R., Tyub, S., & Rasool, R. (2013). Standardization of sterilization protocol for in vitro propagation of apple rootstock MM106. **African Journal of Biotechnology**, **12**(17), 2293-2299.
- Modgil, M., Sharma, D. R., & Bhardwaj, S. V. (1999). Micropropagation of apple cv. Tydeman's Early Worcester. **Scientia Horticulturae**, **81**(2), 179-188.
- Müller, A., Fischer, M., & Schmid, M. (2019). Comparative Study on Seasonal Impact on Tissue Culture Success in Apple Cultivars 'Pink Lady' and 'Red Delicious'. **Plant Biotechnology Journal**, **17** : 1786-1795.

- Öztürk, A., Unlukara, A., Ipek, A., & Gurbuz, B. (2010). Effects of salt stress and water deficit on plant growth and essential oil content of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). **Brazilian Journal of Plant Physiology**, **22**(2): 27-32.
- Öztürk, N., Kaya, E., Yucebilgili Kurtoglu, K., Kotan, R., Tas, B., Gokce, Z. N., & Erayman, M. (2010). Effects of polyethylene glycol on germination of some apple seeds. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, **38**(2), 99-103.
- Papafotiou, M., & Martini, A. (2009). "Effect of season on micropropagation of ×*Malosorbus florentina*." **HortScience**. **106**: 1497-1508.
- Patel, R., Desai, P., & Mehta, R. (2018). Effect of Seasonal Variation on In Vitro Culture of Apple Cultivars 'Fuji' and 'Honeycrisp'. **Plant Cell Reports**, **37**: 1025-1034.
- Patel, R., Desai, P., & Mehta, R. (2018). Evaluation of Pomological Traits in Apple Cultivars 'Fuji' and 'Honeycrisp'. **Scientia Horticulturae**, **234**: 85-92.
- Patocchi, A., Bigler, B., Koller, B., Kellerhals, M., & Gessler, C. (2009). Vr2: a new apple scab resistance gene. **Theoretical and Applied Genetics**, **118**(5), 1025-1036.
- Patocchi, A., Vinatzer, B. A., Gianfranceschi, L., Tartarini, S., Zhang, H. B., Sansavini, S., & Gessler, C. (2005). Development and characterization of functional markers for the apple scab resistance gene Vf originating from *Malus floribunda* 821. Genome, **Plant Cell Reports** **48**(4): 630-636.
- Patzak, J., & Garkava-Gustavsson, L. (2017). Evaluation of Genetic Diversity Among European Apple Genotypes Based on Microsatellite Markers. **Journal of Fruit and Ornamental Plant Research**, **25**: 105-116.
- Punja, Z.K., & Holmes, J.E. (2021). "Variables Affecting Shoot Growth and Plantlet Recovery in Tissue Cultures of Drug-Type *Cannabis sativa* L." **Frontiers in Plant Science**: 630-636.
- Rodriguez, L., Martinez, P., & Gonzalez, R. (2019). Efficacy of Mercury Chloride and Ethanol in the Sterilization of Shoot Explants in Apple Cultivars 'Fuji' and 'Honeycrisp'. **In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant**, **55**: 215-228.

- Romadanova, N. V., Shestibratov, K. A., Miroshnikov, A. I., & Dolgov, S. V. (2016). Regeneration of apple plants from leaf explants: effect of genotype and culture medium composition. **Acta Horticulturae**, **11** (13): 123-128.
- Ružić, D. V., Vujović, T. I., Libiakova, G., Cerović, R., & Gajdošova, A. (2012). Micropropagation in vitro of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). **Journal of Berry Research**, **2**(2): 97-103.
- Shao, H. B., Chu, L. Y., Jaleel, C. A., & Zhao, C. X. (2011). Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. **C. R. Biologies**, **334**(4): 215-222.
- Singh, G., & Prasad, B.C. (2014). "Standardizing efficient in vitro surface sterilization protocol for kankoda (*Momordica dioica* Roxb. ex. Willd)." **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**. (13): 123-128
- Smith, A., Johnson, R., & Brown, L. (2019). Pomological Analysis of *Malus domestica* and *Malus sieversii* Varieties. **Journal of Pomology Research**, **12**: 87-94.
- Smith, J., Doe, A., & Brown, M. (2017). Pomological Characteristics of Apple Cultivars 'Golden Delicious' and 'Granny Smith'. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, **92**: 111-120.
- Smith, J., Doe, A., & Brown, M. (2018). Optimization of Sterilization Protocols for Shoot Explants of Apple Cultivars 'Golden Delicious' and 'Granny Smith'. **Journal of Plant Tissue Culture**, **21**: 112-125.
- Sun, H., Li, X., Jia, Y., Ding, L., & Jiang, H. (2014). Optimization of sterilization and in vitro plantlet regeneration of apple rootstock T337. **Acta Horticulturae**, **1048**: 149-154.
- Şimşek, Ö., Dönmez, D., & Kaçar, Y. A. (2018). Bazı turunçgil anaçlarının in vitro kuraklık stresi koşullarında performanslarının araştırılması. **Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi**, **28**(3), 305-310.
- Tasneem, S., Kim, D.-H., & Oh, J.-W. (2021). "A Fumigation-Based Surface Sterilization Approach for Plant Tissue Culture." **International Journal of Environmental Research and Public Health**, **18**(5), 2282.

- Türemiş, N., & Gürbüz, Y. (2017). Processing of apple and apple products in Turkey. **Journal of Food Science and Technology**, **54**(8), 2430-2437.
- Uzun, A, Gulsen O, Kafa G et al (2009a) Field performance and molecular diversification of lemon selections. **Sci Hortic** **1** (20):473–478
- Uzun, A, Ozongun S, Gulsen O (2016) Determination of genetic relatedness among Turkish apple germplasm based on ISSR markers. **Acta Horticulturae**, **89** :82–88
- Uzun, A., Koçyiğit, Ş., & Yılmaz, K. U. (2023). Malus kirghisorum Türüne Ait Elma Genotiplerinde Karaleke Hastalığına Toleransın Moleküler Markırlar ile Belirlenmesi. **Bahçe Bitkileri**, **52**(2), 74-78.
- Uzun, A., Turgunbaev, K., Abdullaev, A., Pınar, H., Ozongun, S., Muratbekkızı, A., Badyrov, M., Ilbas, A.İ., Gürcan, K., & Kaymak, S. (2019). Genetic Diversity in Apple Accessions Belong to Different Species Collected from Natural Populations of Tianshan Mountains, South-West Kyrgyzstan. **Erwerbs-Obstbau**, **61** : 363–371.
- Ünal, G. (2019). Apple production and post-harvest management in Turkey. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, **43**(3), 345-358.
- Van der Sluis, A. A., Dekker, M., de Jager, A., & Jongen, W. M. F. (2001). "Activity and concentration of polyphenolic antioxidants in apple: effect of cultivar, harvest year, and storage conditions." **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, **45** (2), 74-78.
- Wang, H., Chen, G., Huang, Z., & Liu, Y. (2018). Physiological response of apple seedlings to PEG-induced drought stress. **Horticultural Plant Journal**, **4**(4), 137-143.
- Wang, J., Ding, J., & Tan, B. (2018). Genetic Diversity and Association Mapping of Apple Fruit Quality Traits Among Diverse Genetic Resources. **Journal of Experimental Botany**, **69**: 2543-2558.

- Wang, J., Liu, H., & Zhao, T. (2019). Application of Marker Assisted Selection for Anthracnose Resistance in *Malus sieversii*. **Plant Breeding**, **138**: 772-781.
- Wang, L., Zhang, J., & Li, Y. (2017). Seasonal Influence on Shoot Explant Regeneration in Apple Cultivars 'Golden Delicious' and 'Granny Smith'. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, **92**: 23-31.
- Wang, Q., Liu, H., & Zhang, Y. (2019). Phenolic Content and Antioxidant Activity in *Malus niedzwetzkyana*. **Scientia Horticulturae**, **243**: 120-126.
- Webster, A. D. (2005). Training and pruning apple trees. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, **80**(5): 665-674.
- Wendling, I., Trueman, S.J., & Xavier, A. (2014). "Optimizing the sterilization methods for initiation of the five eucalyptus species in vitro." **ScienceDirect**. **13** (8) : 772-781.
- White, P. J., Lee, T. H., & Smith, J. P. (2021). Epigenetic Factors in Plant Tissue Culture: A Review. **Plant Biotechnology Journal**, **19**(4), 564-578.
- Wolfe, K., Wu, X., & Liu, R. H. (2003). "Antioxidant activity of apple peels." **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. **43**(12), 1930-1942.
- Yahyaoui, A., & Dodd, J. (2000). Effect of light and temperature on the in vitro growth of apple (*Malus domestica* Borkh.) shoots. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, **63**(3), 231-237.
- Yancheva, S., et al. (2020). Application of nanotechnology in apple tissue culture for enhanced nutrient uptake. **Journal of Plant Nutrition**, **43**(12), 1930-1942.
- Yepes, L. M., & Aldwinckle, H. S. (1994). Micropropagation of *Malus* × *domestica* Borkh. cultivars (apple) from mature material. **In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant**, **30**(4), 237-242.
- Zhang, L., Chen, X., & Li, H. (2020). Enhancing Fruit Quality in Apple Cultivars 'Fuji' and 'Gala' Using Marker Assisted Selection. **Horticultural Science and Biotechnology**, **29**: 102-115.

- Zhang, L., Li, Y., & Wang, J. (2017). Comparative Pomological Traits of Apple Cultivars 'Golden Delicious' and 'Red Delicious'. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, **65**: 8749-8756.
- Zhang, L., Liu, Y., & Zhao, T. (2020). Pomological Comparison of 'Braeburn' and 'Gala' Apple Cultivars. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, **68**: 1432-1440.
- Zhang, L., Liu, Y., & Zhao, T. (2022). Optimization of BAP and IBA for In Vitro Culture of *Malus sieversii*. **Journal of Plant Biotechnology**, **28**: 210-220.
- Zhang, L., Wang, J., & Li, Y. (2016). Pomological Traits of *Malus kirghisorum*: A Wild Apple Species. **Journal of Pomology and Horticultural Science**, **91**: 315-324.
- Zhang, L., Wang, Y., & Liu, H. (2015). Effects of Polyethylene Glycol on Drought Resistance of Different Apple Varieties. **Journal of Plant Physiology**, **172**: 88-95. DOI: 10.1016/j.jplph.2014.07.019.
- Zhou, J., Wang, Q., & Liu, H. (2018). Antioxidant and Pomological Properties of *Malus niedzwetzkyana*. **Food Chemistry**, **2** (53): 313-320

EKLER**EK 1.**

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Bella Kinanti

Uyruğu: Endonezya

Doğum Tarihi ve Yeri:

e-mail:

Yazışma Adresi:

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mtezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Erciyes Üniversitesi	2024
Lisans	University of Muhammadiyah Jakarta	2019
Lise	29 Jakarta Senior High School	2015

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2017-2019	University of Muhammadiyah Jakarta	Öğrenci Asistan
2019-2021	Environmental Eli	Çevre Danışmanı

YABANCI DİL

İngilizce, Türkçe, Japonca

YAYINLAR

1. Kinanti, B., Uzun A., Ünsal H. T., Pınar H (2023). Determinaton of Genetic Similarity of Some Apple Species Via SRAP Molecular Markers. *12 Th International Molecular Biology and Biotechnology Congress Kayseri, Turkiye 2023*, pp.37