

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Esmā DEMİROĞLU

**BAZI AVOKADO (*Persea americana Mill*) ANAÇLARININ
MİKROÇOĞALTIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI**

BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

ADANA-2022

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BAZI AVOKADO (*Persea americana Mill*) ANAÇLARININ
MİKROÇOĞALTIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI**

Esma DEMİROĞLU

BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 07/10/2022 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....
Prof. Dr. Yıldız AKA KAÇAR Prof. Dr. Yeşim Yalçın MENDİ Doç. Dr. Özhan ŞİMŞEK
DANIŞMAN ÜYE ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Biyoteknoloji Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

**Prof. Dr. Sadık DİNÇER
Enstitü Müdürü**

**Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: FLY-2020-12835**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge
ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat
Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BAZI AVOKADO (*Persea americana* Mill) ANAÇLARININ MİKROÇOĞALTIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

Esmâ DEMİROĞLU

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Yıldız AKA KAÇAR
Yıl: 2022, Sayfa: 59
Jüri : Prof. Dr. Yıldız AKA KAÇAR
: Prof. Dr. N. Yeşim YALÇIN MENDİ
: Doç. Dr. Özhan ŞİMŞEK

Avokado (*Persea americana* Mill.), *Lauraceae* familyasına ait olan tropik ve subtropik bölgelerde yetişen bir meyve türüdür. Avokado yetiştiriciliği dünyada hızlı bir şekilde gelişmektedir. Artan avokado talebini karşılamak için bitki doku kültürü çalışmalarından faydalanılmaktadır. Bu tez çalışmasında, tarımsal üretimin açısından değerli olan bazı avokado anaçlarının *in vitro* koşullarda mikroçoğaltımı ve köklenmesi üzerine farklı bitki büyüme düzenleyicileri ve farklı besin ortamlarının etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Tez çalışmasında bitkisel materyal olarak Mexicola, Topa Topa, ve Duke anaçları kullanılmıştır. Mikroçoğaltım çalışmalarında MS ve WPM besin ortamları ile BA, GA₃, TDZ ve Kinetin bitki büyüme düzenleyicilerin farklı konsantrasyon ve kombinasyonlarının kullanılmıştır. Ayrıca Plantform geçici daldırma biyoreaktör sisteminin katı kültür ile karşılaştırıldığı bir deneme de kurulmuştur. Mikroçoğaltım denemelerinde, kardeş sayısı (kardeş/bitki) ve bitki boyuna (cm) ait veriler incelenmiştir. Mikroçoğaltım denemeleri değerlendirildiğinde, en başarılı anacın Mexicola, bitki büyüme düzenleyicinin ise kinetin (3 mg/L) olduğu belirlenmiştir. Plantform geçici daldırma biyoreaktör sisteminden elde edilen bitkilerin daha iyi geliştiği gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Avokado, bitki doku kültürü, Mexicola, Topa Topa, Duke

ABSTRACT

MSc THESIS

INVESTIGATION ABOUT MICROPROPAGATION OF SOME AVOCADO (*Persea americana* Mill) ROOTSTOCKS

Esmâ DEMİROĞLU

**ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
BIOTECHNOLOGY DEPARTMENT**

Supervisor : Prof. Dr. Yıldız AKA KAÇAR
Year: 2022, Pages: 59
Jury : Prof. Dr. Yıldız AKA KAÇAR
: Prof. Dr. N. Yeşim YALÇIN MENDİ
: Assoc. Prof. Dr. Özhan ŞİMŞEK

Avocado (*Persea americana* Mill.) is a type of fruit that belongs to the Lauraceae family and grows in tropical and subtropical regions. Avocado cultivation is developing rapidly around the world. Plant tissue culture studies are used to meet the increasing demand for avocados. This thesis aimed to determine the effects of different plant growth regulators and different nutrient media on the micropropagation and rooting of some avocado rootstocks that are valuable for agricultural production under in vitro conditions. In the present study, Mexicola, Topa Topa, and Duke rootstocks were used as plant material. In micropropagation studies, MS and WPM nutrient media and different concentrations and combinations of BA, GA3, TDZ and Kinetin plant growth regulators were used. A trial was also set up comparing the Plantform temporary immersion bioreactor system with solid culture. In micropropagation experiments, data on multiplication rate (plantlet/plant) and plant height (cm) were examined. When micropropagation experiments were evaluated, it was determined that Mexicola was the most successful rootstock and kinetin (3 mg/L) was the plant growth regulator. It was observed that the plants obtained from the Plantform temporary immersion bioreactor system developed better.

Key words: Avocado, Topa Topa, Mexicola, Duke, Plant tissue culture

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Avokado (*Persea americana* Mill.), *Lauraceae* familyasına ait olan tropik ve subtropik meyve türü olan yaprak dökmeyen bir türüdür. Avokado İspanyolca'dan (*aquacate* veya *ahuacate*) türemiş ve Türkiye'de 'Amerikan armudu' olarak isimlendirilmektedir. Avokado (*Persea americana* Mill.), Meksika'nın merkezi ve doğusunda bulunan Guatemala ile Orta Amerika'nın Pasifik sahilleri boyunca geniş coğrafi alana yayılmış bir ağaç türü olduğu söylenmektedir. Subtropik bir meyve türü olan avokado, son derece önemli ticari tarımsal ürün olarak dünya genelinde 5 kıtada 50'ye yakın ülkede yetiştirilmektedir. İhracat oranı oldukça yüksek olan avokadonun protein, lipitler, karotenoid, vitamin ve yağ asitleri bakımından zengin olduğu için tüketimi, ekonomik olarak gelir düzeyi yüksek olan birçok Batı Avrupa ülkesinde giderek artmaktadır. Dünya genelinde avokado, sıcaklığa bağlı Meksika, Guatemala ve Batı Hint ırkı olmak üzere üç ırkta sınıflandırılmıştır. Bu ırkların farklı tarımsal, ticari özellikleri ve sıcaklık istekleri bulunmaktadır. Bununla birlikte, üç ırkın çeşitleri arasında abiyotik ve biyotik stres koşulları altında canlılıkla ilgili özellikleri arasında önemli bir farklılık göstermektedir. Meksika çeşitlerinin soğuğa ve az havalandırılmış topraklara karşı en dayanıklı çeşitler olduğu bildirilmiştir. Avokado çeşitleri çok değişken ekolojilere uyum sağlayabilmesi, meyvelerin lezzetli ve gösterişli olması, çeşitlerin farklı dönemlerde (zaman) olgunlaşması sebebiyle üretimin fazla bir zaman diliminde yapılabilmesi gibi özellikleri önemli rol oynamaktadır. Diğer gelişmiş ülkelerde olduğu gibi ülkemizde avokado yetiştiriciliği giderek büyük önem kazanmış, iç ve dış pazarda avokadonun besin değeri ve ekonomik getirisi yüksek olmasından dolayı, yeni meyve türü olarak yetiştirmek isteyen üreticilerin ilgisini giderek daha fazla çekmektedir. 2019 yılı

verilerine göre dünya avokado üretimi 7179689 ton, 2020 yılı Türkiye avokado üretimi ise 5923 ton olarak gerçekleşmiştir.

Dünya’da avokado bitkisinin çoğaltımında, materyal olarak en fazla çöğür anaçlar kullanılmaktadır. Anaçların çoğunun tohumdan elde edilmesi nedeniyle heterojen karakterli bahçeler ortaya çıkmaktadır. Ülkemiz koşullarında avokado fidanı yetiştiriciliğinde kolay ve ucuz üretiminden dolayı tohumdan gelen çöğür anaçlar kullanılmaktadır. Genellikle Meksika alt türüne ait ‘Mexicola’, ‘Topa Topa’ ve ‘Duke’ gibi çeşitlerin tohumları kullanılmaktadır.

Avokado bitkisinin aşı ile klonal çoğaltımı pahalı, zaman alıcı ve fazla iş gücü gerektirdiğinden dolayı pazar talebini karşılayamamış ve üretimde sınırlı sayıda artışa neden olmuştur. Bu nedenle kısa sürede çok sayıda anaç materyali elde etmek amacıyla *in vitro* çoğaltım tekniklerinden faydalanma yoluna gidilmiştir. *In vitro* koşullarda gerçekleştirilen mikroçoğaltım, ekolojik koşullardan bağımsız, kitlesel üretimde, minimum alanda ve klasik yöntemlerle çoğaltmaya alternatif bir yöntem sağlamaktadır.

Mikroçoğaltım, bir bitki parçasından alınan ve tam bir bitkiyi oluşturabilme potansiyeline sahip bitki kısımlarından (embriyo, tohum, gövde, kök, sürgün vb.) mikroorganizmalardan arındırılmış ve yapay besin ortamlarında genetik olarak birbirine benzeyen çok sayıda bitkiyi hızlı çoğaltma amacıyla kullanılan bir doku kültürü tekniğidir. Mikroçoğaltım tekniklerinin kullanılmaya başlanmasıyla avokado klonal çoğaltımı için endüstriye uygulanabilir bir doku kültürü prosedürü oluşturulmaya başlanmıştır.

Farklı avokado eksplantları (sürgün uçları, aksiller tomurcuklar) ve genç avokado eksplantları (embriyo, sürgün ucu, aksiller tomurcuklar, yaprak, yaprak sapı, kök, çiçek, meyve mezokarpı, çiçek sapı, polen, kotiledon ve protoplastlar) *in vitro* farklı araştırmalarda kültüre alınmıştır. Ancak geleneksel çoğaltmanın yerini alabilecek kapsamlı mikroçoğaltım protokolü oluşturulamadığı için çok fazla başarı

elde edilememiştir. Bu nedenle, avokado bitkisinde etkili bir mikroçoğaltım protokolü oluşturulması gerekmektedir.

Bu tez çalışmasında, tarımsal üretim ve besin kompozisyonu bakımından değerli bir bitki olan avokado yapılan kaynak taramasına göre *in vitro* koşullarda farklı bitki büyüme düzenleyicileri ve farklı besin ortamlarının bazı avokado anaçlarının mikroçoğaltım ve köklenme üzerine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır.

Çalışmada kullanılan bitkisel materyal olarak Mexicola, Topa Topa ve Duke anaçlarına ait sürgün uçları aktif sürgün döneminde arazi koşullarından temin edilerek laboratuvara getirilmiştir. Bitkisel materyale ait olan sürgün uçları kültüre alınmadan önce yüzey sterilizasyonları gerçekleştirilmiştir. Sterilizasyon sonrası sürgünler MS ve WPM besin ortamları ile BA, GA₃, TDZ ve Kinetin bitki büyüme düzenleyicilerin farklı konsantrasyon ve kombinasyonlarının bulunduğu ortama alınmıştır. Ayrıca Plantform geçici daldırma biyoreaktör sisteminin katı kültür ile karşılaştırılmıştır. Mikroçoğaltım denemeleri değerlendirildiğinde, en başarılı anacın Mexicola, bitki büyüme düzenleyicinin ise kinetin olduğu belirlenmiştir. Plantform geçici daldırma biyoreaktör sisteminden elde edilen bitkilerin daha iyi geliştiği gözlenmiştir.



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim süresince, tezimin tam olarak yürütülmesi için bana her aşamasında yardımlarını esirgemeyen, cesaret veren bilgi birikimiyle çalışmama farklı açılardan değerlendirmeme sağlayıp bana imkan sunan değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Yıldız AKA KAÇAR'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin değerlendirilmesinde bana zaman ayıran ve bilgi birikimlerini paylaşan Sayın Prof. Dr. Yeşim YALÇIN MENDİ ve Doç. Dr. Özhan ŞİMŞEK'e teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam laboratuvar aşaması sırasında her türlü konuda yardımlarını benden esirgemeyen başta Dr. Diele DÖNMEZ olmak üzere, Zir.Yük.Müh. İbrahim ALBAYATI'ye, Zir.Yük.Müh. Senem UĞUR'a, Zir.Yük.Müh. Melike CENGİZ'e ve Zir.Yük.Müh. Eda ZEKAİ'ye çok teşekkür ederim.

Tez çalışma sürecinde bana yardımcı olan Çukurova Üniversitesi Bahçe Bitkileri Bölümü Bitki Biyoteknolojisi ve Moleküler ıslah laboratuvar çalışanlarına teşekkür ederim.

Bitkisel materyalin sağlanmasında yardımcı olan Prof. Dr. Turgut Yeşiloğlu'na teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim boyunca her konuda yanımda olan, her an motive eden ve maddi manevi her türlü desteği esirgemeyen babam Fehmi DEMİROĞLU, annem Serap DEMİROĞLU, abilerim İzzet ve Samet DEMİROĞLU'na teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET	III
TEŞEKKÜR.....	VII
İÇİNDEKİLER	VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ	X
ŞEKİLLER DİZİNİ	XII
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	XIV
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	11
2.1. Avokadoda Yürütülen Doku Kültürü Çalışmaları.....	11
3. MATERYAL ve METOT	19
3.1. Materyal.....	19
3.1.1. Bitkisel Materyal	19
3.1.1.1. Topa Topa Anacı.....	19
3.1.1.2. Mexicola Anacı	20
3.1.1.3. Duke Anacı	20
3.2. Metot.....	21
3.2.1. Sürgün Uçlarının Sterilizasyonu.....	21
3.2.2. Kültür Ortamı	22
3.2.3. Mikroçoğaltım Denemeleri.....	24
3.2.4. Köklendirme Denemeleri	27
3.2.5. Bitkilerin Dış Koşullara Ağıştırılması.....	28
3.2.6. Deneme Planı, İstatistik Analizler ve İncelenen Kriterler	28
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	35
4.1. Mikroçoğaltım Denemelerine Ait Bulgular	35

4.1.1. Mexicola Anacına Ait Bulgular	35
4.1.2. Topa Topa Anacına Ait Bulgular.....	39
4.1.3. Duke Anacına Ait Bulgular	43
4.2. Köklenme Denemelerine ait Bulgular	44
4.2.1. Mexicola Anacına ait Bulgular	44
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	51
KAYNAKLAR	51
ÖZGEÇMİŞ	59



ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 1.1.	Avokado çiçek tiplerinin şematik gösterimi	3
Çizelge 1.2.	Dünyada en çok avokado yetiştiriciliği yapan ülkelerin üretim miktarları	4
Çizelge 1.3.	Son 10 yıl için Türkiye avokado üretim miktarları.....	5
Çizelge 1 4.	Türkiye'de illere göre avokado üretim miktarları).....	6
Çizelge 3.1.	MS ve WPM besi ortamı içeriği	23
Çizelge 3.2.	Mikroçoğaltım deneme planı (1. uygulama).....	24
Çizelge 3.3.	Mikroçoğaltım deneme planı (3. uygulama).....	25
Çizelge 4.1.	Mexicola anacının 1. uygulamasında bitki boyuna (cm) ait veriler	36
Çizelge 4.2.	Mexicola anacının 1. uygulamasında kardeş sayısına (kardeş/bitkicik) ait veriler.....	37
Çizelge 4.3.	Mexicola anacının 2. uygulamasına ait veriler	38
Çizelge 4.4.	Mexicola anacının 3. uygulamasına ait veriler	39
Çizelge 4.5.	Topa Topa anacına ait mikroçoğaltım denemesinde bitki boyuna (cm) ait veriler.....	40
Çizelge 4.6.	4. uygulamada bitki boyuna ait veriler	42
Çizelge 4.7.	4. uygulamada kardeşlenme katsayısına ait veriler.....	43
Çizelge 4.8.	Duke anacının bitki boyuna (cm) ait veriler	44
Çizelge 4.9.	Mexicola anacına ait kök denemesinde bitki boyuna (cm) ait veriler	45
Çizelge 4.10.	Avokado anaçlarının kök denemelerinde bitki boyuna ait veriler	46



ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 1.1. Avokado üretim miktarlarının kıtalara göre dağılımı	4
Şekil 3.1. Topa Topa anacına ait görüntü.....	19
Şekil 3.2. Mexicola anacına ait görüntü.....	20
Şekil 3.3. Duke anacına ait görüntü	21
Şekil 3.4. Bitkisel materyale ait sürgünlerin sterilizasyonu	22
Şekil 3.5. Mikroçoğaltım denemelerine ait görüntü.....	26
Şekil 3.6. Kök ortamına alınan Mexicola anacına ait görüntü	27
Şekil 4.1. Mexicola anacının kardeşlenmesi (1 mg/L BAP ve 0.5 mg/L GA ₃ içeren MS ortamı)	37
Şekil 4.2. Plantform biyoreaktör sisteminde gelişen Mexicola anacına ait bitkiler	39
Şekil 4.3. Kardeşlenme ortamındaki Topa Topa anacına ait görüntü	41
Şekil 4.4. Mexicola anacı katı kültür köklenme denemesi sonucunda 1.0 mg/L IBA içeren WPM besin ortamında elde edilen köklü bitki	45
Şekil 4.5. Mexicola anacında köklendirilip dış koşullara alıştırılan bitki	47



SİMGELER VE KISALTMALAR

BAP	: 6-Benzylamino purine
dk	: Dakika
FAO	: Food and Agriculture Organisation (Gıda ve Tarım Örgütü)
g	: Gram
GA ₃	: Gibberallic acid
IBA	: Indolebutyric acid
IAA	: Indoleasetic acid
L	: Litre
mg	: Miligram
MS	: (Murashige ve Skoog, 1962)
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
WPM	: (WP, Lloyd ve McCown, 1980)
TDZ	: Tiazuron



1. GİRİŞ

Avokado (*Persea americana* Mill.), *Lauraceae* familyasına ait, yaprak dökmeyen, tropik ve subtropik bölgelerin başlıca meyve türüdür (Zulfiqar ve ark, 2009). Avokadonun anavatanı olarak Orta Amerika ülkeleri, Güney Amerika'nın kuzey sahilleri ve Batı Hint Adaları bilinmektedir (Demirkol, 1997a).

Bilimsel Sınıflandırması:

Familiya: Lauraceae

Cins : *Persea*

Alt cins : *Persea*

Türler:

- *Persea schiedeana* Nees
- *Persea parvifolia* Williams
- *Persea americana* Mill

Irklar:

- *Persea americana* var. *americana* (Batı Irkı)
- *Persea americana* var. *drymifolia* (Meksika Irkı)
- *Persea nubigena* var. *guatemala* (Guatemala Irkı)

Avokado ismi İspanyolca'dan (*aquacate* veya *ahuacate*) türemiş olup genellikle Türkiye'de 'Amerikan armudu' olarak da adlandırılmaktadır. Avokado, Meksika'nın merkezi ve doğusunda bulunan Guatemala ile Orta Amerika'nın Pasifik sahilleri boyunca geniş coğrafi alana yayılmış bir ağaç türüdür (Ben-Ya'acov ve Michelson, 1995; Knight, 2002).

Avokado, son derece önemli ticari tarımsal ürün olarak dünya üzerinde 5 kıtada 50'ye yakın ülkede yetiştirilmektedir (Zentmyer, 1987; Knight, 2002).

Avokadonun yetiştiricilik alanlarının sınırlı olması, yüksek besin değerinin ve kendine özgü tadının bulunması nedeni ile pazarda yüksek fiyat ile satılmaktadır. İhracat oranı oldukça yüksek olan avokadonun protein, lipitler, karotenoid, vitamin ve yağ asitleri bakımından zengin olduğu için tüketimi, özellikle ekonomik gelir düzeyi yüksek olan birçok Batı Avrupa ülkesinde giderek artmaktadır (Bayram ve ark, 2006).

Yüksek besin değeri ve sağlık açısından önemli bir yere sahip olan avokado gıda endüstrisi, yağ içeriklerinden dolayı kozmetik endüstrisinde kullanılmaktadır. Diğer bitkisel besinlerden daha yüksek yoğunlukta antioksidan, yüksek çözülebilir lif içeriği ve A, B ve E vitaminleri nedeni ile kalp sağlığını korumada avokadonun yararları bulunmaktadır (Bergh, 1992).

Dünya avokado üretiminde ilk sırayı; Meksika, Kolombiya, Dominik Cumhuriyeti, Peru, Endonezya, Kenya gibi ülkeler almaktadır (FAOSTAT, 2022). Dünya genelinde avokado, geniş bir sıcaklık dağılımında Meksika ırkı, Guatemala ırkı ve Batı Hint ırkı olmak üzere üç ırkta sınıflandırılmıştır. Bu ırkların farklı tarımsal, ticari özellikleri ve sıcaklık istekleri bulunmaktadır (Campbell ve ark, 1976; Hiti-Bandaralage ve ark, 2017). Avokado yetiştiriciliğini etkileyen ve kısıtlayan en önemli faktör düşük sıcaklıklardır (Francis, 1974). Bununla birlikte, üç ırkın çeşitleri arasında abiyotik ve biyotik stres koşulları altında canlılıkla ilgili özellikleri arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır. Meksika çeşitlerinin soğuğa ve az havalandırılmış topraklara karşı en dayanıklı çeşitler olduğu bildirilmiştir (Wolstenholme, 2003; Hiti-Bandaralage ve ark, 2017). Batı Hint ırkı bitkileri yüksek sıcaklığa, neme, toprak tuzluluğuna ve toprak pH'sına dayanıklıdır. Guatemala ırkı ise olumsuz çevre koşullarına karşı orta düzeyde toleranslıdır (Campbell ve Malo, 1976; Hiti-Bandaralage ve ark, 2017).

Avokadolar çiçeklenme şekilleri olarak A tipi (Hass; Guatemala) ve B tipi (Bacon; Fuerte) olmak üzere iki tip olarak gruplandırılır (Nakasone ve Paul, 1998). 'A' tipi çiçekler, ilk günün sabahı 'dişi' ve ikinci günün sabahı 'erkek' dönemde

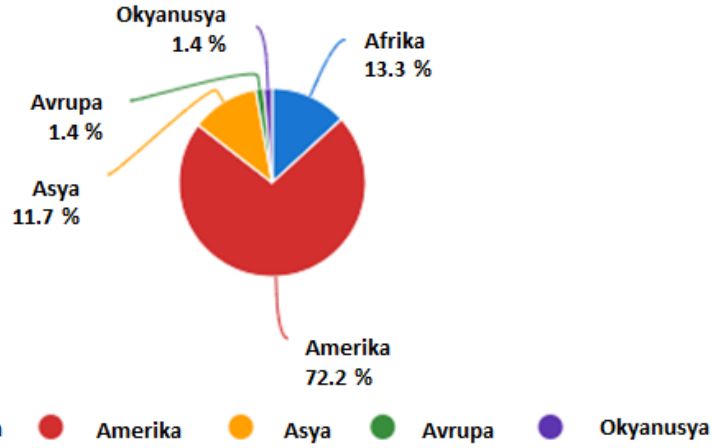
olmaktadır. ‘B’ tipi çiçekler ise, öğleden sonra ‘dişi’ ve ertesi sabah ‘erkek’ dönemde olmaktadır. Avokado çiçeklerinin erkek ve dişi organları farklı dönemlerde aktif olduklarından kendi kendine tozlanıp döllenememektedir. Bu nedenle avokado tek çeşitle ya da bir grupta bahçe kurulmamalıdır (Tuzcu, 1996). Avokadonun çiçek tipleri şematik olarak Çizelge 1.1’de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Avokado çiçek tiplerinin şematik gösterimi

Tipler	1. Gün		Gece	2. Gün	
	Sabah	Öğleden Sonra		Sabah	Öğleden Sonra
A	Dişi	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Erkek
B	Kapalı	Dişi	Kapalı	Erkek	Kapalı

Avokado yetiştiriciliği dünyada hızlı bir şekilde gelişmektedir. Bu gelişmede; çeşitlerin çok değişken ekolojik koşullara uyum sağlayabilmesi, meyvelerin gösterişli ve lezzetli olması, çeşitlerin farklı zamanlarda olgunlaşması sebebiyle üretimin geniş bir zaman diliminde yapılabilmesi gibi özellikleri önemli rol oynamaktadır.

Dünyada en çok avokado yetiştiriciliği Amerika kıtasında (72.2%) yapılmaktadır. Amerika kıtasını sırasıyla; Afrika (13.3%), Asya (11.7%), Okyanusya (1.4%) ve Avrupa (1.4%) kıtaları takip etmektedir (FAOSTAT, 2022). Üretim miktarlarının bölgelere göre dağılımı Şekil 1.1’de verilmiştir.



Şekil 1.1. Avokado üretim miktarlarının kıtalara göre dağılımı

2020 yılına ait verilere bakıldığında, dünyada toplam üretim miktarı 8.059.359 ton olarak belirlenmiştir. En çok avokado yetiştiriciliği yapan ülkeler ise sırasıyla; Meksika, Kolombiya, Dominik Cumhuriyeti, Peru, Endonezya, Kenya, Brezilya, Etiyopya, Haiti ve Amerika Birleşik Devleti'dir (FAOSTAT, 2022). En çok yetiştiricilik yapan ülkelerin, üretim miktarlarına ilişkin veriler Çizelge 1.2'de verilmiştir.

Çizelge 1.2. Dünyada en çok avokado yetiştiriciliği yapan ülkelerin üretim miktarları (FAOSTAT, 2022).

Ülke	Üretim Miktarı (ton)
Meksika	2.393.849
Kolombiya	876.754
Dominik Cumhuriyeti	676.373
Peru	660.003
Endonezya	609.049
Kenya	322.556
Brezilya	266.784
Etiyopya	245.336
Haiti	191.713
Amerika Birleşik Devletleri	187.433

Diğer ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de avokado yetiştiriciliği büyük önem kazanmıştır. Avokado, iç ve dış pazarda maddi değerinin yüksek olması nedeniyle yeni meyve türü yetiştirmek isteyen üreticilerin ilgisini giderek daha fazla çekmektedir (Bayram ve ark, 2006). Türkiye’de avokado üretimi 2020 yılı için 5923 tondur (FAOSTAT, 2022). Son 10 yıl için ülkemizdeki avokado üretim miktarları ton cinsinden Çizelge 1.3’te verilmiştir. TÜİK verilerine bakıldığında, ülkemizde en çok avokado yetiştiriciliği yapan iller sırasıyla; Antalya, Mersin, Hatay, Muğla ve Adana’dır (TÜİK, 2022). İllere göre üretim miktarları Çizelge 1.4’de sunulmuştur.

Çizelge 1.3. Son 10 yıl için Türkiye avokado üretim miktarları (FAOSTAT, 2022)

Yıl	Üretim miktarı (ton)
2010	1207
2011	1316
2012	1463
2013	1599
2014	1824
2015	1850
2016	1950
2017	2765
2018	3164
2019	4209
2020	5923

Çizelge 1 4. Türkiye'de illere göre avokado üretim miktarları (TÜİK, 2022).

İl	Üretim Miktarı (ton)
Antalya	7.102
Mersin	1.788
Hatay	106
Muğla	79
Adana	6

Dünya’da avokado bitkisini çoğaltmak için bitkisel materyal olarak en fazla çöğür anaçlar kullanılmaktadır. Anaçların çoğunun tohumdan elde edilmesi ve bitkilerin yüksek seviyede heterozis özelliği taşımasından dolayı, verimlilik ve karakteristik özellik bakımından heterojen karakterli bahçeler ortaya çıkmaktadır (Castro ve ark 2003; Bayram, 2013). Genellikle bodur, tuza ve alkali toprağa toleranslı anaçlar seçilmelidir (Vega ve ark, 1989; Hiti-Bandaralage ve ark, 2017). Zararlı ve hastalıklara karşı direnç (Pliego-Alfaro ve ark, 1987; Hiti-Bandaralage ve ark, 2017), sürgün yapısı, meyve kalitesi, meyve eti, hasat sonrası meyve kalitesi üretici açısından önemlidir (Ahmed ve ark, 2001; Hiti-Bandaralage ve ark, 2017). Ülkemiz arazi koşullarında fidan yetiştiriciliğinde, kolay ve ucuz üretiminden dolayı tohumdan gelen çöğür anaçlar kullanılmaktadır. Çöğür anaç olarak genellikle Meksika alt türüne ait ‘Mexicola,’ ‘Topa Topa’ ve ‘Duke’ gibi çeşitlerin tohumları kullanılmaktadır. Bununla birlikte, aşısız tohumdan gelen genotiplerin (çöğürlerin) ve ticari çeşitlerin de tohumları kullanılabilir (Bayram, 2013). Belirli olan çeşitten veya aşısız bir ağaçtan alınan tohumların ekilmesinden elde edilen çoğaltım materyaline çöğür anaç denmektedir (Ben-Ya’acov ve Michelson, 1995; Bayram, 2013). Avokadoda Meksika, Guatemala ve Batı-Hint soylu çeşitleri veya bunların melezleri çöğür anaç olarak kullanılmaktadır. Çöğür anaçlarla kurulan avokado bahçelerinde aynı olmayan

ağaçlar meydana gelmekte ve verimlilikte değişkenlik görülmektedir (Ben-Ya'acov, 1985; Bayram, 2013). Avokado bahçe veriminin değişkenlik göstermesi kullanılan çöğür anaçlardaki genetik değişkenliğe bağlanmaktadır (Bender ve Whiley, 2002; Bayram, 2013).

Avokado bitkisinin çöğürleri tohumun ekilmesinden itibaren 2–4 ay sonra 300–450 mm yüksekliğe ulaşınca, aşılama hazır duruma gelmektedir (Whitsell vd., 1989; Bayram, 2013). Bitkilerde aşı, iki bitki parçasının birleştirip kaynaştırarak bir bitki gibi gelişimlerini sağlamasına denir. Yeni oluşan bitkinin toprak üstü kısmına (bitki tacını oluşturan kısmına) kalem veya çeşit, kök sistemini oluşturan kısmına ise anaç adı verilmektedir. İki vegetatif bitki parçasını birleştirip yeni bitkiler elde edilmesine ise aşılama denilmektedir (Ağaoğlu ve ark, 1997; Bayram, 2013). Ticari olarak yetiştirilen bitkilerin kalitelerinin düzeltilmesi için yapılan aşılama, amaca göre anaç (kökleri) ve kalem (gövde, yapraklar, çiçekler veya meyveler) seçimi yapılarak çoğaltmada yaygın olarak kullanılmaktadır (Darikova ve ark, 2011; Bayram, 2013). Aşılama eğer anaç ve kalem arasında uygun bir kaynaşma sağlanamıyorsa o zaman aşı başarısız olmuş ve ‘uyuşmaz’ olarak nitelendirilmektedir (Ağaoğlu ve ark, 1997; Bayram, 2013). Avokado çöğürleri, aşılabilir büyüklüğe geldiği zaman göz veya kalem aşıları yapılmaktadır. Aşılama, küçük çaplı anaçlar için (6–12 mm) en uygun aşılama tekniği olarak kalem aşılarının olduğu bildirilmektedir (Elam, 1997; Bayram, 2013). Kalem aşılarının uygulama zamanı bakımından göz aşılarında daha az seçici olduğu bilinmektedir (Doğrular ark., 1985; Bayram, 2013). Kalem aşılarında, göz aşılarında daha fazla odun dokusu bulunduğu için, aşı bitki daha kısa sürede hızlıca gelişmektedir (Elam, 1997; Bayram, 2013). Avokado bitkisinde kalem ve göz aşıları için en iyi aşılama zamanı, kabuğun odun kısmından ayrıldığı ilkbahar ve sonbahar mevsim döneminde olmaktadır. Avokadoda aşılama kalem (ilkbaharda) ve göz aşıları (sonbahar) yapılmaktadır. Avokado bitkisi için en iyi aşılama zamanı ilkbaharda yapılan kalem aşısıdır (Elam, 1997; Bayram, 2013).

Avokado çöğür anacına yapılan kalem aşılarda, anaç çapının yaklaşık 12 mm olması, toprak seviyesinden 400 mm yüksekten anacın tamamının kesilmesi ve 60 mm uzunluğunda eğimli bir kesidin alınması gerektiği bildirilmiştir (Bender ve Whiley, 2002; Bayram, 2013).

Avokado bitkisinin aşı ile klonal çoğaltımı pahalı, zaman alıcı ve fazla iş gücü gerektirdiğinden dolayı yetiştiricilerin talebini karşılayamamış ve üretimde sınırlı sayıda artışa neden olmuştur (Martinez-Pacheco ve ark, 2010). Kısa sürede çok sayıda anaç materyali elde etmek amacıyla *in vitro* çoğaltım tekniklerinden uzun yıllardır yararlanılmaktadır. *In vitro* koşullarda gerçekleştirilen mikroçoğaltım, ekolojik koşullardan bağımsız, kitlesel üretimde, minimum alanda ve klasik yöntemlerle çoğaltmaya alternatif bir yöntem sağlamaktadır. Meyve anaçlarının *in vitro* koşullarda klonal üretimi gerek Dünyada gerekse Türkiye’de vazgeçilmez bir çoğaltım tekniğidir (Hasan Ali Dagman, 2019).

Mikroçoğaltım, bir bitkiden alınan ve tam bir bitkiyi oluşturabilme potansiyeline sahip bitki parçalarının (embriyo, tohum, gövde, kök, sürgün vb.) mikroorganizmalardan arı ve yapay besin ortamlarında genetik olarak birbirine benzeyen çok sayıda bitkiyi kısa zamanda çoğaltma amacıyla klonal kullanılan bir doku kültürü tekniğidir (Mansuroğlu ve Gürel, 2001). Büyük boyutlarda yapılan bitkisel mikroçoğaltım çalışmaları yüksek verim sağlayıp hız, zaman ve yerden kazanç sağlamaktadır (Aka-Kaçar ve ark, 2015). Mikroçoğaltım, bitkiden izole edilmiş doku (eksplant) parçasını yapay besin ortamında hücre ve dokular bölünerek kök, yaprak, sürgün, embriyo veya tam bitki geliştirirler. Bazen kültürdeki hücre ve dokulardan kallus olarak adlandırılan farklılaşmamış hücre topluluğu gelişmekte ve ekonomik önemi olan çoğu bitkilerin klonal olarak çoğaltılmasında başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (Onay ve ark, 2012). Mikroçoğaltım tekniklerinin kullanılmaya başlanmasıyla avokado klonal çoğaltımı için endüstriye uygulanabilir bir doku kültürü prosedürü oluşturulmaya başlanmıştır. Bir dizi olgun farklı avokado eksplantları (sürgün uçları, aksiller

tomurcuklar) ve genç avokado eksplantları (embriyo, sürgün ucu, aksiller tomurcuklar, yaprak, yaprak sapı, kök, çiçek, meyve mezokarpı, çiçek sapı, polen, kotiledon ve protoplastlar) *in vitro* koşullarda farklı araştırmalarda kültüre alınmıştır (Barrera-Guerra ve ark, 1998; Hiti-Bandaralage ve ark, 2017). Ancak geleneksel çoğaltmanın yerini alabilecek kapsamlı mikroçoğaltım protokolü oluşturulmadığı için çok fazla başarı elde edilememiştir (Schroeder, 1976; Hiti-Bandaralage ve ark, 2017). Bu nedenle, avokado bitkisinde etkili bir mikroçoğaltım protokolü oluşturulması gerekmektedir.

Çoğaltım için klasik doku kültürü yönteminde agar ile karıştırılmış katı ya da yarı-katı ortamlar kullanılmaktadır. Bu teknikte doku kültürü ile çoğaltılan bitki maliyetinin artması, bitki çoğalma katsayısı ve bitki kalitesine olumsuz etki yapabilmektedir. Bu yöntemin yanında biyoreaktör sıvı kültür sistemleri de kullanılmaktadır. Biyoreaktör sisteminde eksplantın sürekli sıvı ortamda kalması dokularda oksijensiz kalarak camsılaşma meydana gelmektedir (Lambardi ve ark., 2015). Geçici daldırma yöntemi ile kültür kaplarının içerisinde havalandırma sayesinde kabın içerisindeki havanın yenilenmesini sağlamaktadır. Böylece bitki daha ekonomik, hızlı ve kolay çoğaltma yöntemi sağlar.

Bu tez çalışmasında, tarımsal üretim açısından değerli olan bazı avokado anaçlarının *in vitro* koşullarda mikroçoğaltımı ve köklenmesi üzerine farklı bitki büyüme düzenleyicileri ve farklı besin ortamlarının etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Avokadoda Yürütülen Doku Kültürü Çalışmaları

Kadman (1976), avokado bitkisinin *in vitro* koşullar altında köklenme performansını araştırmıştır. Genç sürgünlerden gelişen bitkilerin ya da sürgünlerin daha iyi köklenme yüzdesine sahip olduğu, olgun sürgünlerden gelişen sürgünlerin ise düşük köklenme yüzdesine sahip olduğu gözlenmiştir. Genç avokado sürgünleri IBA (İndol bütirik asit) ile desteklenen besin ortamında %100 oranında köklenmiştir.

Schroeder (1977), avokado bitkisinde kallus kültürü ile rejenerasyon elde etmeye çalışmıştır. Çalışmada, kallus oluşumu için kök, yaprak, çiçek, meyve mezokarpı, çiçek sapı ve kotiledon eksplantları kullanılmıştır. Bazı avokado kalluslarının *in vitro* kültürde 17 yıldan fazla bir süre hayatta kaldığı belirtilmiştir. Bu özellikten yola çıkılarak, kallustan rejenerasyon sağlanabilmesi durumunda, germplazmın korunması için kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Nel ve ark (1983), farklı avokado çeşitlerinde gerçekleştirdikleri çalışmada, 2 mg/L IBA ilave edilmiş ortam kullanıldığında, sadece %65 (genç sürgünler) oranında köklenme elde etmişlerdir. Bununla birlikte uzun süreli inkübasyonla 2 mg/L IBA ilave edilmiş ortamlarda köklenme yüzdesi %80'e kadar çıkmıştır.

Vega (1989), yaptığı çalışmada, Batı Hint ırklarından selekte edilmiş Colin V-33 genotipinin *in vitro* koşullarda çoğaltım performansını araştırmıştır. Çalışma sonunda, en iyi çoğalma 2 mg/L BA+ 2mg/L GA₃ (Gibberallik asit) eklenmiş MS besin ortamında (%100) elde edilmiştir.

Harty (1985), yapmış olduğu çalışmada, Duke 7 avokado anacının sürgünlerinin çoğaltılması için en uygun besin ortamının belirlenmesini amaçlamıştır. Çalışmada kullanılan ve Dixon ve Fuller (1976) tarafından önerilen MMS ortamında kinetin 10 mg/L konsantrasyonda kültüre alınan sürgün

uçlarından 9 haftada kültür başına 6.1 cm yeni sürgün gelişmiştir. Çalışma sonunda kinetin bitki büyüme düzenleyicisinin 2İP ve BAP'a göre daha etkili olduğu bildirilmiştir. BA (6-Benzylamino) içeren besin ortamlarında en yüksek yaşama oranının %70 (30.0 mg/L BA konsantrasyonunda), 2İP içeren besin ortamlarında en yüksek yaşama oranının ise %60 (5.0 mg/L 2İP konsantrasyonunda) olduğu tespit edilmiştir.

García-Gómez ve ark (1994), yaptıkları çalışmada literatürlere göre farklı oksin ve konsantrasyonlarının, uygulama süresinin ve uygulama yöntemlerinin avokadonun köklenme başarısında oldukça etkili faktörler olduğunu vurgulamışlardır. Nitekim avokado bitkisinin köklenmesinde, IBA'nın NAA ve IAA bitki büyüme düzenleyicilerine kıyasla daha başarılı köklenme yüzdesi ortaya koyduğu rapor edilmiştir. Çalışma sonunda, IBA içeren besin ortamında avokado köklenme yüzdesinin daha yüksek olduğu, buna kıyasla NAA içeren besin ortamında ise daha hızlı kök gelişiminin olduğu belirtilmiştir.

Zirari ve Lionakis (1994), yaptıkları çalışmada, Fuerte, Hass, Topa Topa ve Duke genotiplerini kullanmışlardır. Olgun Duke ağaçlarından alınan eksplantlarda yüksek çoğalma gözlemlenmiştir. Sürgün ucu eksplantları nod eksplantlarına göre daha yüksek çoğalma gösterdiği kaydedilmiştir. En iyi yan sürgün oluşumu 0.65 mg/L BA (katı) ve 0.1 mg/L BA (sıvı) içeren MS besin ortamında elde edilmiştir. En yüksek çoğalma katsayısı Topa Topa anacında ardından Fuerte ve Hass çeşitlerinde görülmüştür.

Castro ve ark (1995), yaptıkları çalışmada, tuzluluğa ve *Phytophthora*'ya dayanıklı avokado anaçlarına olan gereksinimler doğrultusunda, klonal çoğaltım için *in vitro* tekniklerinin etkili olduğunu vurgulamışlardır. Çalışmada Lula ve Velvick genotiplerini kullanmışlardır. En yüksek çoğalma yüzdesi Lula genotipinde 0.65 mg/L BA içeren WPM besin ortamında (%70), Velvick genotipinde ise 2 mg/L BA+0.5 mg/L IBA içeren WPM besin ortamında (%92) elde edilmiştir.

Barringer ve ark (1996), yaptıkları çalışmada, arazi koşullarında yapılan oksin uygulamalarının avokadonun köklenme başarısında oldukça etkili olduğu görülmüştür. Hopkins ve Hass genotipleri kullanılarak dış koşullarda yapılan köklendirme denemesinde, 1 mg/L IBA (%60) inkübasyonuna göre, 1 mg /l IBA (%100) içeren solüsyonda 1 saniye daldırıp çıkarmanın köklenme başarısında daha çok etkili olduğu gözlenmiştir.

Barrera-Guerra ve ark (1998), avokado sürgünlerinin *in vitro* mikroçoğaltımı ve köklenmesi ile ilgili rapor yayınlamıştır. Ancak çoğaltmada istenilen düzeyde başarıya ulaşılmamıştır. Bu nedenle avokadonun mikroçoğaltımının verimli bir köklendirme gerektiğini IBA ve TDZ bazlı uygulamalarla avokado sürgünlerinin *in vitro* köklenmesini teşvik etmek için prosedür geliştirmiştir. TDZ hormonu ile yapılan uygulamada köklenme başarısız olmuştur, ancak 72 saat 100 mg/L IBA ile yapılan uygulamalarda %20 köklenme elde edilmiştir. Bitki büyüme düzenleyicileri olmadan köklenme %16, 72 saat 50 mg/L IBA uygulaması ile %15.4, 24 saat boyunca 150 mg/L IBA uygulaması %5, 5 saniye boyunca 4000 mg/L IBA uygulaması ile %8.3 köklenme oranı elde edilmiştir.

Barcel'O-Muñoz ve ark (1999), Avokado IV-8 anacının *in vitro* çoğaltım için prosedür geliştirmiş ve çalışmada bazal sürgünler kullanılmıştır. 1.3 µM BAP ile 1/2 MS de sürgün oluşturmıştır. Sürgünler mikroçoğaltımı başlatmak için 1.3 µM BA ilaveli Gamborg sıvı ortamda 2 hafta boyunca ardından 6 hafta boyunca çift fazlı (üstte sıvı ortam tabakası olan katı ortam) iki farklı BA sıvı fazda 0.4 µM ve katı fazda 2.8 µM dozu kullanılarak Gamborg ortamında kültüre alınmıştır. Kullanılan sürgünlerin %90'ı 4.9 µM IBA ve 0.3 x Makro elementli MS sıvı ortamda 3 günlük bir kültürden sonra köklenmiştir. Kök veren sürgünler serada adaptasyon sürecinde canlılık oranı %70 olduğu gözlenmiştir.

Barcelo'-Mun'oz ve ark (2003), besin ortamına BA ilave edilmesinin avokado sürgün oluşumu ve sürgün uzamasına etkisini araştırmışlardır. Bununla

birlikte, çoğaltma ortamında ve/veya muhafaza ortamında yüksek konsantrasyonlarda kullanıldığında, BA büyümeyi, sürgün uzunluğunu veya her ikisini birden baskılamıştır. Bitki büyüme düzenleyicilerinin MS ortamına veya pepton içeren MS ortamına dahil edilmesi istenilen sürgün oluşumunu sağlamamıştır.

George ve ark (2007), avokado için protokol optimizasyonunda, temel ortam seçimi ile ilgili araştırmalar yapmışlardır. MS besin ortamında veya sürgün indüksiyonu ve çoğalması için Modifiye MS ortamında mikroçoğaltım çalışmaları gerçekleştirmişlerdir. Bununla birlikte, çalışma sonunda WPM'nin avokado nodal sürgün büyümesi için MS, MMS, Dixon ve Fuller, Andersons, Miller, Nitsch ve Gamborg ortam formülasyonlarına kıyasla daha üstün olduğu bildirilmiştir.

Nhut ve ark (2008), yaptıkları çalışmada, Hass genotipine ait hem genç hem olgun bitkilerden eksplant alınmış olup, avokadonun mikroçoğaltım ve köklenme çalışmaları için peptonun etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada MS besin ortamı kullanılmıştır. Bitki büyüme düzenleyici içeren ve içermeyen besin ortamlarında sararmalar meydana gelmiştir. Sadece pepton eklenen besin ortamlarında peptonun sürgün gelişimini teşvik ettiği rapor edilmiştir. Olgun bitkilerden alınan nodlarda sürgün oluşumu gerçekleşmiş fakat rejenerasyon oranı düşük kalmıştır. En iyi sürgün gelişimi %2 pepton içeren hormonsuz MS besin ortamından (%44) elde edilmiştir. Bütün genç bitkilerden alınan sürgünler, pepton ve NAA'lı besin ortamlarında köklenmiştir.

Zulfiqar ve ark (2009), yaptıkları çalışmada Fuerte çeşidini kullanmışlardır. Çalışmada 1 BA mg/L eklenmiş MS besin ortamında, sürgün ucu eksplantlarına karşı en yüksek çoğalma katsayısı yan sürgünlerde ve 2.5 olarak gözlemlenmiştir.

Martinez-Pacheco ve ark (2010), Meksika ırkı avokadonun (*Persea americana* Mill. var. *drymifolia*) *in vitro* koşullarda çoğaltılması için protokol geliştirmişlerdir. Çalışmada eksplant olarak lateral tomurcuklar kullanılmıştır.

Eksplantlar, 30 g/l sükröz, 1 g/l aktif kömür, 0.4 mg/L askorbik asit, 1 g/l ticari fungusit Tecto 60 ve 4 g/l fitagel içeren MS besin ortamında kültüre alınmıştır. Avokado bitkisinin mikroçoğaltımı üzerine bitki büyüme düzenleyicilerin etkisini araştırmak için bitkiler, 0, 0.25, 0.5, 1.0, 2.5 veya 5.0 mg/L BA'nın 0, 0.1, 0.25, 0.5 veya 1.0 mg/L IBA ile kombine edildiği MS besin ortamında kültüre alınmıştır. En yüksek sürgün gelişim oranı %71.3 ile 0.5 mg/L BA ve 0.1 mg/L IBA içeren ortamda elde edilmiştir. 0.5 mg/L IBA içeren besin ortamında bitkiler başarılı bir şekilde köklenmiştir.

Rohim ve ark (2013), yapmış oldukları çalışmada Hass çeşidinde zigotik embriyo kurtarma ve rejenerasyonu için protokol geliştirmişlerdir. En iyi çimlenme yüzdesi (%100) tam çiçekten 180 ve 210 gün sonra kültüre alınan embriyolardan sağlanmıştır. MS ve B5 ortamı arasında çimlenme yüzdesi açısından fark görülmemiştir. MS ortamı B5 ortamı ile kıyaslandığında daha yüksek sürgün uzunluğu ve sürgün sayısı kaydedilmiştir. En fazla kardeşlenme (2.6 kardeş / bitki) 2.0 mg/L BA' lı köklenme yüzdesi ise IBA ile 2.0 mg/L (%49) gözlemlenmiştir. Canlılık yüzdesi (%48.4) 1:1:1 kum, turba ve vermikülit karışımı ile elde edilmiştir.

Bandaralage ve ark (2015), yapmış oldukları çalışmada Velvick genotipini kullanmışlardır. Çalışmada avokado sürgünlerinin nod sayısını arttırmayı hedeflemişlerdir. Bu nedenle gibberelik asit ve sitokininleri bir arada kullanmışlardır. WPM besin ortamında farklı doğal aromatik sitokininlerden *Meta-topolin* ve GA₃ konsantrasyon kombinasyonları kullanılmıştır. En iyi sonuçlar *Meta-topolin* 0.1 mg/L+ GA₃ 0.1 mg/L kombinasyonunda (%100) elde edilmiştir.

Qasrawi (2019), yapmış olduğu çalışmada, Batı Hint avokado anaçlarının mikroçoğaltımı için kullanışlı ve uygulanabilir bir protokol geliştirmeyi amaçlamıştır. Çalışmada, lateral tomurcuk ve apikal meristemleri eksplant olarak kullanılmıştır. Mikroçoğaltım denemelerinde, eksplantlar farklı konsantrasyonlarda BA, TDZ ve Kinetin içeren WPM ve MS besin ortamlarında kültüre alınmıştır.

Köklenme denemelerinde ise farklı konsantrasyonlarda IBA içeren WPM ve MS besin ortamları kullanılmıştır. En fazla sürgün gelişimi 1.5 mg/L BA içeren WPM besin ortamında elde edilmiştir. En iyi köklenme 1 mg/L IBA içeren MS besin ortamında elde edilmiştir.

O'Brien, C ve ark (2020), avokado *in vitro* kültürle birlikte kriyoprezervasyon, germplazmını korumak için güvenli ve uygun maliyetli bir yöntem sunmaktadır. Bitki materyalinin vitrifikasyonu, bir kriyoprezervasyon protokolünde önemli bir adımdır. Kriyopektan olarak kriyo öncesi PVS2 solüsyonu kullanılmıştır. Çalışmada olarak Velvick ve Reed çeşidi donör bitki alınmış ve iki farklı ön işleme tabi tutulmuştur. Yüksek sükröz (0.3 M) ve sürgün uçlarının ekstraksiyonundan 2 hafta önce düşük sıcaklıkta (10 °C) inkübasyon yapılmıştır. Çıkarılan sürgün uçları PVS2 işlemine tabi tutulup sıvı nitrojen işleminden önce hayatta kalma ve yeniden büyüme değerine bakılmıştır. Velvick çeşidinin sürgünleri için en iyi sonuç yüksek sükrözde %73, Reed çeşidi için düşük sıcaklığın ön işlemi en iyi sonuç %80 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar, avokado sürgün uçlarının yüksek sükröz veya düşük sıcaklıkta ön işlemlerinin, çeşitlere özel bir şekilde PVS2'nin neden olduğu hücre hasarı riskini azaltmak için kullanılabileceğini göstermektedir.

Restrepo Osorio ve ark. (2018), yapmış oldukları çalışmada, Hass genotipinin *in vitro* klonal çoğaltılması için bir yöntem geliştirmeyi amaçlamışlardır. Çalışmada apikal eksplantları ve nodal segmentler kullanılmıştır. Etiyolasyon ön muamelesinin oluşan sürgün sayısı ve *in vitro* fenolizasyon üzerindeki etkisi aşılı ana bitkilerde ve *in vitro* koşullarda eksplantlarda, fotoperiyot (12/12 saat) ve karanlıkta değerlendirilmiştir. Karanlık koşullar, bitki fenolizasyonunu önemli ölçüde azaltmıştır. Ayrıca karanlık koşullarda daha kısa sürede daha fazla sürgün oluşmuştur. Çoğaltma aşaması sırasında, WPM besin ortamı kullanılarak etkili bir fenolizasyon kontrolü sağlanmıştır.

Sholi ve Qasrawi (2022), avokadonun *in vitro* mikroçoğaltım performansını araştırmışlardır. Çalışmada aksiller tomurcuk ve sürgün ucu meristemlerini kullanmışlardır. Çalışma sonuçları değerlendirildiğinde, aksiller tomurcukların tüm uygulamalarda sürgün ucu meristemlerine göre daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir. WPM besin ortamında, eksplant türünden bağımsız olarak, MS besin ortamına göre daha iyi sonuç elde edilmiştir. Eksplantlar, BAP içeren ortamda TDZ ve Kinetine göre daha iyi yanıt vermiştir. Aksiller tomurcuktan elde edilen maksimum sürgün sayısı (4 sürgün/eksplant), BAP (1.5 mg/l) ile takviye edilmiş WPM ortamında elde edilmiştir. Kök çalışmalarına ait sonuçlar değerlendirildiğinde, en yüksek kök oluşumu (%50) 1 mg/L IBA içeren WPM besin ortamında tespit edilmiştir. En iyi kök sayısı ise (3.2 kök/eksplant), IBA (1.0 mg/l) ile desteklenmiş MS ortamında elde edilmiştir.



3. MATERYAL ve METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Bitkisel Materyal

Tez çalışmasında bitkisel materyal olarak 3 farklı avokado anacı (Mexicola, Topa Topa, ve Duke) kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan bitkisel materyaller Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri arazisinden temin edilmiştir. Tez çalışmasında kullanılan anaçlar, Meksika cinsine ait olup, kloroza ve soğuğa karşı dayanıklı anaçlardır. Ayrıca tohum kaynağı olarak en yaygın kullanılan anaçlardır (Johnston ve Frolich, 1956; Whitsell ve ark., 1989).

3.1.1.1. Topa Topa Anacı

Topa Topa anacının coğrafi kökeni Kaliforniya'dır. Topa Topa, *Phytophthora cinnamomi*'nin neden olduğu kök çürümesine ve tuzluluğa karşı çok hassastır. Toprak tuzluluğuna karşı hassas bir anaçtır (Bender ve ark., 2012). Topa Topa anacına ait görüntü Şekil 3.1'de sunulmuştur.



Şekil 3.1. Topa Topa anacına ait görüntü

3.1.1.2. Mexicola Anacı

Mexicola anacının yapraklarında anason kokusu vardır. Çiçeklenme tipi A'dır. Meyve yapısı küçük, kabuk kalınlığı ince, kabuk rengi mor, siyah ve parlak yapıdadır. Hasat için olgunlaşma zamanı çok erkencidir. Ağaç üzerinde bulunan meyvelerin muhafazası kısa sürelidir (Arslan, 2011). Mexicola anacına ait görüntü Şekil 3.2'de sunulmuştur.



Şekil 3.2. Mexicola anacına ait görüntü

3.1.1.3. Duke Anacı

Duke anacının coğrafi kökeni Meksika ve Latin Amerika'dır. Duke anacı kök çürüklüğüne ve dona dayanıklıdır (Miller, 1959). Meyve kabuğu ince olduğu için raf ömrü kısadır (Zentmyer ve ark,1963). Duke anacına ait görüntü şekil 3.3'te sunulmuştur.



Şekil 3.3. Duke anacına ait görüntü

3.2. Metot

3.2.1. Sürgün Uçlarının Sterilizasyonu

Çalışmada kullanılan bitkisel materyale ait sürgün uçları aktif sürgün döneminde arazi koşullarından temin edilerek laboratuvara getirilmiştir. Avokado sürgün uçları kültüre alınmadan önce yüzey sterilizasyonları gerçekleştirilmiştir. Laboratuvara getirilen sürgün uçları çeşme suyu altında 10 dk, % 0.1 mg/L Fungusitte 2 dakika bekletilmiş ve çeşme suyu altında yıkanmıştır. Daha sonra % 0.1 mg/L civaklorürde 5 dakika bekletilip saf su ile yıkanmış ve %70'lik etil alkolde 3 dk bekletilmiştir, daha sonra %20'lik sodyum hipoklorit + 1-2 damla tween 20 çözeltisinde 10 dk bekletilmiştir. Son olarak sterilant maddelerin uzaklaştırılması amacıyla steril kabin içerisinde 3 defa steril saf su ile yıkama işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Bitkisel materyale ait sürgünlerin sterilizasyonu

3.2.2. Kültür Ortamı

Sterilizasyon sonrası sürgünler bitki büyüme düzenleyici içermeyen, 30 g/L sakkaroz, 8 g/L agar içeren MS (Murashige ve Skoog, 1962) ve WPM (Woody Plant Medium; Lloyd ve McCown, 1980) besin ortamına aktarılmıştır. Besin ortamının pH'sı 5.7'ye ayarlanmıştır. MS ve WPM besin ortamı içeriği Çizelge 3.1'de sunulmuştur.

Çizelge 3.1. MS ve WPM besi ortamı içeriği

Bileşik	MS	WPM
	Konsantrasyon (mg/l)	Konsantrasyon (mg/l)
Makro Elementler		
MgSO ₄ .7H ₂ O	370	-
KH ₂ PO ₄	170	17
Ca(NO ₃) ₂	-	386.34
KNO ₃	1900	-
MgSO ₄	-	180.69
K ₂ SO ₄	-	990
NH ₄ NO ₃	1650	400
CaCl ₂ .2H ₂ O	440	96
Mikro Elementler		
H ₃ BO ₃	6,2	6.2
MnSO ₄ .H ₂ O	15,6	22.3
ZnSO ₄ .7H ₂ O	8,6	8.6
Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O	0,25	0.25
CuSO ₄ .5H ₂ O	0,025	0.25
CoCl ₂ .6H ₂ O	0,025	-
KI	0,83	-
FeSO ₄ .7H ₂ O	27,8	27.8
Na ₂ EDTA	37,3	37.3
Organik Bileşikler		
Sakkaroz	30-50 g	-
Myo-inositol	100	100
Nikotinikasit	0.5	1
Piridoksin HCl	0.5	0.5
Thiamine HCl	0.1	0.5
Glisin	2	2

3.2.3. Mikroçoğaltım Denemeleri

Mikroçoğaltım denemelerinde MS ve WPM besin ortamları kullanılmıştır. Bitki büyüme düzenleyicilerinden BA, Kinetin ve GA₃'ün farklı konsantrasyonları ve kombinasyonları uygulanmıştır. Bitkicikler 4 haftada bir altkültüre alınmış ve her altkültür sonunda bitkilerin çoğalma performansları incelenmiştir (Şekil 3.5).

Avokado çoğaltılması zor bitki türlerinden biri olduğu için farklı denemeler kurulmuştur. Tez çalışmasında kullanılan her anaçtan aynı sayıda bitki elde edilemediği için farklı uygulamalar şeklinde alt denemeler kurulmuştur.

1. Uygulama

Mexicola anacında 1. uygulama kapsamında yürütülen mikroçoğaltım denemelerinde, MS ve WPM besin ortamları ile BA ve GA₃'ün farklı konsantrasyonu ve kombinasyonu kullanılmıştır (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. Mikroçoğaltım deneme planı (1. uygulama)

Besin ortamı	BBD tipi ve konsantrasyonu (mg/L)	
	BA	GA ₃
MS	0	0
		0.1
		0.5
	1	0
		0.1
		0.5
	2	0
		0.1
		0.5
WPM	0	0
		0.1
		0.5
	1	0
		0.1
		0.5
	2	0
		0.1
		0.5

2. Uygulama

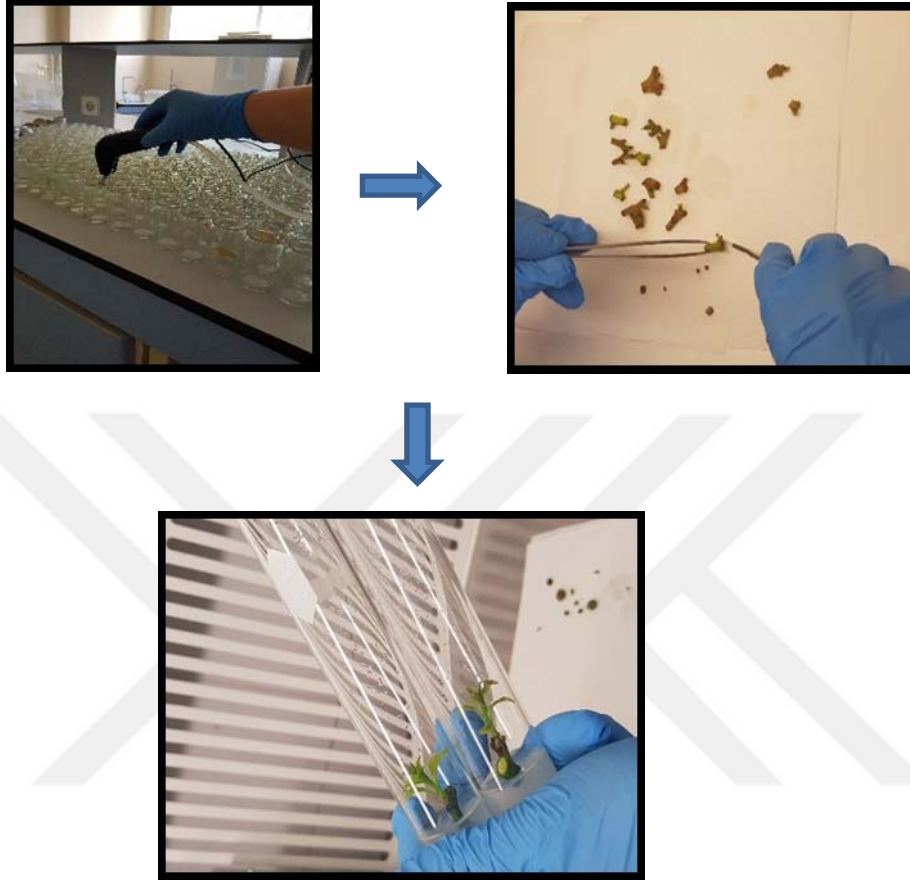
Mexicola anacının mikroçoğaltımı çalışmalarında 2. uygulama kapsamında, WPM besin ortamında TDZ'nin farklı konsantrasyonlarının (0.5, 1.0, 1.5 ve 2.0) etkisi incelenmiştir.

3. Uygulama

Mexicola anacının mikroçoğaltımı çalışmalarında 3. uygulama kapsamında, plantform biyoreaktör sistemi kullanılarak, WPM besin ortamında, BA ve kinetinin farklı konsantrasyonlarının (0, 1.0, 2.0, ve 3.0 mg/L) etkisi araştırılmıştır (Çizelge 3.3). Plantform sistemi için hazırlanan besin ortamlarına agar ilave edilmemiştir. Plantform biyoreaktör sistemi mikroçoğaltım denemesinde her kültür kabına 500 ml besin ortamı eklenmiş ve 10 bitki kültüre alınmıştır. Plantform biyoreaktör sisteminde daldırma süresi 4 saatte 10 dk, havalandırma süresi ise 4 saatte 15 dk olacak şekilde ayarlanmıştır. Bitkiciklerin kültür kaplarına transfer edilmesinden 6-8 hafta sonra altkültür işlemi gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.3. Mikroçoğaltım deneme planı (3. uygulama)

Besin ortamı	BBD tipi ve konsantrasyonu (mg/L)	
WPM	BA	0
		1
		2
		3
	Kin	0
		1
		2
		3



Şekil 3.5. Mikroçoğaltım denemelerine ait görüntü

4. Uygulama

Dördüncü uygulama kapsamında, Mexicola ve Topa Topa anacının mikroçoğaltımı üzerine BA ve Kinetinin (0, 1, 2 ve 3 mg/L) etkisi araştırılmıştır. Bu denemede WPM besin ortamı kullanılmıştır.

3.2.4. Köklendirme Denemeleri

Mikroçoğaltım denemeleri sonucunda elde edilen bitkiler ile köklendirme denemesi kurulmuştur (Şekil 3.6). Köklendirme denemelerinde üç farklı besin ortamı (MS, 1/2 MS ve WPM) ile oksin grubu bitki büyüme düzenleyiciler olan IAA ve IBA'nın 3 farklı konsantrasyonu (0, 1.0, 2.0 mg/L) uygulanmıştır. Besin ortamlarının içerisine 30 g/L sakkaroz ve 8 g/L agar ilave edilmiştir. Ortamların pH'sı 5.7'ye ayarlanmıştır. Bitkicikler kök ortamına 10 bitki olarak aktarılmış ve bitkicikler 16 saat aydınlık - 8 saat karanlık periyotlarında, 25°C sıcaklık koşullarına alındıktan, 6-8 hafta sonra köklenme performansları değerlendirilmiştir. Köklenen bitkiler alıştırma seralarına aktarılmıştır.



Şekil 3.6. Kök ortamına alınan Mexicola anacına ait görüntü

5. Uygulama

Kök denemelerinde, Mexicola, Topa Topa ve Duke anaçlarının birlikte kullanıldığı, WPM besin ortamı ve farklı dozlarda (0.5, 1.0, 2.0, 3.0 ve 4.0 mg/L) NAA ve IBA'nın kullanıldığı ve 150 mg/L Fe EDDHA eklendiği bir deneme kurulmuştur.

3.2.5. Bitkilerin Dış Koşullara Alıştırılması

Aseptik şartlarda köklenen bitkiler dış koşullara aktarımı yapılmadan önce bitkilerin bulunduğu kültür ortamlarından kademeli olarak açılarak, dış koşullara aklimatizasyonu gerçekleştirilmiştir. Bitkiler yapay ortamdan tamamen uzaklaştırıldıktan sonra steril 1:1 oranda torf perlit karışımı içeren saksılara serada aktarma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada, bitki boyu parametresi incelenmiştir. Bitkiler mini tünel altında dış koşullara alıştırma gerçekleştirilmiştir.

3.2.6. Deneme Planı, İstatistik Analizler ve İncelenen Kriterler

Mexicola, Topa Topa ve Duke anaçlarının *in vitro* koşullarda mikroçoğaltımı ve köklendirilmesi amacıyla kurulan denemeler 3 tekerrürlü olacak şekilde, faktöriyel düzende tesadüfi parseller deneme desenine göre kurulmuştur. Avokado anaçlarının *in vitro* koşullarda hızlı ve klonal çoğaltımının amaçlandığı bu tezde klasik doku kültürü ile çoğalma katsayısı ve köklenme üzerine etkileri incelenmiştir. Mikroçoğaltım denemelerinde 3 alt kültür yapılmış olup alt kültürlerin ortalamaları alınmıştır. Mikroçoğaltım denemelerinde bitkiler 4 haftada bir alt kültüre alınmıştır. Her alt kültür sonunda, kardeşlenme katsayısı (adet/bitkicik), bitki boyu (cm) incelenmiştir. Köklenme denemelerinde; köklendirme ortamında kültüre alma işleminden 8 hafta sonra köklenme oranı (%), bitki boyu (cm), kök sayısı (kök/bitki), kök uzunluğu (cm) değerleri hesaplanmıştır.

Tez çalışmasında elde edilen yüzde değerlere açılı transformasyonu uygulanmıştır. Çalışmada elde edilen veriler ile varyans analizleri gerçekleştirilmiştir. Önemli çıkan ortalamalar arasındaki farklılıklar LSD testi ile belirlenmiştir. İstatistik analizlerde JMP 8.01 programı kullanılmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Tez çalışmasında, Mexicola, Topa Topa ve Duke avokado anaçlarının *in vitro* koşullarda mikroçoğaltımı ve köklendirilmesi üzerine farklı besin ortamları ve bitki büyüme düzenleyicilerin etkisi araştırılmıştır.

4.1. Mikroçoğaltım Denemelerine Ait Bulgular

Mikroçoğaltım denemelerinde MS ve WPM besin ortamları ile BAP (0, 1.0 ve 2.0 mg/L), TDZ (0.5, 1.0, 1.5 ve 2 mg/L) ve GA₃'ün (0, 0.1 ve 0.5 mg/L) farklı konsantrasyonları ve kombinasyonları kullanılmıştır. Mikroçoğaltım denemelerinde genotiplere ait kardeşlenme katsayısı (kardeş/bitkicik) ve bitki boyu (cm) parametreleri incelenmiştir.

4.1.1. Mexicola Anacına Ait Bulgular

Mexicola anacının mikroçoğaltımı denemelerinde 3 farklı uygulama gerçekleştirilmiştir.

1. Uygulama

Mexicola anacında 1. uygulama kapsamında yürütülen mikroçoğaltım denemelerinde, MS ve WPM besin ortamları ile BA ve GA₃'ün farklı konsantrasyonu ve kombinasyonu kullanılmıştır. 1. uygulamada farklı besin ortamlarının bitki boyu üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunurken, bitki büyüme düzenleyici ve besin ortamı*bitki büyüme düzenleyeci interaksyonu önemsiz bulunmuştur ($P < 0.05$) (Çizelge 4.1). En yüksek bitki boyu 1.97 cm ile 0.1 mg/L GA₃ ile desteklenmiş MS ortamında, en düşük bitki boyu ise 0.62 cm ile 1 mg/L BA içeren WPM besin ortamında elde edilmiştir. Bitki boyuna ait veriler değerlendirildiğinde MS besin ortamının WPM besin ortamına göre daha başarılı olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.1. Mexicola anacının 1. uygulamasında bitki boyuna (cm) ait veriler

BA (mg/L)	GA ₃ (mg/L)	MS Besin ortamı	WPM Besin ortamı	BBD Ortalaması
0	0	1.73	0.81	1.27
	0.1	1.97	1.31	1.64
	0.5	1.80	1.59	1.69
1	0	1.78	0.62	1.20
	0.1	1.56	1.29	1.42
	0.5	1.44	1.42	1.43
2	0	1.46	0.72	1.09
	0.1	1.79	1.21	1.50
	0.5	1.47	1.34	1.41
Ortam Ortalaması		1.66A	1.14B	

LSD_{Ortam}:0.197

Mexicola anacına ait 1. uygulama kapsamında, kardeşlenme katsayısına ait veriler incelendiğinde, farklı besin ortamlarının, bitki büyüme düzenleyici ve besin ortamı*bitki büyüme düzenleyici interaksyonun kardeşlenme katsayısı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P < 0.05$) (Çizelge 4.2). En fazla kardeşlenme katsayısı 1.20 ile 2 mg/L BA ve 2 mg/L BA+0.5 mg/L GA₃ içeren MS ortamlarında elde edilmiştir. Bitkilerde çoğalma orantısı oldukça düşük bir oran sergilemiştir.

Çizelge 4.2. Mexicola anacının 1. uygulamasında kardeş sayısına (kardeş/bitkicik) ait veriler

BA (mg/L)	GA ₃ (mg/L)	MS Besin ortamı	WPM Besin ortamı	BBD Ortalaması
0	0	1.00	1.00	1.00
	0.1	1.00	1.00	1.00
	0.5	1.00	1.00	1.00
1	0	1.00	1.00	1.00
	0.1	1.00	1.00	1.00
	0.5	1.00	1.00	1.00
2	0	1.20	1.00	1.10
	0.1	1.00	1.00	1.00
	0.5	1.20	1.00	1.10
Ortam Ortalaması		1.04	1.00	

Şekil 4.1. Mexicola anacının kardeşlenmesi (1 mg/L BAP ve 0.5 mg/L GA₃ içeren MS ortamı)

2. Uygulama

Mexicola anacının mikroçoğaltımı çalışmalarında 2. uygulama kapsamında, WPM besin ortamında TDZ'nin farklı konsantrasyonlarının etkisi incelenmiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Mexicola anacının 2. uygulamasına ait veriler

TDZ konsantrasyonu (mg/L)	Bitki boyu (cm)	Kardeş sayısı (kardeş/bitki)
0.5	1.90	1.10
1.0	1.69	1.20
1.5	1.92	1.20
2.0	2.19	1.30

Mexicola anacının mikroçoğaltımı üzerine TDZ'nin farklı konsantrasyonlarının etkisinin araştırıldığı denemeye (2. uygulama) ait veriler incelendiğinde, TDZ konsantrasyonlarının bitki boyu ve kardeşlenme katsayısı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P < 0.05$). En yüksek bitki boyu (2.19 cm) ve en fazla kardeş sayısı (1.30 kardeş/bitki) 2 mg/L TDZ içeren besin ortamında elde edilmiştir.

3. Uygulama

Mexicola anacının mikroçoğaltımı çalışmalarında 3. uygulama kapsamında, Plantform geçici daldırma biyoreaktör sistemi kullanılarak, WPM besin ortamında, BA ve kinetinin farklı konsantrasyonlarının (0, 1.0, 2.0 ve 3.0 mg/L) etkisi araştırılmıştır.

Çizelge 4.4. Mexicola anacının 3. uygulamasına ait veriler

BBD tipi	BBD konsantrasyonu (mg/L)	Bitki boyu	Kardeş sayısı
BA	1.0	1.61b	1.80bc
	2.0	1.39b	1.90bc
	3.0	1.67b	1.50bc
Kin	1.0	1.26b	1.70bc
	2.0	2.49a	2.30b
	3.0	1.79ab	6.00a
Kontrol		1.76ab	1.00c

LSDBB(bitki boyu):0.73

LSDBB(kardeş sayısı):1.26

Plantform biyoreaktör sisteminde kurulan mikroçoğaltım denemelerinde, BA ve Kinetinin bitki boyu ve kardeşlenme katsayısı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.05$). En yüksek bitki boyu 2.49 cm ile 2 mg/L Kin içeren besin ortamında, en fazla kardeş sayısı ise 6.00 kardeş/bitki ile 3 mg/L Kin içeren besin ortamlarında elde edilmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Plantform biyoreaktör sisteminde gelişen Mexicola anacına ait bitkiler

4.1.2. Topa Topa Anacına Ait Bulgular

Topa Topa anacına ait mikroçoğaltım denemelerinde farklı besin ortamı ve bitki büyüme düzenleyici konsantrasyonları ve kombinasyonlarının bitki boyu üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur, ancak besin ortamı*bitki

büyüme düzenleyici interaksyonunun etkisi önemsiz bulunmuştur ($P < 0.05$) (Çizelge 4.5). Topa Topa anacında en yüksek bitki boyu 2.37 cm ile 1 mg/L BA+0.5 mg/L GA₃ içeren MS besin ortamında, en düşük bitki boyu ise 1.17 cm ile 1 mg/L BA+0.1 mg/L GA₃ içeren WPM besin ortamında elde edilmiştir. Bitki boyu üzerine en başarılı besin ortamının MS besin ortamı olduğu, en başarılı bitki büyüme düzenleyici kombinasyonunun ise 2 mg/L BA+0.5 mg/L GA₃ olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.5. Topa Topa anacına ait mikroçoğaltım denemesinde bitki boyuna (cm) ait veriler

BA (mg/L)	GA ₃ (mg/L)	MS Besin ortamı	WPM Besin ortamı	BBD Ortalaması
0	0	2.35	1.74	2.05AB
	0.1	1.70	1.56	1.63CD
	0.5	1.53	1.42	1.47D
1	0	2.22	1.51	1.86BC
	0.1	1.73	1.17	1.45D
	0.5	2.37	1.73	2.05AB
2	0	1.87	1.50	1.68BCD
	0.1	1.93	1.61	1.77BCD
	0.5	2.24	2.27	2.25A
Ortam Ortalaması		1.99A	1.61B	

LSD_{Ortam}:0.179

LSD_{BBD}:0.381

Topa Topa anacına ait mikroçoğaltım denemelerinde, kardeşlenme katsayısına ait veriler incelendiğinde, farklı besin ortamlarının, bitki büyüme düzenleyici ve besin ortamı*bitki büyüme düzenleyici interaksyonun kardeşlenme katsayısı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P < 0.05$). Tüm ortamlarda kardeşlenme katsayısı 1.0 olarak tespit edilmiş ve etkin bir çoğalma

gözlenmemiştir. Kardeşlenme ortamında Topa Topa anacına ait görüntü Şekil 4.3'te sunulmuştur.



Şekil 4.3. Kardeşlenme ortamındaki Topa Topa anacına ait görüntü

4. Uygulama

Dördüncü uygulama kapsamında, Mexicola ve Topa Topa anacının mikroçoğaltımı üzerine BA ve kinetinin etkisi araştırılmıştır. Bu denemede WPM besin ortamı kullanılmıştır. 4. Uygulama kapsamında yürütülen denemelerde, genotip ve genotip*bitki besin ortamı interaksyonunun bitki boyu üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.05$). Bitki boyuna ait veriler Çizelge 4.6'da sunulmuştur. En uzun bitki boyu 2.22 cm ile 1 mg/L BA içeren besin ortamında Mexicola genotipinde, en kısa bitki boyu ise 0.70 cm ile 2 mg/L BA içeren besin ortamında Topa Topa genotipinde ölçülmüştür. Bitki boyu açısından Mexicola anacı daha başarılı bulunmuştur.

Çizelge 4.6. 4. uygulamada bitki boyuna ait veriler

BBD	Konsatrasyon (mg/L)	Mexicola	Topa Topa	BBD Ortalaması
BA	1	2.22a	0.96d	1.59
	2	1.95a	0.70d	1.32
	3	1.80ab	0.77d	1.28
Kin	1	1.92a	1.03cd	1.47
	2	1.43bc	1.07cd	1.25
	3	1.78ab	1.04cd	1.41
Kontrol	0	2.12a	0.88d	1.50
Genotip Ortalaması		1.89A	0.92B	

LSDgenotip:0.168

LSDgenotip*BBD:0.445

4. uygulama kapsamında yürütülen denemelerde, genotipin kardeşlenme katsayısı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli, bitki büyüme düzenleyici ve genotip*bitki büyüme düzenleyici interaksyonu önemsiz bulunmuştur ($P < 0.05$). Kardeşlenme katsayısına ait veriler Çizelge 4.7’de sunulmuştur. En yüksek kardeşlenme katsayısı 1.28 kardeş/bitki ile 3 mg/L BA içeren besin ortamında Mexicola anacında tespit edilmiştir. Topa Topa anacında tüm besin ortamlarında kardeşlenme katsayısı 1.0 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.7. 4. uygulamada kardeşlenme katsayısına ait veriler

BBD	Konsantrasyon (mg/L)	Mexicola	Topa Topa	BBD Ortalaması
BA	1	1.04	1.00	1.02
	2	1.22	1.00	1.11
	3	1.28	1.00	1.14
Kin	1	1.10	1.00	1.05
	2	1.00	1.00	1.00
	3	1.04	1.00	1.02
Kontrol	0	1.00	1.00	1.00
Genotip Ortalaması		1.09A	1.00B	

LSDgenotip:0.057

4.1.3. Duke Anacına Ait Bulgular

Duke anacının mikroçoğaltımı üzerine farklı besin ortamlarının (MS ve WPM) ve bitki büyüme düzenleyicilerin (BA ve GA₃) etkisi araştırılmıştır. Deneme sonucunda bitki boyuna ait veriler değerlendirildiğinde, besin ortamı ve bitki büyüme düzenleyicilerin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunurken, besin ortamı*bitki büyüme düzenleyici interaksyonu önemsiz bulunmuştur ($P < 0.05$). Duke anacının mikroçoğaltımında en başarılı besin ortamının WPM (1.41 cm) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.8)

Çizelge 4.8. Duke anacının bitki boyuna (cm) ait veriler

BA (mg/L)	GA ₃ (mg/L)	MS Besin ortamı	WPM Besin ortamı	BBD Ortalaması
0	0	1.76	1.88	1.82A
	0.1	1.86	1.50	1.68AB
	0.5	1.00	0.75	0.87D
1	0	1.00	1.40	1.20CD
	0.1	1.38	1.35	1.36BC
	0.5	0.81	1.31	1.05CD
2	0	0.95	1.60	1.27C
	0.1	1.13	1.36	1.25CD
	0.5	0.98	1.56	1.27C
Ortam Ortalaması		1.21B	1.41A	

LSD_{Ortam}: 0.17LSD_{BBD}: 0.37

4.2. Köklenme Denemelerine ait Bulgular

Mexicola anacı ve Topa Topa anaçlarının çoğaltılmasının ardından köklenme denemeleri kurulmuştur. Sekiz haftalık kültür süresi sonucunda bitkilerde bitki boyuna (cm) ait veriler incelenmiştir.

4.2.1. Mexicola Anacına ait Bulgular

Köklendirme denemelerinde MS, 1/2 MS ve WPM besin ortamları ile IAA ve IBA bitki büyüme düzenleyicilerinin farklı konsantrasyonları (0, 1.0 ve 2.0 mg/L) kullanılmıştır. Mexicola anacına ait kök sayısı verileri değerlendirildiğinde besin ortamı, bitki büyüme düzenleyicileri ve besin ortamı*bitki büyüme düzenleyici interaksyonu sonuçları arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur ($P < 0.05$). Mexicola genotipi köklenme denemesinde bitki boyuna ait

veriler Çizelge 4.9’de sunulmuştur. En uzun bitki boyu 1.99 cm ile 1 mg/L IAA içeren WPM besin ortamında elde edilmiştir.

Çizelge 4.9. Mexicola anacına ait kök denemesinde bitki boyuna (cm) ait veriler

IBA (mg/L)	IAA (mg/L)	MS Besin ortamı	½ MS Besin Ortamı	WPM Besin ortamı	BBD Ortalaması
IBA	1	1.85	1.70	1.91	1.82
	2	1.55	1.76	1.88	1.73
IAA	1	1.65	1.96	1.99	1.86
	2	1.39	1.68	1.55	1.54
Kontrol		1.60	1.46	1.62	1.56
Ortam Ortalaması		1.60	1.71	1.79	

Mexicola anacının köklenme denemeleri sonucunda elde edilen köklü bitki Şekil 4.4’te sunulmuştur.



Şekil 4.4. Mexicola anacı katı kültür köklenme denemesi sonucunda 1.0 mg/L IBA içeren WPM besin ortamında elde edilen köklü bitki

5. Uygulama

Kök denemelerinde, Mexicola, Topa Topa ve Duke anaçlarının birlikte kullanıldığı, WPM besin ortamı ve farklı dozlarda (0.5, 1.0, 2.0, 3.0 ve 4.0 mg/L) NAA ve IBA'nın kullanıldığı ve 150 mg/L Fe EDDHA eklendiği bir deneme kurulmuştur (Çizelge 4.9). Kurulan denemede, genotip, besin ortamı ve genotip*besin ortam içeriğinin interaksyonunun bitki boyu üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.05$). En uzun bitki boyu 2.10 cm ile 1 mg/L NAA+Fe EDDHA içeren besin ortamında elde edilmiştir. En başarılı anaç 1.54 cm ortalama ile mexicola anacı, en başarılı ortam içeriği ise 1.67 cm ortalama ile 1 mg/L NAA+Fe EDDHA içeren besin ortamı olmuştur. Bu denemede köklü bitki elde edilememiştir.

Çizelge 4.10. Avokado anaçlarının kök denemelerinde bitki boyuna ait veriler

Besin ortam içeriği	Mexicola	Topa Topa	Duke	BBD Ortalaması
0.5 mg/L NAA	1.58b-f	1.56b-f	0.94 ₁	1.36BCD
0.5 mg/L NAA+Fe EDDHA	1.24d-1	1.18e-1	1.18e-1	1.20CD
1 mg/L NAA	1.52b-g	0.96 ₁	1.24d-1	1.24BCD
1 mg/L NAA+Fe EDDHA	2.10a	1.56b-f	1.36b-1	1.67A
2 mg/L NAA	1.80ab	1.02h ₁	1.56b-f	1.46ABC
2 mg/L NAA+Fe EDDHA	1.24d-1	1.04h ₁	1.28d-1	1.18D
3 mg/L IBA	1.52b-g	1.60b-f	1.26d-1	1.46ABC
3 mg/L IBA+Fe EDDHA	1.62b-f	1.64a-e	1.26d-1	1.50AB
4 mg/L IBA	1.40b-1	1.16f-1	0.98 ₁	1.18D
4 mg/L IBA+Fe EDDHA	1.38b-1	1.66abcd	1.46b-h	1.50AB
Kontrol	1.76abc	1.38b-1	1.08gh ₁	1.40ABCD
Kontrol+Fe EDDHA	1.34b-1	1.30c-1	1.18e-1	1.27BCD
Genotip Ortalaması	1.54A	1.33B	1.23B	

LSDgenotip:0.13

LSDortam:0.26

LSDgenotip*ortam:0.46

Dış koşullara alıştırılan Mexicola anacına ait görüntü Şekil 4.5'te gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Mexicola anacında köklendirilip dış koşullara alıştırılan bitki

Avokado içerdiği yüksek besin maddeleri nedeniyle son yıllarda popülerlik kazanmış ve modern dünyanın önemli tropikal meyvesi haline gelmiştir (Hiti-Bandaralage ve ark., 2017).

Birçok otsu bitki için mikroçoğaltım çalışmalarının uygulanabilirliği yapılan çalışmalar ile gösterilmiştir. Odunsu bitkilerin doku kültürü koşullarına karşı dirençli olduğu iyi bilinmektedir. Odunsu türlerin eşeysiz dokularının rejenerasyon frekansları genellikle düşük olmaktadır. Avokadonun, *in vitro* koşullarda oldukça inatçı davrandığı bilinmektedir.

Bitki doku kültürlerinin başarısı, genotipe, kültür koşullarına, donör bitkinin yetiştirme koşullarına, eksplantın tipi ve alındığı döneme göre değişmektedir. Doku kültüründeki rejenerasyon kapasitesi, yetişkin (çiçek açtıktan sonra) avokado dokusu için genç (çiçeklenmeden önce) dokulardan daha düşüktür.

Juvenil materyal için optimize edilmiş protokollerin doğrudan uygulanması, yetişkin doğasına sahip materyallerle başarıyı garanti etmemektedir. Zulfiqar ve ark. (2009) 'Fuerte' genotipinde, apikal tomurcuklar ile kıyaslandığında (eksplant başına 1.58 sürgün) aksiller tomurcukların (eksplant başına 2.5 sürgün) mikroçoğaltım başarıları daha fazla olmuştur. Tez çalışmasında aktif sürgün dönemindeki olgun bitkilerden alınan sürgün uçları kullanılmış ve sürgün başına 1-6 bitki elde edilmiştir. Bu farklılık genotipe bağlı farklılık olabileceği gibi kullanılan bitki büyüme düzenleyici maddeler ile de ilgili olabilir.

Besin ortamları, bir bitkinin büyümesi için gerekli makroelementleri, mikroelementleri ve vitaminleri içermektedir. Optimum büyüme için gerekli besin içeriği türe ve çeşide özgü olabildiğinden optimum besin ortamının belirlenmesi gerekmektedir. Besin ortamının bileşimi kültürün başlatma, sürgün teşviği, çoğalma ve köklenme aşamalarında hayati rol oynamaktadır. Yapılan çalışmalarda, genç avokado eksplantlarının besin ortamına göre özgülük göstermediği, ancak olgun eksplantların çeşide bağlı olarak sınırlı büyüme gösterdiği bildirilmiştir (HitiBandaralage ve ark., 2017). Tez çalışmasında mikroçoğaltım denemelerinde MS ve WPM besin ortamları kullanılmıştır. MS ve WPM besin ortamlarının karşılaştırıldığı denemelerde MS besin ortamında bitki boyu (1.66 cm) WPM besin ortamına (1.14 cm) göre daha yüksek olmuştur. Kardeş sayısı açısından değerlendirildiğinde MS ve WPM besin ortamları arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır.

Sitokininler, sürgün rejenerasyon sürecinde yer alan birincil bitki büyüme düzenleyicileridir. Optimum sitokinin konsantrasyonları, hücre bölünmesini yönlendiren RNA, DNA ve protein sentezini önemli ölçüde artırırken, aşırı konsantrasyonlar (daha yüksek veya daha düşük), bitki türünden bağımsız olarak, bodur sürgünler, aşırı kallus üretimi, sürgün rejenerasyonu ve çoğalması sırasında sürgün ucu nekrozu gibi olumsuz etkilere neden olmaktadır. *In vitro* sürgün rejenerasyonunda, bitki büyüme düzenleyicilerin kombine olarak kullanılması başarıyı artıran bir faktördür (Dan ve Reichert, 2001; Cautin ve Vardja, 2001;

Muhammad ve ark., 2007). Bandaraj ve ark. (2015), 'Velvick' çeşidinde, 0,1 mg/L meta-topolin ve 0,1 mg/L GA₃ içeren katı WPM besin ortamında en iyi sürgün rejenerasyonunu elde etmişlerdir. Martinez-Pacheco ve ark. (2010), Meksika ırkı avokadonun (*Persea americana* Mill. var. *drymifolia*) başarılı bir şekilde *in vitro* çoğaltılması için bir protokol geliştirmişlerdir. En fazla sürgün gelişimini 30 g/L sakkaroz, 1 g/L aktif kömür, 0.4 mg/L askorbik asit, 1 g/L ticari fungusit Tecto 60 içeren ve 4 g/L fitajel ile katılaştırılmış MS ortamında elde etmişlerdir. Bitki büyüme düzenleyici tipi ve konsantrasyonu değerlendirildiğinde, en yüksek başarı 0.5 mg/L BA ve 0.1 mg/L IBA içeren ortamda elde edilmiştir. Tez çalışmasının mikroçoğaltım aşamasında BA, GA₃, Kinetin ve TDZ'nin farklı konsantrasyonları kullanılmıştır. Tez çalışması kapsamında, bitki boyuna ait veriler değerlendirildiğinde, en uzun bitki boyu 2.9 cm ile 2 mg/L kinetin, en fazla kardeş sayısı ise 6.00 kardeş/bitki ile 3 mg/L kinetin içeren WPM besin ortamında, Plantform geçici daldırma biyoreaktör sisteminde elde edilmiştir. Sıvı ortam kullanıldığında mikroçoğaltım başarısının arttığı bazı çalışmalar ile gösterilmiştir. Nel ve ark. (1983) yaptıkları çalışmada sıvı ortamın agar kullanılarak hazırlanan katı ortama göre daha iyi olduğunu bildirmişlerdir. Tez çalışmasında, mikroçoğaltım başarısını artırmak için Plantform geçici daldırma biyoreaktör sistemi kullanılmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, bitki boyu ve kardeş sayısının sıvı kültürde daha başarılı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Vega (1989) yaptığı çalışmada, Colin V-33 genotipinin *in vitro* koşullarda çoğaltılmasında en iyi ortamın 2 mg/L BA+ 2 mg/L GA₃ ilave edilmiş MS besin ortamı (%100) olduğunu bildirmiştir. Tez çalışmasında, mikroçoğaltım başarısını arttırmak için BA ve GA₃ bitki büyüme düzenleyicilerin farklı konsantrasyonları ve kombinasyonları kullanılmıştır. Tez çalışmasında, en yüksek bitki boyu 1.97 cm ile 0.1 mg/L GA₃ ile desteklenmiş MS ortamında, en düşük bitki boyu ise 0.62 cm ile 1 mg/L BA içeren WPM besin ortamında elde edilmiştir. Bitki boyuna ait veriler incelendiğinde, MS besin ortamının WPM besin ortamına göre daha başarılı olduğu tespit edilmiştir. Qasrawi (2019) yapmış olduğu çalışmada, Batı Hint

avokado anaçlarının lateral tomurcuk ve apikal meristemlerini eksplant olarak kullanmıştır. Mikroçoğaltım denemelerinde, eksplantlar farklı konsantrasyonlarda BA, TDZ ve Kinetin içeren WPM ve MS besin ortamlarında kültüre alınmıştır. En yüksek sürgün gelişimi 1.5 mg/L BA içeren WPM besin ortamında elde edilmiştir. Tez kapsamında Mexicola anacında WPM besin ortamında TDZ'nin (0.5, 1.0, 1.5 ve 2.0 mg/L) farklı konsantrasyonları incelenmiştir. TDZ konsantrasyonlarının bitki boyu ve kardeşlenme üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur. Rohim ve ark (2013), Hass çeşidinde zigotik embriyo kurtarma ve rejenerasyonu için protokol geliştirmişlerdir. En iyi çimlenme yüzdesi (%100) tam çiçekten 180 ve 210 gün sonra kültüre alınan embriyolardan sağlanmıştır. Çalışmada kullandıkları MS ve B5 ortamı arasında çimlenme yüzdesi açısından fark görülmemiştir. En fazla kardeşlenme (2.6) 2.0 mg/L BA içeren besin ortamında elde etmişlerdir. Tez çalışması kapsamında Topa Topa anacında kurulan denemelerde farklı besin ortamı ve bitki büyüme düzenleyici konsantrasyonları ve kombinasyonlarının bitki boyu üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur, ancak besin ortamı*bitki büyüme düzenleyici interaksyonunun etkisi önemsiz bulunmuştur. Bitki boyu üzerine en başarılı besin ortamının MS besin ortamı olduğu, en başarılı bitki büyüme düzenleyici kombinasyonunun ise 2 mg/L BA+0.5 mg/L GA₃ olduğu belirlenmiştir. Tez çalışması kapsamında, WPM besin ortamında Mexicola ve Topa Topa anacının mikroçoğaltımı üzerine BA ve Kinetinin etkisi araştırılmıştır. Yürütülen denemelerde, genotip ve genotip*bitki besin ortamı interaksyonunun bitki boyu üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En uzun bitki boyu 2.22 cm ile 1 mg/L BA içeren besin ortamında Mexicola genotipinde, en kısa bitki boyu ise 0.70 cm ile 2 mg/L BA içeren besin ortamında Topa topa genotipinde ölçülmüştür. Bitki boyu açısından Mexicola anacı daha başarılı bulunmuştur.

Avokado, özellikle olgun aşamaya ulaştıktan sonra, sürekli olarak kötü kök indüksiyonu gösteren, köklenmesi zor çok yıllık bir bitkidir (HitiBandaralage ve ark., 2020). Köklenme aşaması *in vitro* avokado mikroçoğaltılmasının en kritik ve hız sınırlayıcı aşamasıdır.

Oksinler, bitkilerin kök indüksiyon sürecinde önemli bir rol oynayan bitki büyüme düzenleyicileridir. *In vitro* rejenere sürgünlerin köklenme kapasitesi genotipe bağlı olarak değişmektedir (Benmahiou ve ark., 2012; Duhoky ve ark., 2012; Amiri ve Elahinia, 2013; HitiBandaralage ve ark., 2020). Köklenme için optimum bitki büyüme düzenleyici konsantrasyonun çeşide özgü olduğu bilinmektedir. Literatür incelendiğinde, oksinin türü, konsantrasyonu, maruz kalma süresi ve uygulama şekli köklenme başarısını etkilemektedir. Avokado için en sık kullanılan köklendirme hormonunun IBA olduğu bildirilmiştir (HitiBandaralage ve ark., 2017). Sadece kök indüksiyonu değil, aynı zamanda kök uzaması da oksin konsantrasyonuna son derece duyarlıdır. IBA konsantrasyonunun optimum seviyeden artmasıyla kök uzunluğunun azalma eğilimi gösterdiği bildirilmiştir (Zulfiqar ve ark., 2009). Tez kapsamında kullanılan avokado anaçlarının *in vitro* koşullarda köklenmesini teşvik etmek için MS, ½ MS ve WPM besin ortamları, IBA, NAA ve IAA'nın farklı konsantrasyonları NAA'nın 150 mg/L Fe EDDHA ile kombinasyonları kullanılmıştır. Fe EDDHA içeren besin ortamları karşılaştırıldığında, 150 mg/L Fe EDDHA + 1 mg/L NAA içeren besin ortamlarında daha fazla başarı elde edilmiştir. En uzun bitki boyuna sahip bitkiler Mexicola anacında elde edilmiştir.

Kodad ve ark (2021) yaptıkları çalışmada Doğu Fas'ta yetiştirilen Beldi genotipinin nodal eksplantlardan sürgün oluşturmak için çalışmalar yapmışlardır. Bitki büyüme düzenleyecisi olarak IBA kullanmışlardır. Köklenme için ½ MS ortamı ve 1 mg/L IBA büyüme düzenleyicisi en iyi sonucu almışlardır. Tez çalışmasında, MS, ½ MS ve WPM besin ortamları ile IAA ve IBA bitki büyüme düzenleyicilerinin farklı konsantrasyonları (0, 1.0 ve 2.0 mg/L) kullanılmıştır. En uzun bitki boyu 1.99 cm ile 1 mg/L IAA içeren WPM besin ortamında elde edilmiştir. Perez ve ark (2010) yaptıkları çalışmada Fino 49, Fino 77, Eureka, Fino 46, Lizbon ve Messina limon çeşitlerine ait nodal segmentler ile mikroçoğaltım ve köklendirmeye alınmıştır. Sonuç olarak en iyi köklenme 3mg/L IBA almışlardır. Yapılan tez çalışmasında, Mexicola genotipinde MS, ½ MS ve WPM besin

ortamları ve IBA bitki büyüme düzenleyicisinin farklı konsantrasyonlarında kök sayısı verileri ve bitki büyüme düzenleyicisi interaksyonu önemsiz bulunmuştur. Qasrawi (2019), Batı Hint avokado anaçlarında yapmış olduğu çalışmada, Köklenme denemelerinde ise farklı konsantrasyonlarda IBA içeren WPM ve MS besin ortamları kullanmıştır. En iyi köklenme 1 mg/L IBA içeren MS besin ortamında elde edilmiştir. Köklendirme denemelerinde MS, 1/2 MS ve WPM besin ortamları ile IAA ve IBA bitki büyüme düzenleyicilerinin farklı konsantrasyonları (0, 1.0 ve 2.0 mg/L) kullanılmıştır. Mexicola anacına ait kök sayısı verileri değerlendirildiğinde besin ortamı, bitki büyüme düzenleyicileri ve besin ortamı*bitki büyüme düzenleyici interaksyonu sonuçları arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tez çalışmasında, Mexicola, Duke ve Topa Topa avokado anaçlarının mikroçoğaltım ve köklendirme potansiyelleri araştırılmıştır. Mikroçoğaltım denemelerinde farklı besin ortamları (MS ve WPM) ve bitki büyüme düzenleyicilerinin (BA, TDZ, Kin ve GA₃) etkisi incelenmiştir. Yapılan denemeler sonucunda bitki boyu ve kardeş sayısına ait veriler alınmıştır. Mikroçoğaltım denemeleri değerlendirildiğinde, en iyi sonuç alınan anacın Mexicola, bitki büyüme düzenleyicinin ise kinetin olduğu belirlenmiştir. Mikroçoğaltım çalışmalarında başarıyı artırmak amacıyla Plantform geçici biyoreaktör sisteminde de denemeler kurulmuştur. Plantform biyoreaktör sisteminin katı kültüre göre daha başarılı olduğu tespit edilmiştir. Köklenme denemelerinde; farklı besin ortamlarının (MS, ½ MS ve WPM) ve bitki düzenleyicilerin (IAA, IBA ve NAA) etkisi araştırılmıştır.

Bitki doku kültürü çalışmalarında başarı yüksek ölçüde genotip etkisine bağlıdır. Avokado *in vitro* kültürlerde oldukça inatçı bir tür olarak bilinmektedir. Tez kapsamında üç avokado anacının performansı incelenmiştir. Avokado gibi rekalsitrant türlerin performansını değerlendirmek için daha fazla anaç ve çeşit incelenebilir.

Bitki büyüme düzenleyici tipi, konsantrasyonu ve kombinasyonları mikroçoğaltım ve köklenme çalışmalarında başarı oranını etkilemektedir. Avokadonun mikroçoğaltımında, başarı oranını artırmak için tezde kullanılmayan sitokinin ve oksin konsantrasyonları ve kombinasyonlarının kullanılması önerilmektedir.

Son yıllarda, yaygın olarak kullanılan geçici daldırma biyoreaktör sistemleri doku kültürü çalışmalarında başarıyı artırmaktadır. Tez kapsamında geçici daldırma biyoreaktör sistemlerinden Plantform ile mikroçoğaltım denemeleri kurulmuş ve katı kültür denemelere göre daha başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Geçici daldırma biyoreaktör sistemlerinde farklı daldırma ve havalandırma süreleri uygulanarak başarı oranı artırılabilir. Bu nedenle avokadonun mikroçoğaltım denemelerinde daldırma ve havalandırma süreleri optimize edilebilir. Ayrıca Platform dışında diğer geçici biyoreaktör sistemleri ile avokado anaç çeşitlerinin mikroçoğaltım denemeleri gerçekleştirilebilir.



KAYNAKLAR

- Ağaoğlu, Y. S., Çelik, H., Çelik, M., Fidan, Y., Gülşen, Y., Günay, A., Halloran, N., Köksal, A. İ., Yanmaz, R., 1997. Genel Bahçe Bitkileri. A.Ü. Zir. Fak. Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı yayınları No: 4, 369s, Ankara.
- Ahmed, M.F. (2001). Studies on the tissue culture and potential for the development of a genetic transformation system for Avocado (*Persea americana* Mill.) Ph.D. Thesis, Univ. of Sydney, Australia
- Aka Kaçar, Y., 2015. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Bitki Biyoteknolojisi Ders Notu (Yayınlanmamış).
- Amiri, E.M. and Elahinia, A. (2013) Optimization of Medium Composition for Apple Rootstocks. African Journal of Biotechnology, 10, 3594-3601. [Citation Time(s):1]
- Arslan, M. A., 2011. Mexicola Avokado Çeşidinin Yarı Odunsu Çeliklerinin Köklenmesinde Farklı *Agrobacterium rubi* Irklarının Etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı.
- Bandaralage, J.C.A.H., Hayward, A., O'Brien, C. and Mitter, N. (2015) Gibberellin and Cytokinin in Synergy for a Rapid Nodal Multiplication System of Avocado. Proceedings of the World Avocado Congress VIII , Lima, 13-18 September 2015, 95-98.
- Barcel' O-Muñoz, A., Encina, C.L., Sim' On-P'Erez, E., Pliego-Alfaro. F. 1999. Micropropagation of Adult Avocado. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 58: 11–17.
- Barceló-Mu-oz, A. and Pliego-Alfaro, F. (2003) Micropropagation of Avocado (*Persea americana* Mill.). In: Jain, S.M. and Ishii, K., Eds., Micropropagation of Woody Trees and Fruits , Springer, Berlin, 519-542.

- Barrera-Guerra, J.L., Ramrez-Malagon, R., Martinez-Jaime, O.A. 1998. *In Vitro* Propagation of Avocado (*Persea drymifolia* Ness.). Instituto De Ciencias Agricolas, Universidad De Guanajuato, Irapuato, Mexico.
- Barringer, S.A., Mohamed-Yasseen, Y. and Splittstoesser, W.E. (1996) *In Vitro* Multiplication and Plantlet Establishment of Avocado. *In Vitro Cell and Developmental Biology of Plant*, 32, 119-121.
- Bayram, S. (2013). Bazı avokado çeşitlerinin anaçlık özelliklerinin ve üzerine aşıllı çeşitlerle uyuşma durumlarının incelenmesi (Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Bayram, S., Arslan, A. ve Turgutoğlu, E. 2006. Türkiye’de Avokado Yetiştiriciliğinin Gelişimi, önemi ve Önerilen Bazı Çeşitler. *Derim*, 23(2):1–13.
- Bender, G. S, Whiley, A. W., 2002. Propagation. In Whiley, A. W., Schaffer, B., Wolstenholme, B. N. (Ed), *The Avocado: Botany, Production and Uses* (189-211). Cabi Publishing, 416p, London.
- Bender, G. S., Menge, J., & Arpaia, M. L. (2012). Avocado rootstocks. Avocado production in California a cultural handbook for growers (series Book One–Background Information). Bender, Gary, 20-30.
- Benmahioul, B., Dorion, N., Kaid-Harche, M. and Daguin, F. (2012) Micropropagation and Ex Vitro Rooting of Pistachio (*Pistacia vera* L.). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 108, 353-358. <https://doi.org/10.1007/s11240-011-0040-6> [Citation Time(s):1]
- Ben–Ya’acov, A., Michelson, E., 1995. Avocado Rootstocks. In Janick, J. (Ed.) *Horticultural Reviews* (11: 381–429). John Wiley and Sons, Inc. Posted with permission of J. Janick and the International Society for Horticultural Science, 17, 456p, New York.
- Ben–Ya’acov, A., 1985. Selection of Avocado Rootstocks. *South African Avocado Growers’ Association Yearbook*, 8, 21–23.

- Bergh, B. (1992). The Avocado and Human Nutrition. II. Avocados and Your Heart. Paper presented at the Proc. of Second World Avocado Congress.
- Campbell, C.W. and Malo, S.E. (1976) A Survey of Avocado Cultivars. Proceedings of the 1st Sub-Tropical Fruit Short Course : The Avocado, Florida Cooperative Extension Service, 9-15.
- Castro, M., Cautin, R., Fassio, C., Darrouy, N., 2003. Introduction, Selection and Propagation Program For Avocado Rootstocks and Cultivars (Abstracts. A-35). World Avocado Congress V. 2003, Chile, 120-121.
- Castro, M., Oyanedel, E., Cautín, R. 1995. *In Vitro* Shoot Proliferation in Avocado (*Persea americana* Mill.) Induced by Cppu. Scientia Horticulturae, 165: 44-50.
- Dan, Y. and Reichert, N.A. (2001) Cytokinin Metabolism and Action. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 52, 89-118.
- Darikova, J. A., Savva, Y. V., Vaganov, E. A., Grachev, A. M., Kuznetsova, G. V., 2011. Grafts of Woody Plants and the Problem of Incompatibility Between Scion and Rootstock (a review). Journal of Siberian Federal University, Biology 1 (2011-4), 54-63.
- Demirkol, A. 1997. Avokado Adaptasyon Projesi. (Ara Sonuç Raporu), Yayınlanmamış, Narenciye ve Seracılık Araştırma Enstitüsü, Antalya.
- Doğrular, H.A., Şengüler, A., Tuncay, M., 1985. Avokado Yetiştiriciliği. T.C. Tarım Orman ve Köyşleri Bakanlığı Proje ve Uygulama Genel Müdürlüğü Turunçgiller Araştırma Enstitüsü, Yayın No: 11, 1-34s.
- Duhoky, M.M.S.S., Omar, M.S. and Yaseen, S.A.H. (2012) In Vitro Rooting of AppleMM106 (*Malus domestica* Borkh.) and Pear (*Pyrus calleryana*) Rootstocks. ATINER'S Conference Paper Series, No: AGR2012-0346.
- Elam, P., 1997. Budding and Grafting Citrus and Avocados in the Home Garden. Division of Agriculture and Natural Resources, University of California, Publication 8001, 1-5.
- FAOSTAT. (2022, August 28). <https://www.fao.org/faostat/en/#compare>

- Francis, H. L. J. C. A. S. Y. (1974). An Evaluation Of Avocado Plantings in The Santa Rosa Hills of Riverside County. 58, 60-65.
- García-Gómez, M.L., Sánchez-Romero, C., Barceló-Munoz, A., Heredia, A. and Pliego-Alfaro, F. (1994) Levels of Endogenous Indole-3-Acetic Acid and Indole-3-Acetyl-Aspartic Acid during Adventitious Rooting in Avocado Microcuttings. Journal of Experimental Botany, 45, 865-870.
- George, E.F., Hall, M.A. and De Klerk, G. (2007) Plant Propagation by Tissue Culture: Volume 1. The Background. 3rd Edition, Springer Science & Business Media, Netherlands.
- Harty, P. 1985. Propagation of Avocados by Tissue Culture: Development of a Culture Medium for Multiplication of Shoots. Citrus and Subtropical Fruit Research Institute, Nelspruit.
- Hasan Ali Dagman, F. 2018. Bazı Meyve Anaçlarının Klasik Doku Kültürü ve Yeni Nesil Geçici Daldırma Biyoreaktör Sistemi ile Mikroçoğaltımı. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Hiti-Bandaralage, J. C. A., Hayward, A., & Mitter, n. (2020). structural disparity of avocado rootstocks in vitro for rooting and acclimation success.
- Hiti-Bandaralage, JC, Hayward, A., & Mitter, N. (2017). Avokadonun Mikroçoğaltılması (*Persea americana* Mill.). *Amerikan Bitki Bilimleri Dergisi* , 8 (11), 2898.
- Johnston, J. C., Frolich E. F., 1956. Avocado Propagation. California Avocado Society Yearbook, 40, 89–98.
- Kadman, A. (1976) Effect of the Age of Juvenile Stage Avocado Seedlings on the Rooting Capacity of Their Cuttings. California Avocado Society Year Book, 59, 58-60.
- Knight, Jr. R. J. 2002. History, Distribution and Uses. In: A. W. Whiley, B. Schaffer and B. N. Wolstenholme (Editör), The Avocado: Botany, Production and Uses; Cabi Publishing, 1: 1–10.

- Kodad, S., Melhaoui, R., Hano, C., Addi, M., Sahib, N., Elamrani, A., ... & Mihamou, A. (2021). Effect of culture media and plant growth regulators on shoot proliferation and rooting of internode explants from Moroccan native Almond (*Prunus dulcis* Mill.) genotypes. *International Journal of Agronomy*, 2021.
- Lambardi, M., Roncasaglia, R., Bujazha, D., Baileiro, F., Correia Da Silva, D.P., and Özüdoğru E.A., 2015. Improvement of Shoot Proliferation by Liquid Culture in Temporary Immersion. 6th International Symposium on Production and Establishment of Micropropagated Plants, Sanremo, Italy. Abstract Book.
- Lloyd, G., and McCown, B. (1980). Commercially-feasible micropropagation of mountain laurel, *Kalmia latifolia*, by use of shoot-tip culture. *Int Plant Prop Soc Proc* 30:421–427.
- madhulatha, p., kirubakaran, s.i., and sakthivel, N., 2006. Effects of carbon sources and auxins on in vitro propagation of banana *Biologia Plantarum*. 50(4):782-784.
- Madhulatha. p., anbalagan. m., jayachandran. s., and sakthivel. n., 2004. influence of liquid pulse treatment with growth 49 regulators on in vitro propagation of banana (*musa spp. aaa*) plant cell, tissue and organ culture 76:189–191.
- Mansuroğlu, S., E. Gürel, 2001. Mikroçoğaltım. Bitki Biyoteknolojisi I. Doku Kültürü ve Uygulamaları, Babaoğlu, M., Gürel, E. ve Özcan, S. (edt.) 374 sayfa, 262- 281.
- Martinez-Pacheco, M. M., Suarez-Rodriguez, L. M., Hernández-García, A., Salgado-Garciglia, R., Vidales Fernández, I., Ángel Palomares, M. E., ... & Lopez-Gomez, R. (2010, August). In vitro propagation of mexican race avocado (*Persea americana* Mill. var. *drymifolia*). In XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): International Symposium on Micro 923 (pp. 47-52).

- Miller, M. P. (1959). What About Avocados In Riverside County. California Avocado Society Year Book, 43, 31.
- Murashige, T., Skoog, F., 1962. A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plantarum* 15, 473–497.
- Nakasone, h.y., & paul, r.e., 1998. Avocado. Pages 76-102 in *Tropical Fruits*. CAB International, Wallingford
- Nel, D.D. (1983) Progress in Tissue Culture of Avocado. South African Avocado Growers' Association Year Book, 6, 90-91.
- Nhut, D.T., Thi, N.N., Khiat, B.L.T., Luan, V.Q. 2008. Peptone Stimulates In Vitro Shoot and Root Regeneration of Avocado (*Persea Americana* Mill.). *Scientia Horticulturae*, 115:124–128.
- O'Brien, C., Hiti-Bandaralage, J., Folgado, R., Lahmeyer, S., Hayward, A., Folsom, J., & Mitter, N. (2020). A method to increase regrowth of vitrified shoot tips of avocado (*Persea americana* Mill.): First critical step in developing a cryopreservation protocol. *Scientia Horticulturae*, 266, 109305.
- Onay, A., Yıldırım, H., Piriñ, V., Tilkat, E., Çiftçi, Y.Ö., Akdemir, H. ve Kılıñ, F.M. 2012. Bitkilerin biyoteknolojik yöntemlerle ticari çoğaltımı; mevcut ve gelecekteki durum. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 1(2), 11-28
- Pérez-Tornero, O., Tallon, C.I., and Porras, I., 2010. An Efficient Protocol for Micropropagation of Lemon (*Citrus Limon*) from Mature Nodal Segments. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 100(3):263-271.
- Pliego-Alfaro, F. and Murashige, T. (1987) Possible Rejuvenation of Adult Avocado by Graftage onto Juvenile Rootstocks *In Vitro*. *HortScience* , 22, 1321-1324.

- Qasrawi, H. (2019). *In vitro regeneration of avocado (Persea americana): West Indian rootstock cv. lula* (Doctoral dissertation, Palestine Technical University-Kadoorie).
- Restrepo Osorio, C., Gómez Velásquez, F. A., Gil Correal, A., Torres Bonilla, J. M., & Urrea Trujillo, A. I. (2018). In vitro propagation of avocado (*Persea americana* Mill.) cv. Hass through morphogenesis. *Acta Agronómica*, 67(1), 160-167.
- Rohim, F.M., Wanas, W.H., Abou Aziz, A.B., Abd El-Hamid and Eman, A., Abd El- Moniem, A. 2013. *In Vitro* Rescue and Regeneration of Zygotic Embryos of Avocado (*Persea Americana* Mill.) cv. Hass. Journal of Applied Sciences Research, 9(7): 4132-4141.
- Schroeder, C.A. (1976) Responses of Avocado Stem Pieces in Tissue Culture. California Avocado Society Year Book, 60, 160-163.
- Sholi, N., & Qasrawi, H. (2022). In vitro Regeneration of Avocado (*Persea Americana*) West Indian Rootstock cv. lula Via Tissue Culture.
- TÜİK Veri Portalı. (2022, August 28). [https:// data.tuik.gov.tr/Kategori?p=Tarim-111](https://data.tuik.gov.tr/Kategori?p=Tarim-111)
- TUZCU, Ö.,1996. Subtropik Meyveler Ders Notları. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları (Yayınlanmamış).
- Vega, D.E.S. (1989) Propagation In Vitro of Rootstocks of Avocado. California avocado society Year Book, 73, 149-151.
- Whitsell, R. H., Martin, G. E., Bergh, B. O., Lypps, A. V., Brokaw, W. H., 1989. Propagating Avocados; Principles and Techniques of Nursery and Field Grafting. University of California Division of Agriculture and Natural Resources Publication 21461, 30p, California.
- Wolstenholme, B. (2003) Avocado Rootstocks: What Do We Know; Are We Doing Enough Research. South African Avocado Growers ' Association Yearbook, 26, 106-112.

- Zentmyer, G. A., Thorn, W. A., & Burns, R. M. (1963). The duke avocado. *California Avocado Society yearbook*, 47, 28-36.
- Zentmyer, G.A. 1987. Avocados Around the World. Avocado Society Yearbook, 71: 63–77.
- Zirari, A. and Lionakis, S.M. (1994) Effect of Cultivar, Explant Type, Etiolation Pretreatment and the Age of Plant Material on the In Vitro Regeneration Ability of Avocado (*Persea americana*). *Acta Horticulturae* , 365, 69-76.
- Zulfiqar, B., Abbasi, N. A., Ahmad, T. And Hafiz, I.A. 2009. Effect Of Explant Sources And Different Concentrations Of Plant Growth Regulators On *In Vitro* Shoot Proliferation And Rooting Of Avocado (*Persea americana* Mill.) cv. "Fuerte", Department of Horticulture, Pir Mehr Ali Shah Arid Agriculture University, Rawalpindi, Pakistan.

ÖZGEÇMİŞ

Esma DEMİROĞLU, İlk-orta ve lise öğrenimini Adana ‘da tamamladı. 2014 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü’de başladığı lisans eğitimini 2018 yılında tamamladı. Yüksek lisans eğitimini Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoteknoloji Anabilim Dalı’nda yapmaktadır.

