



**T.C.
BATMAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANA BİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**YARI KATI BESİ ORTAMINDA JUVENİL ASPİR (*Carthamus
tinctorius* L. cv. Safir) SÜRGÜN KÜLTÜRLERİNİN
OPTİMİZASYONU VE GEÇİCİ DALDIRMA BİYOREAKTÖR
SİSTEMLERİNDE (TİS) ÇOĞALTIMI**

Merve DADANLAR

**Ocak – 2025
BATMAN**

T.C.
BATMAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YARI KATI BESİ ORTAMINDA JUVENİL ASPİR (*Carthamus
tinctorius* L. cv. Safir) SÜRGÜN KÜLTÜRLERİNİN
OPTİMİZASYONU VE GEÇİCİ DALDIRMA BİYOREAKTÖR
SİSTEMLERİNDE (TİS) ÇOĞALTIMI

Merve DADANLAR

Danışman
Prof. Dr. Engin TILKAT

Diğer Jürileri

Doç. Dr. Alevcan KAPLAN

Prof. Dr. Engin TILKAT

Dr. Öğr. Üyesi Veysel SÜZERER

Ocak - 2025
BATMAN

TEZ KABUL VE ONAYI

Merve DADANLAR tarafından hazırlanan “Yarı Katı Besi Ortamında Juvenil Aspir (*Carthamus Tinctorius* L. Cv. Safir) Sürgün Kùltürlerinin Optimizasyonu ve Geçici Daldırma Biyoreaktör Sistemlerinde (T1s) Çoğaltımı” adlı tez çalışması 03/01/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim/Sanat Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Unvanı Adı SOYADI

Doç. Dr. Alevcan KAPLAN

Danışman

Unvanı Adı SOYADI

Prof. Dr. Engin TILKAT

Üye

Unvanı Adı SOYADI

Doç. Dr. Alevcan KAPLAN

Üye

Unvanı Adı SOYADI

Dr. Öğr. Üyesi Veysel SÜZERER

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Dr. Öğr. Üyesi Murat ÖTER
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

Bu tez çalışması Batman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından BTÜBAP-2023-FED-12 nolu proje ile desteklenmiştir.

ETİK BEYANI

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını beyan eder, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sorumluluğu kabullendiğimi bildiririm.

ETHICAL DECLARATION

I declare that all the information in this thesis has been obtained within the framework of ethical behavior and academic rules, and that the source of any statements and information that do not belong to me in this study prepared in accordance with the thesis writing rules has been fully cited, and I declare that I accept all kinds of legal responsibility in case of any contrary situation.

İmza
Merve DADANLAR
Tarih: 03.01.2025

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YARI KATI BESİ ORTAMINDA JUVENİL ASPİR (*Carthamus tinctorius* L. cv. *Safir*) SÜRGÜN KÜLTÜRLERİNİN OPTİMİZASYONU VE GEÇİCİ DALDIRMA BİYOREAKTÖR SİSTEMLERİNDE (TIS) ÇOĞALTIMI

Merve DADANLAR

Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Biyoloji Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Engin TILKAT

2025, 113 Sayfa

Bu tez çalışması, aspir bitkisi (*Carthamus tinctorius* L. cv. *Safir*) sürgünlerinin *in vitro* çoğaltımı için yarı katı besi ortamlarında ve geçici daldırma biyoreaktör sistemlerinde (TIS) optimum koşulların belirlenmesini hedeflemektedir. Çalışmanın ilk aşamasında, farklı besi ortam tipleri (MS, SH ve Gamborg), karbon kaynakları (sukroz, glukoz, maltoz) ve sitokininlerden (BAP, KIN ve TDZ)'nin NAA ile kombinasyonları test edilmiştir. Sonuçlar, tam kuvvette 1X MS besi ortamı, 30 g/L sukroz ve 2 mg/L BAP + 0.5 mg/L NAA kombinasyonunun, rejenerasyon oranı (%100), gövde uzunluğu (2.80±0.21 cm) ve gövde/eksplant oranı (1.33±0.15) bakımından en iyi performansı sunduğunu göstermiştir.

Buna ek olarak, 1X MS besi ortamı, 30 g/L sukroz ve 2 mg/L TDZ + 0.5 mg/L NAA kombinasyonunun da yüksek rejenerasyon oranı (%100), gövde uzunluğu (2.30±0.20 cm) ve gövde/eksplant oranı (1.33±0.19) ile benzer sonuçlar sağladığı belirlenmiştir. Ancak, bu iki kombinasyon karşılaştırıldığında, 2 mg/L BAP + 0.5 mg/L NAA kombinasyonunun daha uzun süre hayatta kalma ve daha iyi rejenerasyon yeteneği göstermesi nedeniyle sıvı ortama uyarlama çalışmalarında bu kombinasyon tercih edilmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında, yarı katı ortamda optimize edilen bu protokol, sıvı ortamda geçici daldırma biyoreaktör sistemi (RITA®) kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, farklı daldırma süreleri (8, 16, 24 saat) ve sıklıklarının (8, 16, 24 dakika) sürgün gelişimi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, en yüksek gövde uzunluğunun (1.69±0.19 cm) ve en iyi gövde/eksplant oranının (1.21±0.11) 24 saatlik daldırma ve 16 dakikalık sıklık (24s/16d) protokolü ile sağlandığını göstermiştir. Tüm morfolojik veriler ve uygulama kolaylığı değerlendirildiğinde, 24s/16d protokolünün vitrifikasyon oranını minimumda tutarak üstün bir performans sergilediği ve pratiklik açısından da en uygun seçenek olduğu sonucuna varılmıştır. Bu çalışma, aspir bitkisi sürgün proliferasyonu için yarı katı besi ortamları ve geçici daldırma biyoreaktör sistemlerinde etkili, ölçeklenebilir ve verimli bir yöntem geliştirmiştir. TIS, özellikle kitlesel üretim için uygun bir alternatif olarak öne çıkmış ve aspir bitkisinin tarımsal ve endüstriyel kullanım potansiyelini artırmaya yönelik önemli bir temel sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Aspir, Sürgün Proliferasyonu, TDZ, RITA®, Geçici Daldırma Biyoreaktör Sistemi

ABSTRACT

MASTER THESIS

OPTIMIZATION OF JUVENILE SAFFLOWER (*Carthamus tinctorius* L. cv. Safir) SHOOT CULTURES IN SEMI-SOLID MEDIUM AND PROPAGATION IN TEMPORARY IMMERSION BIOREACTOR SYSTEMS (TIS)

Merve DADANLAR

Batman University Graduate Education Institute

Department of Biology

Advisor: Prof. Dr. Engin TILKAT

2025, 113 Pages

This thesis aims to determine the optimal conditions for the *in vitro* propagation of safflower (*Carthamus tinctorius* L. cv. Safir) shoots in both semi-solid media and temporary immersion bioreactor systems (TIS). In the first stage of the study, different culture media types (MS, SH, and Gamborg), carbon sources (sucrose, glucose, maltose), and combinations of cytokinins (BAP, KIN, and TDZ) with NAA were tested. The results demonstrated that the combination of full-strength 1X MS medium, 30 g/L sucrose, and 2 mg/L BAP + 0.5 mg/L NAA yielded the best performance in terms of regeneration rate (100%), shoot length (2.80 ± 0.21 cm), and shoot/explant ratio (1.33 ± 0.15). Additionally, the combination of 1X MS medium, 30 g/L sucrose, and 2 mg/L TDZ + 0.5 mg/L NAA also provided comparable results, achieving high regeneration rates (100%), shoot lengths (2.30 ± 0.20 cm), and shoot/explant ratios (1.33 ± 0.19). However, when comparing the two combinations, the combination of 2 mg/L BAP + 0.5 mg/L NAA was preferred for adaptation to liquid media due to its longer survival and superior regeneration ability.

In the second stage, the optimized protocol from the semi-solid medium was evaluated in a liquid medium using a temporary immersion bioreactor system (RITA[®]). In this context, the effects of different immersion durations (8, 16, 24 hours) and frequencies (8, 16, 24 minutes) on shoot development were investigated. The results indicated that the highest shoot length (1.69 ± 0.19 cm) and the best shoot/explant ratio (1.21 ± 0.11) were achieved with the 24-hour immersion and 16-minute frequency (24h/16m) protocol. Considering all morphological data and practical application aspects, the 24h/16m protocol was found to provide superior performance, maintaining a low vitrification rate and being the most suitable option in terms of practicality.

This study developed an effective, scalable, and efficient method for safflower shoot proliferation using semi-solid media and temporary immersion bioreactor systems. TIS emerged as a viable alternative for mass production and provided a significant foundation for enhancing the agricultural and industrial potential of safflower.

Keywords: Safflower, Shoot Proliferation, TDZ, RITA[®], Temporary Immersion Bioreactor System

ÖN SÖZ

Bu çalışma, aspir bitkisi (*Carthamus tinctorius* L. cv. Safir) üzerinde *in vitro* sürgün proliferasyonu yöntemlerinin optimizasyonu yoluyla bir çoğaltım protokolünün geliştirilmesi ve bu protokolün geçici daldırma biyoreaktör sistemlerinde (TIS) uygulanması amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın planlanması, uygulanması ve tez yazım sürecinde bilgi ve tecrübeleriyle bana rehberlik eden ve her aşamada desteğini esirgemeyen değerli danışmanım Prof. Dr. Engin TİLKAT'a en içten teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmalarım boyunca güler yüzü, samimiyeti ve içten desteğiyle her zaman yanımda olan sayın hocam Prof. Dr. Emine AYAZ TİLKAT'a şükranlarımı ifade ederim. Çalışma sürecinde bilgi ve deneyimlerini paylaşarak araştırmalarımı zenginleştiren, çalışma ortamımızı verimli ve samimi bir paylaşım ortamına dönüştüren Dr. Öğr. Üyesi Veysel SÜZERER'e ve değerli meslektaşım Dr. Ayşe HOŞER'e minnettarlığımı sunarım. Ayrıca, tezimde kullandığım aspir tohumlarının temin sürecinde yardımlarından dolayı Öğr. Gör. Dr. Mehtap ANDIRMAN'a da teşekkürlerimi sunarım. Batman Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Bitki Biyoteknolojisi Laboratuvarında öğrenim gören arkadaşlarım Merve BALAMUR ve Nesrin BOZHAN'a da destekleri ve güzel dostlukları için teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca, tez çalışmalarım boyunca maddi ve manevi desteğini hep hissettiğim, sabır ve sevgileriyle beni her zaman motive eden kıymetli aileme, özellikle de annem ve babama sonsuz teşekkür ederim. Bu çalışmada ve bu süreçte bana destek olan herkese içtenlikle teşekkür ederim.

Merve DADANLAR
Batman-2025

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖN SÖZ	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Bitki Biyoteknolojisinin Gelişimi ve Önemi	2
1.2. Bitki Biyoteknolojisinin Gelişimi ve Önemi	3
1.2.1. Aspir bitkisinin tarihçesi ve kökeni	3
1.2.2. Morfolojik özellikleri.....	4
1.3. Aspir Bitkisinin Ekonomik ve Endüstriyel Önemi	5
1.3.1. Aspirin tarımsal ekonomiye katkısı	7
1.3.2. Dünya ekonomisindeki yeri	8
1.3.3. Türkiye ekonomisindeki önemi	10
1.3.3.1. Ekonomik değer taşıyan ürünler	11
1.4. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	11
1.4.1. Çalışmanın kapsamı	12
1.4.2. Çalışmanın özgün değeri ve literatüre katkısı.....	13
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	14
2.1. <i>Carthamus tinctorius</i> L. ile İlgili Sistematik Bilgiler	14
2.1.1. Asteraceae familyası	14
2.1.2. <i>Carthamus</i> L. cinsi.....	15
2.1.3. <i>Carthamus tinctorius</i> 'un sistematikteki yeri.....	15
2.1.4. Morfolojik ve biyolojik özellikleri	15
2.1.5. <i>Carthamus tinctorius</i> bitkisinin ekolojik özellikleri.....	20
2.1.6. Yağlar ve önemi.....	21
2.1.6.1. Oleik ve linoleik asit içeriği	23
2.2. Aspir Kullanım Alanları, Tarihçesi	24
2.3. Aspir Türleri ve Ekonomik Önemi	25
2.3.1. Ekonomik önemi.....	27
2.3.2. <i>Carthamus tinctorius</i> L. tıbbi faydalı bileşikleri ve kullanım alanları	29
2.3.2.1. Aspir yağı ve tıbbi faydaları	29
2.3.2.2. Gıda, tekstil ve farmakolojide kullanımı	31
2.3.3. Biyodizel ve üretim verimi	34
2.3.4. Aspir küspesi ve hayvan beslenmesinde kullanımı	35
2.3.5. Aspirin endüstriyel ve teknolojik kullanım alanları	36
2.3.6. Dünya'da ve Türkiye'de aspir üretimi	37
2.3.6.1. Dünya aspir üretimi	37

2.3.6.2. Türkiye’de aspir üretimi.....	42
2.3.6.3. Yerli aspir çeşitleri.....	44
2.3.7. Aspir’in tarımsal avantajları ve adaptasyon.....	44
2.3.7.1. Kuraklık toleransı	44
2.3.7.2. Tuzluluk toleransı	45
2.3.7.3. Hastalık ve zararlılara dayanıklılık	46
2.3.8. Mikroçoğaltım teknikleri ve biyoteknolojik yöntemler.....	47
2.3.8.1. Mikroçoğaltımın temel prensipleri	47
2.3.9. Geçici daldırma biyoreaktör sistemleri ve kullanım alanları.....	49
2.3.9.1. TIS sistemlerinin prensipleri ve avantajları	49
2.3.9.2. TIS sistemlerinin uygulamaları.....	51
2.3.9.3. Geçici daldırma biyoreaktör sistem tipleri.....	52
2.3.9.4. Aspir bitkisi ve TIS sistemleri	57
3. YÖNTEM	59
3.1. Materyal.....	59
3.2. Yöntem.....	59
3.2.1. Biti doku kültürleri için ön hazırlıklar	59
3.2.1.1. Üçüncü bölüm dördüncü derece başlık.....	59
3.2.1.2. Sterilizasyon işlemleri.....	62
3.2.2. Yarı katı ve TIS biyoreaktör kültürü çalışmaları	64
3.2.2.1. Yarı katı ortamda tohumların yüzey sterilizasyonu ve çimlendirilme çalışmaları.....	64
3.2.2.2. Çimlendirilmiş bitkilerden elde edilen sürgünlerin proliferasyonu ve stok kültürlerin hazırlanması	66
3.2.2.3. Sürgünlerin mikroçoğaltımına farklı besi ortamlarının ve kuvvetlerinin etkisi.....	67
3.2.3. Geçici daldırma biyoreaktör sisteminin (RITA®) kurulması.....	68
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	70
4.1. Bulgular	70
4.1.1. Tohumların yüzey sterilizasyonu ve çimlendirilmesi.....	70
4.1.2. Çimlendirilmiş bitkilerden elde edilen sürgünlerin mikroçoğaltımı ve stok kültürlerin hazırlanması	70
4.1.3. Yarı katı besi ortamında sürgünlerin mikroçoğaltımı ve optimizasyon çalışmaları kapsamında farklı besi ortamları ve kuvvetlerinin etkisi	71
4.1.4. Yarı katı besi ortamında sürgünlerin mikroçoğaltımı ve optimizasyon çalışmaları kapsamında farklı karbon kaynakları ve kuvvetlerinin etkisi	74
4.1.5. Yarı katı besi ortamında sürgünlerin mikroçoğaltımı ve optimizasyon çalışmaları kapsamında farklı bitki büyüme düzenleyicileri kombinasyonları ve kuvvetlerinin etkisine yönelik bulgular	76
4.1.5.1. BAP ve NAA kombinasyonlarının mikroçoğaltıma etkisi	76
4.1.5.2. KIN ve NAA kombinasyonlarının mikroçoğaltıma etkisi.....	78
4.1.5.3. TDZ ve NAA kombinasyonlarının mikroçoğaltıma etkisi	80
4.1.6. Sürgünlerin kitlesel çoğaltımı için geçici daldırma biyoreaktör sisteminde (RITA®) daldırma zamanı ve sıklığının belirlenmesi	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
4.2. Tartışma	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
4.2.1. Tohumların yüzey sterilizasyonu ve çimlendirilmesi ile ilgili tartışma	89

4.2.2. Çimlendirilmiş bitkilerden elde edilen sürgünlerin mikroçoğaltımı ve stok kültürlerin hazırlanması ile ilgili tartışma.....	90
4.2.3. Yarı katı besi ortamında sürgünlerin mikroçoğaltımı ve optimizasyon çalışmaları kapsamında farklı besi ortamları ve kuvvetlerinin etkisi ile ilgili tartışma.....	91
4.2.4. Yarı katı besi ortamında sürgünlerin mikroçoğaltımı ve optimizasyon çalışmaları kapsamında farklı karbon kaynakları ve kuvvetlerinin etkisi ile ilgili tartışma.....	92
4.2.5. Yarı katı besi ortamında sürgünlerin mikroçoğaltımı ve optimizasyon çalışmaları kapsamında farklı bitki büyüme düzenleyicileri kombinasyonları ve kuvvetlerinin etkisine yönelik tartışma.....	94
4.2.5.1. BAP ve NAA kombinasyonları	94
4.2.5.2. KIN ve NAA kombinasyonları	95
4.2.5.3. TDZ ve NAA kombinasyonları	95
4.2.6. Aspir bitkisinde (<i>Carthamus tinctorius</i> L.) sürgün çoğaltımı için geçici daldırma sistemlerinin (TIS) Optimizasyonu	96
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	99
5.1. Sonuçlar	99
5.2. Öneriler	100
KAYNAKLAR	101

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 2.1. <i>Carthamus tinctorius</i> L. cv. Safir bitkisinin sistematikteki yeri	15
Çizelge 2.2. Aspir'in ekolojik özellikleri ve tarımsal avantajları	21
Çizelge 2.3. Türkiye'de tescil edilen aspir çeşitleri	26
Çizelge 2.4. Türkiye'de aspir üretimi	28
Çizelge 2.5. Aspir yağının diğer bitkisel yağlarla karşılaştırılması	30
Çizelge 2.6. Dünya genelinde 2022 yılı aspir üretim miktarı ve payları	38
Çizelge 2.7. Dünya genelinde 2020 yılı aspir ekiliş alanı, üretim miktarı ve verim değerleri	39
Çizelge 2.8. Türkiye'de 2010-2022 yılları arasında aspir ekim alanı, üretim miktarı ve verimi	42
Çizelge 2.9. Türkiye il bazlı aspir ekim alanı, üretim miktarı ve verimi	42
Çizelge 2.10. Kuraklık toleransı olan yağlı tohum bitkilerinin su gereksinimleri	44
Çizelge 2.11. Tuzluluğa toleranslı yağlı tohum bitkilerinin tuz toleransı değerleri ...	45
Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan sarf malzemelerin firma ve katalog numaraları ...	60
Çizelge 3.2. Gamborg-MS- SH besi ortamları içeriği (1 L besi ortamı için)	61
Çizelge 4.1. Farklı besi ortamlarının (MS, SH ve Gamborg) ve kuvvetlerinin (0.5, 1 ve 2X) sürgün çoğaltımına etkisi	69
Çizelge 4.2. Farklı karbon kaynakları (sukroz, glukoz, maltoz) ve kuvvetlerinin (0.5X, 1X, 2X) sürgün çoğaltımına etkisi	72
Çizelge 4.3. BAP ile NAA'nın farklı kuvvetlerdeki (0,5-1-1,5-2 mg/L) konsantrasyonlarının sürgün çoğaltımına etkisi	75
Çizelge 4.4. KIN ile NAA'nın farklı kuvvetlerdeki (0,5-1-1,5-2 mg/L) konsantrasyonlarının sürgün çoğaltımına etkisi	77
Çizelge 4.5. TDZ ile NAA'nın farklı kuvvetlerdeki (0,5-1-1,5-2 mg/L) konsantrasyonlarının sürgün çoğaltımına etkisi	78
Çizelge 4.6. RITA® geçici daldırma biyoreaktör sisteminde farklı daldırma süreleri ve sıklıklarının sürgün çoğaltımına etkisi	84

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Aspir tohumu pazar değeri ve büyüme oranları (2018-2032)	9
Şekil 2.1. <i>Carthamus tinctorius</i> L. cv. Safir bitkisinin yaprak yapısı: Dikenli kenarları ve belirgin orta damarıyla karakterize olan koyu yeşil yapraklar	16
Şekil 2.2. Safir bitkisinin çiçek yapısı	17
Şekil 2.3. <i>Carthamus tinctorius</i> L. cv. Safir tohumları	18
Şekil 2.4. Aspir (<i>Carthamus tinctorius</i> L.) bitkisinin büyüme aşamaları: ortaya çıkış, rozetlenme, kök uzaması, dallanma, çiçeklenme ve olgunlaşma evreleri	19
Şekil 2.5. Olgun aspir bitkisi başının enine kesiti	19
Şekil 2.6. Dünya aspir üretiminde öne çıkan ülkeler	40
Şekil 2.7. 2008-2022 yılları arasında dünyanın en büyük 10 aspir üreticisinin üretim eğilimleri	41
Şekil 2.8. Farklı TIS biyoreaktör sistem tipleri	54
Şekil 2.9. Ebb and Flow Sistemleri: Besin çözeltisi, dokuların sıvı ortamla temasını sağlamak için büyük bir kültür kabına taşınır	55
Şekil 3.1. Aspir (<i>Carthamus tinctorius</i> L. cv Safir) bitkisine ait olgun tohumların genel görünümü (A) Aspir Safir Çeşidinin genel görünümü (B)	58
Şekil 3.2. Yüzey sterilizasyonu yapılan <i>Carthamus tinctorius</i> L. cv. Safir bitkisine ait tohumların MS besisi ortamına ekilmesi (Bar: 1.8 cm)	64
Şekil 3.3. <i>Carthamus tinctorius</i> L. cv. Safir bitkisine ait çimlenmiş sürgünlerin MS besisi ortamına ekilmesi (Bar: 1.6 cm)	65
Şekil 4.1. <i>Carthamus tinctorius</i> L. cv. Safir tohumlarının MS besisi ortamında çimlendirilmesi	68
Şekil 4.2. Çimlenmiş <i>Carthamus tinctorius</i> L. cv. Safir bitkilerinden elde edilen sürgünlerin TDZ ve NAA destekli MS besisi ortamında çoğaltılarak stok kültürlerin hazırlanması (Bar: 1.4 cm)	69
Şekil 4.3. Farklı besisi ortamı ve kuvvetlerinde sürgünlerin mikroçoğaltımı: (A) Gamborg 0.5X, (B) Gamborg 1X, (C) Gamborg 2X, (D) MS 0.5X, (E) MS 1X, (F) MS 2X, (G) SH 0.5X, (H) SH 1X, (I) SH 2X (Bar: 1.9 cm)	70
Şekil 4.4. In viro olarak çimlendirilmiş <i>C. tinctorius</i> L. cv. Safir bitkilerine ait sürgünlerin 1.5 mg/l TDZ ve 0.5 mg/l NAA ile farklı karbon kaynağı ve kuvvetleri ile desteklenmiş MS besisi ortamında çoğaltılarak stok kültürlerin elde edilmesi. A) Glukoz 0.5X, B) Glukoz 1X, C) Glukoz 2X, D) Maltoz 0.5X, E) Maltoz 1X, F) Maltoz 2X, G) Sukroz 0.5X, H) Sukroz 1X, I) Sukroz 2X. (Barlar: 1.9 cm)	73
Şekil 4.5. <i>C. tinctorius</i> L. cv. Safir sürgünlerinin BAP ve NAA'nın farklı konsantrasyonlardaki kombinasyonları destekli MS besisi ortamında gelişimi A) 0,5 mg/L BAP+0,5 mg/L NAA, B) 0,5 mg/L BAP+1 mg/L NAA, C) 0,5 mg/L BAP+1,5 mg/L NAA, D) 0,5 mg/L BAP+2 mg/L NAA, E) 1 mg/L BAP+0,5 mg/L NAA, F) 1 mg/L BAP+1 mg/L NAA, G) 1 mg/L BAP+1,5 mg/L NAA, H) 1 mg/L BAP+2 mg/L NAA, I) 1,5 mg/L BAP+0,5 mg/L NAA, J) 1,5 mg/L BAP+1 mg/L NAA, K) 1,5 mg/L BAP+1,5 mg/L NAA, L) 1,5 mg/L BAP+2 mg/L NAA, M) 2 mg/L BAP+0,5 mg/L NAA, N) 2 mg/L BAP+1 mg/L NAA, O) 2 mg/L BAP+1,5 mg/L NAA, P) 2 mg/L BAP+2 mg/L NAA. Bar: 1.5 cm	81

- Şekil 4.6.** *C. tinctorius* L. cv. Safir sürgünlerinin KIN ve NAA'nın farklı konsantrasyonlardaki kombinasyonları destekli MS besisi ortamında gelişimi.
A) 0,5 mg/L KIN+0,5 mg/L NAA, B) 0,5 mg/L KIN+1 mg/L NAA,
C) 0,5 mg/L KIN+1,5 mg/L NAA, D) 0,5 mg/L KIN+2 mg/L NAA,
E) 1 mg/L KIN+0,5 mg/L NAA, F) 1 mg/L KIN+1 mg/L NAA,
G) 1 mg/L KIN+1,5 mg/L NAA, H) 1 mg/L KIN+2 mg/L NAA,
I) 1,5 mg/L KIN+0,5 mg/L NAA, J) 1,5 mg/L KIN+1 mg/L NAA,
K) 1,5 mg/L KIN+1,5 mg/L NAA, L) 1,5 mg/L KIN+2 mg/L NAA,
M) 2 mg/L KIN+0,5 mg/L NAA, N) 2 mg/L KIN+1 mg/L NAA,
O) 2 mg/L KIN+1,5 mg/L NAA, P) 2 mg/L KIN+2 mg/L NAA. Bar: 1.5 cm..... 82
- 83Şekil 4.7.** *C. tinctorius* L. cv. Safir sürgünlerinin TDZ ve NAA'nın farklı konsantrasyonlardaki kombinasyonları destekli MS besisi ortamında gelişimi. A) 0,5 mg/L TDZ+0,5 mg/L NAA, B) 0,5 mg/L TDZ+1 mg/L NAA,
C) 0,5 mg/L TDZ+1,5 mg/L NAA, D) 0,5 mg/L TDZ+2 mg/L NAA, E) 1 mg/L TDZ+0,5 mg/L NAA, F) 1 mg/L TDZ+1 mg/L NAA, G) 1 mg/L TDZ+1,5 mg/L NAA, H) 1 mg/L TDZ+2 mg/L NAA, I) 1,5 mg/L TDZ+0,5 mg/L NAA, J) 1,5 mg/L TDZ+1 mg/L NAA, K) 1,5 mg/L TDZ+1,5 mg/L NAA, L) 1,5 mg/L TDZ+2 mg/L NAA, M) 2 mg/L TDZ+0,5 mg/L NAA, N) 2 mg/L TDZ+1 mg/L NAA, O) 2 mg/L TDZ+1,5 mg/L NAA, P) 2 mg/L TDZ+2 mg/L NAA Bar: 1.5 cm..... 83
- Şekil 4.8.** *In vitro* olarak çimlendirilmiş *C. tinctorius* L. cv. Safir bitkilere ait sürgünlerin 2 mg/L BAP+0,5 mg/L NAA destekli sıvı MS besisi ortamı içeren geçici daldırma biyoreaktör sisteminde (RITA®) farklı daldırma zamanı ve sıklığının kitlesel çoğaltıma etkisi A) 8s/8d, B) 8s/16d
C) 8s/24d, D) 16s/8d, E) 16s/16d F) 16s/24d, G) 24s/8d, H) 24s/16d,
I) 24s/24d 86

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

°C	: Santigrat derece
2,4-D	: 2,4 Diklorofenoksi asetik asit
B5	: Gamburg (1968)
BAP	: Benzil amino pürin
BBD	: Bitki büyüme düzenleyicileri
CaCl ₂	: Kalsiyum klorür
CaCl ₂ .2H ₂ O	: Kalsiyum klorür dihidrat
cm	: Santimetre
CoCl ₂ .6H ₂ O	: Kobalt klorür hegzahidrat
CuSO ₄	: Bakır sülfat
CuSO ₄ .5H ₂ O	: Bakır sülfat pentahidrat
d	: Dakika
DSÖ	: Dünya Sağlık Örgütü
EI/MS	: Kütle spektrometresi
EtOH	: Etil Alkol
Fe ₂ SO ₄ .7H ₂ O	: Demir sülfat heptahidrat
FeSO ₄	: Demir sülfat
g/L	: Gram/Litre
GA ₃	: Gibberellik asit
GC	: Gaz kromatografisi
GC-MS	: Gaz kromatografisi-kütle spektroskopisi
g	: Gram
H ₃ BO ₃	: Borik asit
HCl	: Hidroklorik asit
IAA	: Indol asetik asit
IBA	: İndol bütirik asit
JA	: Jasmonik asit
kg	: Kilogram
KH ₂ PO ₄	: Potasyum dihidrojen fosfat
KI	: Potasyum iyodür
KIN	: Kinetin
KNO ₃	: Potasyum nitrat
Lux	: Lüks
m ² s ⁻¹	: metre ² /saniye
mg	: Miligram
mg/L	: Miligram/Litre
MgSO ₄ .4H ₂ O	: Magnezyum sülfat tetrahidrat
MgSO ₄ .7H ₂ O	: Magnezyum sülfat heptahidrat
ml	: Mililitre
mM	: Milimolar
MnSO ₄ .4H ₂ O	: Mangan sülfat
MS	: Murashing ve Skoog
Na ₂ EDTA	: Sodyum etilen diamin tetra asetik asit
Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O	: Sodyum molibdat dihidrat
NAA	: Naftalen asetik asit

NaOCl	: Sodyum hipoklorit
NaOH	: Sodyum hidroksit
NH ₄ NO ₃	: Amonyum nitrat
pH	: Hidrojen iyon konsantrasyonu
s	: Saat
SH	: Schenk ve Hildebrandt
TDZ	: Thidiazuron
TIS	: Geçici Daldırma Biyoreaktör Sistemi
UV	: Ultraviyole
ZnSO ₄ .7H ₂ O	: Çinko sülfat heptahidrat
µM	: Mikromolar

1. GİRİŞ

Son yıllarda biyoteknolojik yaklaşımlar, tarımsal üretimde hem verimliliği hem de kaliteyi artırmaya yönelik yenilikçi çözümler sunmaktadır. Moleküler genetik tekniklerin kullanımıyla, tarımsal bitki türlerinin genetik olarak iyileştirilmesi, çevresel stres faktörlerinin etkilerinin en aza indirilmesi ve tarım sektörüne yönelik yeni türlerin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Bu kapsamda; herbisitlere dirençli çeşitlerin geliştirilmesi, pestisit kullanımının azaltılması, besin içeriklerinin iyileştirilmesi, tıbbi potansiyele sahip ürünlerin keşfi, sağlıklı yemeklik yağların üretimi, ürün raf ömrünün uzatılması ve ekonomik değeri yüksek yeni tarımsal ürünlerin elde edilmesi gibi önemli kazanımlar sağlanmıştır (Onay vd., 2012).

Dünya genelinde bitki florasının çeşitliliği 750.000 ila 1.000.000 tür arasında değişmekte olup, bu türlerin yaklaşık 500.000'i bilimsel olarak tanımlanmıştır. Ancak, Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) verilerine göre, bu zengin çeşitlilikten yalnızca 20.000 bitki türü tıbbi amaçlarla değerlendirilmektedir (Kırıcı, 2017). Bu durum, bitkisel kaynakların potansiyel kullanım alanlarının halen büyük ölçüde keşfedilmeyi beklediğini göstermektedir.

Aromatik bitkilerin küresel ticaret hacmi, 2000 yılı itibarıyla 60 milyar dolar seviyesine ulaşmış ve bu rakam ilaç pazarının yaklaşık %20'sini oluşturmuştur. Günümüzde artan talep ile birlikte bu oranın daha da yükseldiği rapor edilmektedir (Kırıcı, 2017).

Yağlı tohumlu bitkiler, temel besin maddeleri olan yağ, protein, karbonhidrat, mineral ve vitaminler açısından zengin içeriğiyle insan beslenmesinde kritik bir öneme sahiptir. Artan dünya nüfusu ve değişen tüketim alışkanlıkları, bu bitki grubunun tarımsal üretimdeki stratejik rolünü daha da ön plana çıkarmaktadır (Onat vd., 2017).

Türkiye'de bitkisel yağ açığını kapatmak ve ithalata bağımlı ekonomik yükü azaltmak amacıyla, yağ oranı yüksek bitki çeşitlerinin geliştirilmesine öncelik verilmektedir. Bu doğrultuda; mevcut kültürlerin farklı tarım alanlarına adaptasyonu, yabani türlerin genetik kaynak olarak kullanımı ve kurak koşullara dayanıklı türlerin ıslahına yönelik çalışmalar yürütülmektedir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2023).

1.1. Bitki Biyoteknolojisinin Gelişimi ve Önemi

Dünya nüfusundaki hızlı artış, tarım sektörüne yönelik gıda, enerji ve endüstriyel taleplerin artmasına neden olmuştur. Bu bağlamda, bitki biyoteknolojisi, tarımsal üretimde geleneksel yöntemlerin ötesine geçen yenilikçi çözümler sunmaktadır. Modern biyoteknolojik yaklaşımlar, bitki türlerinin genetik ve fizyolojik özelliklerini iyileştirerek ürün kalitesinin artırılmasına, çevresel stres faktörlerine dayanıklı bitkilerin geliştirilmesine ve doğal kaynakların daha sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasına olanak sağlamaktadır (Onay vd., 2012).

Bu gelişmeler arasında genetik mühendisliği teknikleri öne çıkmakta olup, tarımsal üretimde şu gibi önemli yeniliklerin hayata geçirilmesini mümkün kılmıştır:

- Herbisit ve pestisitlere dayanıklı bitki türlerinin geliştirilmesi,
- Kuraklık ve tuzluluk gibi abiyotik stres faktörlerine toleranslı çeşitlerin üretilmesi,
- Besin içeriklerinin zenginleştirilmesiyle tarımsal ürünlerin insan sağlığına olan katkısının artırılması.

Bitki biyoteknolojisinin önemli uygulamalarından biri olan mikroçoğaltım teknikleri, genetik stabilitenin korunması, hastalısız bitki üretimi ve nesli tükenme tehlikesi altında olan türlerin korunması gibi çok çeşitli amaçlar doğrultusunda kullanılmaktadır (Etienne ve Berthouly, 2002). Bu yöntemler, tarımsal üretimde kaliteyi artırırken, aynı zamanda biyolojik çeşitliliğin sürdürülebilir şekilde korunmasına da katkı sunmaktadır. Dünyamızın sahip olduğu bu biyoçeşitlilik, biyoteknolojik çalışmaların sadece mevcut türlerin iyileştirilmesine değil, aynı zamanda yeni türlerin keşfine ve geliştirilmesine yönelik de büyük bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir (Kırıcı, 2017). Biyoteknolojinin bu kapasitesi, hem tıbbi hem de tarımsal inovasyonlarda önemli bir rol oynamaktadır.

Yağlı tohumlu bitkiler, yalnızca insan beslenmesi için temel bir kaynak olmakla kalmayıp, biyodizel üretimi, ilaç ve kozmetik endüstrileri gibi çeşitli sektörler için de stratejik öneme sahiptir. Bu bağlamda, yağ içeriği yüksek bitkilerin mikroçoğaltımı ve genetik ıslahına yönelik çalışmalar, hem ekonomik kalkınma hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından kritik bir rol oynamaktadır (Onat vd., 2017).

1.2. Bitki Biyoteknolojisinin Gelişimi ve Önemi

1.2.1. Aspir bitkisinin tarihçesi ve kökeni

Aspir (*Carthamus tinctorius* L.), Compositae (Asteraceae) familyasına ait olup, $2n=24$ kromozom sayısına sahip eski bir yağ bitkisidir. Yaklaşık 3000-4500 yıl öncesine dayanan kökeni, bitkinin insanlık tarihi boyunca önemli bir rol oynadığını göstermektedir. İlk olarak Orta Doğu'da kültüre alınan bu bitki, zamanla Asya, Akdeniz havzası ve dünya genelindeki tarım alanlarına yayılmıştır. Sümerler'in aspir çiçeklerini doğal kumaş boyası olarak kullanması, bu bitkinin erken dönemlerde ekonomik ve kültürel önem kazandığını göstermektedir. Ayrıca, Antik Mısır'da mumyalama işlemlerinde boya kaynağı olarak değerlendirilmiştir (Babaoğlu, 2006). Bu bilgiler, Antik Mısır'da Kral Amenhotep'in mumyasında aspir boyasının izlerine rastlanmasıyla arkeolojik bulgularla da desteklenmektedir (Jingzhong, 1993).

Aspirin tarih boyunca farklı kültürlerde çeşitli isimlerle anıldığı bilinmektedir. Sanskritçe kökenli "Kusum" ve "Kusumbha" adları Hindistan'dan çevre coğrafyalara yayılırken, Ortadoğu'da "Qurtum" ve "Osfur" isimleri kullanılmıştır. Türkiye'de ise "aspur," "kır safranı" ve "zaferan" gibi yerel isimlerle bilinir (Şahin ve Taşlıgil, 2016). Bu çeşitlilik, bitkinin farklı toplumlar tarafından benimsenerek kullanıldığını ve çok yönlü bir tarımsal ürün olarak değer kazandığını göstermektedir.

Dünya genelinde aspir bitkisinin yaklaşık 25 türü bulunmakta olup, bu türlerin birçoğu Türkiye'nin zengin florasında doğal olarak yetişmektedir. Türkiye'de yaygın olarak görülen türler arasında *Carthamus persicus* Willd., *Carthamus lanatus* L., *Carthamus dentatus* Vahl., *Carthamus glaucus* Bieb. subsp. *glaucus* ve *Carthamus tenuis* (Bois ve Balansa) Bornm. subsp. *gracillimus* yer almaktadır (Arslan vd., 2010). Bu türler, genetik çeşitlilik açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Özellikle tarımsal üretimde kullanılan *C. tinctorius* L. çeşitlerinin *C. lanatus* ve *C. oxyacantha* türlerinden kültüre alınması, aspir bitkisinin genetik kaynak olarak değerini artırmaktadır (Arslan vd., 2019).

Sonuç olarak, bu tarihsel ve biyolojik zenginlik, aspir bitkisinin hem kültürel hem de ekonomik değerini artırmıştır. Geçmişte boya, gıda ve tıbbi amaçlarla değerlendirilen aspir, günümüzde yağ üretimi, tekstil boya ve gıda katkı maddeleri gibi çok yönlü kullanım alanlarında önemini korumaktadır.

1.2.2. Morfolojik özellikleri

C. tinctorius, Asteraceae (Papatyagiller) familyasına ait, otsu yapıda ve tek yıllık bir nötr gün bitkisidir (Bozdağ ve Baydar, 2022). "Yalancı safran" olarak da bilinen bu bitki, morfolojik özellikleriyle dikkat çekmektedir. Morfolojik yapısına ilişkin detaylar aşağıda sunulmuştur:

Kök sistemi: Aspir bitkisi, kazık kök sistemine sahiptir ve kökler yaklaşık 3 metre derinliğe kadar uzanabilir. Bu derin kök yapısı, bitkinin kurak toprak koşullarında yetişmesini mümkün kılarken, derin toprak katmanlarından mineral ve besin elementi alımını sağlar. Bu özellik, aspir bitkisinin tahıllar gibi yüzeysel köklü bitkilerin erişemediği toprak katmanlarından faydalanmasına ve münavebe sistemine uygun hale gelmesine olanak tanır (Baran ve Andırman, 2019b).

Gövde ve yapraklar: Bitkinin gövdesi genellikle 80-100 cm arasında boylanır ve dik bir yapı sergiler. Gövde dallıdır ve bu dallar üzerinde yer alan yapraklar çeşit özelliklerine bağlı olarak dikenli ya da dikensiz olabilir. Mızrak şeklindeki yapraklar, aspir bitkisinin tarımsal olarak kolay yetiştirilmesini ve çevresel koşullara uyum sağlamasını destekler.

Çiçekler ve tohumlar: Aspir bitkisinin çiçekleri, sarı, turuncu, kırmızı ve beyaz gibi farklı renklerde olabilen görsel çeşitliliği ile ayırt edilir. Çiçekler, dal uçlarında küçük tablalarda toplanmıştır ve estetik değerinin yanı sıra tekstil ve gıda boyası olarak kullanılan pigmentlerin elde edilmesini sağlar. Tohumları ise kahverengi olup yüzeylerinde beyaz çizgiler bulunmaktadır. Bu tohumlar, %30-40 arasında değişen yağ oranıyla zengin bir içeriğe sahiptir ve gıda, kozmetik ile biyodizel sektörlerinde önemli bir yere sahiptir (Kobuk vd., 2019).

Genel adaptasyon özellikleri: Aspir, kuraklığa ve tuzluluğa dayanıklılığı sayesinde, farklı iklim ve toprak koşullarına kolayca uyum sağlayabilmektedir. Derin kök yapısı ve mineral kullanımı, bu bitkiyi tahıllara kıyasla daha avantajlı bir hale getirirken, tarım makineleri ve ekipmanlarıyla uyumlu olması tarımsal üretimde tercih edilmesini sağlamaktadır (Arslan vd., 2012; Gürsoy vd., 2018).

Bileşenleri ve kullanım alanları: Tohumlarında yüksek miktarda linoleik ve oleik gibi çoklu doymamış yağ asitleri bulunur. Taç yapraklarında ise gallik asit, klorojenik asit, siringik asit, kuarsetin ve epikateşin gibi fenolik bileşikler ile glikozil-quinokalkonlar gibi flavonoidler yer alır. Bu bileşenler, aspir çiçeklerinin zengin antioksidan özelliklere sahip olmasını sağlar ve bu bitkinin gıda, kozmetik, biyodizel ve tekstil gibi geniş bir kullanım alanında değerlendirilebilmesine olanak tanır (Yolci vd., 2022).

1.3. Aspir Bitkisinin Ekonomik ve Endüstriyel Önemi

Aspir, geniş kullanım alanları ve ekonomik değeriyle stratejik bir tarım ürünü olarak dikkat çekmektedir. Yağ üretimi, hayvancılık sektörü, boya sanayi ve biyoyakıt üretimi gibi farklı sektörlerde değerlendirilmesi, aspir bitkisini küresel ticaret ve sürdürülebilir tarım açısından değerli kılmaktadır (Bayramin, 2006). Aspir tohumlarından elde edilen yağ, yüksek linoleik (%70-75) ve oleik asit içeriğiyle öne çıkar. Bu özellik, aspir yağını hem sağlıklı beslenme için önemli bir gıda bileşeni haline getirmekte hem de yemeklik yağ, margarin ve salata sosları gibi ürünlerin üretiminde yaygın olarak kullanılmasını sağlamaktadır (Bayramin, 2006; Kobuk vd., 2019). Ayrıca, aspir yağı, biyodizel üretiminde ideal bir hammadde olarak yenilenebilir enerji kaynakları arasında stratejik bir konuma sahiptir. Yüksek oleik asit içeriği, aspir yağını biyoyakıt sektöründe çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlayan önemli bir ürün yapmaktadır (Soylu vd., 2017).

Aspir yağının kimyasal yapısı, onu yalnızca gıda sanayi için değil, aynı zamanda boya, cila ve sabun üretimi gibi sanayi uygulamaları için de uygun bir hammadde yapmaktadır (Öztürk, 1994). Tohumlarında yaklaşık %6-8 palmitik asit, %2-3 stearik asit, %16-20 oleik asit ve %71-75 linoleik asit bulunmaktadır. Dikenlilik ile yağ oranı arasında bir artış olduğu gözlemlenmiştir (Çoşge vd., 2007). Aspir yağı üretiminden sonra geriye kalan küspe, yüksek protein içeriğiyle hayvancılık sektöründe yem kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Küspe, süt ve et üretiminde hayvan beslenmesi için kritik bir rol oynarken, tarımsal üretim zincirine ek bir ekonomik değer kazandırmaktadır (Oelke vd., 1992; Doğan ve Cufadar, 2022). Bunun yanı sıra, aspir çiçeklerinden elde edilen doğal pigmentler hem gıda hem de tekstil sanayisinde geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Sarı pigment (*carthamidin*) ve kırmızı pigment (*carthamin*), çevre dostu

bir alternatif sunarak sentetik renklendiricilere olan bağımlılığı azaltmaktadır. Bu pigmentler, geçmişten günümüze doğal boyama işlemlerinde yaygın olarak kullanılmış, günümüzde ise organik tekstil ve gıda boyaları gibi alanlarda öne çıkmıştır (Eryılmaz vd., 2014a; Kobuk vd., 2019).

Aspir çiçeklerinden elde edilen suda erimeyen kırmızı renkli carthamin ve suda eriyen sarı renkli carthamidin pigmentleri, hem doğal boyama süreçlerinde hem de organik ürünlerde yüksek talep görmektedir. Bu pigmentler, tekstil ve kozmetik endüstrisinde lüks tüketim ürünleri olarak değerlendirilmektedir (Yılmazlar, 2008).

Aspir tohumları, yüksek besin değerleriyle de ekonomik önem taşımaktadır. %32-34 karbonhidrat, %14-15 protein ve %13-46 yağ içeriğiyle aspir tohumları, hem insan hem de hayvan beslenmesinde stratejik bir rol oynamaktadır. Tohum yağının %90'ını oluşturan linoleik ve oleik asit, aspir yağını sağlıklı bir gıda kaynağı yapmaktadır. Özellikle yüksek oleik asit içeriği, biyoyakıt sektöründe aspir yağını ön plana çıkarırken, bu yağın oksidatif stabilite sağlayan yapısı kızartma işlemlerinde hafif lezzet ve uzun raf ömrü sunmaktadır (Konar vd., 2010; Soylu vd., 2017). Oleik asit oranı yüksek aspir çeşitleri, zeytinyağına kıyasla daha düşük doymuş yağ ve daha yüksek doymamış yağ oranına sahiptir. Yüksek linoleik asit içeren aspir çeşitleri ise boyalar ve vernikler için sararma direnci ve çabuk kuruma gibi avantajlarıyla değerlendirilmektedir (Bergman ve Kandel, 2019). UC-1, dünyada oleik asit oranı yüksek ilk aspir çeşidi olarak geliştirilmiştir. Türkiye'de ise bu alanda kültüre alınan ilk çeşit olan Olas, 2015 yılında tescil edilmiştir (Culpan ve Arslan, 2022).

Aspirin ekonomik değeri, kullanım alanlarının çeşitliliği ile birleşmektedir. Bu bitki, Hindistan ve Pakistan gibi ülkelerde tedavi amaçlı kullanılmış, Ortadoğu ve Asya ülkelerinde besin boyası, merhem ya da tıbbi tedavi aracı olarak değerlendirilmiştir. Çin'de ise aspir, kalp-damar rahatsızlıklarında ve ağrıların hafifletilmesinde bitkisel çay olarak tüketilmektedir (Babaoğlu, 2006). Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yemeklerde renk verici doğal bir gıda boyası olarak tercih edilen aspir, dünya genelinde farklı kültürlerde çeşitli amaçlarla kullanılmaya devam etmektedir (Kızıllı, 2002). Fitokimyasal özellikleri açısından zengin olan aspir, flavonoidler, feniletanoidler, glikozitler, yağ asitleri ve çeşitli aktif bileşenler içermektedir. Tohumlarında yüksek oranda linoleik (%71-75) ve oleik (%16-20) asit bulunması, aspir yağını hem sağlık hem de endüstriyel kullanım açısından önemli bir kaynak haline getirmektedir. Ayrıca, α -linoleik asit içeriğiyle aspir, insan sağlığına katkıda bulunan değerli bir besin kaynağıdır. Aspir çiçeklerinde en çok bulunan fenolik asit gallik asit olup, klorojenik asit, siringik asit,

kersetin-3-galaktozit ve epikateşin gibi diğer fenolik bileşikler de tespit edilmiştir. Suda çözünen bileşikler arasında hidroksi saflor sarı A (HSY-A), safron sarı A (SYA) ve hidroksi safra sarı B gibi biyolojik olarak aktif maddeler yer almakta, aspir özleri ise HSY-A, saflor sarı B (SYB), saflomin A, saflomin C ve sarı-kırmızı pigmentler içermektedir. Tohumlarında ayrıca laurik asit, miristik asit, palmitik asit ve arasidik asit gibi yağ asitleri bulunmaktadır (Delshad vd., 2018a; Bacchetti vd., 2020; Chen vd., 2013; Kızıllı, 2014).

Tüm bu özellikler, aspir bitkisini yalnızca ekonomik olarak değil, aynı zamanda çevresel ve endüstriyel sürdürülebilirlik açısından da değerli kılmaktadır. Aspir'in biyoyakıt potansiyelinden doğal boyalarına kadar sunduğu faydalar, bu bitkinin gelecekte daha geniş bir yelpazede değerlendirilmesine olanak sağlayacaktır.

1.3.1. Aspirin tarımsal ekonomiye katkısı

Aspir bitkisi, düşük girdi maliyetleri, geniş ekolojik adaptasyon yeteneği ve çok yönlü kullanım alanları sayesinde tarımsal ekonomiye önemli katkılar sağlamaktadır. Özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde ekonomik açıdan sürdürülebilir bir tarım alternatifi olarak öne çıkan aspir, farklı tarımsal uygulamalar ve sanayi sektörleri için değerli bir kaynak olarak dikkat çekmektedir.

Çiftçi gelirlerinin artırılması: Aspir, kuraklık ve tuzluluk gibi olumsuz ekolojik koşullarda bile yetişebilme kapasitesine sahip bir bitkidir. Bu özelliği, kullanılmayan marjinal ve tarıma elverişsiz arazilerin tarımsal üretime kazandırılmasını mümkün kılmaktadır. Çiftçiler için ürün desenini genişletmek ve çeşitlendirmek, ek gelir kaynakları yaratmak açısından önemli fırsatlar sunar. Böylece, tarımsal üretimde risk faktörlerini azaltarak daha sürdürülebilir bir üretim modeli oluşturulabilir. Aspir tarımında düşük maliyetli girdilerle üretim yapılabilmesi, özellikle küçük ölçekli çiftçilerin ekonomik olarak bu ürünü yetiştirebilmesine imkân tanır. Yüksek yağ içeriği sayesinde aspir tohumu, piyasada kolayca alıcı bulabilmekte ve çiftçilerin gelirini artırmaktadır (Eryılmaz vd., 2014a).

Yağlı tohum ithalatının azaltılması: Türkiye, yağlı tohum ve türevleri açısından büyük ölçüde ithalata bağımlıdır. Aspir bitkisinin üretiminin artırılması, bu bağımlılığın azaltılmasında stratejik bir rol oynayabilir. Yüksek yağ içeriği, aspir

bitkisini yağ üretimi için cazip bir seçenek haline getirmektedir. Türkiye'nin yağ ihtiyacını yerli üretimle karşılayabilmesi, döviz tasarrufu sağlayarak ülke ekonomisine katkı sunar. Tarım ve Orman Bakanlığı'nın 2023 verilerine göre, aspir gibi stratejik yağlı tohumların üretiminin desteklenmesi, ithalat bağımlılığını azaltarak yerli tarımsal üretimi güçlendirmeyi hedeflemektedir.

İstihdam oluşturma: Aspir bitkisinin tarımı, hasadı, işlenmesi ve yan ürünlerinin değerlendirilmesi süreçleri, tarım sektöründe önemli bir istihdam alanı yaratmaktadır. Özellikle kırsal bölgelerde yaşayan çiftçi aileleri için aspir tarımı, geçim kaynaklarını çeşitlendirmek ve gelir düzeylerini artırmak açısından kritik bir rol oynamaktadır. Aspir tarımına bağlı işgücü ihtiyacı, tohum ekiminden hasada, yağ üretiminden küspe değerlendirilmesine ve biyoyakıt sektörüne kadar birçok alana yayılmaktadır. Bu süreçler, hem tarım hem de sanayi sektörlerinde istihdam olanakları yaratarak kırsal kalkınmaya önemli katkılar sağlar.

Bu bağlamda aspir bitkisi, kullanılmayan tarım alanlarının değerlendirilmesi, yağ ithalatını azaltma potansiyeli ve kırsal kalkınmaya olan katkısı sayesinde tarımsal ekonomiye çok yönlü faydalar sağlamaktadır. Bu nedenle, aspir tarımının yaygınlaştırılması ve desteklenmesi, hem çiftçilerin gelir düzeyini artıracak hem de ülke ekonomisine stratejik bir katkı sunacaktır.

1.3.2. Dünya ekonomisindeki yeri

Aspir, dünya genelinde yağlı tohum bitkileri arasında ekonomik değeri yüksek olan ve stratejik öneme sahip bir tarım ürünüdür. Özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde yetişebilmesi, tarımsal sürdürülebilirlik ve ekonomik kalkınma açısından önemli fırsatlar sunmaktadır (Kıllı ve Beycioğlu, 2019).

Küresel aspir üretimi, tarım alanlarının etkin kullanımı ve artan yağ talebine cevap verebilmek amacıyla giderek yaygınlaşmaktadır. Aspir, gıda, ilaç, kozmetik ve biyoyakıt gibi farklı endüstrilerdeki kullanımıyla dünya ekonomisinde dikkat çekici bir yere sahiptir. Bu durum, aspir bitkisinin çok yönlü bir tarımsal ürün olarak değerlendirilmesini sağlamaktadır. Küresel aspir üretimi, yaklaşık 1 milyon hektar alanda gerçekleştirilmektedir. Son yıllarda üretimdeki artış, biyoyakıt üretimine olan ilginin artması ve sağlıklı beslenme trendlerinin yükselişiyle ilişkilendirilmektedir.

2022 yılı verilerine göre dünya aspir üretiminde öne çıkan ülkeler ve üretim payları şunlardır:

- **Kazakistan:** %24.6
- **Rusya:** %19.2
- **Meksika:** %16.1
- **Hindistan:** %11.9
- **Türkiye:** %8.2 (Kıllı ve Beycioğlu, 2019).

Bu sıralama, aspir üretiminin küresel dağılımını ve stratejik önemini yansıtmaktadır. Aspir, özellikle yağ içeriğinin yüksekliği ve çeşitli endüstriyel kullanım alanları nedeniyle uluslararası ticarete dikkat çeken bir ürün haline gelmiştir. Bu durum, dünya ekonomisindeki yerini daha da güçlendirmektedir.

Veriler, 2023 yılı itibariyle aspir tohumu pazar büyüklüğünün 2.93 milyar Amerikan doları olduğu ve 2032 yılına kadar %5.13 büyüme oranıyla 4.6 milyar Amerikan dolarına ulaşmasının beklendiğini göstermektedir (WiseGuyReports, 2024). Aspir bitkisi, üretici ülkelerde ekonomik kalkınma ve tarımsal gelir artışına önemli katkılar sağlamaktadır:

Gıda Endüstrisi: Aspir yağı, yemeklik yağ olarak kullanılmakta ve sağlıklı yağ kategorisinde talep görmektedir.

Enerji Sektörü: Biyodizel üretimi için uygun bir yağ kaynağı olması, aspir tarımını stratejik hale getirmektedir.

İhracat Potansiyeli: Aspir yağı ve türevleri, başta Avrupa ve Asya pazarları olmak üzere küresel ölçekte ihraç edilmektedir.

Çiftçi Gelirleri: Aspirin tarımı, kurak ve marjinal topraklarda yetiştirilebilmesi sayesinde çiftçilere ek gelir kaynağı sunmaktadır.



Şekil 1.1. Aspir tohumu pazar değeri ve büyüme oranları (2018-2032)

Türkiye, aspir üretimi açısından dünyada önemli bir konuma sahiptir. Özellikle Orta Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde yetiştirilen aspir, yerel ekonomiye katkı sağlamaktadır. Tescillenmiş yerli çeşitler (örneğin, *Safir*, *Göktürk*, *Olein*) ile Türkiye, aspir üretiminde verimlilik ve kalite artışını hedeflemektedir. Aspirin dünya ekonomisindeki bu rolü, gelecekte tarımsal sürdürülebilirlik, enerji üretimi ve ekonomik kalkınma açısından daha da önemli hale gelmesine neden olmaktadır.

1.3.3. Türkiye ekonomisindeki önemi

Türkiye, aspir bitkisi için ekolojik olarak oldukça uygun bir konumda yer almakta olup, kurak ve yarı kurak bölgelerde aspir tarımı için ideal şartlara sahiptir. Ancak ülkemizde aspir üretimi, mevcut potansiyelin oldukça altında kalmaktadır. Tarım ve Orman Bakanlığı'nın 2022 verilerine göre Türkiye'de aspir ekim alanı 40.000 hektar olup, toplam üretim miktarı 60.000 ton olarak kaydedilmiştir. Aspir bitkisi, özellikle bitkisel yağ ithalatını azaltma hedefleri doğrultusunda stratejik bir öneme sahiptir. Türkiye, bitkisel yağ açığını kapatmak ve dışa bağımlılığı azaltmak için yerli aspir çeşitlerinin geliştirilmesi ve üretiminin artırılmasını teşvik etmektedir. Bu doğrultuda yürütülen çalışmalar, aspir tarımının ekonomik ve tarımsal değerini her geçen gün artırmaktadır. Bu anlamda, yerli aspir çeşitlerinin geliştirilmesi ve bu bitkinin ekim alanlarının genişletilmesi, hem çiftçilerin gelirini artırmakta hem de ülke ekonomisine

katkıda bulunmaktadır. Özellikle yağ oranı yüksek ve iklim koşullarına dayanıklı çeşitlerin tescillenmesi, aspir üretiminin stratejik önemini daha da artırmaktadır.

1.3.3.1. Ekonomik değer taşıyan ürünler

Aspir bitkisinin ekonomik önemi, çok yönlü kullanım alanlarından kaynaklanmaktadır. Başlıca ekonomik ürünler şunlardır:

1. Aspir yağı:

- Tohumlardan elde edilen yağ, linoleik (%70-75) ve oleik asit bakımından zengindir.
- Yüksek oleik içeriği sayesinde aspir yağı, zeytinyağına alternatif olarak kullanılmaktadır.

2. Küspe (Hayvan Yemi):

- Yağ çıkartıldıktan sonra kalan küspe, %14-15 protein içeriği ile hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir.
- Özellikle sığır, koyun ve kanatlı hayvan yemi olarak kullanılır.

3. Çiçek pigmentleri:

- Aspir çiçeklerinde bulunan carthamin (kırmızı pigment) ve carthamidin (sarı pigment) doğal gıda ve tekstil boyası olarak kullanılmaktadır.
- Bu pigmentler, organik ürün pazarında yüksek talep görmektedir (Eryılmaz vd., 2014a).

1.4. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Tarım sektörü, dünya nüfusundaki artışa paralel olarak gıda güvenliği, enerji üretimi ve endüstriyel hammadde ihtiyaçlarını karşılamak zorundadır. Özellikle yağlı tohum bitkileri, beslenme ve endüstriyel kullanım açısından stratejik öneme sahiptir. **Aspir** bitkisi, linoleik ve oleik asit açısından zengin yağ içeriği, kuraklığa ve tuzluluğa dayanıklılığı ile öne çıkan bir yağlı tohum bitkisidir. Ancak, **aspir bitkisinin hızlı, kitlesel ve ekonomik üretimi** için alternatif mikroçoğaltım yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Geleneksel **yarı katı besi ortamı** yöntemleri, aspir bitkisi gibi ekonomik değeri yüksek türlerin kitlesel üretiminde **zaman alıcı, maliyetli ve verim açısından sınırlı** kalmaktadır. Bu noktada **geçici daldırma biyoreaktör sistemleri (TIS)**, bitki

biyoteknolojisi alanında hızlı, ekonomik ve ölçeklenebilir mikroçoğaltım teknikleri sunmaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı, (*C. tinctorius* L. cv. Safir) çeşidi için geçici daldırma biyoreaktör sistemlerinin başlatılmasını sağlayarak tescilli yeni milli aspir çeşidimizin kitlesel mikroçoğaltımı için bir sürgün çoğaltım protokolü geliştirmektir. Literatürde TIS sistemlerinin aspir bitkisi üzerinde kullanımı ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamaktadır. Bu çalışmanın özgün değeri, bu boşluğu doldurmak ve aspir bitkisinin tarımsal üretim potansiyelini artırmak için bilimsel altyapı sağlamaktır.

Bu kapsamda çalışmanın diğer hedefleri şunlardır:

- 1. Yarı katı besi ortamında sürgün kültürlerinin kurulması ve proliferasyonu:**
Sürgünlerin farklı besi ortamı ve kuvveti, farklı karbon kaynakları ve kuvveti ile belirlenmiş sitokinin (BAP-KIN-TDZ) ve oksin (NAA) farklı konsantrasyonlardaki kombinasyonlarının rejenerasyon potansiyelinin belirlenmesi.
- 2. Geçici daldırma biyoreaktör sistemlerinde optimizasyon:**
 - Daldırma süreleri ve frekanslarının belirlenmesi,
 - Sürgün çoğaltım oranı ve vitrifikasyon kontrolünün değerlendirilmesi.
- 3. Elde edilen sonuçların karşılaştırmalı analizi:** Optimize edilmiş şartlarda yarı katı ortam ve TIS sisteminde elde edilen sonuçların verimlilik parametrelerinin karşılaştırılması.

1.4.1. Çalışmanın kapsamı

Bu tez çalışması, **Batman Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Araştırma** laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada aspir bitkisinin *Carthamus tinctorius* L. cv. Safir çeşidi kullanılmıştır. Araştırma kapsamında aşağıdaki deneysel aşamalar takip edilmiştir:

1. Tohum sterilizasyonu ve çimlendirme: Steril koşullarda tohumların yüzey sterilizasyonu ve uygun besi ortamlarında çimlendirilmesi.

2. Yarı katı ortamda sürgün proliferasyon parametrelerinin optimizasyonu:

- Aspir sürgün kültürlerinin çoğaltımının optimizasyonu, [farklı besi ortamı ve kuvveti, farklı karbon kaynakları ve kuvveti ile belirlenmiş sitokinin (BAP-KIN-TDZ) ve oksin (NAA) farklı konsantrasyonlardaki kombinasyonları]

- Sürgün uzunluğu, çoğaltım oranı ve vitrifikasyon değerlendirmeleri.

3. Geçici daldırma biyoreaktör sisteminde mikroçoğaltım:

- Daldırma süreleri ve frekanslarının belirlenmesi,

- Eksplantların fizyolojik performanslarının analiz edilmesi.

. **Veri toplama ve istatistiksel analiz:** Elde edilen verilerin karşılaştırmalı analizi ve istatistiksel olarak değerlendirilmesi.

1.4.2. Çalışmanın özgün değeri ve literatüre katkısı

Bu çalışma, aspir bitkisinin geçici daldırma biyoreaktör sistemleri kullanılarak çoğaltım yollarının araştırılmasına yönelik ilk bilimsel araştırma olma özelliği taşımaktadır. Literatürde geçici daldırma biyoreaktör sistemlerinin farklı bitki türleri üzerinde başarıyla kullanıldığı bilinmesine rağmen (Mirzabe vd., 2022; Murthy vd., 2023), aspir bitkisi üzerinde herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Bu nedenle bu çalışma Aspir bitkisinin hızlı ve ekonomik üretimi için yeni bir çoğaltım platformu sunarak tarımsal üretim potansiyelinin artırılmasına katkı sağlayacaktır. Ayrıca bitki üzerinde yapılan bitki biyoteknolojisi çalışmaları ile ilgili literatüre yenilikçi bir *in vitro* sürgün çoğaltım yöntemi kazandırılacak ve literatürde eksik olan aspir bitkisinin TIS sistemleriyle *in vitro* çoğaltımı konusundaki boşluğu dolduracaktır. Literatüre yapılacak bu katkı, bitki biyoteknolojisi alanındaki çalışmalar için bir referans oluşturacak ve benzer türlerin yenilikçi üretiminde yol gösterici olacaktır. Bu çalışmanın, aspir (*C. tinctorius* L. cv. Safir) bitkisinin mikroçoğaltımına yönelik geçici daldırma biyoreaktör sistemlerinin kullanımını araştırarak hem tarımsal hem de bilimsel alanda önemli katkılar sağlaması beklenmektedir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. *Carthamus tinctorius* L. ile İlgili Sistematiik Bilgiler

2.1.1. Asteraceae familyası

Asteraceae familyası, otsu yapıya sahip, bir, iki veya çok yıllık bitkileri içerir. Dünya genelinde yaklaşık 1100 cins ve 25.000 türle temsil edilirken, Türkiye'de bu sayı 152 cins, 1230 tür, 133 alt tür, 75 varyete ve toplamda 1438 takson olarak belirtilmiştir (Leventer, 2012).

Tıp alanında oldukça değerli bir familya olan Asteraceae, antifungal, diüretik, antihipertansif ve antelmintik gibi çeşitli biyolojik aktivitelere sahiptir (Yıldırım Doğan vd., 2019).

Bu familyanın çiçek yapısı genellikle *kapitulum* durumunda düzenlenmiştir. Çiçekler, tüp şeklindeki (*tubulat*) ve dil şeklindeki (*ligulat*) korollaları ile dikkat çeker (Karşlı, 2013).

Yapraklar genellikle dişli, loblu veya parçalı olabilir ve bazı durumlarda stipüller içerir. Yaprak dizilimi karşılıklı şekilde görülebilir. Çiçekler, *kapitulum* yapısında olup, çevresi *involukral* braktiller ile sarılmıştır. Çiçekler zigomorf simetrik veya ışımsal eksenli olabilir. *Reseptakulum* üzerinde *palealar* bulunur.

Çiçek yapısının detaylarına bakıldığında:

- Kaliks, ovaryum ucunda pappus şeklinde tüy, kıl ya da diken formunda olabilir veya tamamen yok olabilir.
- Korolla 3-5 dişli, tübular ya da tüylü olabilir.
- Stamenler 4-5 adettir. Flamentler serbest olup, anterler stilus çevresinde silindirik şeklinde birleşir.
- Pistil, alt durumlu ovaryuma sahiptir ve iki karpelden oluşur. Tek lokuluslu olan ovaryum, bazal anatral ovülle tek plasentalanma gösterir. Stilus genellikle iki parçalıdır ve bazen tüylü olabilir.

Tohumdan gelişen meyve, genellikle *aken* formundadır ve meyvenin uç kısmı kaliks ya da pappus şeklinde gelişebilir (Leventer, 2012).

2.1.2. *Carthamus L. cinsi*

Carthamus cinsi, dikenli türleriyle dikkat çeker ve genellikle bu özelliği baskındır. Yapraklar; az teleksi, derin teleksi, almaşlı dizilimli olup, kenarları dikenlidir. Gövde yaprakları, taban yapraklarına kıyasla daha dar ve daha az bölünmüş bir yapı sergilerken, taban yaprakları daha geniş ve çok parçalıdır.

Çiçek yapısına bakıldığında, *kapitulium* tablamsı ve *homogam* bir düzen göstermektedir. *İnvolukrum* küremsi ya da yumurtamsı formda olup, üzerindeki filariler sıra halinde ve dikenlidir. Çiçek tablası yassı ve yoğun kapçıklıdır. Kapçıklar genellikle ters piramit formunda olup dört köşeli bir yapıdadır. Taç yaprakların rengi çoğunlukla turuncu ya da sarımsı tonlardadır (Eker vd., 2023).

Türkiye ekolojisinde, *Carthamus* cinsi 8 tür, 2 alt kültür ve toplamda 10 takson ile temsil edilmektedir (Arslan vd., 2010).

2.1.3. *Carthamus tinctorius*'un sistematikteki yeri

Tez çalışmamızda kullanılan *Carthamus tinctorius* L. cv. Safir'in sistematik hiyerarşisi aşağıda verilmiştir (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. *Carthamus tinctorius* L. cv. Safir bitkisinin sistematikteki yeri

Kingdom (Alem)	:Plantae (Bitkiler)
Divisio (Bölüm)	:Magnoliophyta (Kapalı tohumlular)
Clasis (Sınıf)	:Magnoliopsida (İki çenekliler)
Ordo (Takım)	:Asterales
Familya (Aile)	:Astraceae/Compositae (Papatyagiller)
Genus (Cins)	: <i>Carthamus</i>
Species (Tür)	: <i>Carthamus tinctorius</i> (Yalancı safran)

2.1.4. Morfolojik ve biyolojik özellikleri

Aspir bitkisinin *C. tinctorius* L. cv. Safir çeşidi, 70-150 cm arasında değişen bir bitki boyuna sahiptir. Çiçekleri turuncu renkte, tohumları ise beyaz renktedir. Dikenli bir yapıya sahip olan bu çeşidin çiçeklenme süresi 66-180 gün, olgunlaşma süresi ise 120-225 gün arasında değişmektedir. Bitki, 19-35 arasında değişen tabla sayısına ve 2-2.2 cm çapında tablalara sahiptir. Ortalama tohum verimi 350-400 kg/ha olup, yağ oranı

%36-38 arasında değişmektedir. Bin tane ağırlığı 40-42 gram, i oranı %58-60 ve kabuk oranı %40-42 olarak kaydedilmiştir (Yıldırım, 2021).



şekil 2.1. *Carthamus tinctorius* L. cv. Safir bitkisinin yaprak yapısı: Dikenli kenarları ve belirgin orta damarıyla karakterize olan koyu yeşil yapraklar (Kişisel ekim)

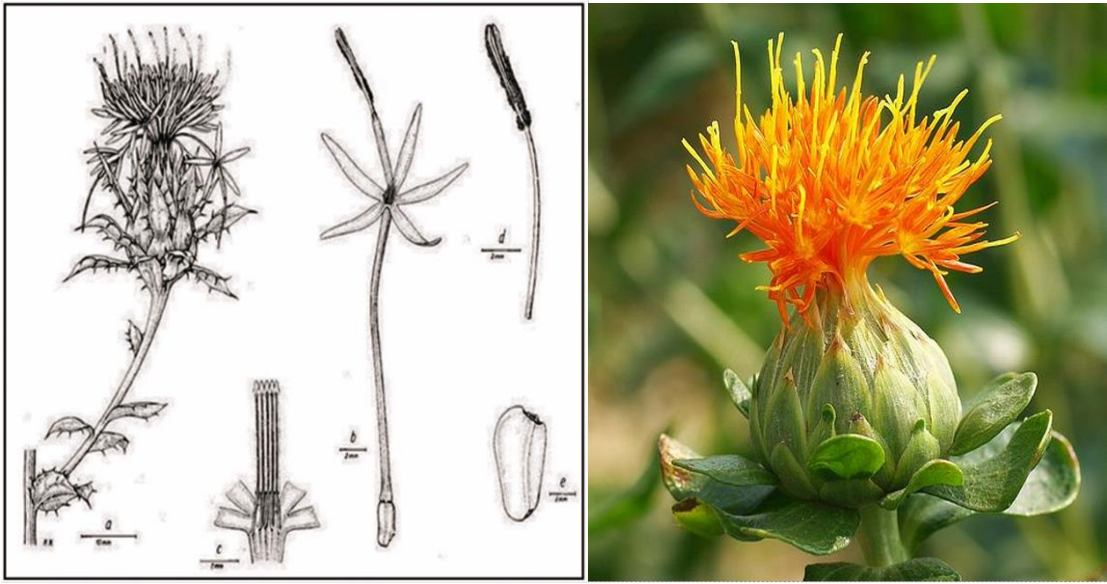
Aspir bitkisi, kazık kök sistemine sahip olup, kökleri toprağın 2-3 metre derinliğine kadar ulaşabilmektedir. Bu derin kök yapısı sayesinde toprağın alt katmanlarındaki besin elementlerini ve nemi bünyesine alarak bitki gelişimini destekler. Özellikle yüzey neminin dşuk olduğu ekolojik koşullarda, derinlerdeki nemi alarak ürün verimini olumlu yönde etkiler. Ayrıca, tek yıllık bir bitki olan aspir, kendisinden sonra ekilecek bitkilerin kök gelişimine uygun bir zemin hazırlama özelliği ile dikkat çeker (Karabakan, 2017).

Aspir bitkisinin yaprakları, iek tomurcuklarını çevreleyen modifiye olmuş brakte yapraklardan oluşan bir dizilime sahiptir. Dikenli aspir çeşitlerinde yaprak kenarlarında belirgin dikenler bulunur. Yapraklar genellikle koyu yeşil tonlarında olup, orta damarları belirgindir. Hasat döneminde yaprakların yüzeyi aę şeklinde bir görünüme bürünür (İşler, 2014; Kayaçetin vd., 2012).

Bitkinin sap yapısı dik ve sağlamdır. Sap kalınlığı 1-3,5 cm arasında değişirken, bitki boyu 30-120 cm arasında değişmektedir. Aspir bitkisi, ana gövde üzerinde yana doğru gelişen dallar ve bu dalların üzerinde yer alan ikinci yan dallarla geniş bir dal ağı oluşturur. Dal sayısı genellikle 10-30 arasında değişir (İşler, 2014).

Aspirin çiçekleri; sarı, kırmızı, turuncu, beyaz ve krem gibi farklı renk tonlarında olabilir. Çiçeklenme süreci genellikle ana sap üzerindeki tablada başlar. Bitkideki çiçek tablası sayısı 20-120 arasında değişebilir. Çiçek tomurcuğunun oluşumundan itibaren 4-5 hafta içerisinde çiçekler açar. Çiçeklenme, tablanın kenarından başlayarak merkezine doğru ilerler ve arılar için renk ve polen cazibesi oluşturur. Çiçek tablasının çapı 1,25-4 cm arasında değişir (Esendal ve Tosun, 2010; Sülü, 2019).

Aspirin bitkisi, *Compositae* familyasının karakteristik özelliklerini taşır. Çiçek tablası 1,5-3,5 cm çapında olup, çiçek yapısı toplu bir formdadır. Çiçek yapısında 2-3 cm uzunluğunda korolla tüpü bulunur. Çiçek tablasında ovaryum, ovule, stigma (tepecik), stilus (dişicik borusu), ovaryum (yumurtalık), anter (başçık) ve filament gibi organlar yer alır. Erkek organ (stamen) sayısı beştir ve bu organlar korolla borusuna bağlıdır (Kayaçetin vd., 2012).



Şekil 2.2. Safir bitkisinin çiçek yapısı (Kayaçetin vd., 2012; Sharma vd., 2022)

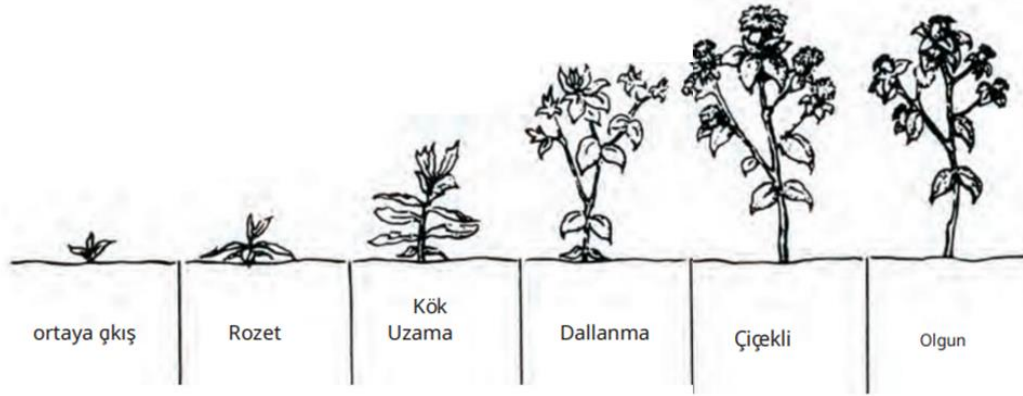
Aspirin bitkisi tohumları genellikle beyaz-krem renklerde olup, bazı tohumlar üzerinde koyu renkli çizgiler görülebilir. Bu bitki, yağlı tohum kategorisinde yer almakta ve tohumları kalın, sert ve lifli bir yapıya sahiptir. Bir aspirin tohumu yaklaşık %50 oranında kabuk içermektedir (Bölükbaşı, 2018). Zhang vd. (2016), aspirin çiçekleri ve tohumlarının zengin flavonoid ve alkaloid içeriklerine sahip olduğunu rapor etmiştir. Özellikle quinochalcone C-glikosid hydroxysafflor yellow A gibi bileşiklerin farmakolojik aktivitelerde etkili olduğu belirtilmiştir.



Şekil 2.3. *Carthamus tinctorius* L. cv. Safir tohumları

Aspir, devedikenine benzerliği ile tanınan, tek yıllık otsu bir bitkidir (Dajue ve Mündel, 1996). Bitkinin çimlenme süreci, toprak nemi, toprak koşulları ve tohum kalitesine bağlı olarak 1 ila 3 hafta içinde tamamlanır. Çimlenme aşamasını, rozetlenme dönemi takip eder. Rozetlenme aşamasında yapraklar yüzeyde yoğun bir gelişim gösterirken, kökler toprak derinliklerine doğru uzanarak bitkinin hasadına kadar sürecek sağlam bir temel oluşturur (Mündel vd., 2004).

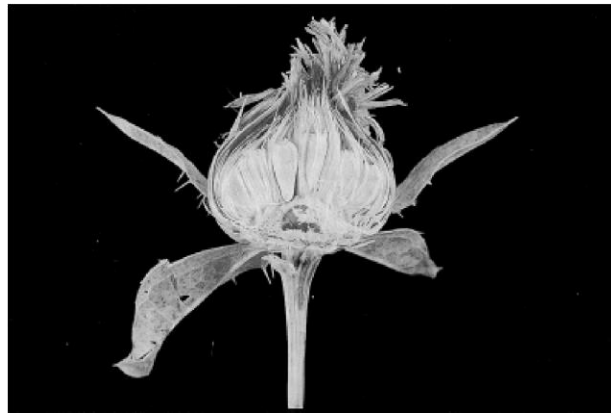
Rozetlenme sonrası, bitkinin gövdesi katmanlar halinde yükselmeye başlar. Aspir bitkisi, 45 ila 75 cm arasında dallanma yüksekliğine ulaşır ve çiçeklenme dönemine geçer. Çiçeklenme süreci, çiçeklerin kademeli olarak açılmasıyla 14 ila 21 gün sürer. Bu aşama, tarlada görsel bir şölen oluşturur ve arılar için cazip bir ortam sağlar. Çiçeklerin olgunlaşmasıyla birlikte tohumlar oluşur ve 30 ila 35 gün içinde olgunlaşma tamamlanır. Aspir çiçekleri, güneş ışığı etkisiyle bronzlaşarak bakır tonlarına dönüşür ve ekonomik olarak değerlendirilmeye hazır hale gelir (Mündel vd., 2004).



Şekil 2.4. Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) bitkisinin büyüme aşamaları: ortaya çıkış, rozetlenme, kök uzaması, dallanma, çiçeklenme ve olgunlaşma evreleri. (Mündel vd., 2004)

Aspir bitkisinin büyüme aşamaları, çimlenmeden itibaren rozetlenme, gövde uzaması, çiçeklenme ve tohum olgunlaşması gibi belirli gelişim evrelerini kapsamaktadır. Bu süreçler sırasında bitkinin morfolojik yapısında gözle görülür değişiklikler meydana gelir. Özellikle çimlenme sonrası başlayan rozetlenme aşaması, bitkinin sağlam bir kök sistemi geliştirmesi için kritik bir dönemi temsil etmektedir. Gövde uzama evresiyle birlikte dallanma artar ve ardından çiçeklenme aşaması başlar. Çiçeklenme, yalnızca görsel bir şölen sunmakla kalmaz, aynı zamanda tohum gelişimi için gerekli biyolojik temelin oluşmasını sağlar. Olgunlaşma aşamasında ise aspir çiçekleri, tohumların dolgunlaşmasıyla birlikte hasat için uygun hale gelir (Mündel vd., 2004).

Aspir bitkisinin olgun başının enine kesitinde, çiçek yapısı ve tohum oluşumu detaylı bir şekilde incelenebilir. Bu kesit, bitkinin genetik ve biyolojik özelliklerini anlamada önemli bilgiler sunmaktadır (Dajue ve Mündel, 1996).



Şekil 2.5. Olgun aspir bitkisi başının enine kesiti (Dajue ve Mündel, 1996)

Aspir, kurak koşullara dayanıklılığıyla dikkat çeken, kazık kök sistemi sayesinde 2,5-3,0 metre derinliğe kadar toprak içerisinde nüfuz edebilen tek yıllık bir yağ bitkisidir. Ortalama 80-100 cm boylanabilen bu bitki, sarı, beyaz, krem, kırmızı ve turuncu gibi farklı iek renkleriyle tarım alanlarında görsel bir zenginlik sunar. Tohumları genellikle beyaz, kahverengi veya beyaz üzerinde koyu çizgilerle karakterize olup, hem estetik hem de ekonomik açıdan değerli bir görünüm sergiler. Ortalama 110-140 günlük büyüme döngüsüyle hasat döneminde yüksek verim potansiyeli sunar (İşler, 2014).

Aspir bitkisinin dik bir sap yapısı bulunmaktadır. Sap kalınlığı 1-3,5 cm arasında değişirken, boyu 30-120 cm arasında ölçülebilir. Sağlam sap yapısı, ana gövde üzerinde yan dallar oluşturur ve bu yan dallar üzerinde gelişen ikinci yan dallarla bitkiye görsel bir simetri kazandırır. Bu zellikleri, aspir bitkisini hem tarımsal hem de estetik açıdan kıymetli bir bitki haline getirmektedir (İşler, 2014).

2.1.5. *Carthamus tinctorius* bitkisinin ekolojik zellikleri

Türkiye, coğrafi konumu itibariyle farklı iklim özellikleri, çeşitli jeolojik yapılar ve toprak tipleri ile zengin bir ekolojik çeşitliliğe sahiptir (Dayan, 2006). Bu durum, birçok bitki türünün uyum sağlamasına olanak tanırken, **aspir bitkisi** bu adaptasyon yeteneğiyle ne çıkmaktadır. Aspir, kurak ve soğuk gibi olumsuz iklim koşullarında dahi yetişebilen, uzun gün bitkisi özelliği taşıyan stratejik bir tarım ürünüdür (Bayramın, 2006).

Aspirin, çeşitli arazi ve iklim koşullarına uyum sağlayabilmesi, kök yapısının toprak alt katmanlarına kadar ulaşarak derinlerdeki besin elementlerinden faydalanabilmesi ve münavebe sistemlerinde verim artırıcı etkisi gibi özellikleri, gelecekte tarımsal önemin artmasını zorunlu kılmaktadır (Eryılmaz vd., 2014a). Ayrıca, Anadolu'da geniş yayılım gösteren aspir, kuraklık, küresel ısınma gibi çevresel olumsuzluklar ile toprak tuzluluğuna karşı gösterdiği yüksek tolerans sayesinde yağlı tohum bitkileri arasında ne çıkmaktadır (Baydar ve Erbaş, 2020).

Derin kazık kök sistemine sahip olan aspir, suyun sınırlı olduğu kurak bölgelerde toprak altındaki su kaynaklarına ulaşarak büyümesini sürdürebilmektedir. Bu zellik, tarımsal üretim için kurak alanlarda büyük bir avantaj sunmaktadır. Ayrıca, aspir bitkisi orta düzeyde tuzlu topraklarda yetişebilme kapasitesi ile dikkat çeker. Tuzluluk oranı yüksek topraklarda yetiştirildiğinde, toprağın fiziksel ve kimyasal

yapısını iyileştirme potansiyeli sayesinde sürdürülebilir tarım uygulamalarına da katkı sağlar (Arslan vd., 2012).

Aspir, sıcak ve ılıman iklimlerde başarıyla yetişebilmekle birlikte, düşük sıcaklık ve dona karşı hassastır. Bu nedenle ekim işlemleri genellikle ilkbahar aylarında yapılır. Düşük besin elementine sahip topraklarda bile yetişebilmesi, aspir bitkisini ekonomik tarım açısından cazip bir seçenek haline getirmektedir. Diğer yağlı tohum bitkilerinden, özellikle ayçiçeği, soya ve kolzadan daha az seçici olması, aspirin geniş ekolojik adaptasyon yeteneğini ve tarımsal esnekliğini artırmaktadır (Aşkın ve Erbaş, 2020; Köse, 2017a).

Bu ekolojik adaptasyon özellikleri, aspir bitkisini çevresel sürdürülebilirlik ve ekonomik verimlilik açısından önemli bir tarımsal ürün haline getirmektedir. Kuraklık ve tuzluluk gibi zorlu çevresel koşullara dayanıklılığı, fakir topraklarda dahi gelişebilmesi ve farklı iklimlere uyum sağlayabilmesi, aspir bitkisinin hem geleneksel tarımda hem de marjinal alanların değerlendirilmesinde stratejik bir rol üstlenmesini sağlamaktadır.

Çizelge 2.2. Aspir'in ekolojik özellikleri ve tarımsal avantajları (Köse, 2017b; Aşkın ve Erbaş, 2020)

Özellik	Açıklama
Kuraklık Toleransı	Derin kök sistemi sayesinde kurak topraklarda gelişebilir.
Tuzluluk Toleransı	Orta düzey tuzlu topraklara uyum sağlar.
İklim Uygunluğu	Ilıman ve sıcak iklimlerde yetişir.
Toprak Tercihi	Fakir, besin elementi düşük topraklarda yetişebilir.

Aspir bitkisinin ekolojik özellikleri incelenirken, tuzluluk gibi önemli çevresel stres faktörlerine karşı çeşitlerin tolerans düzeyleri de dikkate alınmaktadır. Bu bağlamda, Çulha ve Çakırlar (2011) tarafından yapılan bir çalışmada, Türkiye'ye kayıtlı üç aspir çeşidinin (Dinçer, Remzibey-05 ve Yenice) farklı NaCl konsantrasyonlarına (0, 75, 150, 225 ve 300 mM) maruz bırakıldığı bir deneme gerçekleştirilmiş; sonuçlar, çeşitler arasında tuz toleransı bakımından belirgin farklılıklar olduğunu ve aspirin genel anlamda orta derecede tuz toleransına sahip olduğunu göstermiştir.

2.1.6. Yağlar ve önemi

Bitkisel yağlar, günlük sağlıklı beslenme alışkanlıklarında karbonhidratlara ve proteinlere ek olarak alınması gereken temel besin maddeleridir (Azabağaoğlu vd.,

2003). DSÖ, bireylerin günlük enerji ihtiyacının üçte birinin yağlardan karşılanması gerektiğini önermektedir. Son yıllarda, bitkisel yağlar hakkında artan farkındalık ve bilgilendirme çalışmaları sayesinde, aspir gibi faydalı yağların popülaritesinde önemli bir artış gözlemlenmiştir. Aspir, düşük doymuş yağ oranı ve yüksek doymamış yağ içeriği sayesinde hastalıklara karşı direnç sağlama potansiyeli ile öne çıkmakta ve sağlıklı yaşam için tercih edilen bir sıvı yağ kaynağı haline gelmektedir (Azabağaoğlu vd., 2003).

Vücut sağlığı için hayati öneme sahip A, D, E ve K gibi yağda çözünen vitaminleri içeren aspir yağı, önemli bir enerji kaynağıdır (Kıllı ve Beycioğlu, 2019). Bitkisel yağlar, hayvansal yağlara oranla daha yaygın olarak tüketilmektedir. Dünya genelinde yapılan istatistiklere göre, tüketilen yağların %76.2'sini bitkisel yağlar, %23.8'ini ise hayvansal yağlar oluşturmaktadır. Hayvansal yağlar, yüksek doymuş yağ oranı ve ekonomik olarak erişimin zor olması gibi sebeplerle daha az tercih edilmektedir (Birben, 2015).

Enerji ihtiyacımızı karşılayan yağlar, beslenme zincirinde kritik bir yere sahiptir. Dengeli bir diyet için günlük olarak 95 gram yağ tüketilmesi önerilmektedir. Ancak ekonomik ve coğrafi koşullar, bu tüketim miktarlarında ülkeler arasında farklılıklara yol açmaktadır. Türkiye’de kişi başına düşen yıllık yağ tüketimi 18-19 kg civarındayken, bu oran dünya genelinde 23 kg olarak belirtilmiştir (Azabağaoğlu vd., 2003). Yağların enerji kaynağı olarak önemini vurgulayan araştırmalar, 1 gram yağın vücutta yakılmasıyla 9.3 kalori, 1 gram proteinin yakılmasıyla 4 kalori ve 1 gram karbonhidratın yakılmasıyla 4.5 kalori enerji açığa çıktığını göstermektedir (Arioğlu, 2016).

Yağlı tohum bitkilerinin ekolojik koşullara uygun olarak üretiminin artırılması, ülkemizin yağ ithalatını azaltarak milli gelirin tasarruf edilmesine katkı sağlayacaktır (Arioğlu vd., 2010). Türkiye’nin farklı iklim ve toprak koşulları, yağlı tohumlu bitkilerin yetiştirilmesine olanak tanımaktadır. Ancak, nüfus artış hızına bağlı olarak üretim miktarı, ihtiyacı tam olarak karşılayamamaktadır. Türkiye’de üretilen yağ, ihtiyaç duyulan miktarın yalnızca %45’ini karşılayabilmektedir. Bu nedenle, ekim alanlarının artırılması, alternatif bitki çeşitliliğinin desteklenmesi ve verim ile yağ kalitesi yüksek sertifikalı tohumların kullanımı gereklidir (Yılmaz vd., 2015).

Dünya üzerinde üretilen başlıca bitkisel yağlar; ayçiçeği, kolza, soya, susam, aspir, yerfıstığı, haşhaş, keten, jojoba, mısır, zeytin ve Hindistan cevizi yağı gibi çeşitlerden oluşmaktadır. Türkiye’de bitkisel yağ üretimi içerisinde en büyük payı

ayçiçeği yağı almaktadır (Birben, 2015). Bununla birlikte, Türkiye'de soya, kolza ve aspir gibi alternatif ürünler de üretime katkı sağlamak amacıyla değerlendirilmeye alınmıştır (Baran ve Andırman, 2019b).

Aspir, kültürel çeşitliliği, tohum yağ kalitesi ve yağ oranındaki farklılıklar nedeniyle çok geniş bir kullanım yelpazesine sahiptir (Paşa, 2008). Yemeklik yağlar, salatalık yağları, mayonez, yumuşak kıvamlı margarinler ve çeşitli gıda ürünleri gibi alanlarda kullanılmaktadır (Yılmazlar, 2008). Aspir yağı, hoş aroması ve yumuşak dokusu sayesinde cips gibi doymuş yağlar içeren ürünlere sağlıklı bir alternatif olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca, meyve parçacıklarının parlak görünüm kazanması için sprey şeklinde kullanım imkânı da sunmaktadır (Paşa, 2008).

2.1.6.1. Oleik ve linoleik asit içeriği

Aspir, içerdiği yüksek yağ oranı ve doymamış yağ asitleri sayesinde kaliteli yağlar sınıfında değerlendirilmektedir. Tohumlarından elde edilen yağ, düşük doymuş yağ asidi ve yüksek doymamış yağ asidi içeriği ile aranan özelliklere sahiptir (Bayramın, 2006). Özellikle oleik ve linoleik asit gibi doymamış yağ asitleri, aspir yağının toplam yağ asidi içeriğinin %90'ını oluşturmaktadır (Baran ve Andırman, 2019b).

Aspir yağı, linolenik asidin eser miktarda veya hiç bulunmaması ile Batı ülkelerinde gıda sektöründe sıkça tercih edilmektedir (Eryılmaz vd., 2014a). Yağ asidi içeriği bakımından aspir, zeytinyağı, fındık yağı ve mısır yağı gibi diğer bitkisel yağlara oranla daha yüksek doymamış yağ oranına sahiptir. Aspir yağında doymamış yağ asitlerinden oleik asit (omega 9) %16-20, linoleik asit (omega 6) ise %71-75 arasında değişen miktarlarda bulunur (Hamidi Birecikli, 2018).

Aspir yağı, %10 oranında bulunan doymuş yağ asitleri (stearik asit ve palmitik asit) ile dikkat çeker (Paşa, 2008). Özellikle linoleik asit (omega 6) içeriği açısından aspir, diğer yağ bitkilerine kıyasla en yüksek değerlere sahiptir. Linoleik asit oranı yüksek aspir yağları, oksidatif stabilitesi ve raf ömrünün uzun olması nedeniyle oldukça değerlidir. Linoleik asit oranı az, oleik asit oranı yüksek olan aspir yağları, gıda maddelerinin kalitesini artırırken oksidasyonu ve tat değişimini önler. Bu özellikler, alerjik reaksiyonların önlenmesi açısından da önem taşımaktadır (Yılmazlar, 2008).

Oleik asit (C18:1), tekli bir doymamış yağ asidi olarak aspir yağının en tercih edilen bileşenidir. Hafifliği, kızartma ve pişirme için uygunluğu, uzun raf ömrü ve

oksidasyona karşı yüksek direnci ile aspir yağı, üretiminin artmasını gerekli kılmaktadır. Ayrıca oleik asidin biyodizel yakıt olarak kullanılabilirliği, endüstriyel ve enerji sektörlerinde aspir yağını daha cazip hale getirmektedir (Culpan ve Arslan, 2022).

Linoleik asit (Omega 6) içeriği yüksek aspir yağları ise mürekkep, solvent, vernik, cila, böcek ilacı, plastik üretimi, sanayi sektörü ve biyodizel üretimi gibi çok çeşitli endüstriyel alanlarda kullanılmaktadır. Ayrıca hızlı kuruma ve sabit renk özellikleri ile boya sektöründe de önemli bir yere sahiptir (Yılmazlar, 2008).

2.2. Aspir Kullanım Alanları, Tarihçesi

Aspir, çiçeklerinin sarı, kırmızı, turuncu, beyaz ve krem tonlarındaki çarpıcı renkleriyle tarıma estetik bir katkı sunmuş, tarih boyunca birçok medeniyetin ilgisini çekmiştir. Özellikle Çin, aspir çiçeklerinin görsel cazibesini değerlendirmekle kalmamış, bu bitkiyi ilaç yapımında ve bitkisel çay olarak şifa kaynağı şeklinde kullanmıştır (Babaoğlu, 2006).

Aspirin kullanım alanları, kurutulmuş çiçeklerinin süs bitkisi olarak tercih edilmesi ve yeşil çit uygulamalarında yer alması gibi geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır (Uysal vd., 2006). Aspir, Hindistan'dan Çin, Japonya ve Mısır'a yayılarak farklı kültürlerde yer edinmiş, daha sonra Avrupa'ya taşınmıştır. İtalya, Fransa, Birleşik Krallık ve İspanya gibi ülkelerde süs bitkisi olarak önemli bir ilgi görmüştür (Şahin ve Taşlıgil, 2016).

Mısır'daki tarih öncesi kazı çalışmaları, aspir çiçeklerinin kullanımının 4.000 yıl öncesine kadar uzandığını ve süsleme amacıyla tabutlarda kullanıldığını ortaya koymuştur (Hamidi Birecikli, 2018). Aspirin anavatanı ile ilgili kesin bir görüş olmamakla birlikte, bitkinin Ortadoğu ve Hindistan merkezli bir dağılım gösterdiği, ayrıca Fırat Nehri Havzası, Orta Asya ve Afganistan'ın kuzey bölgelerinin menşee alanları arasında yer aldığı düşünülmektedir. Bununla birlikte, Akdeniz Havzası'nın doğusu ve İran Körfezi gibi bölgeler de olası gen merkezleri arasında değerlendirilmektedir (Şahin ve Taşlıgil, 2016).

Milattan sonra 200'lü yıllarda Hindistan'dan Çin ve Japonya gibi Asya ülkelerine yayılan aspir, Avrupa'ya daha geç ulaşmıştır. Avrupa'da, Birleşik Krallık'ın aspir ile tanışması 1500'lü yıllara dayanmakta olup, 1551 yılında Mısır'dan getirilen aspir süs bitkisi olarak koleksiyonlarda yer bulmuştur (Şahin ve Taşlıgil, 2016).

Amerika kıtasında ise aspir, İspanyollar tarafından Meksika'ya getirilmiş ve buradan itibaren kıtaya yayılmıştır. Kuzeyde Kanada'dan güneyde Arjantin'e kadar uzanan geniş aspir tarlaları, kıtanın neredeyse tamamını kaplamıştır. Aspir, 2. Dünya Savaşı'nın ardından Avustralya'da da ekilerek küresel üretim zincirine dâhil olmuştur (Şahin ve Taşlıgil, 2016).

Aspirin tarihsel gelişimi, farklı coğrafyalara yayılımı ve çeşitli kullanım alanları, bu bitkinin tarımsal ve kültürel açıdan önemini ortaya koymaktadır. (Şahin ve Taşlıgil, 2016).

2.3. Aspir Türleri ve Ekonomik Önemi

Günümüzde yetiştirilen *Carthamus tinctorius L.* türü, *Carthamus lanatus* ve *Carthamus oxyacantha* türlerinden kültüre alınarak geliştirilmiştir (Arslan vd., 2019). Aspirin modern tarımda önem kazanması, melezleme ve seleksiyon gibi ıslah metotlarıyla yeni çeşitlerin geliştirilmesiyle mümkün olmuştur. Türkiye'de üretilen ve yerli aspir çeşitliliğini artıran bu çeşitler arasında **Dinçer 5-18-1**, **Remzibey 05**, **Yenice 5-38**, **Linas**, **Balcı**, **Asol**, **Olas**, **Servetağa**, **Hasankendi**, **Yekta**, **Göktürk**, **Koç**, **Zirkon**, **Olein** ve **Safir** gibi hatlar yer almaktadır (Köse, 2017a).

Türkiye'de ilk aspir ıslah çalışmaları, 1931 yılında Eskişehir Sazova Tohum İstasyonu'nda başlamış ve 1936 yılında dikenli formlardan türetilen **Yenice 5-138** oluşturulmuştur. Bu tür, 1964 yılında resmi olarak tescil edilmiştir. Daha sonra, 1977 yılında seleksiyon ıslah yöntemiyle **Dinçer** çeşidi tescillenmiş, 2005 yılında ise yüksek yağ oranı ve kaliteli tohum yapısıyla öne çıkan **Remzibey** geliştirilmiştir. 2011 yılında düşük selüloz içeriği ile dikkat çeken **Balcı**, 2013 yılında kışa dayanıklılığıyla öne çıkan **Ayaz**, **Linas** ve **Olas**, son olarak ta 2019 yılında **Safir** gibi çeşitler tarıma kazandırılmıştır (Köse, 2017a; Baydar ve Erbaş, 2020).

Aspir, özellikle Türkiye'de yağlı tohumlu bitkiler arasında önemli bir yere sahiptir. Günümüzde yetiştirilen *C. tinctorius* türü, diğer türlerden ıslah edilerek kültüre alınmış bir türdür (Arslan vd., 2019).

Türkiye'de tescil edilen aspir çeşitleri, bitki boyu, çiçek ve tohum rengi gibi özellikleriyle farklılık gösterir (Çizelge 2.3).

Çizelge 2.3. Türkiye’de tescil edilen aspir çeşitleri

Çeşit	Bitki Boyu (cm)	Yapısı	Çiçek Rengi	Tohum Rengi	Kaynak
Yenice	100-120	Dikensiz	Kırmızı	Beyaz	Köse, 2017a
Dinçer	90-110	Orta Dikenli	Sarı-Turuncu	Beyaz	Köse, 2017a
Remzibey	60-80	Dikenli	Sarı	Beyaz	Köse, 2017a
Balcı	55-70	Dikenli	Sarı	Beyaz	Köse, 2017a
Linas	85-90	Dikenli	Sarı-Turuncu	Beyaz	Köse, 2017a
Olas	90-100	Dikenli	Sarı	Krem (çizgili)	Trakya TAE, 2013
Safir	70-150	Dikenli	Turuncu	Beyaz	Baydar ve Erbaş, 2020

Türkiye'nin iklim ve coğrafi çeşitliliği, aspir tarımının geliştirilmesi için elverişli bir ortam sunmaktadır. Aspir ıslah çalışmaları, zararlılara karşı dayanıklılığın artırılması, tohum ve yağ veriminin yükseltilmesi ve tarım arazilerine uygun yeni çeşitlerin geliştirilmesini hedeflemektedir (Şenates ve Erbaş, 2020).

Özellikle **Dinçer 5-18-1** ve **Montola 2000** çeşitleri arasında gerçekleştirilen melezleme çalışmaları sonucunda **Olein**, **Zirkon** ve **Safir** gibi yüksek yağ verimine ve dayanıklılığa sahip yeni çeşitler geliştirilmiştir (Baydar ve Erbaş, 2020). Bu çeşitler, 2019 yılında Türk milli aspir çeşitleri listesine alınmıştır. Yeni çeşitlerin geliştirilmesi, tarımda aspir bitkisinin diğer yağlı tohum bitkileriyle ekonomik anlamda rekabet gücünü artırması açısından büyük önem taşımaktadır.

Tezimizin konusunu da oluşturan *C. tinctorius* L. cv. Safir, Türkiye'de geliştirilen yerli ve milli aspir çeşitlerinden biridir. Bu çeşit, Dinçer 5-18-1 ve Montola 2000 çeşitlerinin kombinasyon melezlemesi ve pedigri seleksiyon yöntemiyle 2008 yılında başlatılan çalışmalar sonucunda elde edilmiştir. Safir çeşidi, 8 Nisan 2019 tarihinde tescil edilerek Türk milli aspir çeşitleri arasına katılmıştır (Baydar ve Erbaş, 2020).

Safir, yüksek oleik asit içeriğiyle dikkat çeken bir çeşittir. Yüksek oleik asit içeriği, aspir yağının oksidatif stabilitesini artırarak raf ömrünü uzatır ve sağlık açısından daha faydalı hale getirir. Ayrıca, bu çeşit kurak ve yarı kurak bölgelerde yetiştirilmeye uygun olup, farklı iklim ve toprak koşullarına adaptasyon yeteneği gösterir. Safir, yüksek yağ verimi (%35-41) ve oksidatif stabilitesi sayesinde uzun raf

ömrü sunar. 2019 yılında tescillenerek Türk milli aspir çeşitleri arasına katılmıştır ve hem biyodizel üretiminde hem de gıda sektöründe tercih edilmektedir (Baydar ve Erbaş, 2020; Köse, 2017a).

Safir çeşidinin geliştirilmesi, Türkiye'de aspir tarımının yaygınlaştırılması ve bitkisel yağ üretiminde dışa bağımlılığın azaltılması açısından büyük bir öneme sahiptir. Yüksek yağ verimi ve kalitesi sayesinde, gıda sanayisinde ve biyodizel üretiminde tercih edilen bir çeşit olarak öne çıkmaktadır (Baydar ve Erbaş, 2020).

Son yıllarda geliştirilen aspir çeşitleri, %35-41 yağ oranı ve dekara 200-300 kg tohum verimi ile dikkat çekmektedir. Ancak, aspir tarımında su kıtlığı ve iklim koşullarına bağlı verim kayıpları önemli bir sorun teşkil etmektedir. Bu nedenle, yeni aspir çeşitlerinin agronomik özelliklerinin araştırılması ve tarımsal uygulamalarla desteklenmesi gereklidir. Uzun vadeli ıslah çalışmaları, aspir tarımının sürdürülebilirliğini sağlamak ve üretim kapasitesini artırmak açısından kritik öneme sahiptir (Arslan vd., 2019).

Aspir, yağ verimi ve biyolojik çeşitliliğiyle sadece tarım sektöründe değil, aynı zamanda endüstriyel üretimde ve enerji sektöründe de stratejik bir role sahiptir. Bu yönüyle, aspir bitkisinin ekonomik önemi her geçen gün artmaktadır.

2.3.1. Ekonomik önemi

Türkiye, tarımsal yağ üretiminde önemli bir kapasiteye sahip olmasına rağmen, artan nüfus ve buna bağlı olarak yağ tüketim talebinin hızla yükselmesi, mevcut üretim miktarlarının ihtiyacı karşılamada yetersiz kalmasına neden olmaktadır. Bununla birlikte, endüstriyel sektörün genişlemesi de yağ tüketimini artıran bir diğer etkidir. Bu durum, Türkiye'nin uzun yıllardır petrol ve petrol türevlerinden sonra en büyük ithalat kalemini yağ ticaretine ayırmasına yol açmıştır (Şenates ve Erbaş, 2020).

2018 yılı TÜİK verilerine göre Türkiye, 3,7 milyon ton yağlı tohum ithalatı için 1,6 milyar dolar, 1,3 milyon ton ham yağ için 1,1 milyar dolar ve 3,5 milyon ton küspe için 8,37 milyon dolar olmak üzere toplamda 8,5 milyon ton yağlı tohumlu bitki ürünleri ithal ederek ciddi bir döviz kaybına uğramıştır (Şenates ve Erbaş, 2020). Aynı yıl bitkisel yağ üretimi yaklaşık 4 milyon ton olarak gerçekleşmiş, ancak bu miktar yıllara göre 700-900 bin ton arasında azalma göstermiştir. Türkiye'nin yıllık yağ ihtiyacının yalnızca %30-45'lik kısmını karşılayabilmesi, ithalata bağımlılığı devam

ettirmiştir. 2019 yılında toplam ithalat bütçesinin %1,62'si olan 202,7 milyar dolar, yağ ithalatına ayrılmıştır (Arslan ve Culpan, 2020).

Hayvansal yağların temininde yaşanan zorluklar ve daha yüksek ekonomik maliyetler, yağlı tohumlu bitkilere olan talebi artırmıştır (İçen ve Karaaslan, 2019). Dünya genelinde yağ üretiminin %86'sının bitkisel kaynaklı olduğu, Türkiye'de ise bu oranın %80 seviyelerinde olduğu raporlanmıştır (İçen ve Karaaslan, 2019).

FAO'nun 2017 verilerine göre dünya aspir üretimi 23 ülkede gerçekleştirilmiştir. Bu ülkeler arasında Kazakistan (225 bin ha), Rusya (149 bin ha), Hindistan (122 bin ha), ABD (58 bin ha) ve Meksika (45 bin ha) gibi ülkeler öne çıkmaktadır. Türkiye ise FAO verilerine göre dünya genelinde aspir ekim alanında 7. sırada yer almaktadır (Yıldırım, 2021). Ancak son yıllarda Türkiye'de aspir ekim alanlarında %67, üretim miktarında ise %74 oranında azalma görülmüştür (Aşçı vd., 2022).

2018 yılında Türkiye'de toplam yağlı tohumlu bitkilerin ekim alanı 900 bin hektar, aspir ekim alanı ise 246 bin dekar olarak kaydedilmiştir. Aspirin üretim miktarı 35 bin ton ve dekar başına verim ortalaması 142 kg/da olarak belirlenmiştir (İçen ve Karaaslan, 2019). Ancak, 2021 yılına gelindiğinde aspir ekim alanları 145 bin dekara, üretim miktarı ise 16 bin tona gerilemiştir. Dekar başına verim de 111 kg/da seviyesine düşmüştür (Aşçı vd., 2022). Bu azalma, aspir tarımının stratejik önemine rağmen yeterince teşvik edilmediğini göstermektedir (Çizelge 2.4).

Çizelge 2.4. Türkiye'de aspir üretimi

Yıl	Ekim Alanı (ha)	Üretim (ton)	Dekar Başına Verim (kg)	Kaynak
2017	27.376	50.000	142	İçen ve Karaaslan, 2019
2018	24.693	35.000	142	İçen ve Karaaslan, 2019
2019	15.860	21.883	138	Arslan ve Culpan, 2020
2021	14.588	16.100	111	Aşçı vd., 2022

Aspir, kuraklık ve stres koşullarına uyum sağlama yeteneği, gıda ve enerji sektörlerinde yerli hammadde temini ve ithalata bağımlılığı azaltma potansiyeli ile stratejik öneme sahip bir bitkidir. Ancak, Türkiye'de aspir üretiminin düşüş eğilimi göstermesi, bu alanda uzun vadeli ıslah çalışmalarına ve ekim alanlarının artırılmasına yönelik stratejiler geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir (Şenates ve Erbaş, 2020).

Zira, Şahin ve Taşlıgil (2016), Türkiye'nin coğrafi koşulları sayesinde aspir tarımında yüksek verim sağlama potansiyeline sahip olduğunu belirtmiştir. Bununla

birlikte, aspir tarımının biyodizel üretiminde yüksek talep gördüğü ve stratejik bir ürün olarak değerlendirildiği vurgulanmıştır.

2.3.2. *Carthamus tinctorius* L. tıbbi faydalı bileşikleri ve kullanım alanları

2.3.2.1. Aspir yağı ve tıbbi faydaları

Aspir yağı, hem içerik zenginliği hem de çok yönlü kullanım alanları ile stratejik bir ürün konumundadır. Tohumlarından elde edilen yağ, yüksek linoleik (%70-75) ve oleik asit (%10-15) içeriğiyle dikkat çekmekte ve doymamış yağ asitlerinin yüksek oranı sayesinde sağlık açısından önemli bir besin kaynağı olarak öne çıkmaktadır (Baydar ve Erbaş, 2005). Ayrıca, aspir yağının fiziksel ve kimyasal özellikleri, onu hem gıda hem de sanayi alanında geniş bir uygulama yelpazesi sunan değerli bir ürün haline getirmektedir.

Gıda Endüstrisindeki Kullanımları: Aspir yağı, düşük doymuş yağ asidi oranı nedeniyle yemeklik yağ olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Özellikle zeytinyağına kıyasla linoleik asit bakımından daha zengin olması, kalp-damar sağlığı açısından tercih edilen bir alternatif olmasını sağlamaktadır. Ayrıca, nötr lezzeti ve hafif yapısı ile margarin, mayonez ve salata sosları gibi ürünlerin üretiminde sıklıkla kullanılmaktadır. Gıda endüstrisindeki bu geniş kullanımı, aspir yağının besleyici özellikleriyle birleşerek onu hem üreticiler hem de tüketiciler için cazip bir seçenek haline getirmektedir.

Enerji Sektöründeki Potansiyeli: Yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ihtiyaç arttıkça, aspir yağı biyodizel üretimi için ideal bir hammadde olarak öne çıkmaktadır. Yüksek dönüşüm oranı ve çevre dostu özellikleri, biyodizel üretiminde sürdürülebilir bir seçenek sunmaktadır (Kızıl vd., 2002). Özellikle Türkiye gibi tarım potansiyeli yüksek ülkelerde biyoyakıt üretimi, aspir yağının ekonomik değerini daha da artırmaktadır.

Kozmetik ve Kimya Sanayisindeki Rolü: Linoleik asit içeriği sayesinde cilt bariyerini güçlendirme ve nemlendirme özellikleri sunan aspir yağı, kozmetik ürünlerde yaygın bir bileşen olarak kullanılmaktadır. Sabun üretiminde ise köpüklenme kapasitesini artırarak temizlik etkisini güçlendirmektedir. Ayrıca, yüksek kaliteli boya

üretiminde hızlı kuruma ve kırışıklık direnci gibi özellikleri ile kimya sanayisinde de değerlendirilmektedir (Erbaş ve Mutlucan, 2023).

Karşılaştırmalı Yağ Asit Kompozisyonu: Aspir yağı, diğer bitkisel yağlara kıyasla yağ asit kompozisyonundaki avantajlarıyla dikkat çekmektedir. Özellikle yüksek linoleik asit içeriği, onu sağlık ve sanayi uygulamaları için tercih edilen bir yağ türü haline getirmektedir.

Çizelge 2.5'de aspir yağının diğer bitkisel yağlarla karşılaştırmalı olarak yağ asit kompozisyonu sunulmaktadır:

Çizelge 2.5. Aspir yağının diğer bitkisel yağlarla karşılaştırılması (Kızıl, 2002; Baydar ve Erbaş, 2005)

Yağ Türü	Linoleik Asit (%)	Oleik Asit (%)	Doymuş Yağ Asitleri (%)
Aspir Yağı	70-75	10-15	5-10
Ayçiçeği Yağı	60-65	20-25	10-15
Zeytinyağı	5-10	70-75	15-20
Kanola Yağı	20-25	60-65	7-10

Aspir tohumlarının yağ oranı, genetik ve ekolojik faktörlere bağlı olarak %25-45 arasında değişmektedir. Türkiye gibi aspir üretiminde potansiyel taşıyan ülkelerde, bu yağın endüstriyel ve ticari kullanımı her geçen gün artmaktadır. Özellikle yüksek oleik, linoleik ve orta oleik/linoleik asit içeriği sunan yerli çeşitlerin geliştirilmesi, hem iç pazardaki talebi karşılamada hem de ihracat potansiyelini artırmada önemli bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda Qu vd. (2015), aspir bitkisinden çeşitli kolon kromotografileri aracılığıyla silika jel üzerinde izole edilen 20 kimyasal bileşiği tanımlamıştır. Bu bileşiklerin arasında kaempferol, vanilik asit ve galik asit gibi farmakolojik açıdan önemli bileşikler bulunmaktadır. Çalışma, bu bileşiklerin potansiyel sağlık faydalarını vurgulamaktadır.

Dixit (2015), aspir yağlarının antioksidan, analjezik ve antienflamatuvar özelliklere sahip olduğunu ve bu özelliklerin ilaç üretiminde değerlendirildiğini rapor etmiştir. Ayrıca, aspir çiçeğinin temel bileşenlerinden biri olan kartamidinin, biyolojik aktiviteler açısından önemli bir yer tuttuğu bildirilmiştir. Zhang vd. (2016), aspirin farmakolojik aktivitelerinin flavonoidler ve alkaloidler gibi bileşenler tarafından yönetildiğini belirtmiştir. Özellikle quinochalcone c-glycoside hydroxysafflor yellow A gibi bileşiklerin, jinekolojik, kardiyovasküler ve serebrovasküler hastalıkların tedavisinde etkili olduğu rapor edilmiştir. Delshad vd. (2018b), aspir yağının %70

oranında çoklu doymamış yağ asitleri içerdiğini ve bu özelliğiyle modern tıp ile geleneksel tedavi yöntemlerinde önemli bir yere sahip olduğunu belirtmiştir. Araştırmacılar, ayrıca aspirin antioksidan, anti-inflamatuar ve özellikle doğum sonrası karın ağrısı ve eklem ağrısı gibi durumların tedavisinde ağrı kesici etkilerini de vurgulamışlardır.

Yine yakın tarihli bir çalışmada Lamichhane vd. (2022), aspir bitkisinin flavonoidler, yağ asitleri ve steroidler gibi zengin fitokimyasal bileşiklere sahip olduğunu ve antioksidan, antitümör, antiinflamatuar, immün sistemi destekleyici ve antidiyabetik gibi çeşitli farmakolojik etkiler sunduğunu belirtmiştir. Ayrıca, aspir bitkisinin ilaç geliştirme, nutrasötik ve fonksiyonel gıda üretimi için potansiyel bir kaynak olabileceği vurgulanmıştır. Kadri vd. (2022), aspir bitkisinden elde edilen ekstraktların antibakteriyel aktivite gösterdiğini ve fenolik, flavonoid ve tanen konsantrasyonlarının yüksek olduğunu rapor etmiştir. Bu bulgular, aspir bitkisinin farmakolojik potansiyelini ve sağlık alanındaki önemini artırmıştır.

Bir diğer çalışmada ise Sabar vd. (2023), farklı lokasyonlardan toplanan aspir örneklerinde flavonoid, alkaloid ve tanenlerin antibakteriyel aktivitesini incelemiş ve çalışma, aspir ekstrelerinin özellikle fenolik bileşikleri sayesinde güçlü antibakteriyel etkiler sergilediğini ortaya koymuştur.

Sonuç olarak, aspir yağı, gıda, enerji, tıp ve kozmetik sektörlerindeki stratejik rolü ile sadece tarımsal bir ürün olmaktan öte, çok yönlü ekonomik bir kaynak olarak değerlendirilmektedir. Türkiye gibi üretim potansiyeline sahip ülkelerde, bu yağın kullanım alanlarının genişletilmesi ve katma değerli ürünler geliştirilmesi, hem ekonomik kalkınmaya hem de sürdürülebilir tarım hedeflerine katkı sağlayacaktır.

2.3.2.2. Gıda, tekstil ve farmakolojide kullanımı

Aspirin endüstriyel potansiyeli: *Carthamus tinctorius* L., çiçek taç yapraklarında bulunan doğal pigmentler ve biyoaktif bileşenler sayesinde gıda, tekstil ve farmakoloji gibi farklı endüstriyel alanlarda geniş bir kullanım potansiyeline sahiptir. Çevre dostu ve sağlıklı bir alternatif sunan bu özellikleri, aspir bitkisini stratejik bir tarımsal ürün olarak öne çıkarmaktadır.

Gıda endüstrisindeki kullanımları: Aspir çiçeklerinden elde edilen kırmızı pigment **carthamin** ve sarı pigment **carthamidin**, gıda boyası olarak kullanılmaktadır.

Kimyasal gıda boyalarının sağlık riskleri göz önüne alındığında, bu doğal pigmentler içecek, unlu mamuller, şekerlemeler ve süt ürünleri gibi gıda ürünlerinde sağlıklı bir alternatif sunmaktadır (Zhou vd., 2014b). Ayrıca bu pigmentlerin antioksidan özellikleri sayesinde, gıda ürünlerinin raf ömrünü uzatma ve besin değerlerini koruma potansiyeli bulunmaktadır (Salem vd., 2011).

Tekstil sektöründeki önemi: Aspir pigmentleri, antik çağlardan itibaren tekstil boyamada yaygın olarak kullanılmıştır. Özellikle kırmızı tonların elde edilmesinde kullanılan **carthamin** pigmenti, Mısır, Hindistan, İran ve Çin gibi medeniyetlerde büyük önem taşımaktadır (Asgarpanah ve Kazemivash, 2013). Günümüzde organik tekstil üretiminde kimyasal boyalara çevre dostu bir alternatif olarak talep görmekte ve ışık dayanıklılığı ile renk kalıcılığı açısından avantaj sağlamaktadır (Zhou vd., 2014b).

Farmakolojik potansiyeli: Aspir çiçek taç yaprakları, içerdiği flavonoidler, fenolik bileşikler ve uçucu yağlarla antioksidan, anti-inflamatuar ve antimikrobiyal etkiler göstermektedir. Bu özellikler, bağışıklık sistemini destekleme, inflamasyonu azaltma ve serbest radikalleri nötralize etme gibi sağlık faydaları sağlamaktadır (Delshad vd., 2018a). Ayrıca, *Carthamus tinctorius* L. çiçeklerinin antioksidan özellikleri kardiyovasküler hastalıklar, osteoporoz ve romatoid artrit gibi rahatsızlıkların tedavisinde etkili olmuştur (Yu vd., 2013). Yine Xian vd. (2022), aspir bitkisinde bulunan flavonoid bileşiklerinin kardiyovasküler ve serebrovasküler hastalıkların tedavisinde önemli bir rol oynadığını belirtmiştir. Çalışma, ayrıca flavonoidlerin kanser önleyici etkilerinin yanı sıra karaciğer, akciğer ve kemik sağlığını koruyucu mekanizmalar sunduğunu göstermektedir.

Biyoaktif bileşenler ve sağlık üzerindeki etkileri: Aspirin fenolik bileşikleri arasında gallik asit, klorojenik asit, kersetin-3-galaktozid ve epikateşin gibi maddeler bulunmaktadır (Salem vd., 2011). Antioksidan aktiviteleri sayesinde serbest radikallerin neden olduğu oksidatif stresi azaltarak hastalık riskini düşürmektedir. Ayrıca *C. tinctorius* L. bitkisinden izole edilen flavonoidler, feniletanoid glikozitler, polisakkaritler ve steroidler gibi biyoaktif maddeler, metabolik dengeyi koruma ve bağışıklık sistemini güçlendirme gibi etkiler sunmaktadır (Asgarpanah ve Kazemivash, 2013; Yolci vd., 2022).

Modern ve geleneksel tıpta kullanımı: Çin’de yapılan araştırmalara göre aspir, iskemi (inme), anti-tromboz ve anti-inflamatuar etkileri nedeniyle sıklıkla kullanılmaktadır (Fan vd., 2014). Ayrıca aspir sarısının antioksidatif özellikleri, endotel hücrelerinin korunmasında etkili bulunmuştur (Zhao vd., 2018; Chen vd., 2013). Son yıllarda yapılan bir çalışmada Malik vd. (2023), Çin’de aspir bitkisinin kardiyovasküler rahatsızlıklar ve gastrik tümörlerin tedavisinde, Hindistan’da ise uyuz, eklem ağrıları ve göğüs ağrılarının tedavisinde kullanıldığını rapor etmiştir. Çalışma, aspir bitkisinin farmakolojik potansiyelini ve farklı coğrafiyalardaki kültürel kullanımını vurgulamaktadır.

Bununla birlikte, *C. tinctorius* L., anti-obezite tedavisinde kullanılan flavonoidlerin ve fenolik asitlerin etkisiyle dikkat çekmektedir. Li vd. (2022), aspir çiçeklerinden izole edilen seskiterpenoidlerin oksidatif lipit seviyelerini düşürdüğünü ve toplam kolesterol düzeylerini azalttığını rapor etmiştir. Araştırmacılar bu çalışmalarında aspir bileşiklerinin lipid düzenleme açısından potansiyelini vurgulamışlardır.

Xian vd. (2022) ise, aspir flavonoidlerinin iltihaplanma önleyici, kemik sağlığını koruyucu ve kansere karşı etkili farmakolojik mekanizmalar sunduğunu belirtmiştir. Bu bileşikler, serbest radikallere karşı koruma sağlayarak metabolik hastalıklara karşı önleyici bir etki göstermektedir (Duan vd., 2013; Bacchetti vd., 2020). Ayrıca, tümör hücrelerinin büyümesini yavaşlatan ve pankreatik β -hücrelerinde apoptozu azaltan özellikleri sayesinde kanser tedavisinde umut vaat etmektedir (Liu vd., 2018).

Biyoteknolojik yenilikler: Kanada merkezli SemBioSys firması, aspir tohumlarından elde edilen proteinler üzerinde çalışarak insülin üretimini başarmıştır (Babaoğlu, 2008). Bu yenilik, aspir bitkisinin modern biyoteknolojik uygulamalarda önemini bir kez daha ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak *Carthamus tinctorius* L., doğal pigmentler, fenolik bileşikler ve uçucu yağlar gibi biyoaktif bileşenleri sayesinde gıda, tekstil ve farmakoloji alanlarında çok yönlü ve sürdürülebilir çözümler sunmaktadır. Hem modern hem de geleneksel tıpta sağladığı faydalar, aspir bitkisinin ekonomik ve stratejik önemini artırmakta ve tarımsal üretimdeki değerini pekiştirmektedir.

2.3.3. Biyodizel ve üretim verimi

Son yıllarda enerji sektöründe biyodizel yakıtların kullanımını giderek artmış, bu gelişme endüstri sektörüne yeni fırsatlar sunarak umut kaynağı olmuştur. Biyodizel üretiminde hammadde olarak bitkisel yağların kullanılması, petrol, doğal gaz ve kömür gibi fosil yakıt rezervlerinin tükenme tehdidi altında olduğu bir dönemde, alternatif enerji kaynaklarına olan ilgiyi artırmıştır (Baran ve Andırman, 2019b).

Aspirin biyodizel üretimindeki rolü: Enerji bitkileri arasında yer alan *Carthamus tinctorius* L. (aspir), biyodizel üretiminde kullanılabilirliği, düşük maliyeti ve çevresel sürdürülebilirliği ile öne çıkmaktadır. Aspirin kuraklığa dayanıklı yapısı, geniş adaptasyon yeteneği ve yüksek yağ oranı, bu bitkiyi biyodizel sektöründe stratejik bir hammadde haline getirmektedir (Şahin ve Taşlıgil, 2016). Avrupa ve Amerika kıtalarında biyodizel üretimi ve kullanımı yaygınlaşırken, aspir bu sürece önemli bir katkı sağlamaktadır (Eryılmaz vd., 2014b).

Üretim verimini etkileyen faktörler: Aspirin üretiminde verim, genetik yapı, çevre koşulları, ekim zamanı, toprak yapısı, gübreleme yöntemleri ve kültürel uygulamalar gibi birçok faktöre bağlıdır. Erken ekim, özellikle kurak bölgelerde, bitkinin soğuk stresiyle başa çıkabilmesi ve optimum gelişme göstermesi açısından önemlidir. Priming ve gibberellik asit uygulamaları gibi tohum işlem teknikleri, bitki büyümesini hızlandırarak fide dayanıklılığını artırmakta ve verimi olumlu yönde etkilemektedir (Gürsoy, 2019).

Gübreleme ve toprak yönetimi: Aspirin yüksek verim elde etmesi için doğru gübreleme yöntemlerinin kullanılması gereklidir. Azot ve fosfor gübreleme uygulamaları, bitki büyümesi ve gelişimi için kritik öneme sahiptir. Ancak, azotlu gübrenin aşırı kullanımı verimi olumsuz etkilerken, fosfor eksikliği büyüme geriliği, yaprak sararması ve uç yanıklarına neden olmaktadır (Bayramin, 2006). Toprak analizine dayalı gübreleme yöntemleri ile verim artırılabilir ve ekonomik kayıplar önenebilir. Örneğin, dekara 12-15 kg saf azot ve 3-5 kg fosfor uygulanması önerilmektedir (Katar vd., 2011).

Mikro besin elementleri ve verim artışı: ZnSO₄ gübre uygulamaları, rozetlenme ve çiçeklenme başı dönemlerinde uygulanarak aspir tohumlarında çinko ve

protein oranlarını artırmaktadır (Gülmezoğlu ve Aytaç, 2016). Zn-EDTA uygulamaları, aspirde tabla ve gövde kuru ağırlıklarında en yüksek verimi sağlamış, bu da mikro besin elementlerinin uygun dönemlerde uygulanmasının önemini ortaya koymuştur.

Biyodizel üretimi ve ekonomik katkılar: Aspir yağı, yüksek oleik asit içeriği sayesinde biyodizel üretimi için ideal bir ham madde olup, sürdürülebilir enerji üretimine katkıda bulunmaktadır. Araştırmalar, aspir yağının biyodizel özelliklerinin motor performansı ve emisyon değerlerini iyileştirdiğini göstermektedir (Baran ve Andırman, 2019b). Bununla birlikte, doğru tarım teknikleri ve uygun gübreleme yöntemleri kullanılarak aspir verimi artırılabilir ve böylece biyodizel üretim maliyetleri azaltılabilir.

Aspir, biyodizel sektöründe hammadde olarak kullanılabilirliği ve üretim verimini artırma potansiyeli ile enerji güvenliği ve ekonomik sürdürülebilirlik için stratejik bir öneme sahiptir. Verim ve kaliteyi artırmaya yönelik araştırmaların ve uygulamaların devam etmesi, aspir tarımının daha geniş alanlarda yaygınlaşmasını sağlayacaktır.

2.3.4. Aspir küspesi ve hayvan beslenmesinde kullanımı

Aspir yağı üretimi sırasında elde edilen aspir küspesi, yüksek protein içeriği ve besin değeri ile hayvan beslenmesinde önemli bir yan ürün olarak değerlendirilmektedir. Aspir küspesi, çiftlik hayvanlarının rasyonlarına eklenerek, hem ekonomik hem de çevresel faydalar sağlamaktadır. Özellikle kümes hayvanları ve ruminantlar için tercih edilen bir yem kaynağıdır. Aspir tohumu küspesinin besin değeri, kabuk oranı ve yağı çıkarıldıktan sonra küspede kalan yağ miktarına bağlıdır. Kabuk oranı yüksek aspir küspesi %20-25 protein içerirken, kabuksuz tohumlardan elde edilen küspelerde bu oran %50-55 seviyelerine ulaşmaktadır. Ancak, selüloz oranının yüksekliği, kabuklu aspir küspesinin rasyonlarda kullanımını olumsuz etkileyebilmektedir. Kabuksuz aspir küspesinde ise selüloz oranı %2'ye kadar düşerek sindirimi kolaylaştırmaktadır (Çoşge vd., 2007).

Aspir küspesiyle beslenen kümes hayvanlarının etlerinde doymamış yağ asitleri oranı yüksek, doymuş yağ asitleri oranı ise düşük bulunmuştur. Bu durum, hem tüketici sağlığı hem de hayvansal ürünlerin kalitesi açısından olumlu sonuçlar sunmaktadır. Aspir küspesi ilavesi, yumurta kalitesini artırırken, ruminantlarda süt ve et verimini

desteklemiş, yağ dokularında konjuge linoleik asit üretimini teşvik ederek antikanserijen etkiler göstermiştir (Gümüş ve Küçükersan, 2016).

Aspir küspesi, lizin, arjinin, metiyonin, glisin ve sistein gibi bazı amino asitler açısından eksiklik gösterebilmektedir. Bu eksikliklerin giderilmesi için rasyonlara eksojen enzimler eklenmesi önerilmektedir. Bu enzimler, sindirimi iyileştirerek aspir küspesinin yem olarak daha etkin bir şekilde kullanılmasını sağlamaktadır. Ruminantlarda belirli oranlarda aspir küspesi (%15) katılımı, yem verimliliğini artırmaktadır (Doğan ve Cufadar, 2022).

Aspir küspesi, yağ üretiminden elde edilen düşük maliyetli bir yan ürün olarak, hayvan yemi üretiminde ekonomik bir alternatif sunmaktadır. Yüksek yem maliyetlerini düşürerek hayvancılık sektörüne ekonomik katkılar sağlamakta, ithalat bağımlılığını azaltarak ulusal ekonomiye destek olmaktadır. Çevresel sürdürülebilirlik açısından ise, tarımsal ve endüstriyel yan ürünlerin değerlendirilmesi atık miktarını azaltmakta ve kaynak kullanımını optimize etmektedir. Bu durum, aspir tarımı ve yağ üretiminin ekonomik değerini artırmakta ve sürdürülebilir bir tarım modeli oluşturmaktadır.

Aspir küspesi, yüksek protein içeriği, kolay sindirilebilir yapısı ve ekonomik avantajlarıyla hayvan beslenmesinde değerli bir yem kaynağıdır. Rasyonlara belirli oranlarda eklenerek, hem hayvan performansını artırmakta hem de hayvansal ürünlerin kalitesini iyileştirmektedir. Aspir küspesi, hem ekonomik hem de çevresel faydalarıyla aspir bitkisinin stratejik önemini daha da artırmaktadır.

2.3.5. Aspirin endüstriyel ve teknolojik kullanım alanları

Aspir yağı ve türevleri, sahip oldukları zengin kimyasal bileşimler ve işlevsel özellikler sayesinde farklı endüstriyel alanlarda geniş bir kullanım yelpazesine sahiptir. Bu çok yönlü kullanım, aspir bitkisinin ekonomik önemini artırırken, endüstriyel süreçlere sürdürülebilir çözümler sunmaktadır (Gomashe vd., 2021). Aspir yağı, yüksek orandaki doymamış yağ asitleri sayesinde hızlı kuruma özelliğine sahiptir. Bu özellik, boyalar ve vernikler için ideal bir hammadde olmasını sağlamaktadır. Yağın düşük viskozitesi, boyaların yüzeye eşit bir şekilde yayılmasını kolaylaştırırken, üretilen kaplamaların parlaklık ve dayanıklılık düzeyini artırmaktadır (Zhou vd., 2014a). Ahşap kaplama ve koruma uygulamalarında, aspir yağı bazlı boyalar yaygın olarak tercih edilmektedir. Bu boyalar, özellikle çevre dostu özellikleri ve uzun ömürlü olmaları nedeniyle tercih edilmektedir (Kızıl, 2002).

Aspir yağı, sabun ve deterjan üretiminde önemli bir bileşen olarak yer almaktadır. Doğal yapısı, temizleme ve köpürme özelliklerini iyileştirirken cilt dostu bir alternatif sunmaktadır. Sabun üretiminde, aspir yağı ciltte tahriş riskini azaltarak organik ve çevre dostu ürünlerin üretimine katkı sağlamaktadır (Gomashe vd., 2021).

Kozmetik sanayinde, aspir yağı, özellikle cilt ve saç bakım ürünlerinde nemlendirici ve besleyici bir bileşen olarak kullanılmaktadır. Yüksek linoleik asit içeriği sayesinde cilt bariyerini güçlendiren ve nem kaybını önleyen aspir yağı, aynı zamanda antioksidan özellikleriyle yaşlanma karşıtı kremler, losyonlar ve saç bakım ürünlerinde de yer almaktadır (Zhou vd., 2014b). Bu ürünlerin formülasyonunda, aspir yağının doğal ve biyolojik olarak parçalanabilir yapısı, çevresel sürdürülebilirlik açısından da avantaj sağlamaktadır.

Bu bağlamda aspir yağı ve türevleri, kimya, kozmetik ve temizlik sanayisinde yenilenebilir ve çevre dostu bir kaynak olarak ön plana çıkmaktadır. Bu durum, aspir bitkisinin endüstriyel talebini artırarak ekonomik değerini önemli ölçüde yükseltmektedir.

2.3.6. Dünya’da ve Türkiye’de aspir üretimi

2.3.6.1. Dünya aspir üretimi

Aspir, düşük su gereksinimi ve çevresel koşullara yüksek adaptasyon kabiliyeti ile kurak ve yarı kurak bölgelerde sürdürülebilir tarım için stratejik bir seçenek sunmaktadır. Günümüzde dünyada üretilen yağların %86’sı bitkisel kaynaklardan elde edilmekte olup, aspir, hem gıda hem de biyoyakıt sektöründe sağladığı katkılarla dikkat çekmektedir (Okcu vd., 2010). Aspir, kurak ve yarı kurak bölgelerde ekonomik sürdürülebilirliği destekleyen stratejik bir yağ bitkisidir. Golkar ve Karimi (2019), aspir bitkisinin tarımının Çin’de başladığını ve Akdeniz ülkelerine yayıldığını, aspirin yemeklik yağ, kuş yemi ve ilaç yapımında kullanılmakta olduğunu ve bitkinin yüksek adaptasyon yeteneği sayesinde dünya genelinde yaygın şekilde yetiştirildiğini rapor etmiştir. FAO’ya göre, 2022 yılında dünya genelinde toplam aspir üretimi yaklaşık 995.508 tona ulaşmıştır. Dünya aspir üretiminin yaklaşık %80’i Kazakistan, Rusya, ABD, Meksika ve Türkiye tarafından gerçekleştirilmektedir (Kıllı ve Beycioğlu, 2019).

2022 yılı verilerine göre, Kazakistan %44,9'luk üretim oranıyla liderliğini korurken, Türkiye %2,1'lik üretim payıyla dünya sıralamasında sekizinci sırada yer almıştır.

2022 yılı verilerine göre, dünya aspir üretiminin büyük kısmı aşağıda sıralanan ilk 10 ülke tarafından gerçekleştirilmektedir.

1. Kazakistan
2. Rusya
3. Amerika Birleşik Devletleri (ABD)
4. Meksika
5. Hindistan
6. Çin (Anakara)
7. Arjantin
8. Türkiye
9. Kırgızistan
10. Tanzanya

Bu sıralama, aspir tarımının hem ekonomik hem de endüstriyel açıdan sunduğu büyük potansiyeli ortaya koymaktadır. Aspir, biyodizel üretimi, gıda sanayisi ve çeşitli endüstriyel uygulamalarda stratejik bir yağlı tohum bitkisi olarak ön plana çıkmaktadır. FAO (2022) verilerine göre dünya genelindeki aspir üretimi 995.508 tona ulaşmıştır. Bu artış, son yıllarda aspir tarımının küresel öneminin giderek arttığını göstermektedir. 18 ülkenin karşılaştırması sonucunda Kazakistan, 447.457 tonluk aspir tohumu üretimiyle en yüksek üretim yapan ülke olarak göze çarparken Kazakistan'ı sırasıyla Rusya ve Amerika Birleşik Devletleri takip etmektedir (Çizelge 2.6.). Şekil 2.6'da gösterildiği gibi, 2008'den 2022'ye kadar Kazakistan'ın liderliği sürerken, Türkiye'nin üretim verimliliğini artırmaya yönelik çalışmaları dikkat çekmektedir. Dünya aspir üretiminde lider olan Kazakistan, dünya genelindeki üretimin %44,9'unu gerçekleştirmiştir. İlk üç ülke toplamda %74,8'lik bir paya sahipken, en büyük on ülke dünya üretiminin yaklaşık %97,7'sini gerçekleştirmiştir (Helgi Library, 2023). Bu dağılım, Kazakistan'ın aspir üretiminde belirleyici bir rol oynadığını ve aspir tarımının ekonomik ve endüstriyel açıdan büyük bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Aspir, özellikle biyodizel üretimi ve gıda sanayisinde sağladığı katkılar sayesinde stratejik bir yağlı tohum bitkisi olarak değerlendirilmektedir. Çizelge 2.6'da dünya aspir üretiminde ülkeler arasındaki payları göstermektedir. Özellikle Kazakistan %44,9'luk üretim oranıyla lider konumdayken, Türkiye %2,1'lik payıyla sekizinci sırada yer almaktadır. Bu dağılım, aspir tarımının ekonomik ve endüstriyel açıdan potansiyelini ortaya koymaktadır.

Çizelge 2.6. Dünya genelinde 2022 yılı aspir üretim miktarı ve payları (Helgi Library, 2023)

Ülke	Üretim Miktarı (ton)	Dünya Payı (%)
Kazakistan	447.457	44,9
Rusya	96.636	9,7
ABD	67.040	6,7
Meksika	86.793	8,7
Türkiye	21.325	2,1
Diğer Ülkeler	276.257	27,8
Toplam	995.508	100

2020 yılı verilerine dayanan Çizelge 2.7. ise, aspir ekiliş alanları, üretim miktarları ve verim değerleri açısından ülkeler arasındaki farklılıkları göstermektedir. Kazakistan, ekiliş alanı ve üretim miktarı açısından lider konumunu korurken, Meksika verimlilik açısından ilk sıradadır.

Çizelge 2.7. Dünya genelinde 2020 yılı aspir ekiliş alanı, üretim miktarı ve verim değerleri (Akgün ve Söylemez, 2022)

Ülke	Ekiliş Alanı (ha)	Üretim Miktarı (ton)	Verim (kg/ha)
Kazakistan	315.177	226.739	7.194
Rusya Federasyonu	174.974	96.636	5.523
Hindistan	85.475	44.000	5.148
Amerika Birleşik Devletleri	51.270	67.040	13.076
Meksika	50.414	86.793	17.216
Arjantin	27.349	22.565	8.251
Tanzanya	25.170	13.721	5.451
Çin (Anakara)	22.724	33.404	14.700
Özbekistan	18.324	8.885	4.849
Türkiye	15.114	21.325	14.109
Kırgızistan	9.836	9.870	10.035
Etiyopya	7.442	9.349	12.562
Avustralya	6.195	3.602	5.814
İran	3.568	4.701	13.175
Tacikistan	3.438	4.293	12.487

Bu veriler, aspir üretiminde ülkeler arasındaki farklılıkları ve üretim yöntemlerindeki gelişim potansiyelini vurgulamaktadır. Örneğin, Türkiye ekiliş alanları bakımından sınırlı olmasına rağmen verimlilik açısından dikkat çekici bir performans sergilemiştir.

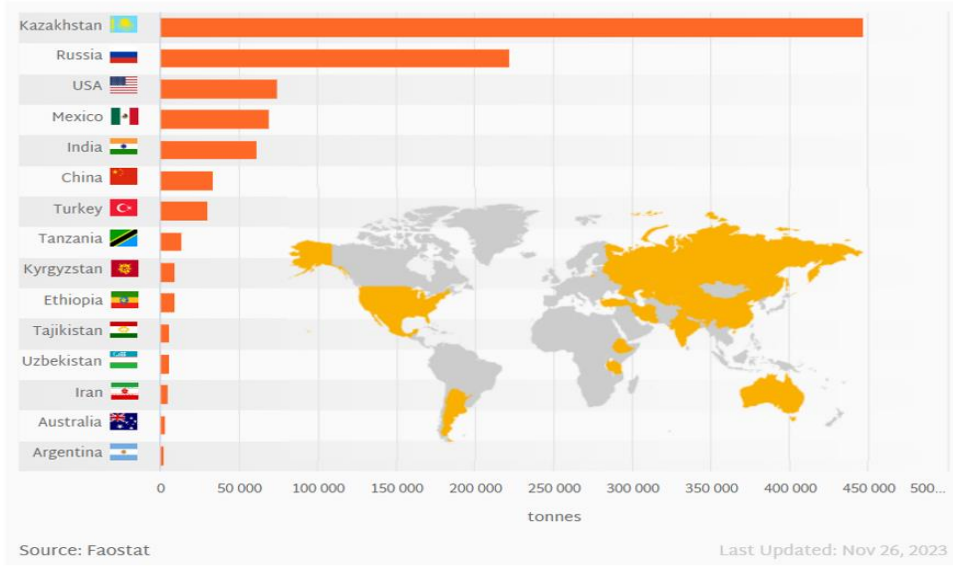
Aspir, kurak ve yarı kurak bölgelerde tarımsal üretim için stratejik bir seçenek olarak değerlendirilmektedir. Düşük su gereksinimi, çevresel koşullara yüksek adaptasyon kabiliyeti ve çok yönlü ekonomik değeri, aspir üretimini dünya genelinde ve Türkiye’de cazip hale getiren başlıca özelliklerdir. Dünya genelinde aspir üretiminde

öne çıkan ülkeler arasında Kazakistan, Rusya, Meksika, Hindistan ve Türkiye yer almaktadır. Kazakistan, dünya aspir üretiminin %24.6'sını gerçekleştirerek lider konumda bulunurken, Rusya (%19.2), Meksika (%16.1) ve Hindistan (%11.9) bu sıralamada önemli bir yer tutmaktadır. Türkiye ise %8.2'lik üretim payı ile dikkat çeken üreticiler arasında yer almaktadır (Helgi Library, 2023). Aspir üretiminin artış göstermesindeki en önemli nedenlerden biri, artan nüfus ve gıda ihtiyaçlarına paralel olarak sağlıklı yağ kaynaklarına olan talebin yükselmesidir. Bunun yanı sıra, aspir yağındaki yüksek linoleik ve oleik asit içeriği, hem gıda hem de biyoyakıt üretimi için kritik bir öneme sahiptir. Araştırmalar, yüksek tohum verimi, yağ içeriği kalitesi, düşük kabuk oranı ve doymamış yağ asitleri açısından zengin genotiplerin geliştirilmesi üzerine yoğunlaşmaktadır. Bu genotiplerin zararlılara, hastalıklara ve çevresel streslere dayanıklı olması, sürdürülebilir üretim için kritik öneme sahiptir (Arslan ve Culpan, 2020).

Türkiye, %2,1'lik dünya aspir üretim payı ile sekizinci sırada yer almakta olup, özellikle yerli genotiplerin geliştirilmesi ve tescillenmesi konusunda önemli adımlar atmıştır. Tescillenmiş 15 yerli aspir çeşidi, yüksek verimlilik ve kalite özellikleriyle ulusal üretimde büyük rol oynamaktadır. Örneğin, Safir genotipi, yüksek linoleik asit içeriği ve yağ oranıyla hem yağ üretimi hem de biyoyakıt sektörü için stratejik bir öneme sahiptir (Arslan ve Culpan, 2020). Bu çeşitler arasında özellikle Safir çeşidi, üstün özellikleri ile dikkat çekmektedir. Dinçer 5-18-1 (dikensiz, kırmızı çiçekli, düşük oleik, yüksek linoleik içerik) ve Montola 2000 (dikenli, sarı çiçekli, yüksek oleik içerik) genotiplerinin melezlenmesi sonucu geliştirilmiştir. Yüksek linoleik asit içeriği (%75-80) ve yağ oranı (%35-38) ile Safir çeşidi, hem yağ üretimi hem de biyoyakıt sektörü için büyük bir potansiyel sunmaktadır (Baydar ve Erbaş, 2020).

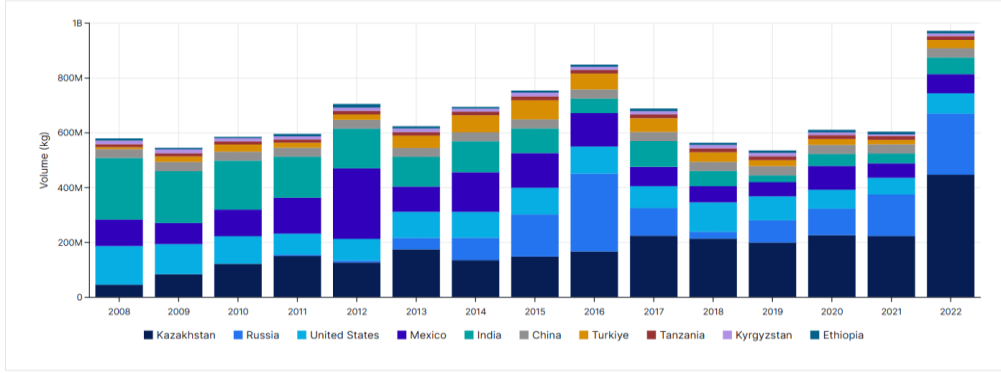
Aspir, hem sürdürülebilir tarım hem de biyoyakıt üretimi açısından stratejik bir öneme sahiptir. Türkiye'nin yerli genotip geliştirme çalışmaları, hem ulusal üretimi desteklemek hem de uluslararası pazarda rekabet gücünü artırmak için kritik bir rol oynamaktadır (Tridge, 2023).

Türkiye'de aspir üretimi ağırlıklı olarak Orta Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde yoğunlaşmıştır. Bu bölgelerin kurak ve yarı kurak iklim koşulları, aspir bitkisinin yetiştirilmesi için elverişlidir. Ayrıca, Türkiye'de Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından tescillenmiş çeşitler arasında üstün adaptasyon kabiliyetleri ve genetik özellikleri ile öne çıkan Safir, Göktürk, Olein ve Asol çeşitleri, farklı ekolojilerde başarıyla yetiştirilmektedir (Baydar ve Erbaş, 2020; TOB, 2019).



Şekil 2.6. Dünya aspir üretiminde öne çıkan ülkeler (Helgi Library, 2023)

This is the production trends of the top 10 producers of Safflower Seed from 2008 to 2022.



Şekil 2.7. 2008-2022 yılları arasında dünyanın en büyük 10 aspir üreticisinin üretim eğilimleri (Tridge, 2023)

Şekil 2.7’de görülen grafik, Kazakistan, Rusya, ABD, Meksika, Hindistan, Çin, Türkiye, Tanzanya, Kırgızistan ve Etiyopya’nın aspir tohumu üretim miktarlarını göstermektedir. Kazakistan, 2022 yılında en yüksek üretim hacmine ulaşmıştır. Dünya genelinde aspir üretimindeki bu dağılım, bitkinin ekonomik ve stratejik önemini bir kez daha ortaya koymaktadır. Türkiye’nin bu üretimdeki payı, hem yerli çeşitlerin geliştirilmesi hem de uluslararası pazardaki rekabet gücünün artırılması açısından değerlidir.

Sonuç olarak, hem dünya genelinde hem de Türkiye’de aspir üretimi, sürdürülebilir tarım ve gıda güvenliği açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Türkiye’nin yerli genotip geliştirme çabaları, aspir bitkisinin uluslararası pazarda

rekabet gücünü artırmak ve ekonomik değerini maksimize etmek adına stratejik bir öneme sahiptir.

2.3.6.2. Türkiye’de aspir üretimi

Türkiye, aspir bitkisinin yetişmesi için uygun iklim ve toprak koşullarına sahip olmasına rağmen, üretim miktarı henüz beklenen potansiyelin altında kalmaktadır. Tarım ve Orman Bakanlığı verilerine göre 2022 yılında ülkemizde aspir ekim alanı yaklaşık **26.238 hektar**, toplam üretim miktarı ise **30.000 ton** olarak kaydedilmiştir (Çizelge 2.8., Kütük Dinçel, 2024).

Çizelge 2.8. Türkiye’de 2010-2022 yılları arasında aspir ekim alanı, üretim miktarı ve verimi (Kütük ve Dinçel, 2024)

Yıllar	Ekim alanı (da)	Üretim (ton)	Verim (kg/da)
2010	135.000	26.000	193
2011	131.668	18.228	138
2012	155.918	19.945	128
2013	292.920	45.000	154
2014	443.050	62.000	140
2015	431.071	70.000	162
2016	395.710	58.000	147
2017	273.762	50.000	183
2018	246.932	35.000	142
2019	158.601	21.883	138
2020	151.150	21.325	141
2021	145.882	16.200	111
2022	262.375	30.000	114

Türkiye’de aspir üretimi özellikle Orta Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde yoğunlaşmaktadır. Bu bölgeler, kurak ve yarı kurak iklim koşullarına sahip olmaları nedeniyle aspir tarımı için elverişli alanlar sunmaktadır (Çizelge 2.9).

Çizelge 2.9. Türkiye il bazlı aspir ekim alanı, üretim miktarı ve verimi (Kütük ve Dinçel, 2024)

İl	Ekim Alanı (da)	Üretim Miktarı (ton)	Verim (kg/da)
Kayseri	78.185	8.234	105
Ankara	38.296	4.185	109
Konya	29.675	3.598	121
Isparta	21.332	2.584	121
Aksaray	19.615	2.408	123
Nevşehir	17.652	2.076	118
Kırşehir	10.524	1.776	169
Kırıkkale	6.230	611	98
Çankırı	5.246	543	104
Afyonkarahisar	4.857	663	137

Türkiye’de artan nüfus ve buna bağlı olarak artan yağ talebi, ithalatı zorunlu kılmıştır. Günümüzde petrolden sonra en büyük ithalat kalemini bitkisel yağ kaynaklı ürünler oluşturmaktadır (Şenates ve Erbaş, 2020). Aspir, kuraklığa dayanıklı yapısı ve münavebe sistemine uygunluğu sayesinde, bitkisel kaynaklı yağ ihtiyacını karşılamada önemli bir alternatif olarak öne çıkmaktadır. İçeriğinde bulunan zengin bileşikler, aspir bitkisinin ülkemizde pek çok farklı alanda kullanılmasını sağlamaktadır (İçen ve Karaaslan, 2019).

2019 yılı verilerine göre, Türkiye’nin milli ve yerli yağ üretimi, ülke ihtiyacının yalnızca üçte birini karşılayabilmektedir. Bu durum, dış ticarete ayrılan bütçede ciddi ekonomik kayıplara yol açmaktadır (Arslan ve Culpan, 2020). Aspir, yüksek yağ oranı ve beslenme ile endüstriye uygun kullanımı sayesinde, biyoteknolojik yaklaşımlar aracılığıyla ülkemizin yağ ithalatına harcanan maliyetlerini azaltabilecek ve bitkisel yağ ihtiyacına bağlı sorunlara çözüm sunabilecek bir alternatif olarak öne çıkmaktadır (Bayramin, 2006).

Kuraklığa ve sıcaklığa dayanıklılığı, farklı iklim bölgelerine uyum sağlayabilmesi ve diğer tarımsal ürünlere kıyasla daha kolay yetiştirilebilmesi, aspir bitkisinin avantajlarını artırmaktadır. Ayrıca, zararlı organizmalar ve hastalık etkenlerinin aspir bitkisine daha az zarar vermesi, ilaçlama maliyetlerini düşürmekte ve ekonomik açıdan avantaj sağlamaktadır. Bu özellikler, aspir bitkisinin ülkemizin yağ ihtiyacını karşılamada ve ithalat kaynaklı döviz kaybını azaltmada önemli bir rol üstlenmesini mümkün kılmaktadır (Yılmaz vd., 2015).

Bunun yanısıra Koç vd. (2010), Türkiye’de farklı aspir hatlarının verim, kalite ve morfolojik özelliklerini incelemiş, tohum verimi ve ham yağ oranları arasında pozitif bir

ilişki bulunduğunu tespit etmişlerdir. Bu sonuçlar, Türkiye'deki aspir üretiminin verimliliği artırmaya yönelik stratejik öneme sahip olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak, hem dünya genelinde hem de Türkiye'de aspir üretimi, sürdürülebilir tarım ve gıda güvenliği açısından stratejik bir öneme sahiptir. Türkiye, yerli genotip geliştirme çalışmaları sayesinde aspir üretimindeki payını artırma potansiyeline sahiptir. Aspir bitkisinin düşük su gereksinimi, çok yönlü ekonomik değeri ve yüksek adaptasyon kabiliyeti, hem biyodizel üretimi hem de gıda sanayisinde sürdürülebilir kalkınmayı destekleyebilir.

2.3.6.3. Yerli aspir çeşitleri

Türkiye'de tescillenmiş yerli aspir çeşitleri, üretim potansiyelini artırmak amacıyla geliştirilmiştir. Bu çeşitlerden en dikkat çeken **Safir** olup, yüksek linoleik asit içeriği ve yağ verimi ile öne çıkmakta olup, Dinçer 5-18-1 ve Montola 2000 çeşitlerinin melezlenmesiyle geliştirilmiş ve 2019 yılında tescil edilmiştir (Baydar ve Erbaş, 2020).

Diğer önemli çeşitler arasında **Göktürk**, **Remzibey** ve **Yenice** bulunmaktadır (Şeker, 2019).

2.3.7. Aspir'in tarımsal avantajları ve adaptasyon

2.3.7.1. Kuraklık toleransı

Aspir bitkisi, geniş ve derin kök sistemine sahip olması sayesinde kurak koşullara yüksek adaptasyon gösterebilen nadir bitki türlerinden biridir. Derin kazık kök yapısı, toprağın 3 metre derinliğine kadar inerek suyu ve besin maddelerini alabilmesine olanak tanır (Ghanbari vd., 2020).

Su Kullanım Verimliliği: Aspir, kurak ve yarı kurak bölgelerde su kıtlığına rağmen gelişimini sürdürebilir. Bu özelliği, özellikle Orta Anadolu gibi düşük yağış alan tarım bölgelerinde önemli bir avantaj sağlamaktadır (Arslan vd., 2012).

Su Tasarrufu: Aspir, buğday ve ayçiçeği gibi yağlı tohumlu bitkilere kıyasla daha az suya ihtiyaç duyar. Bu durum, sınırlı su kaynaklarının etkin kullanımı açısından

tarımsal sürdürülebilirlik için büyük bir fırsat sunmaktadır (Dordas ve Sioulas, 2008) (Çizelge 2.10).

Çizelge 2.10. Kuraklık toleransı olan yağlı tohum bitkilerinin su gereksinimleri (Arslan vd., 2012; Dordas ve Sioulas, 2008)

Bitki Türü	Su Gereksinimi (mm)	Kuraklık Toleransı
Ayçiçeği	500-700	Orta
Soya	700-900	Düşük
Aspir (<i>C. tinctorius</i>)	300-400	Yüksek

Son yıllarda yapılan çalışmalarda, hidropriming uygulamalarının aspir bitkisinin tohum çimlenmesi, kök gelişimi ve antioksidan biyomarkerları üzerindeki olumlu etkileri belirlenmiştir. Karabakan (2017), hidropriming yönteminin aspir bitkisinin kurak koşullara adaptasyon yeteneğini artırabileceğini, bunun biyokimyasal değişimlerle desteklendiğini ortaya koymuştur.

Aspir, kuraklık toleransı ve su kullanım verimliliği açısından tarımsal üretimde stratejik bir konumda yer almaktadır. Bu nedenle, aspir tarımı, özellikle iklim değişikliğinin getirdiği kuraklık tehdidine karşı sürdürülebilir tarımsal sistemler için umut vadetmektedir (Kaya vd., 2019).

2.3.7.2. Tuzluluk toleransı

Tarım alanlarının tuzlulaşması, dünya genelinde tarımsal üretim için önemli bir sorun haline gelmiştir. Aspir (*C. tinctorius* L.), orta düzeyde tuzlu topraklara dayanıklılığı ile bu soruna çözüm sunan stratejik bir bitkidir.

Orta Tuzluluk Toleransı: Aspir, toprak tuz konsantrasyonu yüksek olan bölgelerde dahi sağlıklı büyüme gösterebilen bir bitkidir. Özellikle ılıman iklim koşullarında yapılan çalışmalar, aspirin 2-3 dS/m değerine kadar olan tuz konsantrasyonlarında gelişimini sürdürebildiğini ortaya koymuştur (Bassil ve Kaffka, 2002; Baran ve Andırman, 2019a).

Tuzluluk Stresine Adaptasyon: Aspir, tuzluluğa karşı gösterdiği adaptasyon mekanizması sayesinde kök sistemi aracılığıyla iyon dengesini düzenler ve osmotik stresin etkilerini minimize eder (Bassil ve Kaffka, 2002) (Çizelge 2.11).

Çizelge 2.11. Tuzluluğa toleranslı yağlı tohum bitkilerinin tuz toleransı değerleri (Baran ve Andırman, 2019a; Dordas ve Sioulas, 2008)

Bitki Türü	Tuz Toleransı (dS/m)	Tuz Toleransı Seviyesi
Aspir (<i>C. tinctorius</i>)	2–3	Orta
Kanola (<i>Brassica napus</i>)	4–6	Orta-Yüksek
Soya (<i>Glycine max</i>)	1–2	Düşük

Bazı Aspir çeşitleri üzerine geçtiğimiz yıl yapılan bir çalışmada Çavumirza ve Demir (2023), farklı tuz konsantrasyonlarının Linas, Olas ve Balcı aspir çeşitlerinin çimlenme ve fide çıkışı üzerindeki etkilerini incelemişler ve Linas çeşidinin tuz stresi altında diğer çeşitlere oranla daha iyi performans gösterdiğini rapor etmişleridir. Bu durum, aspir bitkisinin tarımsal üretimde stres koşullarına adaptasyon yeteneğini artırabileceğini göstermektedir.

Aspirin orta düzeyde tuzluluk toleransı, özellikle sulama suyu ve toprak tuzluluğunun arttığı yarı kurak tarım alanlarında alternatif bir yağlı tohum bitkisi olarak öne çıkmasını sağlamaktadır. Bu özelliği, tarımsal üretim sistemlerinin sürdürülebilirliğine katkı sunmakla birlikte, küresel iklim değişikliği ile mücadelede önemli bir rol oynayabilir (Eslami vd., 2014).

2.3.7.3. Hastalık ve zararlılara dayanıklılık

Aspir bitkisi sahip olduğu genetik yapı ve stres koşullarına adaptasyon yeteneği sayesinde, diğer yağlı tohumlu bitkilere kıyasla hastalık ve zararlılara karşı daha dirençlidir. Özellikle kuru tarım alanlarında yetiştirilebilmesi, patojen baskısının nispeten düşük olduğu bölgelerde üretim avantajı sunmaktadır (Kütük Dinçel, 2024).

Özellikle:

Fungal Hastalıklara Tolerans: Aspir, kök çürüklüğü (*Fusarium spp.*, *Rhizoctonia spp.*) ve yaprak lekesi (*Alternaria carthami*) gibi fungal hastalıklara karşı orta düzeyde tolerans göstermektedir. Ancak uzun süreli nemli koşullarda patojen baskısı artabilir ve kontrol önlemleri gerekebilir (Yılmaz vd., 2015).

Bu özellik, aspir bitkisinin üretim maliyetlerini düşürmekte ve çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır.

2.3.8. Mikroçoğaltım teknikleri ve biyoteknolojik yöntemler

2.3.8.1. Mikroçoğaltımın temel prensipleri

Mikroçoğaltım, modern biyoteknolojide bitkilerin hızlı ve sağlıklı çoğaltılması için kullanılan önemli bir tekniktir. Bu süreç, aseptik koşullar altında gerçekleştirilir ve kontaminasyonu önlemek için steril tekniklerin uygulanması temel bir prensip olarak kabul edilir (George vd., 2008). Mikroçoğaltım süreci aslında küçük bir alandan maksimum verim alma avantajını içinde barındırır. Karakoyun vd. (2023), bitki biyoteknolojisi yöntemlerinin küçük ölçekli alanlarda hammadde üretimini artırarak yiyecek ihtiyacını karşılamak için kritik bir çözüm sunduğunu, mikroçoğaltım gibi biyoteknolojik uygulamaların karbonhidrat, protein ve lipit üretiminde büyük potansiyele sahip olduğunu rapor etmişlerdir. Mikroçoğaltımın başarısında, uygun eksplant seçimi de kritik bir rol oynar. Genellikle bitkinin genç ve aktif büyüme gösteren dokuları tercih edilir, çünkü bu dokuların hücre bölünme ve farklılaşma kapasiteleri daha yüksektir (Gautheret, 1985). Örneğin Ahmed vd. (2011), hurma ağaçlarının tohumlarından itibaren somatik embriyogenez ve organogenez yoluyla *in vitro* tekniklerle başarıyla mikroçoğaltıldığını rapor etmiştir.

Mikroçoğaltım sırasında kullanılan besi ortamlarının bileşimi ve tipi de bitki türüne ve hedeflenen üretim amacına göre özelleştirilir. Bu ortamlar, uygun büyüme hormonları ve besin maddeleri içermeli, bitki dokularının optimum büyüme ve farklılaşma göstermesi için gerekli koşulları sağlamalıdır (Murashige ve Skoog, 1962). Yine Ahmed vd. (2011), hurma ağaçlarının mikroçoğaltım sürecinde sıvı kültür sistemlerinin verimi artırdığını ve geleneksel yöntemlere göre 17 kat daha fazla embriyo üretildiğini belirtmişlerdir.

Mikroçoğaltım, bitki dokularının steril koşullarda laboratuvar ortamında kültüre edilerek genetik olarak özdeş (klonal) bitkiler üretilmesini sağlayan bir *in vitro* bitki üretim tekniğidir. Bu yöntem, özellikle hızlı ve kitlesel üretim gerektiren durumlarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Örneğin Kikowska vd. (2022), koruma altındaki türlerin sürdürülebilir üretimine yönelik gerçekleştirdikleri çalışmada *Linnaea borealis* türünün sıvı kültür ve geçici daldırma biyoreaktör sistemleri kullanılarak mikroçoğaltıldığını ve eksplant başına yüksek proliferasyon oranları elde edildiğini rapor etmişlerdir. Mikroçoğaltımın avantajları arasında yüksek verim, genetik stabilite, hastalıklardan arındırılmış bitki üretimi ve nadir veya ekonomik değeri yüksek bitkilerin

çoğaltılması yer almaktadır. Sezgin ve Kapdan (2019), Türkiye'de tıbbi amaçlarla kullanılan çeşitli bitki taksonlarının yayılım, üreme ve ıslah çalışmalarını inceledikleri çalışmalarında, *in vitro* organogenez ve somatik embriyogenez gibi biyoteknolojik yöntemlerin, bitkilerde yeterli miktarda üretim ve istenen verimi sağlamak için kritik olduğunu belirtmiş; ayrıca, tıbbi ve aromatik bitkilerin kitlesel ve klonal yayılımında *in vitro* çoğaltım tekniklerinin sağladığı önemli potansiyeli vurgulamıştır. Mishra vd. (2024), mikroçoğaltım tekniklerinin bitkilerin ve bitkisel ürünlerin kaliteli üretimini artırmak için kritik bir rol oynadığını belirtmiştir. Tez konumuzu oluşturan *Carthamus tinctorius* L. bitkisinde ise yarı katı ortamda yapılan bazı doku kültürü çalışmaları aşağıda sunulmuştur.

George ve Rao (1982), üç farklı aspir çeşidinin hipokotil ve kotiledon eksplantlarının, MS ortamında büyüme düzenleyiciler ile kültüre alındığını rapor etmiştir. Çalışmada, iki varyetenin (NP-9 balck ve TH-9 black) sürgünlerinin başarılı şekilde köklendirildiği ve doku kültürü tekniklerinin aspir genotiplerini geliştirmede etkili bir araç olduğu belirtilmiştir.

Mandal ve Gupta (2003), *Carthamus tinctorius* L. kültüründe kotiledon eksplantlarından oksin türleri ve konsantrasyonlarının somatik embriyogenez oluşum aşamasına etkilerini incelemiştir. Çalışmada, oksinlerin (2,4-D, IBA, NAA, IAA) yarı katı MS ortamında somatik embriyo adedi, çimlenme, indüksiyon ve gelişim aşamaları üzerinde kayda değer etkileri olduğu tespit edilmiştir. Özellikle, somatik embriyo oluşum frekansının 2 mg/L NAA ile desteklenen MS besi ortamında en uygun sonuç verdiği, yine 2 mg/L IAA içeren MS besi ortamında ise embriyo gelişiminin maksimum düzeye ulaştığı rapor edilmiştir.

Fan ve Guo (2013), Balcı aspir çeşidinin düşük rejenerasyon oranı nedeniyle uygun bir doku kültürü protokolünün geliştirilmesine ihtiyaç duyulduğunu rapor etmişlerdir.

Bu çalışmadan tam bir yıl sonra Özdemir ve Türker (2014), Balcı aspir çeşidinin *in vitro* mikroçoğaltımı için sürgün ucu eksplantlarını 0.25-2 mg/L BAP ve 0.25-1 mg/L NAA içeren MS ortamında kültüre almışlardır. En yüksek sürgün çoğaltımı, 0.50 mg/L BAP + 0.25 mg/L NAA içeren ortamda elde edilmiştir. Rejenere edilmiş sürgünler, 1 mg/L IBA içeren MS ortamında başarılı bir şekilde köklendirilmiştir.

Yaman (2014), aspir çeşitlerinin farklı gama radyasyon dozlarına verdiği tepkileri incelemiştir. Çalışma, 200-400 Gy dozları arasında genetik çeşitlilik ve mutasyon oluştuğunu, bunun da aspir bitkisinin tarımsal adaptasyon ve verim

potansiyelini artırabileceğini ortaya koymuştur. Özellikle, belirli hormon uygulamalarıyla adventif sürgün rejenerasyonunun artırılacağı rapor edilmiştir.

Yine yakın tarihli bir diğer çalışmada ise Akbaş ve Birecikli (2018), Balcı aspir çeşidinin mikroçoğaltımı ve köklendirme üzerine sitokin (BAP ve Kin) ile oksinlerin (NAA ve IAA) etkilerini incelemiştir. Çalışmada, farklı konsantrasyonlardaki BAP ve Kin içeren MS ortamında sürgün çoğaltımı gerçekleştirilmiş, ardından NAA ve IAA ile köklendirme sağlanmıştır. Elde edilen sonuçlar, BAP ve NAA kombinasyonlarının sürgün gelişimi üzerinde olumlu etkiler yarattığını göstermiştir.

Son yıllarda, mikroçoğaltım yöntemleri arasında yukarıda örnekleri verilen yarı katı besi ortamlarının kullanıldığı geleneksel çoğaltım yöntemlerinin yanı sıra, geçici TIS gibi yenilikçi teknikler ön plana çıkmıştır. TIS, bitki dokularının aralıklı olarak sıvı besin ortamına daldırıldığı ve bu sayede dokuların besin maddeleri ile oksijeni daha etkin şekilde almasını sağlayan bir biyoreaktör sistemidir. Bu sistem, vitrifikasyon oranını azaltarak kültürlerin sağlıklı gelişimini desteklemekte, iş gücünü ve maliyetleri düşürmektedir. Özellikle ekonomik öneme sahip bitkilerde, TIS'in kullanımıyla elde edilen başarılı sonuçlar literatürde geniş yer bulmaktadır (Tilkat vd., 2014; Aka Kaçar vd., 2019; 2020).

Sonuç olarak, mikroçoğaltım hem geleneksel hem de yenilikçi yöntemlerle bitkisel üretimde geniş bir uygulama alanına sahiptir. Geçici daldırma biyoreaktör sistemleri, mikroçoğaltımın geleceğinde önemli bir yer tutmakta ve aspir gibi bitkilerde yeni protokollerin geliştirilmesi için umut vadetmektedir.

2.3.9. Geçici daldırma biyoreaktör sistemleri ve kullanım alanları

2.3.9.1. TIS sistemlerinin prensipleri ve avantajları

Geçici daldırma biyoreaktör sistemleri, bitki mikroçoğaltımında kullanılan yenilikçi biyoteknolojik araçlardır. Bu sistemler, bitki eksplantlarının belirli aralıklarla sıvı besin ortamına daldırılması ve ardından hava ile temas ettirilmesi prensibiyle çalışır. Bu yöntem, sürekli sıvı kültürlerde yaygın olarak görülen hiperhidrisite (aşırı su tutulumu) ve oksijen yetersizliği gibi sorunları en aza indirir (Etienne ve Berthouly, 2002; Georgiev vd., 2014; Hwang vd., 2022).

Geçici daldırma biyoreaktör sistemleri, bitki mikroçoğaltımında etkinliği artırmak için son yıllarda giderek daha fazla kullanılmaktadır. Bu sistemler, yalnızca

hiperhidrisite gibi geleneksel sıvı kültürlerin neden olduğu sorunları çözmekle kalmaz, aynı zamanda süreçlerin otomasyonuna da olanak tanır. Örneğin, Garcia-Ramirez, (2023), geçici daldırma biyoreaktör sistemlerini orman bitki türlerinin *in vitro* organogenez yoluyla çoğaltılması bağlamında incelemiş ve bu sistemlerin global bitki üretim talebine etkili bir çözüm sunduğunu belirtmiştir. Ayrıca, bu sistemlerin üretim maliyetlerini düşürdüğü ve sürdürülebilir bitki üretimi için önemli katkılar sağladığı vurgulanmıştır.

TIS'in başlıca avantajları arasında, besin ve oksijen temininin optimize edilmesi yer alır; bu da bitki büyüme oranlarını ve kaliteyi artırır. Sistem ayrıca, kültür ortamı ile bitki materyali arasında daha uniform bir temas sağlar, bu da hiperhidrisite gibi fizyolojik bozuklukların azalmasına katkıda bulunur. Sistemin tasarımı, bitkiler tarafından salınan toksik bileşiklerin seyreltilmesine de olanak tanıyarak daha sağlıklı kültürlerin oluşumunu destekler (Ziv, 1991; Georgiev vd., 2014; Hwang vd., 2022).

Ahmed vd. (2017), geçici daldırma biyoreaktör sisteminin hurma ağacı rejenerasyonunda ideal sonuçlar elde etmek için kullanıldığını, eksplantların sıvı besin ortamına aralıklı olarak temasını sağlayarak sürgün üretimini ve köklenme oranlarını arttırdığını rapor etmiştir.

Bello-Bello vd. (2021), geçici daldırma biyoreaktör sistemlerinin bitki mikroçoğaltımında verimliliği artırdığını ve geleneksel yöntemlere kıyasla maliyet avantajları sunduğunu ve pitahaya bitkisinde geçici daldırma tekniklerinin genetik ve fizyolojik kaliteyi artırdığını belirtmişlerdir.

Yarı katı besin ortamlarının kullanıldığı geleneksel mikroçoğaltım yöntemleri, küçük ölçekli üretimlerde uygulanabilirliği ve kontaminasyon kontrolü açısından avantaj sağlasa da, besinlerin homojen dağılımının sınırlı olması ve ölçek büyütme zorlukları gibi dezavantajlar taşır. Buna karşılık, geçici daldırma biyoreaktör sistemleri, daha yüksek verimlilik, ekonomik ölçeklenebilirlik, sürdürülebilirlik ve modern tarımsal ihtiyaçlara yanıt verme açısından üstünlük göstermektedir (Ozden vd., 2010; Garcia-Ramirez vd., 2023; Méndez-Hernández ve Loyola-Vargas, 2024). Örneğin Aka Kaçar vd. (2020), Türkiye'nin süs bitkileri yetiştiriciliği için sunduğu uygun koşulları ve biyoteknolojik yöntemlerin bu alandaki önemini vurguladıkları çalışmalarında iç mekan bitkisi *Spathiphyllum* 'Chico' genotipinin mikroçoğaltımı ve köklendirilmesi için hem klasik doku kültürü sistemi hem de geçici daldırma biyoreaktör sistemini (Plantform) kullandıklarını, deneylerde 1 mg/L BAP içeren MS besin ortamının mikroçoğaltım için, 1 mg/L IBA içeren MS besin ortamının ise köklendirme için rapor etmişlerdir. Araştırmacılar

ayrıca her iki sistemin de başarılı sonuçlar verdiğini ve SRAP markörleriyle yapılan analizlerde çoğaltılan bitkilerde genetik farklılık bulunmadığını da bildirmişlerdir.

Ahmadian vd. (2017), karanfil bitkisinin mikro çoğaltımında Geçici Daldırma Biyoreaktörü (TIB) ve katı kültür ortamlarını karşılaştırmış, TIB kullanılarak sürgün üretiminde 10 kat artış sağlandığını, 3 mg/L BAP konsantrasyonunda TIB ortamında yeni sürgün sayısının 14,3 iken aynı koşullarda katı ortamda sadece 5,7 olarak gözlemlendiğini bildirmişlerdir. Ayrıca, 1 mg/L IBA ile TIB'de köklenme indüksiyonu başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiş ve köklerin uzunluğu (6,87 cm) ile kök sayısında (4,6) üstünlük sağladığını ve maliyetleri düşürdüğünü rapor etmiştir. Nongdam vd. (2023), TIS'in orkide üretiminde SS sistemine kıyasla düşük maliyet, yüksek çoğaltma oranı ve otomasyon avantajları sağladığını vurgulamıştır. TIS'in hem ticari üretim hem de orkidelerin korunması için etkili bir araç olduğu belirtilmiştir. Yine Rosales vd. (2018) ise, *Stevia rebaudiana*'nın geçici daldırma biyoreaktör sistemlerinde mikroçoğaltımını sağladıkları bitkilerin daha güçlü yapraklar ve daha yüksek çoğalma oranlarına sahip olduklarını, bu nedenle bu yöntemin endüstriyel üretim için uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Bir diğer çalışmada Monja-Mio vd. (2021), geçici daldırma biyoreaktör sistemlerinin (TIS), mikroçoğaltım süreçlerinde yarı katı-katı doku kültürü sistemine kıyasla daha yüksek kaliteli sürgün üretimi sağladığını ve RITA® biyoreaktörünün bitki boyu, yaprak sayısı ve büyüme indeksi açısından geleneksel yöntemlere göre daha etkili olduğunu rapor etmişlerdir.

Ek olarak, TIS, büyük ölçekli bitki üretimi için ölçeklenebilirlik sunarak, geleneksel yarı katı kültür yöntemlerine kıyasla maliyet etkin bir alternatif oluşturur. Bu bağlamda Pereira vd. (2024), geçici daldırma biyoreaktör sistemlerinin düşük üretim maliyetleri ve yüksek verimlilik sağladığını ve TIS'in ekonomik açıdan önemli bitkilerin seri üretimi için etkili bir yöntem olduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca bu sistemin, süs bitkileri ve tıbbi bitkiler de dahil olmak üzere çeşitli bitki türlerinin etkin kitlesel çoğaltımında başarılı bir şekilde uygulandığı gösterilmiştir (Tilkat vd., 2014; De Carlo vd., 2021; Hwang vd., 2022).

2.3.9.2. TIS sistemlerinin uygulamaları

TIS sistemleri ekonomik değeri yüksek birçok bitki türünün kitlesel üretiminde ve ikincil metabolit üretiminde etkili bir yöntem olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır.

Özellikle muz, orkide ve patates gibi bitkilerde TIS'in başarılı bir şekilde uygulandığı ve hızlı çoğaltım sağlaması, üretim maliyetlerini düşürmesi gibi avantajlarının olduğu rapor edilmiştir (Etienne ve Berthouly, 2002; Baltazar-Bernal vd., 2024). Örneğin, *Spathiphyllum* bitkisinin mikroçoğaltımında TIS kullanımı, bitki boyu, yaş ve kuru ağırlık açısından katı kültür sistemlerine göre daha iyi sonuçlar vermiştir (Aka Kaçar vd., 2020)

Murthy vd. (2023), bitki mikroçoğaltımının tarım, bahçecilik ve ormancılık gibi büyük ölçekte bitki üretimi yapılan alanlara başarıyla adapte edildiğini vurgulamışlardır. Araştırmacılar, sıvı ortamların kullanımı ve biyoreaktör adaptasyonlarının sağlıklı bitki üretimini hızlandırdığını belirtmişlerdir. Bu bağlamda, sıvı fazlı, gaz fazlı, geçici daldırma ve modifiye edilmiş biyoreaktör sistemlerinin bitki çoğaltımı için geniş bir kullanım alanına sahip olduğu ifade edilmiştir.

TIS'in bir diğer önemli uygulama alanı, tıbbi ve aromatik bitkilerde ikincil metabolit üretimidir. Bu sistem, kültür koşullarını optimize ederek, tıbbi bitkilerden elde edilen biyolojik aktif bileşiklerin üretim miktarını artırmayı mümkün kılmaktadır. Bu sistem, üretim süreçlerini optimize ederek tıbbi bitkilerden elde edilen biyolojik aktif bileşiklerin ticari kullanımını desteklemektedir (Jang vd., 2016). Örneğin, *Salvia officinalis* L. bitkisinde TIS ve jasmonik asit uygulamaları, toplam fenolik, flavonoid ve antioksidan madde miktarlarını artırmıştır (Yıldırım, 2022). De Carlo vd. (2021), geçici daldırma sistemlerinin ikincil metabolit üretimi ve biyoaktif bileşiklerin geliştirilmesinde önemli avantajlar sunduğunu bu sistemlerin, özellikle tarımsal üretimde sürdürülebilirlik açısından önem arz ettiğini rapor etmiştir.

Sonuç olarak, TIS sistemleri, hem ekonomik açıdan değerli bitkilerin kitlesel üretimini desteklemekte hem de tıbbi bitkilerdeki ikincil metabolitlerin üretimini artırarak bu alandaki araştırmalara önemli katkılar sağlamaktadır. Sistemin sunduğu ölçeklenebilirlik ve düşük maliyet avantajları, TIS'i modern biyoteknolojik uygulamalarda vazgeçilmez bir araç haline getirmektedir.

2.3.9.3. Geçici daldırma biyoreaktör sistem tipleri

Geçici daldırma biyoreaktör sistemleri, farklı tasarım ve uygulama özellikleriyle çeşitli bitki türlerinin çoğaltımı ve metabolit üretimi için optimize edilmiştir. Yaygın olarak kullanılan TIS sistem tipleri şunlardır:

Geçici daldırma biyoreaktör sistemleri, bitki mikroçoğaltımı ve ikincil metabolit üretimi için tasarlanmış yenilikçi sistemlerdir. Farklı tasarım ve uygulama özelliklerine sahip olan bu sistemler, bitki biyoteknolojisinde geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Şekilde açıklanan sistemlerle uyumlu olarak, yaygın olarak kullanılan TIS sistem tipleri aşağıda sunulmuştur:

1- RITA® (Recipient for Automated Temporary Immersion) Sistemi: Bitki materyali ve sıvı besi ortamı için iki bölmeden oluşan tek odacıklı bir sistemdir. Yani iki bölmeli tek bir kap kullanılarak kültür materyali belirli aralıklarla besin çözeltisine daldırılır. Meyve bitkileri, süs bitkileri ve tıbbi bitkilerin klonal çoğaltımı, modern tarım ve bitki biyoteknolojisinde yaygın bir uygulamadır. Bu yöntem özellikle yaban mersini ve erik gibi düşük çalı ve meyve türlerinde sıklıkla tercih edilmektedir (Akyüz Çağdaş vd., 2024). Ayrıca muz ve kenevir mikroçoğaltımı için başarılı çoğaltım protokolleri rapor edilmiştir (Abdulmalik vd., 2021; Rico vd., 2022). Bir diğer güncel örnekte Alonso Armas Silva vd. (2023), RITA biyoreaktörlerinde *C. sativa* apikal meristemlerinin çoğaltılması için bir protokol geliştirmişler ve geçici daldırma sistemlerinin kenevir üretiminde kitlesel çoğaltım için umut vadettiğini vurgulamışlardır.

2- Ram, SETIS™, Plantima ve Plantform™ Sistemleri:

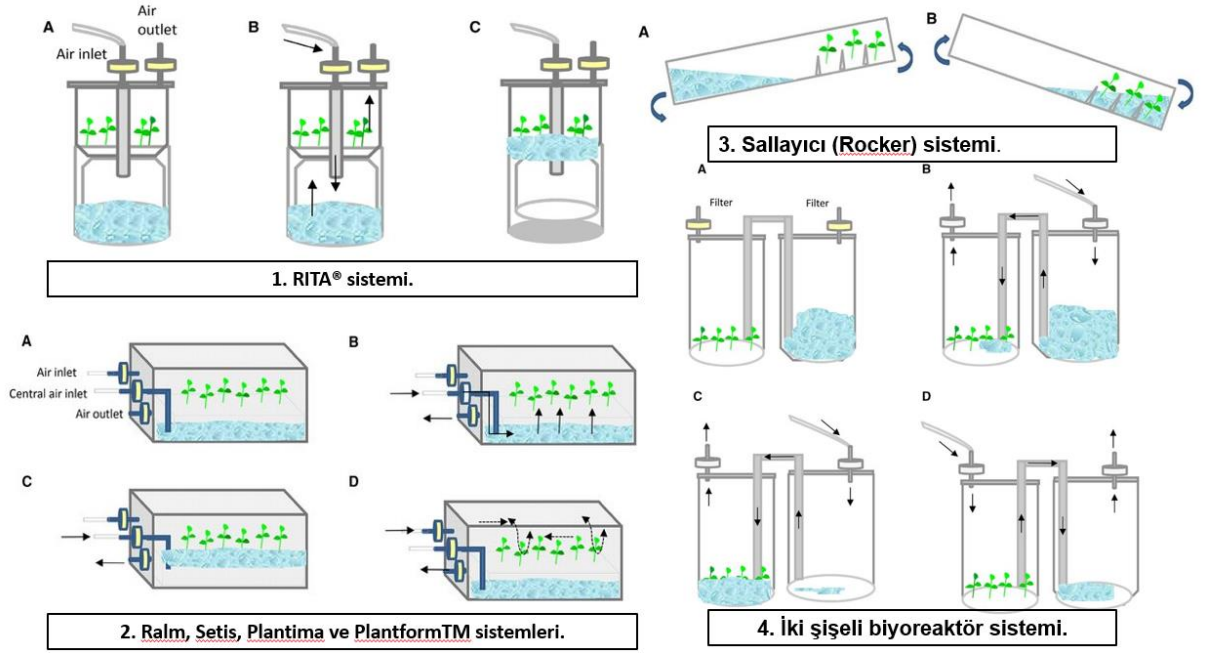
Plantform™ Sistemi: Yeni nesil bu sistemler, CO₂ zenginleştirme gibi ek özelliklerle donatılmıştır. Odunsu bitkiler, süs bitkileri ve tıbbi türler için uygundur. Sistem, biberden sedir ağaçlarına kadar geniş bir bitki yelpazesinde kullanılarak kitlesel üretim için etkin çözümler sunmaktadır (Dagman, 2019). Aka Kaçar vd. (2019), TIS'da yeni bir uygulama olan PlantForm biyoreaktörünü değerlendirdikleri çalışmalarında, mersin bitkisi (*Myrtus communis*) için PlantForm ile yarı katı agar ortamını karşılaştırmışlar ve PlantForm sisteminin agar ortamına kıyasla hem mikroçoğaltma hem de köklendirme aşamalarında daha yüksek başarı sağladığını ve iş gücü, maliyet ve zaman açısından önemli avantajlar sunduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca çalışma ile PlantForm biyoreaktörünün, kitlesel üretim için geleneksel *in vitro* tekniklere etkili bir alternatif sunduğu belirtilmiştir. Bunların yanı sıra *Pistacia lentiscus* ve *Schisandra chinensis* türlerinde kullanılmıştır (Mahmoudi vd., 2020; Szopa vd., 2017).

SETIS™ Sistemi: SETIS™ sistemi de aynı mantık içerisinde bitki dokularının sıvı ortamla belirli aralıklarla temasını sağlayarak yüksek verimlilik ve düşük maliyet

avantajı sunar (Şekil 2.8.). Gaz değişimi ve sıvı akışı için sensörlerle donatılmış, modüler ve ileri otomasyona sahip bir sistemdir. Büyük ölçekli çoğaltım ve ikincil metabolit üretimi için tercih edilmektedir. *Stevia rebaudiana* bitkisi üzerinde yapılan çalışmalarda, BIT ve TIS sistemlerine kıyasla SETIS'in bazı durumlarda daha verimli olduğu gösterilmiştir (Rosales vd., 2018).

3-Rocker Sistemi: Mekanik olarak eğilen kaplar sayesinde, besin ortamı kültür dokuları ile temas eder. Bu sistem, *Solanum tuberosum* (patates) gibi bitkilerde mikro yumru üretiminde etkili bir çözüm sunmaktadır (Georgiev vd., 2014).

4- BIT® (Twin-Flask-İki Şişeli Biyoreaktör) Sistemi: BIT Sistemi, diğer adıyla Twin-Flask Sistemi, besin çözeltisinin kontrollü bir şekilde dokularla temasını sağlayarak, özellikle kök gelişimi ve bitki başına üretim verimliliği artırılmasında etkili bir yöntemdir. Sistem, iki bölmeli bir kap kullanılarak besin ortamının kültür kabına kontrollü geçişini sağlar. Besin çözeltisi için bir şişe ve bitki kültürü için başka bir şişe olmak üzere iki bağlantılı şişeden oluşur. (Wongsa vd., 2023). *Theobroma cacao* embriyoları gibi dokuların çoğaltılmasında etkinliği kanıtlanmış bu sistem, kök gelişimi ve bitki başına üretim verimliliğinde olumlu etkiler sunar (Georgiev vd., 2014). *Stevia rebaudiana* ve *Digitalis* türlerinde kullanılır. Örneğin Rosales vd. (2018), BIT Sistemi kullanılarak *Stevia rebaudiana* bitkisinin kök gelişiminde daha uzun köklerin elde edildiğini ve SETIS (Şekil 2.8.) ve Platform sistemlerine (Şekil 2.8.) kıyasla farklı bitki türlerinde bu sistemin avantajlı olduğunu bildirmiştir. Bu sistem, özellikle ekonomik verimlilik ve geniş ölçekli mikroçoğaltım için tercih edilen bir yöntem olarak öne çıkmaktadır.

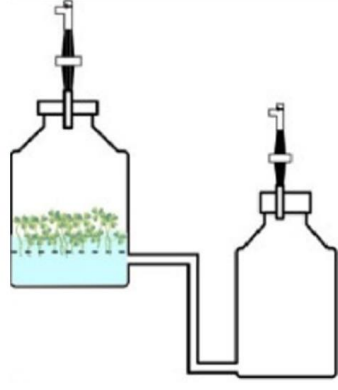


- 1. RITA® Sistemi:** **A.** Pompa kapalı; **B.** Hava itişiyile ortam hareket eder; **C.** Aşırı basınç ortamı yukarı iter; **D.** Ortam yerçekimiyle aşağı iner.
- 2. Ralm, Setis, Plantima, Plantform™:** **A.** Ortam alt bölmededir; **B.** Hava pompalanır; **C.** Ortam eksplantları daldırır; **D.** Hava yan filtrelerden geçer, ortam yer değiştirmez.
- 3. Rocker Sistemi:** **A.** Kap açısı ortamı ayırır; **B.** Hareketle eksplantlar daldırılır.
- 4. Twin-Flask (İkili Şişe) Biyoreaktör Sistemi:** **A.** Ortam ayrı bir şişededir; **B.** Hava ortamı kültür kabına taşır; **C.** Ortam eksplantları daldırır; **D.** Hava ortamı boş şişeye taşır.

Şekil 2.8. Farklı TIS biyoreaktör sistem tipleri (Garcia-Ramirez, 2023)

Bunların yanısıra diğer geçici daldırma Biyoreaktör Tipleri de mevcuttur. Bunlara da kısaca değinmek gerekirse;

5- Ebb and Flow Sistemleri: Bu sistemler ise, diğer dört sistemden farklı olarak, tasarımında büyük kültür kabına sıvı çözeltinin belirli aralıklarla taşınmasını sağlar. Özetle sıvının büyük bir kültür kabına girip çıkmasını sağlayan bir sistemdir. Bu sistem, sürgünler ve protokorm benzeri yapılar (PLB) gibi bitki dokularının çoğaltımında etkinliği ile dikkat çeker. Şekil 2.9'da gösterilen diğer TIS sistemlerine ek olarak, bu basit tasarımlı sistem, farklı bitki türlerinin mikroçoğaltımı için ekonomik ve kullanıcı dostu bir seçenek olarak öne çıkar (Aka Kaçar vd., 2020). Örnek olarak Pitahaya (*Hylocereus undatus*) bitkisinde **Ebb and Flow** geçici daldırma sistemleri kullanımının genetik ve fizyolojik kaliteyi artırdığı ve ticari mikro çoğaltım için büyük ölçekli üretimi mümkün kılan bir çoğaltım protokolü rapor edilmiştir (Bello-Bello vd., 2021).



Şekil 2.9. Ebb and Flow Sistemleri: Besin çözeltisi, dokuların sıvı ortamla temasını sağlamak için büyük bir kültür kabına taşınır (Bello-Bello vd., 2021)

6- BTBCB Sistemi: Balloon Type Bubble Column Biyoreaktör (BTBCB) sistemi, sıvı ortamın periyodik olarak temas etmesini sağlamak için hava veya gaz kabarcıklarının kullanıldığı ve bitki doku kültürlerinde vitrifikasyonu azaltan ve gaz değişimini optimize eden bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. *Anthurium andreanum* ve *Epipactis flava* türlerinde kullanılmış ve başarılı sonuçlar rapor edilmiştir. Bu sistem, özellikle ekonomik verimlilik ve geniş ölçekli mikroçoğaltım için kullanılır (Thanonkeo vd., 2024).

Literatürde bu farklı geçici daldırma biyoreaktör türlerinin performanslarını içeren de çalışmalar mevcuttur. Örneğin Ramírez-Mosqueda vd. (2019), *Anthurium* bitkisinin geleneksel yarı katı kültür ortamında mikroçoğaltımının düşük sürgün üretimi ve yüksek maliyetler gibi kısıtlamalar içerdiğini belirtmişlerdir. Çalışmalarında, geçici daldırma biyoreaktör sistemleri biyolojik performansı artırarak ve maliyetleri düşürerek yarı otomatik bir mikroçoğaltım süreci için alternatif sunduğunu ifade etmişlerdir. Araştırmada, TIB[®], Ebb-and-Flow biyoreaktörü ve RITA[®] gibi farklı TIS türlerinin verimliliği karşılaştırılmıştır.

Kültür sürecinde 12 saat aralıklarla 2 dakikalık daldırma frekansı uygulanmış ve Murashige ve Skoog (MS) ortamı %3 sükröz ve 8.88 μ M benzilaminopurin ile desteklenmiştir. 60 günlük kültür süresi sonunda, TIB[®] sisteminde eksplant başına 50.83 sürgünle en yüksek verim gözlenmiş, bunu 43.16 sürgünle Ebb-and-Flow ve 30.66 sürgünle RITA[®] takip etmiştir. Ayrıca, TIB[®], klorofil içeriği, stomatal indeks ve kapalı stomaların yüzdesi gibi fizyolojik parametrelerde en iyi performansı göstermiştir. TIB[®] ve RITA[®] sistemlerinde %99 yaşam oranı gözlenirken, Ebb-and-Flow sisteminde bu oran %86 olarak kaydedilmiştir. Bu sonuçlar, TIB[®] sisteminin *Anthurium*'un ticari mikroçoğaltımı için en uygun seçenek olduğunu göstermektedir.

Özetle geçici daldırma biyoreaktör sistemleri arasında RITA® ve BIT® sistemleri, modern biyoteknolojide en yaygın kullanılan sistemler olarak öne çıkmaktadır. Bu sistemler, özellikle ekonomik ve çevresel sürdürülebilirlik açısından, bitki mikroçoğaltımı ve metabolit üretiminde etkili çözümler sunmaktadır (Thanonkeo vd., 2024). Sonuç olarak, TIS sistemleri, farklı tip ve tasarımlarıyla modern bitki biyoteknolojisinde kitlesel üretim ve ikincil metabolit üretimini optimize ederek ekonomik ve sürdürülebilir çözümler sunmaktadır.

2.3.9.4. Aspir bitkisi ve TIS sistemleri

Aspir bitkisi (*C. tinctorius* L.), yüksek yağ içeriği ve çok yönlü endüstriyel kullanımıyla ekonomik öneme sahip bir bitkidir. Bununla birlikte, literatürde aspir bitkisinin geçici daldırma biyoreaktör sistemlerinde (TIS) mikroçoğaltımı üzerine sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu eksiklik, aspir bitkisi için TIS sistemlerinin etkinliğinin araştırılmasını gerekli kılmaktadır.

Geçici daldırma sistemleri, bitki kültürlerini sürekli sıvı ortamda tutmaktan kaçınarak, büyüme ve morfogenez süreçlerini optimize eden aralıklı bir daldırma yöntemi sunar. Bu sistemler; kontaminasyon kontrolü, besin ve oksijen temini, nadir alt kültürleme gereksinimi ve minimum kayma hasarı gibi avantajlarıyla dikkat çeker. Ziv (1991, 1999) ve Arencibia vd. (2008) gibi araştırmacılar, bu sistemleri “en doğal doku kültürü yaklaşımı” olarak tanımlamıştır (Watt, 2012).

Biyoreaktörler, bitki kültürlerinin yoğun ve ölçeklenebilir bir şekilde üretimi için steril bir ortam sağlayan, sıvı besinlerin dolaşımı ve mikro çevresel koşulların kontrolü gibi özelliklere sahip cihazlardır. Geçici daldırma biyoreaktör sistemleri, biyoreaktörlerin en yenilikçi uygulamalarından biri olup, yarı otomatik mikroçoğaltım için oldukça uygun bir yöntemdir (Etienne ve Berthouly, 2002). Bu sistemlerin sürgün çoğalması, mikrotüberizasyon ve somatik embriyogenez gibi süreçlerde etkinliği kanıtlanmıştır. Özellikle daldırma süresi ve frekansının optimize edilmesi, sistem verimliliği açısından kritik öneme sahiptir.

1990'ların sonunda geliştirilen TIS sistemleri, tarımsal üretim ve bitki koruma amaçlı yenilikçi mikroçoğaltım yöntemlerinin önünü açmıştır. 2005 yılı itibarıyla, kahve ve muz gibi ekonomik açıdan önemli mahsullerde bu sistemlerin avantajları kanıtlanmıştır (Watt, 2012). Yarı katı ve sıvı ortam kullanılan protokollere kıyasla TIS, daha üstün sonuçlar sunmaktadır.

Bu tez çalışmasında, milli tescilli aspir çeşidimiz Safir üzerinde TIS biyoreaktör sistemi kullanılarak türün ilk kez geçici daldırma biyoreaktör sistemlerinde çoğaltımı için temel bilgiler elde edilmiştir. Safir çeşidi, DİNÇER 5-18-1 ile MONTOLA 2000 çeşitlerinin melezlenmesi sonucu geliştirilmiştir. Tez kapsamında, Aspir bitkisi Safir çeşidi için optimize edilmiş bir sürgün çoğaltım protokolü kullanılarak türün geçici daldırma biyoreaktörlerinde çoğaltımı ilk kez başarılmıştır. TIS biyoreaktörlerinin aspir bitkisi üzerinde kullanılması, hem kitlesel üretim potansiyelini artırmakta hem de aspir yağının ve bitkisel materyalin üretim hızını yükseltmektedir. Ayrıca, bu sistemler aspir bitkisinden elde edilen antioksidanlar ve fenolik maddeler gibi tıbbi bileşiklerin üretiminde etkin bir yol sunmaktadır (Mirzabe vd., 2022).

Aspir mikroçoğaltımında genetik stabilite önemlidir, ancak sıvı kültür sistemlerinde fizyolojik sorunlara, özellikle vitrifikasyon gibi büyüme anomalilerine yol açılabileceği bilinmektedir (Debergh ve Maene, 1981). Bu durum, aspir bitkisinin genetik kararlılığını koruyarak mikroçoğaltım yöntemlerinin optimize edilmesi gerektiğini göstermektedir. Mikroçoğaltım teknikleri, bitki türlerinin kitlesel üretiminde genetik kararlılığın korunması açısından kritik öneme sahiptir (George vd., 2008).

Bu çalışma, aspir bitkisinin mikroçoğaltımında TIS sistemlerinin kullanılmasının potansiyelini ortaya koyarak literatürdeki önemli bir eksikliği gidermeyi amaçlamaktadır. Safir çeşidi için geliştirilen bu model, aspir tarımı için yeni bir yaklaşım sunmaktadır ve aspir bitkisinin ekonomik ve endüstriyel değerini artıracak katkılar sağlamaktadır.

3. YÖNTEM

Bu çalışma, 2021-2024 yılları arasında Batman Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Bitki Biyoteknolojisi Laboratuvarında gerçekleştirildi.

3.1. Materyal

Tez çalışmasında kullanılacak olan Aspir (*Carthamus tinctorius* L cv. Safir) bitkisine ait olgun tohumlar (Şekil 3.1. A, B) başlangıç materyali olarak kullanılmış ve TAGEM Bölge Müdürlüğü'nden temin edilmiş ve cam kavanozlarda buzdolabında 4 °C'de muhafaza edilmektedir.



Şekil 3.1. Aspir (*Carthamus tinctorius* L. cv Safir) bitkisine ait olgun tohumların genel görünümü (A) Aspir Safir çeşidinin genel görünümü (Baydar ve Erbaş, 2020). (B).

3.2. Yöntem

3.2.1. Biti doku kültürleri için ön hazırlıklar

3.2.1.1. Üçüncü bölüm dördüncü derece başlık

Olgun tohumların *in vitro* ortamda çoğaltılması ve *in vitro* aksenik materyallerden yarı katı ve geçici daldırma biyoreaktör denemelerinin oluşturulmasında kullanılan sarf malzemelerin listesi Çizelge 3.1'de kullanılan besi ortamlarını [MS, SH

(Schenk ve Hildebrandt, 1972), Gamborg (Gamborg vd., 1968)] içerikleri Çizelge 3.2.'de verilmiştir.

Bitki Büyüme Düzenleyicilerin hazırlanması; BAP (1 mg/ml): Belirli miktar BAP tartılarak erlen içerisine alındı ardından 1N NaOH (sodyum hidroksit)'dan birkaç ml ilave edilerek final hacim dH₂O eklenerek 1 mg/ml olacak şekilde stok hazırlandı. Ardından ependorf tüplere alınarak -20 °C saklandı (Otoklav öncesi besi ortamına ilave edildi).

KIN (1 mg/ml): Belirli miktar KIN tartılarak erlen içerisine alındı ardından 1N NaOH'dan birkaç ml ilave edilerek final hacim dH₂O eklenerek 1mg/ml olacak şekilde stok hazırlandı. Ardından ependorf tüplere alınarak -20 °C saklandı (Otoklav öncesi besi ortamına ilave edildi).

TDZ (1 mg/ml): Belirli miktar TDZ tartılarak erlen içerisine alındı akabinde 1N NaOH'dan birkaç ml ilave edilerek final hacim dH₂O eklenerek 1mg/ml olacak şekilde stok hazırlandı. Ardından filtre sterilizasyon yapılarak steril ependorf tüplere alınarak -20 °C saklandı (Otoklav sonrası besi ortamına ilave edildi).

NAA (1mg/ml): Belirli miktar NAA tartılarak erlen içerisine alındı akabinde 1N NaOH'dan birkaç ml ilave edilerek final hacim dH₂O eklenerek 1mg/ml olacak şekilde stok hazırlandı. Ardından ependorf tüplere alınarak -20 °C saklandı (Otoklav öncesi besi ortamına ilave edildi).

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan sarf malzemelerin firma ve katalog numaraları

Kimyasal Adı	Firma Adı	Katalog No
Alkol	Alkomed	
Ticari çamaşır suyu [NaOCl (ACE)]	P&G	-
Glisin	Merck	1.04201.0100
Nikotinik asit	Sigma	N-0765
Tiamin HCl	Sigma	T-3902
Piridoksin HCl	Sigma	P-8666
Myo-inositol	Sigma	I-3011
Agar	Sigma	A-7921
Sukroz	Sigma	S-5391
Maltoz	Sigma	M-5895
Glikoz	Sigma	G-8270
KIN (Kinetin)	Sigma	K-3378
NAA (Naftalen Asetik Asit)	Sigma	N-0640
TDZ (Thidiazuron)	Duchefa	T0916.0250
BAP (Benzyl Amino Pürin)	Sigma	B-3408
Na ₂ SO ₄ (Sodyum Sülfat)	Sigma	239313
KCl (Potasyum Klorür)	Sigma	P-5405
(NH ₄) ₂ SO ₄ (Amonyum Sülfat)	Sigma	A-3920
NaH ₂ PO ₄ .H ₂ O (Sodyum Fosfat)	Sigma	S-9638
Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O (Kalsiyum Nitrat)	Sigma	C-2786
NH ₄ NO ₃ (Amonyum nitrat)	Sigma	A-3795
KNO ₃ (Potasyum nitrat)	Sigma	P-8291
KH ₂ PO ₄ (Potasyum fosfat)	Sigma	P-8416
CaCl ₂ .2H ₂ O (Kalsiyum klorür)	Sigma	C-2536
MgSO ₄ .7H ₂ O (Magnezyum sülfat)	Sigma	M-7899
H ₃ BO ₃ (Borik asit)	Sigma	B-9645
KI (Potasyum iyodür)	Riedel-de Haen	03124
MnSO ₄ .4H ₂ O (Mangan sülfat)	Sigma	M-7899
ZnSO ₄ .7H ₂ O (Çinko sülfat)	Sigma	Z-1001
Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O (Molibdik asit)	Sigma	M-1651
CuSO ₄ .5H ₂ O (Bakır sülfat)	Sigma	C-8027
CoCl ₂ .6H ₂ O (Kobalt klorür)	Sigma	C-2911
FeSO ₄ .7H ₂ O (Demir sülfat)	Sigma	F-8263
Na ₂ EDTA (Sodyum etilendiamintetraasetik asit)	Sigma	4503
HCl	Sigma	320331
NaOH	Sigma	221465
RITA	CIRAD	

Çizelge 3.2. Gamborg-MS- SH besi ortamları içeriği (1 L besi ortamı için)

Kimyasallar	Gamborg	MS	SH
Na ₂ SO ₄	0	0	0
KCl	0	0	0
(NH ₄) ₂ SO ₄	134 mg	0	0
NaH ₂ PO ₄ .H ₂ O	150 mg	0	0
NH ₄ H ₂ PO ₄	0	0	300 mg
NH ₄ NO ₃	0	1650 mg	0
KNO ₃	2500 mg	1900 mg	2500 mg
KH ₂ PO ₄ (Monobasic)	0	170 mg	0
Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	0	0	0
MgSO ₄ .7H ₂ O	250 mg	370 mg	400 mg
CaCl ₂ .2H ₂ O	150 mg	440 mg	200 mg
K ₂ SO ₄	0	0	0
MnSO ₄ .H ₂ O	10 mg	16.9 mg	10 mg
ZnSO ₄ .7H ₂ O	2 mg	8.6 mg	1 mg
Na ₂ MO ₄ .2H ₂ O	0.25 mg	0.25 mg	0.1 mg
KI	0.75 mg	0.83 mg	1 mg
H ₃ BO ₃	3 mg	6.20 mg	5 mg
CoCl ₂ .6H ₂ O	0.025 mg	0.025 mg	0.1 mg
CuSO ₄ .5H ₂ O	0.025 mg	0.025 mg	0.2 mg
Demir Kelatör			
FeSO ₄ .7H ₂ O	28 mg	28 mg	20 mg
Na ₂ EDTA	37 mg	37 mg	15 mg
Vitamin			
Glisin	0	2 mg	0
Nikotinik Asit	1 mg	0.5 mg	5 mg
Tiamin HCl	10 mg	0.1 mg	5 mg
Pridoksin HCl	1 mg	0.5 mg	0.5 mg
Sükroz	20 g	30 g	30 g
Myo-Inositol	100 mg	100 mg	1000 mg
Agar	7 g	7 g	7 g
pH	5.5	5.8	5.8

3.2.1.2. Sterilizasyon işlemleri

3.2.1.2.1. Cam malzemelerin sterilizasyonu

Araştırmalarımızda kullanılan cam materyalleri (erlenmayer, beher, mezür vs.) fırça yardımıyla sıcak sudan geçirilip, saf su ile üç aşamalı olarak arındırılıp 1,2 atmosfer basınç altında 121 °C’ de 20 dakika boyunca otoklavda tutularak sterilize edildi.

3.2.1.2.2. Kültür kaplarının sterilizasyonu

Bitki kültürlerinin deneysel çalışmalarında kullanılan Magenta GA7 kültür kapları, sterilizasyon amacıyla 1 atm basınca tabi tutularak 121°C’de 20 d işleme alındı.

3.2.1.2.3. Pens ve bisturilerin steril aşamaları

Kültür işlemleri için kullanılması gerekli olan pens ve bisturilerin sterilizasyonu iki kat aliminyum folyo ile uç kısımları kapatılarak ve filtre kağıtları iki kat yağlı kağıda sarılarak 180 °C’de iki saat süre boyunca etüvde sterilizasyona tabi tutuldu. Pens ve bisturiler kullanım öncesi %70’lik etil alkol (EtOH) ile silinerek 250 °C’ye kadar ısıtılmış cam boncuklu sterilizatör ile 1d süre ısıya tabi tutularak steril edildi.

3.2.1.2.4. Kültür odasının sterilizasyonu

Çalışma ortamının içerisinde bulunan kapı, masa, dolap vs. eşyaların genel sterilizasyonunda sodyum hipoklorit (NaOCl) ve antiseptik zefiran kullanılmış akabinde %96’lık etil alkol ile arındırma işlemi devam ettirildi. Kullanılan kabin alanı UV ışın lambası yardımıyla yaklaşık bir saat steril etme çalışmasına tabi tutuldu.

3.2.1.3. Bitki büyüme odası şartları

25±2 °C ayarlı termostat kullanılarak kültürel çalışma ortamı sıcaklığı kontrol altında tutulur. Kültür odasının tabi tutulduğu ışık kaynağı (400W MBFR/U, Thorn) 3500 lüks kaynağa sahip 30-60 mW m⁻² s⁻¹ floresan lambalarla kültürler desteklenir.

Kültür odası fotoperiyodu 16/24s olacak şekilde ayarlandı.

3.2.1.4. Besi ortamlarının hazırlanması ve sterilizasyonu

Besi ortamlarına yönelik oranlar Çizelge 3.2’de verildi. Hazırlanan solüsyona çalışma durumuna göre gerekli tip ve miktarda karbon kaynağı eklenerek solüsyon içerisinde çözünmesi sağlandı. Besi ortamı pH’sı seyreltilmiş NaOH yahut HCl (Hidroklorik Asit) ile 5,8’e ayarlanarak uygun hale getirildi. 6,4 g/L oranında agar ile

besi ortamı katılaşması sağlanarak hazırlanan besi ortamı 121 °C 20 d. boyunca 1atm basınç altında otoklavda steril edildi. Araştırmamız kapsamında jelleştirici madde ilave edilmiş katı besiyerleri soğumaya tabi tutularak sıcaklık 60 °C iken laminar akımlı kabinde steril ortamda Magenta GA7 kùltür kaplarına 20'řer ml olarak paylaştırıldı. Ağızları açık olarak soğumaya bırakıldı. Daha sonra istenilen soğumaya ulaşan Magenta GA7 kaplarının kapakları kapatıldı.

3.2.2. Yarı katı ve TIS biyoreaktör kùltürü alışmaları

3.2.2.1. Yarı katı ortamda tohumların yüzey sterilizasyonu ve imlendirilme alışmaları

In vitro klonal çoğaltım çalışmalarında yüzey sterilizasyon aşaması, mikroçoğaltım tekniğinin başarıyla uygulanabilmesi için en kritik ve temel adımdır. Bu aşama, hem yarı katı hem de sıvı biyoreaktör denemeleri için kullanılacak materyalin steril bir ortamda hazırlanmasını sağlar. Çalışmamızda, aspir bitkisine ait Safir eşidi tohumlarının yüzey sterilizasyonu, literatürde başarıyla sonuçlanmış yöntemlerin modifiye edilmesiyle gerçekleştirilmiştir.

Sterilizasyon protokolümüz, Nikhil vd. (2014) ile Akbaş ve Birecikli'nin (2019) alışmalarında önerilen yöntemlerin, farklı bitki türleri üzerinde başarıyla uygulanmış diğer yöntemlerle (Onay vd., 2016; Süzerer, 2019; Tepe vd., 2023) birleştirilip optimize edilmesiyle hazırlanmıştır.

Bu kapsamda, sert kabuklarından ayrılan aspir tohumları, steril bir laminar akış kabininde %20 NaOCl çözeltisinde 20 dakika boyunca çalkalanarak sterilize edilmiştir. Sterilizasyon işleminden sonra tohumlar, steril saf su ile üç kez, her biri 5 dakika süren yıkama aşamalarına tabi tutulmuştur. Bu süreç, kontaminasyon riskini en aza indirmek ve steril koşulları sağlamak için titizlikle uygulanmıştır.

Sterilize edilen tohumlar, Nikhil vd. (2014) önerdiği protokol doğrultusunda, bitki büyüme düzenleyicisi içermeyen, 30 g/L sukroz ve 6.4 g/L agar içeren MS yarı katı besi ortamına ekilmiştir. Tohumlar, 25±2 °C sıcaklık, 16 saat aydınlık ve 8 saat karanlık koşullarda inkübe edilerek çimlendirme sürecine alınmıştır. Bu şartlar, aspir tohumlarının sağlıklı bir şekilde çimlenmesi ve *in vitro* oğaltım için uygun bitki materyalinin elde edilmesini sağlamıştır.

3.2.2.1.1. Tohumların yüzey sterilizasyonu

Carthamus tinctorius L. cv. Safir çeşidine ait tohumların yüzey sterilizasyonu, çimlendirme aşamasında kontaminasyon riskini en aza indirmek için titizlikle gerçekleştirilmiştir. Sterilizasyon işlemi iki aşamalı bir protokole dayandırılmıştır. İlk olarak, seçilen tohumlar %70 etil alkol içerisinde 30 saniye süreyle çalkalanarak yüzeydeki mikroorganizmaların ilk temizliği sağlanmıştır. Bu işlemin ardından, tohumlar %20'lik NaOCl çözeltisine aktarılmış ve 20 dakika süreyle çalkalanarak sterilizasyona tabi tutulmuştur. Bu aşama, tohum yüzeyindeki olası patojenleri etkisiz hale getirmek için uygulanmıştır.

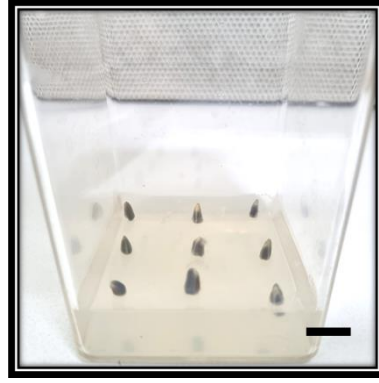
Sterilizasyon işlemi tamamlandıktan sonra, tohumlar beş kez distile su ile yıkanmıştır. Her bir yıkama işlemi 5 dakika sürmüş ve NaOCl çözeltisinin tamamen arındırılması sağlanmıştır. Bu yöntem, tohum yüzeyinde kalıntı bırakmadan sterilizasyonun etkin bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlamıştır.

3.2.2.1.2. Tohumların *in vitro* şartlarda çimlendirilmesi ve aksenik kültürlerin başlatılması çalışmaları

Sterilizasyon işlemi tamamlanan *Carthamus tinctorius* L. cv. Safir tohumları, laminar flow kabini içinde steril erlen içerisinde dikkatlice çalkalanmış ve filtre kağıdına aktarılmıştır. Steril pens yardımıyla alınan tohumlar, hazırlanan çimlenme besi ortamına yerleştirilmiştir.

Kaplara yerleştirilen tohumlar, 25 ± 2 °C sıcaklıkta, **16 saat aydınlık** ve **8 saat karanlık** fotoperiyot koşullarına sahip bir büyüme odasında üç hafta boyunca inkübe edilmiştir.

Bu süre zarfında tohumların çimlenme süreçleri düzenli olarak takip edilmiş ve gelişim aşamaları detaylı bir şekilde gözlemlenmiştir (Şekil 3.2). Çalışma sonucunda, aksenik kültürlerin başarılı bir şekilde başlatılması için gerekli başlangıç materyali sağlanmış ve sonraki deneyler için uygun temel oluşturulmuştur.



Şekil 3.2. Yüzey sterilizasyonu yapılan *Carthamus tinctorius* L. cv. *Safir* bitkisine ait tohumların MS besi ortamına ekilmesi (Bar: 1.8 cm)

3.2.2.2. Çimlendirilmiş bitkilerden elde edilen sürgünlerin proliferasyonu ve stok kültürlerin hazırlanması

Optimizasyon çalışmalarına geçmeden önce, çimlenmiş *Carthamus tinctorius* L. cv. *Safir* bitkilerinden elde edilen sürgünler, stok kültürler olarak hazırlanmıştır. Bu aşamada, **Paramesha vd. (2014)** aspir mikroçoğaltım çalışmasında en iyi sonuçları verdiği **30 g/L sukroz ve 6.4 g/L agar içeren** yarı katı **MS** besi ortamı tercih edilmiştir. Besi ortamı, ayrıca **1.5 mg/L TDZ** ve **0.5 mg/L NAA** içermektedir.

Çimlenmiş bitkilerden alınan eksplantlar (gövde ucu ve nodal tomurcuklar) steril koşullarda MS besi ortamına aktarılmış ve 25 ± 2 °C sıcaklık, **16 saat aydınlık** ve **8 saat karanlık** fotoperiyot koşullarında büyüme odasında inkübe edilmiştir. Büyüme odası, 3000 lux ışık yoğunluğuna sahip bir aydınlatma sistemi ile donatılmıştır.

Üç haftalık kültür periyodunun ardından, eksplantların proliferasyonu gerçekleştirilmiş ve elde edilen sürgünler alt kültürlerle alınarak stok kültürler oluşturulmuştur. Proliferasyon sırasında, sürgünlerin gelişim aşamaları düzenli olarak takip edilmiş ve stok kültürler sonraki deneyler için başarıyla hazırlanmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. *Carthamus tinctorius* L. cv. *Safir* bitkisine ait çimlenmiş sürgünlerin MS besi ortamına ekilmesi (Bar: 1.6 cm)

3.2.2.3. Sürgünlerin mikroçoğaltımına farklı besi ortamlarının ve kuvvetlerinin etkisi

Bu çalışmada, *Carthamus tinctorius* L. cv. **Safir** bitkisinden alınan sürgünlerin proliferasyonu üzerine farklı besi ortamlarının ve besi ortamı kuvvetlerinin etkisi araştırılmıştır. Mikroçoğaltım sürecinde, yaygın olarak kullanılan üç farklı kültür ortamı değerlendirilmiştir: MS, SH, Gamborg.

Besi ortamları, 0.5X, 1X ve 2X kuvvetlerde hazırlanarak sürgünler bu ortamlara eklenmiştir. Her bir ortam, **30 g/L sukroz ve 6.4 g/L** içeren yarı katı bir yapıya sahiptir. Deneyler, **Magenta GA7** kaplarında gerçekleştirilmiş ve her bir kaptaki beş sürgün olacak şekilde kültüre alınmıştır.

İnkübasyon, **25±2 °C sıcaklık** koşullarında, **16 saat aydınlık ve 8 saat karanlık** fotoperiyot koşullarında gerçekleştirilmiştir. Üç haftalık inkübasyon periyodu sonunda, sürgünlerin büyüme ve proliferasyon performansına ilişkin veriler kaydedilmiştir.

3.2.2.3.1 Sürgünlerin proliferasyonu üzerine farklı karbon kaynakları ve kuvvetlerinin etkisi

Sürgünlerin mikroçoğaltımı üzerine karbon kaynaklarının ve bu karbon kaynaklarının farklı konsantrasyonlarının etkilerini incelemek amacıyla bir dizi deney gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, stok kültürlerden alınan sürgünler, sukroz, glukoz ve maltoz gibi farklı karbon kaynaklarının **0.5X, 1X ve 2X** konsantrasyonlarını içeren yarı katı MS besi ortamlarına ekilmiştir.

Besi ortamları, **1.5 mg/L TDZ ve 0.5 mg/L NAA** ile zenginleştirilmiş ve 6,4 g/L agar içermektedir. Deneyler, **25±2 °C sıcaklık, 16 saat aydınlık ve 8 saat karanlık** fotoperiyot koşullarında gerçekleştirilmiştir.

Üç haftalık inkübasyon periyodu boyunca sürgünlerin rejenerasyon oranı, gövde uzunluğu ve gövde/eksplant oranı gibi temel büyüme parametreleri detaylı bir şekilde gözlemlenmiş ve analiz edilmiştir.

3.2.2.3.2. Sürgünlerin proliferasyonu üzerine farklı bitki büyüme düzenleyicileri kombinasyonları ve kuvvetlerinin etkisi

Sürgünlerin proliferasyonu üzerine farklı büyüme düzenleyicilerinin ve bu düzenleyicilerin kombinasyonlarının etkilerini değerlendirmek amacıyla bir dizi deney gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, stok kültürlerden alınan sürgünler, **BAP**, **KIN**, **TDZ** ve **NAA** gibi farklı büyüme düzenleyicilerinin çeşitli kombinasyonlarını içeren yarı katı MS besi ortamlarına ekilmiştir.

Besi ortamları, 30 g/L sukroz ve 6,4 g/L agar ile desteklenmiş olup, büyüme düzenleyicilerinin her biri **0.5, 1, 1.5 ve 2 mg/L** konsantrasyonlarda kullanılmıştır. Çalışma kapsamında aseptik eksplantlar hazırlanan besi ortamlarına aktarılmış ve ardından **25±2 °C sıcaklık, 16 saat aydınlık ve 8 saat karanlık** fotoperiyot koşullarında üç hafta süreyle inkübe edilmiştir. Bu süre boyunca sürgünlerin büyüme oranları, rejenerasyon yüzdeleri, gövde uzunlukları ve gövde/eksplant oranları gibi parametreler düzenli olarak gözlemlenmiştir.

3.2.3. Geçici daldırma biyoreaktör sisteminin (RITA®) kurulması

Geçici daldırma biyoreaktör sistemi (RITA®), sürgünlerin kitlesel çoğaltımı amacıyla optimize edilmiştir. Bu çalışmada, sıvı MS besi ortamı kullanılmış ve kültürler, **16 saat aydınlık ve 8 saat karanlık** fotoperiyot koşullarına sahip, **3000 lux** aydınlatma gücüne sahip bir bitki büyütme odasında, yaklaşık **4 hafta (28 gün)** boyunca inkübe edilmiştir. Bu sistem, sürgünlerin büyüme oranlarını artırmak ve kitlesel üretimde yüksek verim sağlamak amacıyla tasarlanmıştır.

3.2.3.1. Geçici daldırma biyoreaktör sisteminde (RITA®) farklı daldırma süresi ve sıklığı parametrelerinin belirlenmesi

Geçici daldırma biyoreaktör sistemi denemelerinde, sürgünlerin optimum gelişimi için **daldırma süresi (8, 16, 24 dakika)** ve **daldırma sıklığı (8, 16, 24 saat)** parametreleri test edilmiştir. Bu parametrelerin etkisi, sürgünlerin çoğaltım oranı, rejenerasyon yüzdesi ve gövde uzunluğu gibi büyüme parametreleri açısından değerlendirilmiştir.

Deneylerde kullanılan sıvı besi ortamı, daha önce yarı katı ortamda optimize edilen protokol esas alınarak hazırlanmıştır. Besi ortamı, **2 mg/L BAP**, **0.5 mg/L NAA** destekli MS besi ortamı ve 30 g/L sukroz içermektedir. Sürgünler, steril koşullarda biyoreaktöre yerleştirilmiş ve kültürler, optimum ışık ve sıcaklık koşullarında inkübe edilmiştir.

Bu çalışmalar sırasında, daldırma süresi ve sıklığı gibi değişkenlerin sürgünlerin büyüme ve gelişimine etkisi düzenli olarak gözlemlenmiş ve elde edilen veriler kayıt altına alınmıştır.

3.2.3.2. Optimize edilen sürgün çoğaltım yönteminin geçici daldırma biyoreaktör sistemine uygulanması ve kitlesel çoğaltımın gerçekleştirilmesi

Yarı katı besi ortamında elde edilen optimum sürgün çoğaltım protokolü, geçici daldırma biyoreaktör sistemine (RITA[®]) adapte edilmiştir. Bu süreçte, daha önce yarı katı ortamda optimize edilen **2 mg/L BAP** ve **0.5 mg/L NAA** destekli sıvı MS besi ortamı kullanılmıştır.

Sistem, optimum daldırma süresi ve sıklığı esas alınarak çalıştırılmış ve sürgünlerin çoğaltım oranı ile büyüme performansı değerlendirilmiştir. Daldırma süresi ve sıklığı parametrelerinin optimize edilmesiyle, sürgünlerin gelişim hızı ve rejenerasyon oranında önemli bir artış sağlanmıştır.

Deney sonuçları, hem sürgünlerin kitlesel çoğaltımı için geçici daldırma biyoreaktör sisteminin etkili bir yöntem olduğunu hem de yarı katı ortamda optimize edilen protokolün bu sisteme başarıyla adapte edilebileceğini göstermiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Bulgular

4.1.1. Tohumların yüzey sterilizasyonu ve çimlendirilmesi

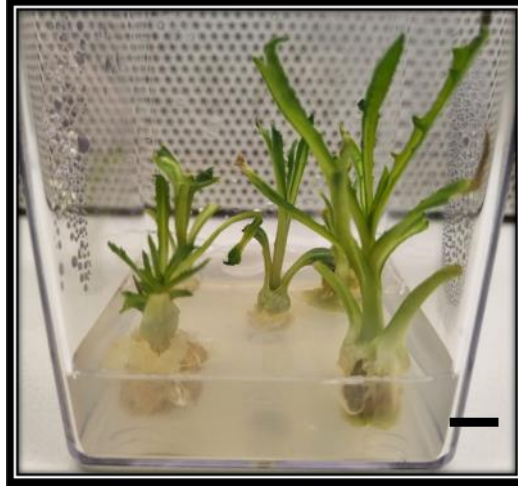
Tez kapsamında yürütülen çalışmalarda, kullanılan çimlenme besi ortamının tohumların çimlenmesi için uygun olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle, ek bir optimizasyon çalışmasına gerek duyulmamıştır. Çalışma sonuçları, MS besi ortamında çimlendirme ile sağlıklı *in vitro* bitkicikler elde edilebileceğini göstermektedir (Şekil



Şekil 4.1. *Carthamus tinctorius* L. cv. *Safir* tohumlarının MS besi ortamında çimlendirilmesi

4.1.2. Çimlendirilmiş bitkilerden elde edilen sürgünlerin mikroçoğaltımı ve stok kültürlerin hazırlanması

Çimlenmiş bitkiciklerden elde edilen sürgünler, Paramesha vd. (2014) rapor ettiği protokole uygun olarak, 1.5 mg/L TDZ ve 0.5 mg/L NAA içeren 30 g/L sukroz ve 6,4 g/L agar destekli MS yarı katı besi ortamında çoğaltılmış ve stok kültürler elde edilmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Çimlenmiş *Carthamus tinctorius L. cv. Safir* bitkilerinden elde edilen sürgünlerin TDZ ve NAA destekli MS besi ortamında çoğaltılarak stok kültürlerin hazırlanması (Bar: 1.4 cm).

4.1.3. Yarı katı besi ortamında sürgünlerin mikroçoğaltımı ve optimizasyon çalışmaları kapsamında farklı besi ortamları ve kuvvetlerinin etkisi

Sürgünlerin mikroçoğaltımı kapsamında, farklı besi ortamları (MS, SH, Gamborg) ve bunların çeşitli kuvvetleri (0.5X, 1X, 2X) değerlendirilmiştir. Denemelerde, TDZ ve NAA içeren 30 g/L sukroz ve 6,4 g/L agar destekli besi ortamları kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.1 ve Şekil 4.3'te sunulmuştur.

Çizelge 4.1. Farklı besi ortamlarının (MS, SH ve Gamborg) ve kuvvetlerinin (0.5, 1 ve 2X) sürgün çoğaltımına etkisi

Besi Ortamı Tipi ve Kuvveti ^a	Rejenerasyon (%) ^b	Gövde/Eksplant ^c Ort±SH	Ortalama Gövde Uzunluğu ^c (cm) Ort±SH
MS 0.5X	100 a	1.35±0.11 a	1.46±0.08 b
MS 1X	100 a	1.75±0.21 a	1.72±0.17 ab
MS 2X	100 a	1.80±0.30 ab	1.87±0.13 a
SH 0.5X	90 b	0.90±0.07 bc	0.87±0.15 c
SH 1X	100 a	1.05±0.05 b	1.57±0.15 b
SH 2X	85b	1.20±0.20 b	0.72±0.18 c
Gamborg 0.5X	55 c	0.55±0.11 cd	0.70±0.18 c
Gamborg 1X	25 d	0.25±0.10 de	1.10±0.30 c
Gamborg 2X	5 e	0.05±0.05 e	0.80±0.00 c

^a Veriler kültür başlatılmasından 4 hafta sonra toplanmıştır. Her bir deneme en az 20 eksplant kullanılarak yapılmıştır.

^b Her bir eksplant çeşidi denemesinde, yüzdeleri takip eden aynı harfler, Post Hoc çoklu karşılaştırılmalı teste göre belirgin bir fark ($P \leq 0.05$) oluşturmamaktadır. Yüzdelerdeki farklılıklar dikey olarak değerlendirilmiştir.

^c Her bir eksplant çeşidi denemesinde, ortalamaları takip eden aynı harfler ANOVA'nın LSD testine göre belirgin bir fark ($P \leq 0.05$) oluşturmamaktadır. Ortalamalardaki farklılıklar dikey olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 4.3. Farklı besi ortamı ve kuvvetlerinde sürgünlerin mikroçoğaltımı: (A) Gamborg 0.5X, (B) Gamborg 1X, (C) Gamborg 2X, (D) MS 0.5X, (E) MS 1X, (F) MS 2X, (G) SH 0.5X, (H) SH 1X, (I) SH 2X (Bar: 1.9 cm)

Aspir bitkisinin (*Carthamus tinctorius* L. cv. Safir) mikroçoğaltımında farklı besi ortamları (MS, SH ve Gamborg) ve bu ortamların çeşitli kuvvetlerinin (0.5X, 1X, 2X) etkisini değerlendirdiğimiz deney kapsamında, elde edilen veriler (Çizelge 4.1 ve Şekil 4.3), MS ortamlarının (özellikle 1X ve 2X konsantrasyonlarında) aspir bitkisinin mikroçoğaltımında en yüksek verimliliği sağladığını göstermiştir. Rejenerasyon yüzdesi, gövde/eksplant oranı ve gövde uzunluğu gibi parametrelerde MS ortamları diğer besi ortamlarına kıyasla üstün performans sergilemiştir. Özellikle Gamborg ortamları, düşük rejenerasyon yüzdesi ve kısa gövde uzunluklarıyla en düşük performansı göstermiştir. Ancak, MS 2X ortamında uzun süreli kültürlerde kalluslaşma ve kararma gibi sorunlar tespit edilmiş ve bu nedenle MS 1X ortamı tercih edilmiştir.

Sonuç olarak, MS 1X ortamı, hem kısa vadeli hem de uzun vadeli mikroçoğaltım çalışmalarında daha stabil ve verimli bir ortam olarak

değerlendirilmiştir. Bu bulgular, aspir bitkisi mikroçoğaltım çalışmalarında uygun besi ortamı ve kuvvetinin seçiminin önemini ortaya koymaktadır.

Bu bağlamda, Çizelge 4.1 ve Şekil 4.3'te sunulan verilerin analizi, MS 0.5X, MS 1X, MS 2X ve SH 1X ortamlarından elde edilen rejenerasyon yüzdesinin %100 olduğunu göstermektedir. SH 0.5X ve SH 2X ortamlarında bu oran sırasıyla %90 ve %85'e düşerken, Gamborg besi ortamları (0.5X, 1X, 2X) sırasıyla %55, %25 ve %5 rejenerasyon oranları ile en düşük performansı sergilemiştir. Bu bulgular, Gamborg ortamlarının mikroçoğaltım verimliliği açısından diğer besi ortamlarına kıyasla daha az etkili olduğunu ortaya koymaktadır.

Gövde/eksplant oranı açısından en yüksek değer MS 2X ortamında 1.80 ± 0.30 olarak kaydedilmiş, Gamborg 2X ortamında ise bu değer 0.05 ± 0.05 ile en düşük seviyede kalmıştır. İstatistiksel analizler, MS ortamları arasında anlamlı bir fark bulunmadığını, ancak MS 2X ile SH ortamlarının tüm kuvvetleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını ortaya koymuştur. Bu sonuçlar, MS ortamlarının genel olarak daha yüksek gövde/eksplant oranlarına sahip olduğunu göstermektedir.

Gövde uzunluğu bakımından, en yüksek değer 1.87 ± 0.13 cm ile MS 2X ortamında tespit edilirken, en düşük değer 0.70 ± 0.18 cm ile Gamborg 0.5X ortamında gözlemlenmiştir. İstatistiksel analizler, MS ortamlarının (MS 0.5X hariç) kendi aralarında anlamlı bir fark göstermediğini, benzer şekilde MS 1X ile SH 1X ortamları arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını ortaya koymuştur. Bu bulgular, MS ortamlarının gövde uzunluğu açısından da daha verimli olduğunu desteklemektedir.

Şekil 4.3'te de görüldüğü gibi, farklı besi ortamları ve kuvvetlerinde bitkilerin çoğaltımı görsel olarak doğrulanmıştır. SH ortamları, yüksek rejenerasyon oranlarına sahip olmasına rağmen vitrifikasyon ve aşırı kalluslaşma gibi istenmeyen yan etkilere yol açmıştır. Bu durum, SH ortamlarının belirli koşullarda dezavantajlı olabileceğini göstermektedir.

Her ne kadar MS 2X ortamı en iyi verimlilik sonuçlarını vermiş olsa da, bu ortamda kültüre alınan bitkilerde 2-3 alt kültür sonrasında taban kalluslaşması ve kararmalar gözlemlendiğinden, MS 1X ortamı daha uygun bir seçenek olarak değerlendirilmiştir. Bu ortam, uzun vadeli kültürlerde stabiliteyi korumak adına tercih edilmiş ve sonraki çalışmalar bu ortamda yürütülmüştür.

Sonuç olarak, aspir bitkisinin mikroçoğaltım çalışmalarında MS besi ortamlarının, özellikle MS 1X kuvvetinin, hem kısa hem de uzun vadeli kültürlerde en

yüksek verimliliği sağladığı belirlenmiştir. Bu bulgular, uygun besi ortamı ve kuvvetinin seçiminin aspir bitkisi mikroçoğaltım çalışmaları açısından kritik bir öneme sahip olduğunu vurgulamaktadır.

4.1.4. Yarı katı besi ortamında sürgünlerin mikroçoğaltımı ve optimizasyon çalışmaları kapsamında farklı karbon kaynakları ve kuvvetlerinin etkisi

Bu çalışmada, 1.5 mg/L TDZ ve 0.5 mg/L NAA içeren %0.8 agarlı yarı katı besi ortamına, farklı karbon kaynaklarının (sukroz, glukoz, maltoz) üç kuvvet seviyesinde (0.5X, 1X, 2X) ilave edilerek sürgün çoğaltımı gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçlarına ait istatistiksel analizler Çizelge 4.2’de, görseller ise Şekil 4.4’te sunulmuştur.

Çizelge 4.2. Farklı karbon kaynakları (sukroz, glukoz, maltoz) ve kuvvetlerinin (0.5X, 1X, 2X) sürgün çoğaltımına etkisi

Karbon Kaynağı Tipi ve Kuvveti ^a	Rejenerasyon (%) ^b	Gövde/Eksplant ^c Ort±SH	Ortalama Gövde Uzunluğu ^c (cm) Ort±SH
Sukroz 0.5X	100 a	1.06±0.06 a	1.75±0.18 ab
Sukroz 1X	100 a	1.07±0.06 a	2.04±0.19 a
Sukroz 2X	100 a	1.00±0.00 a	1.83±0.15 ab
Glukoz 0.5X	100 a	1.33±0.18 a	1.40±0.09 b
Glukoz 1X	100 a	1.20±0.11 a	1.78±0.19 ab
Glukoz 2X	100 a	1.13±0.10 a	1.98±0.25 a
Maltoz 0.5X	95 b	1.20±0.18 a	1.58±0.09 ab
Maltoz 1X	100 a	1.06±0.06 a	1.82±0.17 ab
Maltoz 2X	100 a	1.00±0.00 a	1.61±0.16 ab

^a Veriler kültür başlatılmasından 4 hafta sonra toplanmıştır. Her bir deneme en az 20 eksplant kullanılarak yapılmıştır.

^b Her bir eksplant çeşidi denemesinde, yüzdeleri takip eden aynı harfler, Post Hoc çoklu karşılaştırılmalı teste göre belirgin bir fark ($P \leq 0.05$) oluşturmamaktadır. Yüzdelerdeki farklılıklar dikey olarak değerlendirilmiştir.

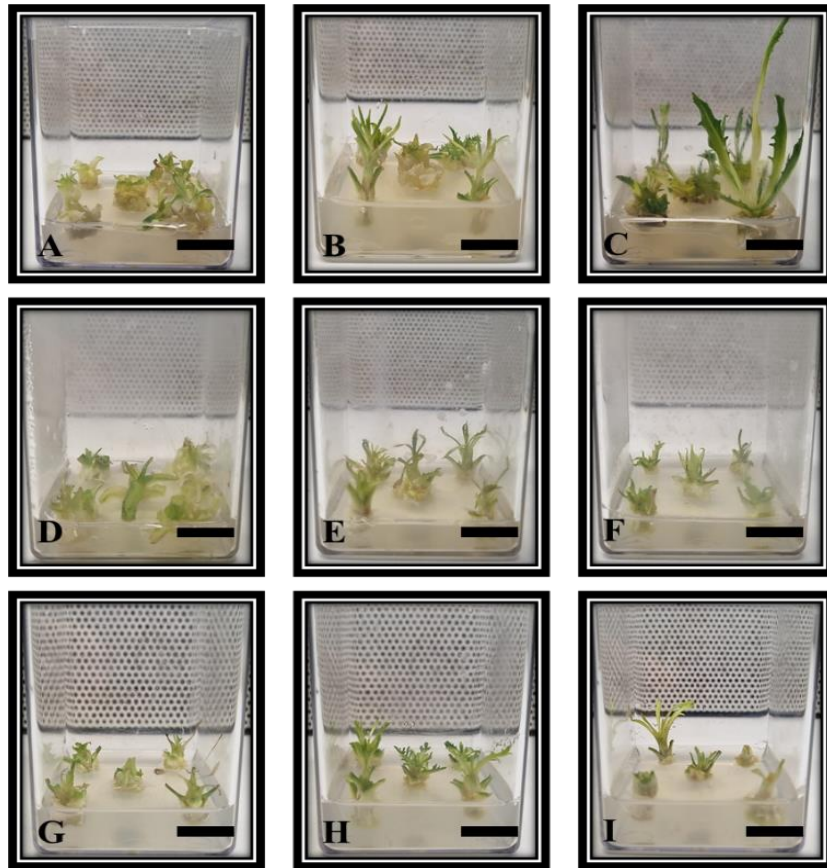
^c Her bir eksplant çeşidi denemesinde, ortalamaları takip eden aynı harfler ANOVA’nın LSD testine göre belirgin bir fark ($P \leq 0.05$) oluşturmamaktadır. Ortalamalardaki farklılıklar dikey olarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.2’de sunulan veriler incelendiğinde, sukroz (0.5X, 1X, 2X), glukoz (0.5X, 1X, 2X) ve maltoz (1X, 2X) kullanılarak yapılan denemelerde %100 rejenerasyon oranına ulaşıldığı tespit edilmiştir. Ancak, maltoz 0.5X ortamında bu oran %95 olarak belirlenmiştir. Bu bulgular, genel olarak tüm karbon kaynaklarının yüksek rejenerasyon oranları sağladığını göstermektedir. Ancak, karbon kaynağının kuvvet

seviyesinin artması, bitki gelişiminde bazı olumsuz etkiler yaratabilse de rejenerasyon oranları üzerinde belirgin bir düşüşe yol açmamıştır.

Gövde/eksplant oranı açısından en yüksek değer, glukoz 0.5X ortamında 1.33 ± 0.18 olarak tespit edilmiştir. En düşük değer ise sukroz 2X ve maltoz 2X ortamlarında 1.00 ± 0.00 olarak kaydedilmiştir. İstatistiksel analizler, farklı karbon kaynakları arasında anlamlı bir fark olmadığını göstermiştir. Ancak, glukoz 0.5X ortamı, gövde/eksplant oranı açısından en verimli ortam olarak öne çıkmıştır.

Gövde uzunluğu bakımından ise en yüksek değer, sukroz 1X ortamında 2.04 ± 0.19 cm olarak ölçülmüştür. En düşük değer ise glukoz 0.5X ortamında 1.40 ± 0.09 cm olarak kaydedilmiştir. İstatistiksel analiz sonuçlarına göre, yalnızca sukroz 1X ile glukoz 0.5X ortamları arasında anlamlı bir fark bulunmuştur. Diğer karbon kaynakları ve kuvvetleri arasında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Bu sonuçlar, sukroz 1X ortamının gövde uzunluğu açısından en verimli ortam olduğunu ortaya koymaktadır.



Şekil 4.4. In viro olarak çimlendirilmiş *C. tinctorius* L. cv. Safir bitkilerine ait sürgünlerin 1.5 mg/l TDZ ve 0.5 mg/l NAA ile farklı karbon kaynağı ve kuvvetleri ile desteklenmiş MS besisi ortamında çoğaltılarak stok kültürlerin elde edilmesi. A) Glukoz 0.5X, B) Glukoz 1X, C) Glukoz 2X, D) Maltoz 0.5X, E) Maltoz 1X, F) Maltoz 2X, G) Sukroz 0.5X, H) Sukroz 1X, I) Sukroz 2X. (Barlar: 1.9 cm)

Şekil 4.4'te sunulan görseller, farklı karbon kaynakları ve kuvvet seviyelerinde çoğaltılan bitkiciklerden elde edilen sonuçları görsel olarak desteklemektedir. Glukoz ve sukroz karbon kaynakları, bitki gelişimi açısından benzer sonuçlar sağlamış olup, sukroz glukoza kıyasla biraz daha iyi sonuçlar göstermiştir. Maltoz ise genel olarak diğer karbon kaynaklarına kıyasla daha düşük verimlilik sergilemiştir.

Sonuç olarak, aspir bitkisinin mikroçoğaltım çalışmalarında sukroz ve glukoz karbon kaynakları, yüksek rejenerasyon oranları ve gövde/eksplant oranları ile en verimli sonuçları sunmuştur. Sukroz 1X ortamı, özellikle gövde uzunluğu açısından en yüksek verimliliği sağlamış ve sonraki çalışmalar için tercih edilmiştir. Bununla birlikte, yüksek karbon kaynağı konsantrasyonlarının (2X) bitki gelişimine olumsuz etkileri gözlemlenmiştir. Bu nedenle, optimum verimlilik ve bitki sağlığı için Sukroz 1X ortamı en uygun seçenek olarak belirlenmiştir. Bu bulgular, aspir bitkisi mikroçoğaltım çalışmalarında doğru karbon kaynağı ve kuvvet seviyesinin seçiminin önemini bir kez daha vurgulamaktadır.

4.1.5. Yarı katı besi ortamında sürgünlerin mikroçoğaltımı ve optimizasyon çalışmaları kapsamında farklı bitki büyüme düzenleyicileri kombinasyonları ve kuvvetlerinin etkisine yönelik bulgular

Bu çalışmada, aspir bitkisi (*Carthamus tinctorius* L. cv. Safir) sürgünlerinin mikroçoğaltımı için farklı sitokin ve oksin kombinasyonlarının etkisi incelenmiştir. Elde edilen veriler Çizelge 4.3, Çizelge 4.4, Çizelge 4.5 ve Şekil 4.5, Şekil 4.6 ile Şekil 4.7'de görselleştirilmiştir. Denemelerde sırasıyla BAP, KIN ve TDZ gibi sitokinler, NAA ile farklı oranlarda (0,5-1-1,5-2 mg/L) birleştirilmiştir.

4.1.5.1. BAP ve NAA kombinasyonlarının mikroçoğaltıma etkisi

BAP ve NAA kombinasyonlarının aspir bitkisi (*Carthamus tinctorius* cv. Safir L.) sürgünlerinin mikroçoğaltımı üzerindeki etkilerini değerlendiren çalışmada, rejenerasyon oranlarının %86 ile %100 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Çalışmanın sonuçlarına göre, en yüksek gövde/eksplant oranı, 2 mg/L BAP + 0.5 mg/L NAA kombinasyonunda 1.33 ± 0.15 olarak gözlemlenmiştir. En düşük gövde/eksplant oranı ise 1.5 mg/L BAP + 0.5 mg/L NAA kombinasyonunda 0.86 ± 0.09 olarak kaydedilmiştir. Ortalama gövde uzunluğu açısından en yüksek değer, 3.38 ± 0.46 cm ile

1 mg/L BAP+1 mg/L NAA kombinasyonunda elde edilmiştir. Buna karşılık, en düşük gövde uzunluğu, 1.27±0.20 cm ile 0.5 mg/L BAP + 1 mg/L NAA kombinasyonunda ölçülmüştür.

Çizelge 4.3. BAP ile NAA'nın farklı kuvvetlerdeki (0,5-1-1,5-2 mg/L) konsantrasyonlarının sürgün çoğaltımına etkisi

BBD Kombinasyonu ve Kuvveti ^a	Rejenerasyon (%) ^b	Gövde/Eksplant ^c Ort±SH	Ortalama Gövde Uzunluğu ^c (cm) Ort±SH
0,5 mg/L BAP+0,5 mg/L NAA	100a	1,00±0,00b	1,72±0,19cde
0,5 mg/L BAP+1 mg/L NAA	100a	1,00±0,00b	1,27±0,20e
0,5 mg/L BAP+1,5 mg/L NAA	93b	0,93±0,06b	1,79±0,27cde
0,5 mg/L BAP+2 mg/L NAA	93b	0,93±0,06b	1,63±0,21cde
1 mg/L BAP+0,5 mg/L NAA	100a	1,00±0,00b	1,34±0,13e
1 mg/L BAP+1 mg/L NAA	100a	1,00±0,00b	3,38±0,46a
1 mg/L BAP+1,5 mg/L NAA	100a	1,00±0,00b	1,46±0,20de
1 mg/L BAP+2 mg/L NAA	100a	1,00±0,00b	2,13±0,21bcd
1,5 mg/L BAP+0,5 mg/L NAA	86c	0,86±0,09b	1,57±0,26cde
1,5 mg/L BAP+1 mg/L NAA	100a	1,13±0,09ab	2,21±0,22bcd
1,5 mg/L BAP+1,5 mg/L NAA	100a	1,00±0,00b	1,97±0,20cde
1,5 mg/L BAP+2 mg/L NAA	100a	1,13±0,09ab	2,14±0,20bcd
2 mg/L BAP+0,5 mg/L NAA	100a	1,33±0,15a	2,80±0,21ab
2 mg/L BAP+1 mg/L NAA	100a	1,13±0,09ab	2,11±0,18bcd
2 mg/L BAP+1,5 mg/L NAA	100a	1,26±0,18a	2,26±0,22bc
2 mg/L BAP+2 mg/L NAA	100a	1,00±0,00b	1,91±0,21cde

^a Veriler kültür başlatılmasından 4 hafta sonra toplanmıştır. Her bir deneme en az 20 eksplant kullanılarak yapılmıştır.

^b Her bir eksplant çeşidi denemesinde, yüzdeleri takip eden aynı harfler, Post Hoc çoklu karşılaştırılmalı teste göre belirgin bir fark ($P \leq 0.05$) oluşturmamaktadır. Yüzdelerdeki farklılıklar dikey olarak değerlendirilmiştir.

^c Her bir eksplant çeşidi denemesinde, ortalamaları takip eden aynı harfler ANOVA'nın Duncan testine göre belirgin bir fark ($P \leq 0.05$) oluşturmamaktadır. Ortalamalardaki farklılıklar dikey olarak değerlendirilmiştir.

İstatistiksel analiz sonuçlarına göre, BAP'ın farklı konsantrasyonlarının NAA ile kombinasyonlarında gövde/eksplant oranı ve gövde uzunluğu bakımından belirgin farklılıklar gözlenmiştir. Özellikle, **1 mg/L BAP + 1 mg/L NAA kombinasyonu**, ortalama gövde uzunluğu açısından en yüksek verimi sağlamıştır.

Gövde/Eksplant Oranı: 2 mg/L BAP + 0.5 mg/L NAA kombinasyonu, gövde/eksplant oranı açısından en yüksek performansı göstermiştir. Bu kombinasyonun diğer NAA konsantrasyonlarına kıyasla daha etkili olduğu belirlenmiştir.

Gövdelerin Uzunluğu: Gövde uzunluğu açısından, **1 mg/L BAP + 1 mg/L NAA** kombinasyonu en iyi sonuçları verirken, düşük konsantrasyonlardaki BAP ile yüksek NAA kombinasyonlarının gövde uzunluğunu sınırladığı tespit edilmiştir.

İstatistiksel analiz sonuçlarına göre, BAP'ın farklı konsantrasyonlarının NAA ile kombinasyonlarında, gövde/eksplant oranı ve gövde uzunluğu bakımından belirli kombinasyonlar arasında anlamlı farklar gözlenmiştir. Gövde/eksplant oranı açısından, **2 mg/L BAP + 0.5 mg/L NAA kombinasyonu** ile **2 mg/L BAP + 1.5 mg/L NAA**, **1.5 mg/L BAP + 1 mg/L NAA** ve **1.5 mg/L BAP + 2 mg/L NAA** kombinasyonları arasında anlamlı bir fark bulunmazken; bu kombinasyonlar, **1 mg/L BAP + 1 mg/L NAA** ve **0.5 mg/L BAP + 1 mg/L NAA** gibi diğer kombinasyonlara kıyasla daha yüksek değerlere sahiptir.

Gövde uzunluğu bakımından ise, en yüksek değer olan **3.38±0.46 cm** ile **1 mg/L BAP + 1 mg/L NAA** kombinasyonu, **2 mg/L BAP + 0.5 mg/L NAA** kombinasyonu (**2.80±0.21 cm**) ile istatistiksel olarak fark göstermemiştir. Ancak bu kombinasyonlar, diğer BAP konsantrasyonlarının tüm NAA kombinasyonlarıyla karşılaştırıldığında (örneğin, **0.5 mg/L BAP + 1 mg/L NAA** ve **1.5 mg/L BAP + 0.5 mg/L NAA**) anlamlı derecede üstün performans sergilemiştir.

Sonuç olarak, **1 mg/L BAP + 1 mg/L NAA** kombinasyonu gövde uzunluğu açısından en iyi performansı göstermiştir. Ancak, **2 mg/L BAP + 0.5 mg/L NAA** kombinasyonu gövde/eksplant oranı bakımından daha verimli bir seçenek olarak değerlendirilmiştir. Bu bulgular, aspir bitkisi mikroçoğaltım çalışmalarında uygun büyüme düzenleyicisi kombinasyonlarının seçiminin önemini vurgulamaktadır.

4.1.5.2. KIN ve NAA kombinasyonlarının mikroçoğaltıma etkisi

KIN ve NAA kombinasyonlarının aspir bitkisi (*Carthamus tinctorius* L. cv. Safir) sürgünlerinin mikroçoğaltımı üzerindeki etkilerini değerlendiren çalışmada, rejenerasyon oranlarının %0 ile %100 arasında değiştiği tespit edilmiştir (**Çizelge 4.4**). Çalışmanın sonuçlarına göre, en yüksek gövde/eksplant oranı, **1.40±0.16** ile **2 mg/L KIN + 2 mg/L NAA** kombinasyonunda gözlemlenmiştir. En düşük gövde/eksplant oranı ise **0.33±0.13** ile **0.5 mg/L KIN + 0.5 mg/L NAA** kombinasyonunda kaydedilmiştir.

Ortalama gövde uzunluğu açısından en yüksek değer, **5.00±0.40 cm** ile **1 mg/L KIN + 0.5 mg/L NAA** kombinasyonunda elde edilmiştir. Buna karşılık, **0.5 mg/L KIN + 1 mg/L NAA** kombinasyonunda rejenerasyon oranının %0 olması, düşük

konsantrasyonlardaki KIN kombinasyonlarının etkinliğinin sınırlı olduğunu göstermiştir.

Çizelge 4.4. KIN ile NAA'nın farklı kuvvetlerdeki (0,5-1-1,5-2 mg/L) konsantrasyonlarının sürgün çoğaltımına etkisi

BBD Kombinasyonu ve Kuvveti ^a	Rejenerasyon (%) ^b	Gövde/Eksplant ^c Ort±SH	Ortalama Gövde Uzunluğu ^c (cm) Ort±SH
0,5 mg/L KIN+0,5 mg/L NAA	33b	0,33±0,13d	2,00±0,50b
0,5 mg/L KIN+1 mg/L NAA	0c	0,00±0,00e	0,00±0,00c
0,5 mg/L KIN+1,5 mg/L NAA	33b	0,33±0,13d	1,50±0,17b
0,5 mg/L KIN+2 mg/L NAA	100a	1,07±0,07bc	1,38±0,16b
1 mg/L KIN+0,5 mg/L NAA	100a	1,13±0,13abc	5,00±0,40a
1 mg/L KIN+1 mg/L NAA	100a	1,00±0,00c	2,24±0,31b
1 mg/L KIN+1,5 mg/L NAA	100a	1,07±0,07bc	1,44±0,18b
1 mg/L KIN+2 mg/L NAA	100a	1,40±0,16a	1,97±0,30b
1,5 mg/L KIN+0,5 mg/L NAA	100a	1,13±0,09abc	2,24±0,20b
1,5 mg/L KIN+1 mg/L NAA	100a	1,00±0,00c	2,41±0,31b
1,5 mg/L KIN+1,5 mg/L NAA	100a	1,00±0,00c	2,20±0,27b
1,5 mg/L KIN+2 mg/L NAA	100a	1,00±0,00c	2,27±0,27b
2 mg/L KIN+0,5 mg/L NAA	100a	1,00±0,00c	2,27±0,27b
2 mg/L KIN+1 mg/L NAA	100a	1,00±0,00c	2,19±0,28b
2 mg/L KIN+1,5 mg/L NAA	100a	1,13±0,09abc	2,23±0,30b
2 mg/L KIN+2 mg/L NAA	100a	1,33±0,15ab	2,05±0,27b

^a Veriler kültür başlatılmasından 4 hafta sonra toplanmıştır. Her bir deneme en az 20 eksplant kullanılarak yapılmıştır.

^b Her bir eksplant çeşidi denemesinde, yüzdeleri takip eden aynı harfler, Post Hoc çoklu karşılaştırılmalı teste göre belirgin bir fark ($P \leq 0.05$) oluşturmamaktadır. Yüzdelerdeki farklılıklar dikey olarak değerlendirilmiştir.

^c Her bir eksplant çeşidi denemesinde, ortalamaları takip eden aynı harfler ANOVA'nın Duncan testine göre belirgin bir fark ($P \leq 0.05$) oluşturmamaktadır. Ortalamalardaki farklılıklar dikey olarak değerlendirilmiştir.

İstatistiksel analiz sonuçlarına göre, KIN'ın farklı konsantrasyonlarının NAA ile kombinasyonlarında gövde/eksplant oranı ve gövde uzunluğu bakımından belirgin farklılıklar gözlenmiştir:

Gövde/Eksplant Oranı: En yüksek gövde/eksplant oranı, 1.40±0.16 ile 2 mg/L KIN + 2 mg/L NAA kombinasyonunda elde edilmiştir. Bu kombinasyon, diğer NAA konsantrasyonlarına kıyasla daha etkili bulunmuştur.

Gövdelerin Uzunluğu: Ortalama gövde uzunluğu açısından, en yüksek değer olan 5.00±0.40 cm, 1 mg/L KIN + 0.5 mg/L NAA kombinasyonu ile sağlanmıştır. Diğer KIN ve NAA kombinasyonları arasında, özellikle düşük konsantrasyonlu KIN ile yüksek NAA kombinasyonlarının gövde uzunluğunu sınırladığı tespit edilmiştir.

Gövde/eksplant oranı açısından, 1 mg/L KIN + 2 mg/L NAA kombinasyonu ile 1.5 mg/L KIN + 0.5 mg/L NAA ve 2 mg/L KIN + 2 mg/L NAA kombinasyonları arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Ancak bu kombinasyonlar, düşük KIN konsantrasyonlarının tüm NAA kombinasyonlarına kıyasla daha yüksek performans sergilemiştir.

Sonuç olarak, 1 mg/L KIN + 0.5 mg/L NAA kombinasyonu gövde uzunluğu açısından en iyi performansı göstermiştir. Ancak, 2 mg/L KIN + 2 mg/L NAA kombinasyonu gövde/eksplant oranı bakımından daha verimli bir seçenek olarak değerlendirilmiştir.

4.1.5.3. TDZ ve NAA kombinasyonlarının mikroçoğaltıma etkisi

TDZ ve NAA kombinasyonlarının aspir bitkisi (*Carthamus tinctorius* cv. Safir L.) sürgünlerinin mikroçoğaltımı üzerindeki etkileri incelenmiş ve tüm kombinasyonlarda %100 rejenerasyon oranı elde edilmiştir (**Çizelge 4.5**). Çalışmanın sonuçlarına göre, gövde/eksplant oranı açısından en yüksek değer, 1.40±0.33 ile 2 mg/L TDZ + 1.5 mg/L NAA kombinasyonunda gözlenmiştir. Gövde uzunluğu bakımından ise en yüksek değer, 2.30±0.20 cm ile 2 mg/L TDZ + 0.5 mg/L NAA kombinasyonunda kaydedilmiştir.

Çizelge 4.5. TDZ ile NAA'nın farklı kuvvetlerdeki (0,5-1-1,5-2 mg/L) konsantrasyonlarının sürgün çoğaltımına etkisi

BBD Kombinasyonu ve Kuvveti ^a	Rejenerasyon (%) ^b	Gövde/Eksplant ^c Ort±SH	Ortalama Gövde Uzunluğu ^c (cm) Ort±SH
0,5 mg/L TDZ+0,5 mg/L NAA	100a	1,20±0,11a	1,48±0,19bc
0,5 mg/L TDZ+1 mg/L NAA	100a	1,00±0,00a	2,11±0,27ab
0,5 mg/L TDZ+1,5 mg/L NAA	100a	1,00±0,00a	1,60±0,19bc
0,5 mg/L TDZ+2 mg/L NAA	100a	1,07±0,07a	1,70±0,20abc
1 mg/L TDZ+0,5 mg/L NAA	100a	1,00±0,00a	1,44±0,16c
1 mg/L TDZ+1 mg/L NAA	100a	1,27±0,15a	1,65±0,17abc
1 mg/L TDZ+1,5 mg/L NAA	100a	1,13±0,10a	1,38±0,23c
1 mg/L TDZ+2 mg/L NAA	100a	1,00±0,00a	1,54±0,17bc
1,5 mg/L TDZ+0,5 mg/L NAA	100a	1,40±0,27a	1,85±0,23abc
1,5 mg/L TDZ+1 mg/L NAA	100a	1,07±0,07a	1,68±0,13abc
1,5 mg/L TDZ+1,5 mg/L NAA	100a	1,27±0,15a	1,86±0,18abc
1,5 mg/L TDZ+2 mg/L NAA	100a	1,13±0,13a	1,35±0,19c
2 mg/L TDZ+0,5 mg/L NAA	100a	1,33±0,19a	2,30±0,20a
2 mg/L TDZ+1 mg/L NAA	100a	1,07±0,07a	1,72±0,21abc
2 mg/L TDZ+1,5 mg/L NAA	100a	1,40±0,33a	1,93±0,27abc
2 mg/L TDZ+2 mg/L NAA	100a	1,00±0,00a	1,39±0,17c

^a Veriler kültür başlatılmasından 4 hafta sonra toplanmıştır. Her bir deneme en az 20 eksplant kullanılarak yapılmıştır.

^b Her bir eksplant çeşidi denemesinde, yüzdeleri takip eden aynı harfler, Post Hoc çoklu karşılaştırılmalı teste göre belirgin bir fark ($P \leq 0.05$) oluşturmamaktadır. Yüzdelerdeki farklılıklar dikey olarak değerlendirilmiştir.

^c Her bir eksplant çeşidi denemesinde, ortalamaları takip eden aynı harfler ANOVA'nın Duncan testine göre belirgin bir fark ($P \leq 0.05$) oluşturmamaktadır. Ortalamalardaki farklılıklar dikey olarak değerlendirilmiştir.

TDZ ve NAA'nın farklı konsantrasyonlarının etkileri incelendiğinde, gövde/eksplant oranı açısından en yüksek değer 1.40 ± 0.33 ile 2 mg/L TDZ + 1.5 mg/L NAA kombinasyonunda gözlenmiştir. Bu kombinasyon ile 1.5 mg/L TDZ + 0.5 mg/L NAA kombinasyonu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($P > 0.05$). Ayrıca, her iki kombinasyon, 0.5 mg/L TDZ + 1 mg/L NAA ve 1 mg/L TDZ + 1.5 mg/L NAA kombinasyonlarından anlamlı derecede daha yüksek performans göstermiştir ($P \leq 0.05$). Bu sonuçlar, yüksek TDZ konsantrasyonlarının gövde/eksplant oranı üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu göstermektedir.

Gövde uzunluğu açısından ise en yüksek değer, 2.30 ± 0.20 cm ile 2 mg/L TDZ + 0.5 mg/L NAA kombinasyonunda tespit edilmiştir. Bu kombinasyon ile 0.5 mg/L TDZ + 1.5 mg/L NAA ve 1 mg/L TDZ + 1 mg/L NAA kombinasyonları arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir ($P > 0.05$). Ancak, 2 mg/L TDZ + 0.5 mg/L NAA kombinasyonu, diğer tüm kombinasyonlardan anlamlı derecede üstün bir performans sergilemiştir ($P \leq 0.05$).

Sonuç olarak, 2 mg/L TDZ + 0.5 mg/L NAA kombinasyonu gövde uzunluğu açısından en yüksek performansı sağlamıştır. Gövde/eksplant oranı bakımından ise 2 mg/L TDZ + 1.5 mg/L NAA kombinasyonu en iyi sonucu vermiştir. İstatistiksel analizler, TDZ konsantrasyonlarının artmasının gövde uzunluğu ve gövde/eksplant oranı üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, yüksek TDZ konsantrasyonlarının kallus oluşumunu artırabileceği dikkate alınmalıdır. Bu bulgular, aspir bitkisi mikroçoğaltım çalışmalarında TDZ ve NAA konsantrasyonlarının dikkatli bir şekilde optimize edilmesi gerektiğini açıkça göstermektedir.

Şekil 4.5, Şekil 4.6 ve Şekil 4.7'de, farklı büyüme düzenleyicisi kombinasyonlarının *Carthamus tinctorius* L. cv. Safir sürgünlerinin mikroçoğaltımı üzerindeki etkileri görsel olarak sunulmaktadır. Bu görseller, sürgün gelişimi ve rejenerasyon oranlarında gözlemlenen çeşitliliği destekler niteliktedir. Özellikle, BAP, KIN ve TDZ'nin farklı konsantrasyonlarda NAA ile birleştirildiği ortamlarda, sürgün gelişimi dinamiklerinin belirgin bir şekilde etkilendiği ve değiştiği görülmüştür.

TDZ kombinasyonlarının diğer büyüme düzenleyicilerine kıyasla genellikle daha hızlı ve verimli bir sürgün gelişimi sağladığı, ancak 2 mg/L'nin üzerindeki TDZ konsantrasyonlarının kallus oluşumunu artırdığı tespit edilmiştir. Bu durum, aşırı TDZ

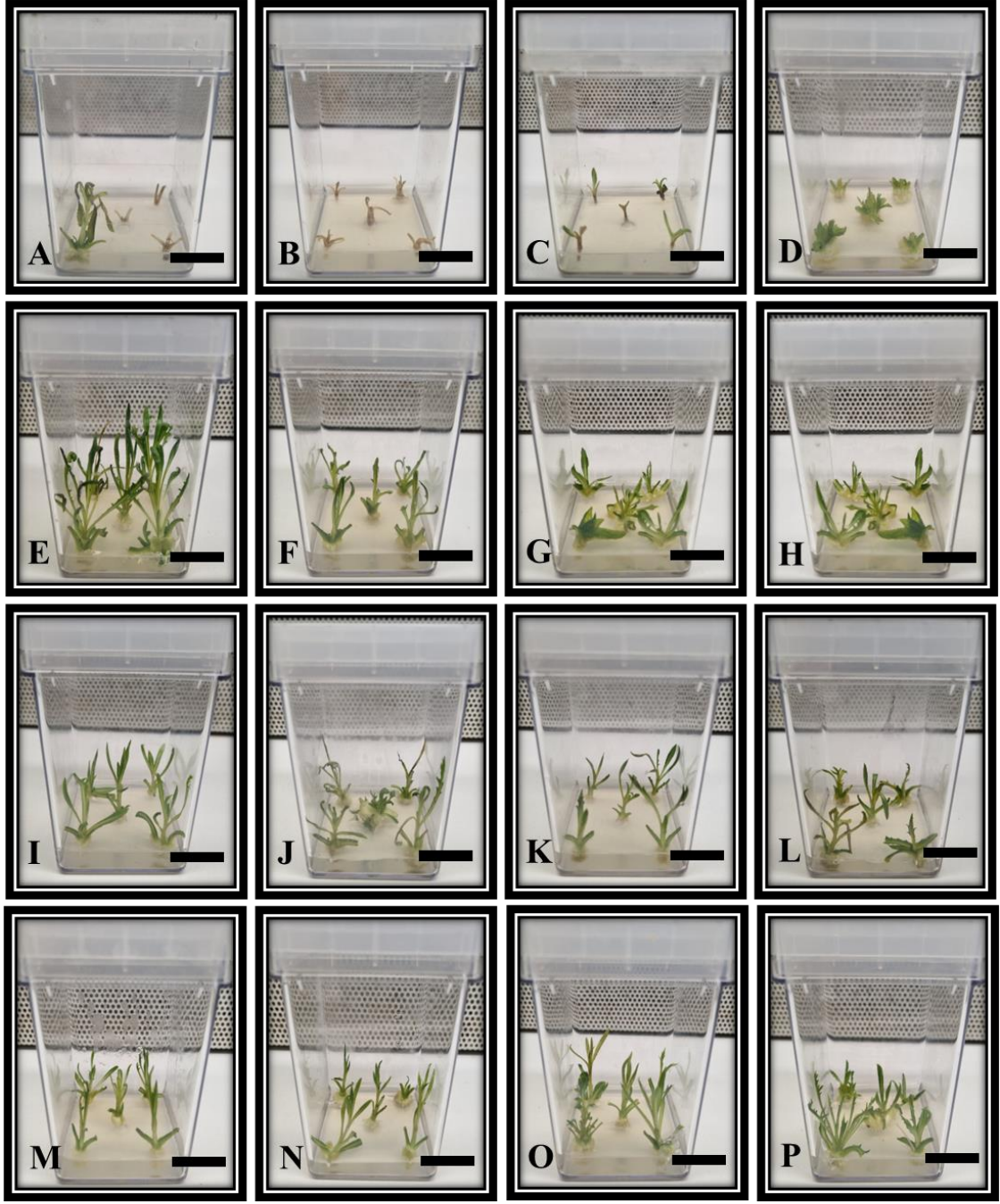
konsantrasyonlarının bitki morfogenezi üzerinde olumsuz etkiler oluşturabileceğini ortaya koymuştur.

KIN'in düşük konsantrasyonlarının (%0.5-1 mg/L) rejenerasyon oranını sınırladığı belirlenirken, 1.5-2 mg/L konsantrasyonlarında rejenerasyon oranlarının anlamlı derecede arttığı gözlemlenmiştir. Özellikle, 2 mg/L KIN + 2 mg/L NAA kombinasyonu, hem gövde/eksplant oranı (1.40 ± 0.16) hem de gövde uzunluğu (2.05 ± 0.27 cm) açısından en yüksek performanslardan birini sağlamıştır.

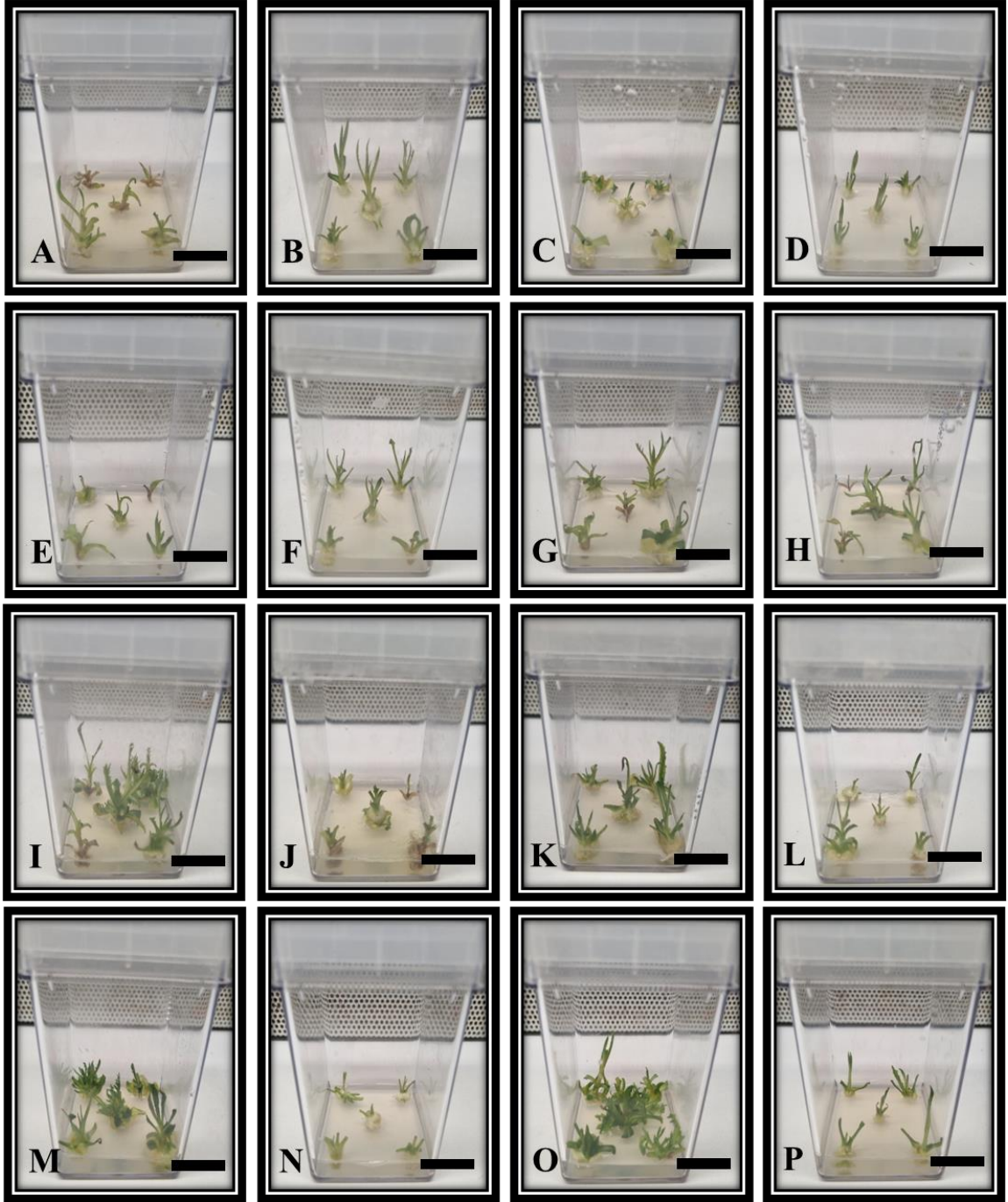
BAP kombinasyonları ise, gövde uzunluğu ve rejenerasyon oranlarında, TDZ ve KIN'e kıyasla daha tutarlı bir performans göstermiştir. Örneğin, 1 mg/L BAP + 1 mg/L NAA kombinasyonu, gövde uzunluğu açısından (3.38 ± 0.46 cm) en yüksek değeri sağlamış, bunun yanı sıra tüm kombinasyonlarda rejenerasyon oranı %93-%100 arasında değişmiştir. Bu durum, BAP'ın mikroçoğaltım çalışmalarında hem stabilite hem de verimlilik açısından güvenilir bir seçenek olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.5. *C. tinctorius* L. cv. Safir sürgünlerinin BAP ve NAA'nın farklı konsantrasyonlardaki kombinasyonları destekli MS besi ortamında gelişimi. A) 0,5 mg/L BAP+0,5 mg/L NAA, B) 0,5 mg/L BAP+1 mg/L NAA, C) 0,5 mg/L BAP+1,5 mg/L NAA, D) 0,5 mg/L BAP+2 mg/L NAA, E) 1 mg/L BAP+0,5 mg/L NAA, F) 1 mg/L BAP+1 mg/L NAA, G) 1 mg/L BAP+1,5 mg/L NAA, H) 1 mg/L BAP+2 mg/L NAA, I) 1,5 mg/L BAP+0,5 mg/L NAA, J) 1,5 mg/L BAP+1 mg/L NAA, K) 1,5 mg/L BAP+1,5 mg/L NAA, L) 1,5 mg/L BAP+2 mg/L NAA, M) 2 mg/L BAP+0,5 mg/L NAA, N) 2 mg/L BAP+1 mg/L NAA, O) 2 mg/L BAP+1,5 mg/L NAA, P) 2 mg/L BAP+2 mg/L NAA. Bar: 1.5 cm



Şekil 4.6. *C. tinctorius* L. cv. Safir sürgünlerinin KIN ve NAA'nın farklı konsantrasyonlardaki kombinasyonları destekli MS besi ortamında gelişimi. A) 0,5 mg/L KIN+0,5 mg/L NAA, B) 0,5 mg/L KIN+1 mg/L NAA, C) 0,5 mg/L KIN+1,5 mg/L NAA, D) 0,5 mg/L KIN+2 mg/L NAA, E) 1 mg/L KIN+0,5 mg/L NAA, F) 1 mg/L KIN+1 mg/L NAA, G) 1 mg/L KIN+1,5 mg/L NAA, H) 1 mg/L KIN+2 mg/L NAA, I) 1,5 mg/L KIN+0,5 mg/L NAA, J) 1,5 mg/L KIN+1 mg/L NAA, K) 1,5 mg/L KIN+1,5 mg/L NAA, L) 1,5 mg/L KIN+2 mg/L NAA, M) 2 mg/L KIN+0,5 mg/L NAA, N) 2 mg/L KIN+1 mg/L NAA, O) 2 mg/L KIN+1,5 mg/L NAA, P) 2 mg/L KIN+2 mg/L NAA. Bar: 1.5 cm.



Şekil 4.7. *C. tinctorius* cv. Safir L. sürgünlerinin TDZ ve NAA'nın farklı konsantrasyonlardaki kombinasyonları destekli MS besi ortamında gelişimi A) 0,5 mg/L TDZ+0,5 mg/L NAA, B) 0,5 mg/L TDZ+1 mg/L NAA, C) 0,5 mg/L TDZ+1,5 mg/L NAA, D) 0,5 mg/L TDZ+2 mg/L NAA, E) 1 mg/L TDZ+0,5 mg/L NAA, F) 1 mg/L TDZ+1 mg/L NAA, G) 1 mg/L TDZ+1,5 mg/L NAA, H) 1 mg/L TDZ+2 mg/L NAA, I) 1,5 mg/L TDZ+0,5 mg/L NAA, J) 1,5 mg/L TDZ+1 mg/L NAA, K) 1,5 mg/L TDZ+1,5 mg/L NAA, L) 1,5 mg/L TDZ+2 mg/L NAA, M) 2 mg/L TDZ+0,5 mg/L NAA, N) 2 mg/L TDZ+1 mg/L NAA, O) 2 mg/L TDZ+1,5 mg/L NAA, P) 2 mg/L TDZ+2 mg/L NAA Bar: 1.5 cm.

Aspir bitkisi (*Carthamus tinctorius* L. cv. Safir) sürgünlerinin kitlesel mikroçoğaltımı için yarı katı MS besisi ortamında en iyi sonuçları veren 2 mg/L TDZ + 0.5 mg/L NAA kombinasyonu sıvı besisi ortamına adapte edilmiştir. Bu kombinasyon, geçici daldırma biyoreaktör sistemi (RITA®) kullanılarak, farklı daldırma süreleri (8, 16, ve 24 saat) ve sıklıkları (8, 16, ve 24 saat) ile test edilmiştir. Çalışmanın amacı, sıvı ortamda sürgün gelişimini optimize etmek için en uygun daldırma zamanı ve sıklığını belirlemektir.

Çizelge 4.6'da, geçici daldırma biyoreaktör sisteminde farklı daldırma süreleri ve sıklıklarının mikroçoğaltım üzerindeki etkileri verilmiştir. Çalışmanın tüm denemelerinde %100 rejenerasyon oranı elde edilmiştir. Sonuçlar, farklı daldırma zamanlarının ve sıklıklarının sürgün gelişimi üzerindeki etkilerini detaylı bir şekilde ortaya koymuştur. En yüksek gövde uzunluğu ve gövde/eksplant oranları belirli daldırma sürelerinde gözlemlenirken, daldırma sıklıklarındaki değişimlerin bazı kombinasyonlar üzerinde anlamlı etkileri olmuştur.

Çizelge 4.6. RITA® geçici daldırma biyoreaktör sisteminde farklı daldırma süreleri ve sıklıklarının sürgün çoğaltımına etkisi

Daldırma Zamanı ve Sıklığı ^a	Rejenerasyon (%) ^b	Gövde/Eksplant ^c Ort±SH	Ortalama Gövde Uzunluğu ^c (cm) Ort±SH
8s/8d	100a	1,21±0,11a	1,62±0,11ab
8s/16d	100a	1,14±0,14a	1,69±0,10a
8s/24d	100a	1,21±0,11a	1,64±0,10a
16s/8d	100a	1,00±0,00a	1,12±0,06c
16s/16d	100a	1,00±0,00a	1,16±0,08c
16s/24	100a	1,07±0,07a	1,39±0,10abc
24s/8d	100a	1,00±0,00a	1,47±0,16abc
24s/16d	100a	1,00±0,00a	1,69±0,19a
24s/24	100a	1,00±0,00a	1,29±0,09bc

^a Veriler kültür başlatılmasından 4 hafta sonra toplanmıştır. Her bir deneme en az 20 eksplant kullanılarak yapılmıştır.

^b Her bir eksplant çeşidi denemesinde, yüzdeleri takip eden aynı harfler, Post Hoc çoklu karşılaştırılmalı teste göre belirgin bir fark ($P \leq 0.05$) oluşturmamaktadır. Yüzdelerdeki farklılıklar dikey olarak değerlendirilmiştir.

^c Her bir eksplant çeşidi denemesinde, ortalamaları takip eden aynı harfler ANOVA'nın Duncan testine göre belirgin bir fark ($P \leq 0.05$) oluşturmamaktadır. Ortalamalardaki farklılıklar dikey olarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.6'da sunulan veriler, geçici daldırma biyoreaktör sistemi (RITA®) kullanılarak yapılan daldırma zamanı ve sıklığının, aspir bitkisinin sürgün çoğaltımı üzerindeki etkilerini kapsamlı bir şekilde ortaya koymaktadır. Çalışmada, test edilen

tüm daldırma süreleri ve sıklıkları %100 rejenerasyon oranı ile başarılı sonuçlar vermiştir. **Gövde/Eksplant oranı** açısından en yüksek değerler, 1.21 ± 0.11 ile 8s/8d ve 8s/24d daldırma sürelerinde kaydedilmiştir. Buna karşın, en düşük gövde/eksplant oranı 1.00 ± 0.00 ile 16s/8d, 16s/16d ve 24s/24d sürelerinde gözlenmiştir. İstatistiksel analizler, farklı daldırma süreleri ve sıklıkları arasında gövde/eksplant oranı bakımından anlamlı bir fark olmadığını göstermiştir.

Ortalama gövde uzunluğu açısından en yüksek değerler, sırasıyla 1.69 ± 0.10 cm ve 1.69 ± 0.19 cm ile 8s/16d ve 24s/16d daldırma sürelerinde elde edilmiştir. En düşük gövde uzunluğu ise 1.12 ± 0.06 cm ile 16s/8d süresinde tespit edilmiştir. İstatistiksel olarak değerlendirildiğinde, 8s/16d ve 24s/24d süreleri ile 8s/8d, 8s/24d, 16s/24d ve 24s/8d süreleri arasında gövde uzunluğu bakımından anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir. Ancak, 16s/8d, 16s/16d ve 24s/24d süreleri arasında anlamlı farklılıklar gözlenmiştir.

Bu sonuçlar, geçici daldırma biyoreaktör sisteminde daldırma zamanı ve sıklığının, sürgün gelişimi üzerinde önemli bir etkisi olduğunu göstermektedir. Özellikle 8s/16d ve 24s/16d süreleri, hem gövde/eksplant oranı hem de gövde uzunluğu açısından optimum koşulları sağlamış, bu da bu süre ve sıklıkların kitlesel mikroçoğaltım çalışmaları için ideal olduğunu ortaya koymuştur. Bu bulgular, aspir bitkisinin kitlesel çoğaltımı için geçici daldırma biyoreaktör sisteminin etkili ve uygulanabilir bir yöntem olduğunu vurgulamaktadır.

Tüm daldırma süreleri ve sıklıkları, aspir bitkisinin sürgün çoğaltımı için yüksek rejenerasyon oranları sağlamıştır. **Gövde/Eksplant Oranı** açısından, en yüksek değerler 1.21 ± 0.11 ile 8s/8d ve 8s/24d daldırma süreleri ve sıklıklarında kaydedilmiştir. En düşük gövde/eksplant oranı ise 1.00 ± 0.00 ile 16s/8d, 16s/16d ve 24s/24d sürelerinde elde edilmiştir. Bu durum, kısa süreli daldırma periyotlarının daha etkili olduğunu göstermektedir.

Ortalama Gövde Uzunluğu bakımından en yüksek değerler, 1.69 ± 0.10 cm ve 1.69 ± 0.19 cm ile sırasıyla 8s/16d ve 24s/16d sürelerinde gözlemlenmiştir. En düşük gövde uzunluğu ise 1.12 ± 0.06 cm ile 16s/8d daldırma süresinde tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, daldırma sıklığının gövde gelişimi üzerinde anlamlı bir etkisi olduğunu ortaya koymaktadır. İstatistiksel analizlere göre, 8s/16d ve 24s/16d daldırma süreleri ve sıklıkları, diğer kombinasyonlarla karşılaştırıldığında anlamlı şekilde daha yüksek gövde uzunlukları sağlamıştır.



Şekil 4.8. *In vitro* olarak çimlendirilmiş *C. tinctorius* L. cv. Safir bitkilere ait sürgünlerin 2 mg/L BAP+0,5 mg/L NAA destekli sıvı MS besi ortamı içeren geçici daldırma biyoreaktör sisteminde (RITA®) farklı daldırma zamanı ve sıklığının kitlesel çoğaltıma etkisi A) 8s/8d, B) 8s/16d C) 8s/24d, D) 16s/8d, E) 16s/16d F) 16s/24d, G) 24s/8d, H) 24s/16d, I) 24s/24d

Geçici daldırma biyoreaktör sisteminde (RITA/TIS) kültüre alınan bitkilere ait resimler, kısa süreli ve düzenli daldırma sıklıklarının sürgün gelişimi üzerindeki olumlu etkilerini açıkça ortaya koymaktadır. Özellikle, 8s/16d ve 24s/16d sürelerinde, sürgünlerin sağlıklı ve düzgün bir büyüme sergilediği görülmüştür. Bu çalışma, yarı katı besi ortamında elde edilen optimum sürgün çoğaltımı kültür koşullarının sıvı ortamda geçici daldırma biyoreaktör sistemi (RITA®) kullanılarak etkili şekilde uygulanabileceğini göstermiştir. 8s/16d ve 24s/16d süre ve sıklıkları, hem gövde uzunluğu hem de gövde/eksplant oranı açısından en iyi sonuçları vermiştir. Bununla birlikte, uzun süreli daldırmaların kallus oluşumunu artırabileceği ve bitki sağlığını

olumsuz etkileyebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Elde edilen bulgular, aspir bitkisi sürgünlerinin kitlesel çoğaltımı için TIS sisteminin etkin bir yöntem olduğunu kanıtlamaktadır.

4.2.1. Tohumların yüzey sterilizasyonu ve çimlendirilmesi ile ilgili tartışma

Bu çalışma, aspir (*Carthamus tinctorius* L. cv. Safir) tohumlarının yüzey sterilizasyonu ve çimlendirilmesi sürecine yönelik etkin ve tekrarlanabilir bir protokol geliştirilmesini amaçlamıştır. Bu bağlamda, yüzey sterilizasyonu için kullanılan yöntem, Nikhil vd. (2014), Akbaş ve Birecikli (2019) ve Akbaş ve Keleş'in (2023) çalışmaları temel alınarak optimize edilmiştir. Çalışmada, NaOCl (%5-20) çözeltisinin farklı sürelerde uygulanmasıyla sterilizasyon etkinliği ve kontaminasyon oranı analiz edilmiştir. Sonuçlar, %20 NaOCl çözeltisinde 20 dakika sterilizasyon ve ardından steril saf su ile üç kez durulama adımlarını içeren protokolün, Safir çeşidine ait tohumlarda kontaminasyonu önlemede ve çimlenme oranını artırmada başarılı olduğunu ortaya koymuştur.

Literatürde farklı yüzey sterilizasyon yöntemlerinin etkinliği değerlendirildiğinde, kullanılan protokolün diğer çalışmalarda bildirilenlerle uyumlu olduğu görülmektedir. Örneğin, **Orlikowska ve Dyer (1993)**, *Carthamus tinctorius* L. türüne ait tohumların sterilizasyonunda benzer yöntemlerin kullanıldığını ve yüksek başarı oranlarının sağlandığını bildirmiştir. **Sujatha ve Kumar (2007)** ise mercuric chloride gibi kimyasalların etkili bir sterilizasyon sağladığını ancak bu tür kimyasalların çevresel ve sağlık açısından risk taşıdığına dikkat çekmiştir. Bu nedenle, daha güvenilir alternatiflerin tercih edilmesi önerilmektedir.

Birecikli (2018) çalışmasında, aspir tohumlarının sterilizasyonunda %5'lik NaOCl çözeltisinin 60 dakika uygulanmasıyla kontaminasyonun önlendiği ve çatlatılmış tohumların %100 çimlenme oranına ulaştığı belirtilmiştir. Benzer şekilde, **Akbaş ve Keleş (2023)**, tuz stresine maruz bırakılan aspir tohumlarının sterilizasyonunda %5 NaOCl çözeltisinin etkinliğini göstermiş ve sterilizasyon protokollerinin çimlenme oranları üzerindeki olumlu etkisini vurgulamıştır.

Çimlendirme aşamasında, bitki büyüme düzenleyicisi içermeyen yarı katı MS besi ortamı tercih edilmiştir. %3 sukroz ve %0.8 agar içeren bu ortam, 25±2 °C sıcaklık, 16 saat aydınlık ve 8 saat karanlık fotoperiyot koşullarında inkübe edilmiştir. Bu

koşullar altında, tohumların çimlenme oranı %100'e yakın olarak kaydedilmiştir. Bu sonuçlar, kullanılan protokolün etkinliğini desteklemekte ve Požoga vd. (2024) tarafından gerçekleştirilen benzer çalışmalarla tutarlılık göstermektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma, aspir gibi ekonomik önemi yüksek yağ bitkilerinin doku kültürü çalışmalarında kullanılabilirlik etkin bir yüzey sterilizasyonu ve çimlendirme protokolü sunmaktadır. Geliştirilen bu metodoloji, aspir tohumlarında yüksek verimlilik sağlamakla kalmayıp, farklı bitki türleri için de önemli bir referans oluşturmaktadır. Ancak, farklı aspir türleri veya yabancı *Carthamus* türlerinde protokollerin genellenebilirliğini ve adaptasyonunu değerlendirmek amacıyla daha fazla araştırma yapılması gerektiği düşünülmektedir.

4.2.2. Çimlendirilmiş bitkilerden elde edilen sürgünlerin mikroçoğaltımı ve stok kültürlerin hazırlanması ile ilgili tartışma

Çimlenmiş bitkilerden elde edilen sürgünlerin mikroçoğaltımı, başarılı bir *in vitro* kültür sürecinin temel adımlarından biridir. Bu aşama, sonraki optimizasyon çalışmalarında farklı büyüme düzenleyicilerin ve ortam koşullarının etkilerinin değerlendirilebilmesi için kritik bir ön hazırlık niteliği taşımaktadır. Çalışmamızda, kültür başlatma süreci, literatürde yaygın olarak kullanılan ve başarılı sonuçlar verdiği rapor edilen **Paramesha vd. (2014)**'ün protokolü temel alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu protokolda, 1.5 mg/L TDZ ve 0.5 mg/L NAA içeren, %3 sukroz ve %0.8 agar destekli yarı katı MS ortamı kullanılmıştır.

Literatürde, özellikle aspir türlerinde TDZ'nin adventif sürgün oluşumunu teşvik ettiği ve özellikle NAA ile kombinasyonunda bu etkinin artırıldığı bildirilmiştir (**Radhika vd., 2006; Mendhe ve Sheikh, 2018**). Çalışmamızda, bu protokolün kullanılması, sürgün çoğaltım sürecinin başarılı bir şekilde başlatılmasını sağlamış ve elde edilen sonuçlar literatür ile uyumlu olmuştur. **Paramesha vd. (2014)**'nin yöntemi, başlangıç kültürlerinin hazırlanması ve stok kültürlerin oluşturulmasında, sağlıklı ve yüksek proliferasyon oranına sahip sürgünlerin elde edilmesini mümkün kılmıştır.

Bu protokolün uygulanması, çalışmamızın sonraki aşamalarında gerçekleştirilen optimizasyon çalışmalarına sağlam bir temel oluşturmuştur. Özellikle TDZ ve NAA kombinasyonlarının, sürgün çoğaltımı sırasında hiperhidrisite gibi istenmeyen durumları en aza indirirken yüksek kaliteli sürgün oluşumunu teşvik ettiği gözlemlenmiştir. **Vijayakumar vd. (2017)** tarafından aspir bitkisi üzerinde yapılan

çalışmada, TDZ'nin yüksek konsantrasyonlarının sürgün proliferasyonunu artırdığı, ancak aşırı dozların hiperhidrisiteye neden olabileceği rapor edilmiştir. Bu nedenle, 1.5 mg/L TDZ ve 0.5 mg/L NAA konsantrasyonları, başlangıç aşamasında hem literatürde önerilen hem de uygulamada etkili sonuçlar sağlayan dengeli bir kombinasyon olarak tercih edilmiştir.

Sonuç olarak, **Paramesha vd. (2014)**'ün rapor ettiği protokol, çalışmamızda kültür başlatma ve stok kültür oluşturma aşamalarında başarılı bir şekilde uygulanmıştır. Bu yöntem, ilerleyen süreçlerde farklı bitki büyüme düzenleyicilerin ve ortam koşullarının etkilerinin detaylı bir şekilde araştırılmasına olanak sağlamış, aynı zamanda *in vitro* sürgün çoğaltımı ve stok kültür oluşturma için sağlam bir zemin hazırlamıştır. **Şekil 4.2**'de gösterildiği üzere, bu protokol, sağlıklı ve yüksek proliferasyon oranına sahip sürgünlerin elde edilmesini sağlamış ve sonraki optimizasyon çalışmaları için uygun bir başlangıç noktası oluşturmuştur. Bu süreç, *in vitro* kültürlerin başarılı bir şekilde yönetilmesi ve sürdürülebilir bitki biyoteknolojisi uygulamalarına katkı sağlanması açısından önem taşımaktadır.

4.2.3. Yarı katı besi ortamında sürgünlerin mikroçoğaltımı ve optimizasyon çalışmaları kapsamında farklı besi ortamları ve kuvvetlerinin etkisi ile ilgili tartışma

Aspir bitkisinin (*C. tinctorius* L.) mikroçoğaltımı için kullanılan besi ortamları ve bu ortamların farklı kuvvetleri, rejenerasyon yüzdesi, gövde/eksplant oranı ve gövde uzunluğu gibi temel parametreler üzerinde önemli etkiler göstermiştir. Çalışmamızda elde edilen sonuçlar, literatürde yer alan benzer çalışmalarla kıyaslandığında birçok paralellik taşımaktadır.

Bu çalışmada, MS besi ortamı, özellikle 1X kuvvetinde, aspir bitkisi mikroçoğaltımında en yüksek verimliliği sağlamıştır. Literatürde, MS besi ortamının genellikle bitki doku kültüründe en yaygın kullanılan ortam olduğu belirtilmektedir (**Murashige ve Skoog, 1962**). **Abbas vd. (2017)**, *Parkia biglobosa* türünde MS besi ortamının yüksek rejenerasyon oranları ve sürdürülebilir hücre kültürü oluşturma açısından etkili olduğunu rapor etmişlerdir. Benzer şekilde, **Sayed vd. (2023)** de *Spathiphyllum* türlerinin mikroçoğaltımında MS besi ortamının diğer besi ortamlarına kıyasla daha başarılı olduğunu bildirmiştir.

Çizelge 4.1’de sunulan sonuçlar, MS 0.5X, MS 1X ve MS 2X besi ortamlarının rejenerasyon yüzdesinin %100 olduğunu, SH besi ortamlarının ise %90 ile %85 arasında değiştiğini göstermektedir. Gamborg besi ortamları ise %55, %25 ve %5 oranlarıyla en düşük performansı sergilemiştir. Bu sonuçlar, Gamborg besi ortamlarının mikroçoğaltımda daha az etkili olduğunu göstermektedir. SH besi ortamlarının ise gövde/eksplant oranı açısından Gamborg besi ortamına göre belirli avantajları olsa da, vitrifikasyon ve aşırı kalluslaşma gibi sorunlara yol açabileceği literatürde de bildirilmiştir (Al-Khayri, 2011; Abdi vd., 2013). SH besi ortamının performansı, MS ve Gamborg besi ortamları ile karşılaştırıldığında oldukça yetersiz kalmıştır.

Gövde uzunluğu açısından, MS besi ortamları yine en iyi performansı göstermiştir. MS 2X ortamında 1.87 ± 0.13 cm ile en uzun gövde uzunluğu kaydedilirken, Gamborg 0.5X besi ortamında bu değer 0.70 ± 0.18 cm ile sınırlı kalmıştır. Bu sonuçlar, düşük performans gösteren Gamborg besi ortamlarının Aspir bitkisinin Safir çeşidinin gelişimi üzerindeki sınırlayıcı etkisini vurgulamaktadır. **Onsa vd. (2022)**, *Ixora coccinea* türünde benzer şekilde MS besi ortamının gövde gelişimi için daha uygun olduğunu rapor etmiştir.

Bununla birlikte, MS 2X ortamında uzun süreli kültürlerde kalluslaşma ve kararma gibi istenmeyen yan etkiler gözlemlenmiştir. Bu durum, daha yüksek konsantrasyonların aşırı fizyolojik stres yaratabileceğini göstermektedir (Hilae ve Te-chato, 2005). Bu bağlamda, MS 1X besi ortamı, hem kısa vadeli hem de uzun vadeli mikroçoğaltım çalışmaları için daha stabil ve verimli bir seçenek olarak belirlenmiştir.

Sonuç olarak, bu çalışma, aspir bitkisinin mikroçoğaltımında MS besi ortamlarının özellikle 1X kuvvetinde kullanımının en uygun seçenek olduğunu göstermektedir. Literatürdeki benzer çalışmalar da MS ortamının bitki doku kültüründe tercih edilmesinin nedenlerini desteklemektedir (Sidik vd., 2024). Bu bulgular, uygun besi ortamı ve kuvvetinin seçiminin, mikroçoğaltım çalışmalarının başarısını önemli ölçüde etkilediğini vurgulamaktadır.

4.2.4. Yarı katı besi ortamında sürgünlerin mikroçoğaltımı ve optimizasyon çalışmaları kapsamında farklı karbon kaynakları ve kuvvetlerinin etkisi ile ilgili tartışma

Bu çalışmada, farklı karbon kaynaklarının (sukroz, glukoz, maltoz) ve kuvvet seviyelerinin aspir bitkisinin (*Carthamus tinctorius* L. cv. Safir) sürgün mikroçoğaltımı

üzerindeki etkileri incelenmiş ve elde edilen bulgular literatürdeki diğer çalışmalarla karşılaştırılmıştır.

Sukroz (1X) ortamı, en yüksek gövde uzunluğu (2.04 ± 0.19 cm) ve %100 rejenerasyon oranı ile en başarılı karbon kaynağı olarak tespit edilmiştir. Glukoz (0.5X) ise en yüksek gövde/eksplant oranını (1.33 ± 0.18) sağlayarak dikkat çekmiştir. Bu sonuçlar, **Vijayakumar vd. (2017)** tarafından karbon kaynaklarının mikroçoğaltımdaki etkilerine dair elde edilen bulgularla uyum göstermektedir. Çalışmamızda, sukrozun diğer karbon kaynaklarına kıyasla daha yüksek rejenerasyon oranları sağladığı ve *in vitro* aspir kültürleri için en etkili karbon kaynağı olduğu açıkça görülmüştür. Bununla birlikte, maltozun, genellikle sukroz ve glukozla kıyasla daha düşük rejenerasyon oranlarına neden olduğu gözlemlenmiştir.

Literatürde, sukrozun *in vitro* çimlenme ve gelişim üzerindeki üstünlüğü sıkça vurgulanmaktadır. Örneğin, **Birecikli (2018)**, Balcı çeşidi üzerinde yaptıkları çalışmada sukrozun aspir bitkisi mikroçoğaltımında en etkili karbon kaynağı olduğunu rapor etmiştir. Benzer şekilde, Bayhan ve Yücesan (2024), *Aronia melanocarpa* bitkisinde sukrozun sürgün proliferasyon oranını artırdığını ve vitrifikasyon riskini azalttığını belirtmiştir. Çalışmamızdaki bulgular bu sonuçlarla örtüşmektedir.

Karbon kaynaklarının kuvvet seviyelerindeki artış, bazı durumlarda bitki gelişimini olumsuz etkileyebilse de, çalışmamızda rejenerasyon oranları üzerinde anlamlı bir düşüş gözlemlenmemiştir. **Akbaş ve Keleş (2023)** tarafından yapılan bir çalışmada, tuz stresine maruz kalan aspir bitkilerinde 30 g/L sukrozun tüm deney setlerinde uygun sonuçlar verdiği bildirilmiştir. Bu bulgu, çalışmamızda da gözlemlenen yüksek karbon kaynağı konsantrasyonlarının olumsuz etkilerinin sınırlı olduğunu desteklemektedir.

Glukozun (0.5X) gövde/eksplant oranını artırdığı ve sukroza yakın bir performans sergilediği tespit edilmiştir. Ancak, maltoz diğer karbon kaynaklarına göre daha düşük verimlilik göstermiştir. Maltozun düşük performansı, **Vijayakumar vd. (2017)** ve **El-Bakry (2002)** çalışmalarında da bildirilmiş ve bunun, metabolik süreçler üzerindeki etkisinin sınırlı olmasından kaynaklanabileceği öne sürülmüştür.

Farklı karbon kaynaklarının ve konsantrasyonlarının *in vitro* koşullarda sürgün gelişimi üzerindeki etkisi genotip ve kullanılan hormon kombinasyonlarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir (**Yaseen vd., 2013**). Sukroz, aspir kültürlerinde en etkili karbon kaynağı olarak öne çıkarken, glukoz ve maltoz gibi alternatif karbon

kaynaklarının farklı genotiplerde ve stres koşullarında daha kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi önerilmektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma, sukrozun aspir bitkisi safır çeşidinin mikroçoğaltımında en verimli karbon kaynağı olduğunu ortaya koymuştur. Glukoz ve maltozun etkileri ise genotip ve ortam koşullarına göre değişiklik göstermektedir. Gelecekteki çalışmalar, alternatif karbon kaynaklarının ve kombinasyonlarının etkilerini daha ayrıntılı inceleyerek mikroçoğaltım protokollerinin optimizasyonuna katkı sağlayabilir.

4.2.5. Yarı katı besi ortamında sürgünlerin mikroçoğaltımı ve optimizasyon çalışmaları kapsamında farklı bitki büyüme düzenleyicileri kombinasyonları ve kuvvetlerinin etkisine yönelik tartışma

Bu çalışmada, aspir bitkisi (*Carthamus tinctorius* cv. Safır) sürgünlerinin mikroçoğaltımı amacıyla farklı bitki büyüme düzenleyicisi kombinasyonlarının etkileri incelenmiştir. Elde edilen bulgular, literatürdeki benzer çalışmalarla karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

4.2.5.1. BAP ve NAA kombinasyonları

BAP ve NAA kombinasyonları, aspir bitkisinin mikroçoğaltımı üzerinde belirgin bir etkiye sahiptir. Tez çalışmamızda, rejenerasyon oranlarının %86 ile %100 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Özellikle 2 mg/L BAP+0.5 mg/L NAA kombinasyonu, gövde/eksplant oranı açısından en yüksek değeri sağlamıştır (1.33±0.15). Bu sonuçlar, literatürdeki benzer çalışmalarla uyumludur. **Vijayakumar vd. (2017)** ise çalışmalarında, BAP'ın diğer sitokininlerle kombinasyonlarının yüksek sürgün oluşumu sağladığı belirtilmiştir. Özellikle, BAP'ın orta düzey konsantrasyonlarının (7 mg/L) rejenerasyon oranını artırdığı ancak aşırı konsantrasyonların kallus oluşumunu teşvik ettiği rapor edilmiştir. Mevcut çalışma, literatürdeki bulgularla uyum göstermekte olup, optimal konsantrasyonun önemini vurgulamaktadır.

BAP veya TDZ'nin tek başına oksinlerle kombinasyonunun, aspir bitkisi çeşitlerinde hiperhidrite neden olduğu ve minimum sürgün çoğaltım oranlarına yol açtığı (Vijayakumar vd., 2017) literatürde belirtilmiştir. Bu nedenle, *in vitro* koşullarda

uygun sürgün gelişim oranını sağlamak ve bitki kalitesini korumak için alternatif sitokininlerin araştırılmasının önemi vurgulanmaktadır.

4.2.5.2. KIN ve NAA kombinasyonları

KIN ve NAA kombinasyonları, rejenerasyon oranlarında çeşitlilik göstermiştir. En yüksek gövde/eksplant oranı, 2 mg/L KIN+2 mg/L NAA kombinasyonunda (1.40 ± 0.16) elde edilmiştir. Literatürde, KIN'in yüksek konsantrasyonlarda NAA ile kombinasyonunun sürgün gelişimini desteklediği belirtilmiştir. Örneğin, **Akbaş ve Birecikli (2018)**, Balcı aspir çeşidinin *in vitro* sürgün çoğaltımında KIN ve NAA kombinasyonlarının etkili olduğunu rapor etmiştir (Akbaş ve Birecikli, 2018).

KIN ve NAA kombinasyonları, rejenerasyon oranları ve gövde uzunluğu üzerinde farklı etkiler göstermiştir. Tez çalışmamızda, 2 mg/L KIN+2 mg/L NAA kombinasyonu gövde/eksplant oranı açısından en yüksek değeri (1.40 ± 0.16) sunarken, 1 mg/L KIN+0.5 mg/L NAA kombinasyonu gövde uzunluğu açısından en yüksek değeri sağlamıştır (5.00 ± 0.40 cm). **Vijayakumar vd. (2017)** çalışmasında da KIN'in düşük konsantrasyonlarda sınırlı etkinlik gösterdiği, ancak orta ve yüksek konsantrasyonlarda (örneğin, 5 mg/L) etkili olduğu belirtilmiştir. Bu uyum, KIN konsantrasyonlarının dikkatli bir şekilde optimize edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

4.2.5.3. TDZ ve NAA kombinasyonları

Bu çalışmada, TDZ ve NAA kombinasyonlarının aspir bitkisinde sürgün rejenerasyonu üzerinde oldukça etkili olduğu tespit edilmiştir. Özellikle 2 mg/L TDZ+1.5 mg/L NAA kombinasyonu, %100 rejenerasyon oranı ve 1.40 ± 0.33 gövde/eksplant oranı ile en yüksek performansı göstermiştir. TDZ'nin etkisi, düşük konsantrasyonlarda bile rejenerasyonu teşvik etmesiyle dikkat çekmiştir. Ancak, yüksek konsantrasyonlarda kallus oluşumunu artırabileceği ve hiperhidrite yol açabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Başalma vd. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, TDZ'nin kotiledon yapraklarından yüksek sıklıkta sürgün rejenerasyonu sağladığı ve IBA ile kombinasyonunun etkinliği artırdığı belirtilmiştir. Benzer şekilde, **Vijayakumar vd. (2017)**, TDZ'nin CPPU ile kombinasyonunun aspir bitkisinde yüksek rejenerasyon oranlarına katkı sağladığını bildirmiştir. Bu bulgular, TDZ'nin aspir bitkisi

mikroçoğaltımında etkin bir büyüme düzenleyicisi olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Çalışmamızda TDZ, NAA ile kombine edildiğinde sürgün çoğaltımını artırmış ancak kallus oluşumu gibi istenmeyen etkiler minimize edilmiştir. TDZ'nin, özellikle oksinlerle dengeli bir şekilde kombinasyonu, hem rejenerasyon oranını hem de bitki kalitesini optimize etmede önemli bir strateji sunmaktadır. Literatürle uyumlu olarak, TDZ'nin düşük konsantrasyonlarda etkili olduğu ve yüksek konsantrasyonların dikkatle optimize edilmesi gerektiği bir kez daha vurgulanmıştır.

Sonuç olarak, TDZ ve NAA kombinasyonları, aspir bitkisinin *in vitro* çoğaltımında etkili bir yaklaşım sunmaktadır. Gelecekteki çalışmalarda, TDZ'nin diğer sitokinler veya oksinlerle kombinasyonlarının daha geniş bir genotip yelpazesinde değerlendirilmesi, rejenerasyon süreçlerini daha da optimize edebilir.

4.2.6. Aspir bitkisinde (*Carthamus tinctorius* L.) sürgün çoğaltımı için geçici daldırma sistemlerinin (TIS) Optimizasyonu

Bu çalışmada, aspir bitkisinin (*Carthamus tinctorius* L. cv. Safir) sürgün çoğaltımı için geçici daldırma biyoreaktör sistemlerinde (TIS) daldırma süreleri ve sıklıklarının etkileri incelenmiştir. Özellikle 8s/16d ve 24s/16d süreleri, gövde uzunluğu (1.69 ± 0.10 cm ve 1.69 ± 0.19 cm) ve gövde/eksplant oranı açısından en iyi sonuçları sağlamış ve %100 rejenerasyon oranı elde edilmiştir. Bu bulgular, aspir bitkisi için TIS'in etkili bir yöntem olduğunu açıkça göstermektedir.

Geçici daldırma sistemleri, aerasyonun artırılması ve sıvı besinlerin homojen dağılımı sayesinde mikroçoğaltımda önemli avantajlar sunmaktadır. **Georgiev vd. (2014)**, TIS'in statik sıvı sistemlere kıyasla vitrifikasyonu azalttığını ve biyokütle üretimini artırdığını bildirmiştir. Çalışmamızda da uygun daldırma sürelerinde (8s/16d ve 24s/16d) benzer şekilde homojen büyüme gözlenmiş ve vitrifikasyon oranları minimum düzeyde kalmıştır.

Požoga vd. (2024), geçici daldırma sistemlerini (TIS) ve agar bazlı yöntemleri ekonomik ve verimlilik açısından karşılaştırmıştır. Çalışmada, *Pennisetum × advena* 'Rubrum' bitkisinin *in vitro* kültürlerinde kullanılan TIS'in, agar kültürlerine kıyasla daha uygun maliyetli olduğu belirtilmiştir. TIS'in iş gücü maliyetlerini %24 oranında azalttığı ve bitkilerin çoğaltma aşamasında iki kat daha ucuz hale geldiği rapor

edilmiştir. Araştırmada, agar bazlı yöntemlerde en büyük maliyetin %43 ile iş gücünden kaynaklandığı, bunu %25 ile malzeme ve reaktiflerin takip ettiği belirtilmiştir. TIS’de ise üretim materyalleri ve reaktifler toplam maliyetin %44’ünü oluştururken, iş gücü maliyetleri toplam maliyetin yalnızca %24’üne düşmüştür.

Çalışma, TIS'in bitkilerin hızlı çoğaltılmasını sağladığını ve maliyet etkinliğini artırarak üretim sürecini optimize ettiğini ortaya koymuştur. Genel olarak, TIS'in agar bazlı yöntemlere kıyasla üstün etkinlik ve maliyet avantajı sağladığı sonucuna varılmıştır.

Espinosa-Leal vd. (2018) ve **Preil (2005)** tarafından yapılan çalışmalar, TIS’in sürgünlerin biyokütle üretimi ve kalitesi üzerindeki olumlu etkilerini vurgulamaktadır. Çalışmamızda elde edilen %100 rejenerasyon oranı, bu sistemin aspir bitkisinde etkin bir şekilde çalıştığını ve önceki literatürle uyumlu olduğunu ortaya koymaktadır. Ek olarak, **Ramírez-Mosqueda vd. (2016)** tarafından *Stevia rebaudiana* üzerinde yapılan bir çalışmada, TIS’in vitrifikasyon oranlarını azalttığı ve sürgün proliferasyon oranlarını artırdığı bildirilmiştir. Bu bulgular, aspir gibi ekonomik açıdan önemli bitkilerde de TIS’in başarılı bir şekilde uygulanabileceğini göstermektedir.

Geçici daldırma sürelerinin sürgün çoğaltımı üzerindeki etkileri, farklı türler için optimize edilmesi gereken kritik bir parametredir. **Ziv (1999)**, TIS’te uzun süreli daldırmaların hipoksiye neden olabileceğini ve kallus oluşumunu artırabileceğini belirtmiştir. Çalışmamızda da uzun süreli daldırmalarda (24s/24d), kallus oluşumunun arttığı ve gövde/eksplant oranlarının düştüğü gözlenmiştir. Ancak, kısa süreli ve düzenli daldırma süreleri (8s/16d ve 24s/16d) hem gövde uzunluğu hem de gövde/eksplant oranı açısından en iyi sonuçları sağlamıştır.

Marbun vd. (2015)’de rapor ettiği çalışmada palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) bitkisinde doğru daldırma zamanı ve sıklığının belirlenmesi sürgün çoğaltımını artırma eğiliminde olduğunu göstermiştir. Yine diğer bir çalışmada Martinez-Martinez vd. (2021)’de agave bitkisinde uygun daldırma sıklığı ve süresinin sürgün çoğaltımını artırdığını rapor etmiştir.

Mancilla-Álvarez vd. (2024)’de agave bitkisinde her 8 saatte 2 dakika daldırma sıklığına göre her 4 saatte bir 2 dakikalık daldırma sıklığına göre daldırma sıklığı süreci arttıkça vitrifikasyon oranı %16’dan %3’3 düşmüş ayrıca bitkilerin daha sağlıklı olduğu gözlemlenmiştir.

Guerra vd. (2025)’de Boldo (*Peumus boldus* Mol.) bitkisinin geçiçe daldırma biyoreaktör ssiteminde gerçekleştirilen mikroçoğlatım çalışmasında daldırma zamanı

arttıkça bitkide vitrifikasyon gözlenmiştir. Çalışmamızda da özellikle bu sonucu destekler nitelikte sonuç elde edilmiştir.

Geçici daldırma sistemleri, yalnızca doku kültürü çalışmalarında değil, aynı zamanda sekonder metabolit üretiminde de etkili bir yöntemdir. Murthy vd. (2023), TIS'in sekonder metabolit üretimi için kullanılabilirliğini ve endüstriyel uygulamalarda yüksek verimlilik sağladığını belirtmiştir. TIS'in aspir bitkisinde sekonder metabolit üretimini artırma potansiyeli, gelecek çalışmalarda değerlendirilebilir.

Tez çalışmamız, TIS'in aspir bitkisinde sürgün çoğaltımı için etkin bir yöntem olduğunu göstermiştir. Gelecekte yapılacak yeni çalışmalar ile, daldırma süreleri ve sıklıklarının yanı sıra farklı büyüme düzenleyicileri ve abiyotik stres faktörlerinin etkileri de değerlendirilmelidir. Ayrıca, TIS'in aspir bitkisinde sekonder metabolit üretimi üzerindeki potansiyeli de incelenmelidir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu çalışmada, aspir bitkisi (*Carthamus tinctorius* L. cv. Safir) sürgünlerinin *in vitro* çoğaltımı için hem yarı katı besi ortamlarında hem de geçici daldırma biyoreaktör sistemlerinde (TIS) etkili protokoller geliştirilmiştir. Araştırma bulgularından elde edilen sonuçlar şu şekilde özetlenebilir:

1. Tam kuvvette 1X MS besi ortamı, 30 g/L sukroz ve 2 mg/L BAP + 0.5 mg/L NAA kombinasyonu, rejenerasyon oranı (%100), gövde uzunluğu (2.80 ± 0.21 cm) ve gövde/eksplant oranı (1.33 ± 0.15) bakımından en iyi performansı göstermiştir.
2. Alternatif olarak, 2 mg/L TDZ + 0.5 mg/L NAA kombinasyonu da yüksek rejenerasyon oranı ve benzer sonuçlar sağlamış, ancak uzun vadeli stabilite açısından BAP kombinasyonu tercih edilmiştir.
3. Geçici daldırma biyoreaktör sistemlerinde gerçekleştirilen farklı daldırma zamanı ve sıklığı çalışmalarında, 8 saatlik daldırma zamanı ve 8-16-24 dakikalık sıklıkta bitkilerde vitrifikasyon ve yoğun kallus oluşumu gözlenirken, 24 saatlik daldırma zamanı ve 16 dakikalık sıklık (24s/16d) denemesinde, sürgün çoğaltımında optimum sonuçlar verdiğini ve vitrifikasyonu en aza indirdiğini göstermiştir.
4. Aspir bitkisi için optimize edilen yarı katı besi ortamı çalışmaları ardından, optimize edilen besi ortamı, geçici daldırma biyoreaktör sisteminde farklı daldırma zamanı ve sıklığı optimize edilerek denenmiş ve kitlesel üretim için uygun bir sistem olarak belirlenmiş ve aspir bitkisinin tarımsal ve endüstriyel kullanım potansiyelini artırma açısından önemli bir alternatif olduğu ortaya konulmuştur.

5.2. Öneriler

Bu çalışmanın bulgularına dayanarak aşağıdaki öneriler sunulmaktadır:

Aspir bitkisi üzerine gerçekleştirilen çalışmada biyoreaktör sistemlerinde yarı katı besi ortamlarına kıyasla daha daha uzun kültür süresi elde edildiği gözlenirken özellikle yarı katı ortamdaki düşük kültür süresinin (alt kültür süreçleri arası) üzerine bitki doku kültürü çalışmaları kapsamında optimizasyon gerçekleştirilebilir.

Ayrıca yarı katı ortamdaki kısa kültür süresinde bu durumun meydana gelmesine sebep olan stresin hem genetik ve epigenetik olarak, hem de metabolit üretimi üzerine etkileri incelenebilir.

Biyoreaktör sisteminde geliştirilmiş olan kültür koşullarına ek olarak elisitasyon uygulamasıyla metabolit üretimi üzerine çalışmalar gerçekleştirilebilir.

Bununla durumlara ek olarak;

- 1. Protokol Adaptasyonu:** Bu çalışmada geliştirilen protokoller, diğer aspir çeşitleri ve benzer bitkiler için test edilerek çeşitliliğin artırılması sağlanabilir.
- 2. Endüstriyel Uygulama:** Özellikle TIS yöntemi, ticari üretim için değerlendirilmeli ve ekonomik analizleri yapılmalıdır.
- 3. Genetik Çalışmalar:** *In vitro* çoğaltım protokollerinin genetik stabilite üzerindeki etkisi araştırılarak elde edilen bitkilerin genetik yapılarının doğrulanması sağlanmalıdır.
- 4. Stres Faktörleri:** Çalışma, farklı abiyotik stres koşullarında sürgün proliferasyonu performansını incelemek için genişletilebilir.
- 5. Biyoreaktör Tasarımı:** TIS protokollerinin daha verimli hale getirilmesi için farklı biyoreaktör tasarımlarının geliştirilmesi önerilmektedir.
- 6. Biyoaktif Bileşik Üretimi:** *In vitro* sistemlerin aspir bitkisinden elde edilen biyoaktif bileşiklerin üretimi üzerindeki etkisi araştırılarak biyoteknolojik uygulamalar genişletilebilir.

KAYNAKLAR

- Abbas, M. S., El-Shabrawi, H. M., Soliman, A. S., & Selim, M. A. (2017). Optimization of germination, callus induction, and cell suspension culture of African locust beans *Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth. *Journal of Genetic Engineering & Biotechnology*, 16(1), 191–201. <https://doi.org/10.1016/j.jgeb.2017.10.012>
- Abdi, G., Hedayat, M., & Modarresi, M. (2013). *In vitro* micropropagation of Aloe vera – Impacts of plant growth regulators, media and type of explants. *Journal of Biological and Environmental Sciences*, 7(19), 19–24.
- Abdulmalik, M., Maimuna, U., Usman, I. S., Nasir, A. U., & Lawan, A. (2021). Micropropagation of banana (*Musa* spp) using temporary immersion bioreactor system. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 12(2), 197–200. <https://doi.org/10.4314/bajopas.v12i2.31>
- Ahmadian, M., Babaei, A., Shokri, S., & Hessami, S. (2017). Micropropagation of carnation (*Dianthus caryophyllus* L.) in liquid medium by temporary immersion bioreactor in comparison with solid culture. *Journal of Genetic Engineering & Biotechnology*, 15(2), 309–315.
- Ahmed, O., Bayoudh, C., Sellemi, A., & Drira, N. (2017). Temporary immersion system for date palm micropropagation. In *Date Palm Biotechnology Protocols Volume I* (pp. 239–249).
- Ahmed, O., Othmani, R., Mzid, C., Bayoudh, T., & Drira, N. (2011). Bioreactors and automation in date palm micropropagation. In *Protocols for Date Palm Biotechnology* (pp. 119–136).
- Aka Kaçar, Y., Biçen, B., Şimşek, Ö., Dönmez, D., & Erol, M. H. (2019). Evaluation and comparison of a new type of temporary immersion system (TIS) bioreactors for myrtle (*Myrtus communis* L.). *Applied Ecology and Environmental Research*, 18(1), 1611–1620. https://doi.org/10.15666/aeer/1801_16111620
- Aka Kaçar, Y., Dönmez, D., Biçen, B., Erol, M. H., Şimşek, Ö., & Yalçın Mendi, Y. (2020). Micropropagation of *Spathiphyllum* with temporary immersion bioreactor system. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 8(5), 1195–1200. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v8i5.1195-1200.3364>
- Akbaş, F., & Birecikli, A. H. (2018). "Balcı" aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşidinin *in vitro* sürgün uçlarının mikroçoğaltımı ve köklendirilmesi üzerine oksin ve sitokininlerin etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 28(1), 30–35.
- Keleş, B., & Akbaş, F., (2023). Morphological, Physiological and Biochemical Responses of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Exposed to Salinity Stress.

- Akgün, M., & Söylemez, E. (2022). Determining the future trends of safflower plant in Türkiye. *International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences*, 6(1), 50–57. <https://doi.org/10.31015/jaefs.2022.1.8>
- Akyüz Çağdaş, E., Okutan, E., Sarıtoprak, O., Ellialtıoğlu, Ş. Ş., Polat, M., & Aktaş, H. (2024). Doku kültürüyle maviyemiş (*Vaccinium corymbosum* cv. Duke) çoğaltımında yeni nesil biyoreaktör kullanımı üzerine bir araştırma. *Bahçe*, 53(Özel Sayı 1), 342–348. <https://doi.org/10.53471/bahce>
- Al-Khayri, J. M. (2011). Basal salt requirements differ according to culture stage and cultivar in date palm somatic embryogenesis. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 7(1), 32–42. <https://doi.org/10.3844/ajbbsp.2011.32.42>
- Alonso Armas Silva, A., Iglesias Andreu, L. G., & Ramírez Mosqueda, M. A. (2023). Use of bioreactors RITA® in the propagation of *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. & Cham. *Journal of Forest Science*, 69(3), 124–126.
- Arencibia, A. D., Bernal, A., Yang, L., Cortegaza, L., Carmona, E. R., Perez, A., & Santana, I. (2008). New role of phenylpropanoid compounds during sugarcane micropropagation in Temporary Immersion Bioreactors (TIBs). *Plant Science*, 175(4):487–496. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2008.05.024>
- Arioğlu, H. H., Kolsarıcı, Ö., Göksu, A. T., Güllüoğlu, L., Arslan, M., Çalışkan, S., Söğüt, T., Kurt, C., & Arslanoğlu, F. (2010). Yağ bitkileri üretiminin artırılması olanakları. In *Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, Bildiriler Kitabı-1* (pp. 361–375). Ankara.
- Arioğlu, H. (2016). Türkiye’de yağlı tohum ve ham yağ üretimi, sorunlar ve çözüm önerileri. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(Özel sayı 2), 357–368.
- Arslan, B., Çakır, H., & Culpan, E. (2019). Yeni geliştirilen aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinin bazı özellikleri bakımından karşılaştırılması. In 2. *Uluslararası 19 Mayıs Yenilikçi Bilimsel Yaklaşımlar Kongresi* (pp. 113–121). Samsun, Türkiye.
- Arslan, B., & Culpan, E. (2020). Melezleme ile geliştirilmiş bazı aspir (*Carthamus tinctorius* L.) genotiplerinin tarımsal ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 30(4), 742–750.
- Arslan, Y., Katar, D., Güler, S., Seis Subaşı, A., Subaşı, İ., & Bülbül, A. (2012). Çimlenme ve erken fide gelişimi döneminde aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinin tuza toleransının belirlenmesi. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 26(2), 6–11.
- Arslan, Y., Katar, D., Güneylıoğlu, H., Subaşı, İ., Şahin, B., & Bülbül, A. S. (2010). Türkiye florasındaki yabancı *Carthamus* L. türleri ve aspir (*C. tinctorius* L.)

- ıslahında değerlendirme olanakları. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 19(1–2), 36–43.
- Asgarpanah, J., & Kazemivash, N. (2013). Phytochemistry, pharmacology and medicinal properties of *Carthamus tinctorius* L. *Chinese Journal of Integrative Medicine*, 19, 153–159.
- Askın, E., & Erbaş, S. (2020). Superior lines for agro-technological traits in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Turkish Journal of Field Crops*, 25, 50–56.
- Aşçı, O., Çaloğlu, M. A., Saner, G., Örmeci Kart, M. Ç., & Doğan Öz, B. (2022). Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) üretiminin ekonomik yönü üzerine bir analiz: Konya-Beyşehir ilçesi örneği, Türkiye. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 9(2), 227–238.
- Azabağaoğlu, M. Ö., İnan, İ. H., Gaytancıoğlu, O., & Unakıtan, G. (2003). Tüketicilerin bitkisel sıvıyağ ve margarin satın alma davranışlarının analizi. In *Türkiye I. Yağlı Tohumlar, Bitkisel Yağlar ve Teknolojileri Sempozyumu* (pp. 103–113). İstanbul.
- Babaoğlu, M. (2008). İnsülin fabrikası olarak aspir bitkisi. *Pankobirlik*, 19(92), 32–33.
- Babaoğlu, M. (2006). Dünya’da ve Türkiye’de aspir bitkisinin tarihi, kullanım alanları ve önemi. *Trakya Tarımsal Araştırmalar Enstitüsü Broşürü*. Edirne.
- Bacchetti, T., Morresi, C., Bellachioma, L., & Ferretti, G. (2020). Antioxidant and pro-oxidant properties of *Carthamus tinctorius*, Hydroxy Safflor Yellow A, and Safflor Yellow A. *Antioxidants*, 9(119). <https://doi.org/10.3390/antiox911119>
- Baltazar-Bernal, O., Mora-González, E. G., & Ramírez-Mosqueda, M. A. (2024). Orchid micropropagation using temporary immersion systems: A review. *Methods in Molecular Biology (Clifton, N.J.)*, 2759, 227–244. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-3654-1_21
- Baran, M. F., & Andırman, S. (2019a). Tuzlu koşullarda aspir bitkisinin (*Carthamus tinctorius* L.) verim performansı. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 25(2), 172–178.
- Baran, N., & Andırman, M. (2019b). Batman ekolojik koşullarında farklı ekim zamanı uygulamalarının bazı aspir (*Carthamus tinctorius*) çeşitlerinde verim ve verim öğelerine etkisi. In *Türkiye 13. Ulusal, 1. Uluslararası Tarla Bitkileri Kongresi* (pp. 92–99). Antalya.
- Bassil, E. S., & Kaffka, S. R. (2002). Response of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) to saline soils and irrigation. *Agricultural Water Management*, 54(1), 81–92. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(01\)00145-6](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(01)00145-6)
- Başalma, D., Uranbey, S., Mirici, S., & Kolsarici, Ö. (2008). TDZ × IBA induced shoot regeneration from cotyledonary leaves and *in vitro* multiplication in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *African Journal of Biotechnology*, 8(5), 960–966.

- Baydar, H., & Erbaş, S. (2020). Yerli ve milli aspir çeşitlerimiz: Olein, Zirkon ve Safir. In *Ziraat Fakültesi Dergisi Türkiye 13. Ulusal, 1. Uluslararası Tarla Bitkileri Kongresi* (Special Issue, pp. 233–237).
- Baydar, H., & Erbaş, S. (2005). Influence of seed development and seed position on oil, fatty acids, and total tocopherol contents in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 29(3), 179–186.
- Bayhan, N., & Yücesan, B. (2024). The impact of sucrose and 6-benzylaminopurine on shoot propagation and vitrification in *Aronia melanocarpa* (black chokeberry). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s11240-023-02652->
- Bayramın, S. (2006). Aspir (*Carthamus tinctorius* L.)–Kolza (*Brassica napus* spp. oleifera L.) tarımı ve ıslahı. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 15(1–2), 74–85.
- Bello-Bello, J. J., Schettino-Salomón, S., Ortega-Espinoza, J., et al. (2021). A temporary immersion system for mass micropropagation of pitahaya (*Hylocereus undatus*). *3 Biotech*, 11(437). <https://doi.org/10.1007/s13205-021-02629-y>
- Bergman, J., & Kandel, H. (2019). Safflower production. Retrieved July 1, 2023, from <https://www.ndsu.edu/agriculture/sites/default/files/2022-07/a870.pdf>
- Birben, F. (2015). Doğal vejetasyondan seçilen aspir (*Carthamus tinctorius* L.) hatlarında verim, kalite ve bazı bitkisel özelliklerin belirlenmesi (Master's thesis). *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı*, Konya.
- Birecikli, A. H. (2018). Balcı aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşidinin mikroçoğaltımı [Master's thesis, Batman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı]. 74 pages.
- Bozdağ, Ü., & Baydar, H. (2022). Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) saf hatlarında tohum karışım oranlarının verim ve yağ kalite özellikleri üzerine etkisi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(2), 55–63.
- Bölükbaşı, E. (2018). Bakır (Cu+), kurşun (Pb+2) ve kadmiyum (Cd+2) ağır metal streslerine maruz kalmış aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinde *fad2* geni mRNA ifade seviyelerinin belirlenmesi [Doctoral dissertation, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı], 168 sayfa.
- Chen, L., Xiang, Y., Kong, L., Zhang, X., Sun, B., Wei, X., & Liu, H. (2013). Hydroxysafflor yellow A protects against cerebral ischemia reperfusion injury by anti-apoptotic effect through PI3K/Akt/GSK3beta pathway in rat. *Neurochemistry Research*, 38, 2268–2275.
- Culpan, E., & Arslan, B. (2022). F2 kademesindeki oleik ve yarı oleik aspir genotiplerinin (*Carthamus tinctorius* L.) bazı morfolojik ve teknolojik karakterlerinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(1), 156–165.

- Çavumirza, M., & Demir, İ. (2023). Bazı aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinde farklı tuz konsantrasyonlarının çimlenme ve çıkış üzerine etkisi. *Manas Journal of Agriculture Veterinary and Life Sciences*, 13(1), 24–30.
- Çoşge, B., Gürbüz, B., & Kıralan, M. (2007). Oil content and fatty acid composition of some safflower (*Carthamus tinctorius* L.) varieties sown in spring and winter. *International Journal of Natural and Engineering Sciences*, 1(3), 11–15.
- Çulha, Ş., & Çakırlar, H. (2011). Effect of salt stress induced by NaCl on safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars at early seedling stages. *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, 39(1), 61–64.
- Dagman, F. H. A. (2019). Bazı meyve anaçlarının klasik doku kültürü ve yeni nesil geçici daldırma biyoreaktör sistemi ile mikroçoğaltımı [Master's thesis, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü]. Çukurova Üniversitesi.
- Dajue, L., & Mündel, H. H. (1996). *Safflower Carthamus tinctorius* L.: Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops (Vol. 7). International Plant Genetic Resources Institute.
- Dayan, S. (2006). Endemik ve tehlike altındaki *Thermopsis turcica* (Fabaceae)'nın *in vitro* çimlenmesi ve mikroçoğaltımı [Master's thesis, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı]. 67 sayfa.
- De Carlo, A., Tarraf, W., Lambardi, M., & Benelli, C. (2021). Temporary immersion system for production of biomass and bioactive compounds from medicinal plants. *Agronomy*, 11, 2414. <https://doi.org/10.3390/agronomy11022414>
- Debergh, P. C., & Maene, L. J. (1981). A scheme for commercial propagation of ornamental plants by tissue culture. *Scientia Horticulturae*, 14(4), 335–345. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(81\)90060-X](https://doi.org/10.1016/0304-4238(81)90060-X)
- Delshad, E., Yousefi, M., Sasannejad, P., & Gohari, A. R. (2018b). Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in traditional medicine and its modern applications: A review. *Journal of Ethnopharmacology*, 227, 44–65. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2018.08.001>
- Delshad, E., Yousefi, M., Sasannezhad, P., Rakhshandeh, H., & Ayati, Z. (2018a). Medical uses of *Carthamus tinctorius* L. (Safflower): A comprehensive review from traditional medicine to modern medicine. *Electronic Physician Journal*, 10(4), 6672–6681.
- Dixit, A. (2015). A review on potential pharmacological uses of *Carthamus tinctorius* L. *World Journal of Pharmaceutical Research*, 3(8), 1741–1746.
- Doğan, R., & Cufadar, Y. (2022). Farklı seviyelerde aspir (*Carthamus tinctorius* L.) küspesi içeren bıldırcın rasyonlarına enzim ilavesinin performans, yumurta kalitesi ve serum parametrelerine etkisi. *Türk Tarım-Gıda Bilimi ve Teknolojisi Dergisi*, 10(3), 440–446.

- Dordas, C., & Sioulas, C. (2008). Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis, and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rainfed conditions. *Industrial Crops and Products*, 27(1), 75–85. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2007.08.002>
- Duan, J. L., Wang, J. W., Guan, Y., Yin, Y., Wei, G., Cui, J., Zhou, D., Zhu, Y. R., Quan, W., & Xi, M. M. (2013). Safflor yellow A protects neonatal rat cardiomyocytes against anoxia/reoxygenation injury *in vitro*. *Acta Pharmacologica Sinica*, 34, 487–495.
- Eker, İ., Kaya, A., Çelik, A., & Eker, N. (2023). İbuflora (Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Kampüs Florası). Retrieved from <http://ibuflora.ibu.edu.tr/cins/carthamus>. Accessed July 1, 2023.
- El-Bakry, A. A. (2002). Effect of genotype, growth regulators, carbon source, and pH on shoot induction and plant regeneration in tomato. *In Vitro Cell Development Biology - Plant*, 38, 501–507. <https://doi.org/10.1079/IVP2002338>
- Erbaş, S., & Mutlucan, M. (2023). Investigation of flower yield and quality in different color safflower genotypes. *Agronomy*, 13(4), 956. <https://doi.org/10.3390/agronomy13040956>
- Eryılmaz, T., Cesur, C., & Yeşilyurt, M. K. (2014a). Aspir (*Carthamus tinctorius* L.), Remzibey-05 tohum yağı metil esteri: Potansiyel dizel motor uygulamaları için yakıt özellikleri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(1), 85–90.
- Eryılmaz, T., Yeşilyurt, M. K., Cesur, C., Yumak, H., Aydın, E., Çelik, S. A., & Yıldız, A. K. (2014b). Yozgat ili şartlarında yetiştirilen aspir (*Carthamus tinctorius* L.) Dinçer çeşidinden üretilen biyodizelin yakıt özelliklerinin belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1, 63–72.
- Esandal, E., & Tosun, F. (2010). Erzurum ekolojik şartlarında yetiştirilen bazı yerli ve yabancı aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinin fenolojik ve morfolojik karakterleri ile verimleri ve tohum özellikleri üzerinde bir araştırma. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3(3), 93–115.
- Eslami, S. V., Gill, G. S., & McDonald, G. (2014). Salinity tolerance in safflower (*Carthamus tinctorius*): A review. *Plant Production Science*, 17(1), 19–30. <https://doi.org/10.1626/pps.17.19>
- Espinosa-Leal, C. A., Puente-Garza, C. A., & García-Lara, S. (2018). *In vitro* plant tissue culture: Means for production of biological active compounds. *Planta*, 248(1), 1–18. <https://doi.org/10.1007/s00425-018-2910-1>
- Etienne, H., & Berthouly, M. (2002). Temporary immersion systems in plant micropropagation. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 69(3), 215–231. <https://doi.org/10.1023/A:1015668610465>

- Fan, L., & Guo, M. (2013). Progress of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) regeneration through tissue culture. *Journal of Medical Colleges of PLA*, 28, 289–301.
- Fan, S., Lin, N., Shan, G., Zuo, P., & Cui, L. (2014). Safflower yellow for acute ischemic stroke: A systematic review of randomized controlled trials. *Complementary Therapies in Medicine*, 22(2), 354–361.
- FAO. (2022). Ülkelere göre aspir tohumu üretim miktarları, 2000–2022. FAOSTAT, Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>
- García-Ramírez, Y. (2023). Temporary immersion system for *in vitro* propagation via organogenesis of forest plant species. *Trees*, 37, 611–626.
- Gautheret, R. J. (1985). History of plant tissue and cell culture: A personal account. *Indian Journal of Experimental Biology*, 23, 617–628.
- George, E. F., Hall, M. A., & De Klerk, G. J. (2008). *Plant propagation by tissue culture: Volume 1. The background*. Springer Science & Business Media.
- George, L., & Rao, P. S. (1982). *In vitro* manipulation of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) through tissue culture. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 48(6), 791–794.
- Georgiev, V., Schumann, A., Pavlov, A., & Bley, T. (2014). Temporary immersion systems in plant biotechnology. *Engineering in Life Sciences*, 14(6), 607–621. <https://doi.org/10.1002/elsc.201400105>
- Ghanbari, A., Afshar, H., & Tavassoli, A. (2020). Root characteristics and drought tolerance of safflower (*Carthamus tinctorius*) in arid regions. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 22, 123–132.
- Golkar, P., & Karimi, S. (2019). Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) breeding. In *Advances in Plant Breeding Strategies: Industrial and Food Crops* (pp. 537–575).
- Gomashe, S. S., Ingle, K. P., Sarap, Y. A., Chand, D., & Rajkumar, S. (2021). Safflower (*Carthamus tinctorius* L.): An underutilized crop with potential medicinal values. *Annals of Phytomedicine*, 10(1), 242–248. <https://doi.org/10.21276/ap.2021.10.1.26>
- Guerra, F., Badilla, L., Cautín, R., & Castro, M. (2025). *In vitro* propagation of peumus boldus molina using a temporary immersion system. *Horticulturae*, 11(2), 142. <https://doi.org/10.3390/horticulturae11020142>.
- Gülmezoğlu, N., & Aytaç, Z. (2016). Farklı çinko uygulamalarının aspir bitkisinin verimi ve çinko alımı üzerine etkisi. *Toprak Su Dergisi*, 5(2), 11–17.
- Gümüş, E., & Küçükersan, S. (2016). Ruminantların beslenmesinde aspir kullanımı. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 56(1), 25–31.

- Gürsoy, M. (2019). Farklı giberellik asit dozlarının aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinin çimlenme özellikleri üzerine etkisi. *Uluslararası Gıda, Tarım ve Hayvancılık Kongresi, Gaziantep*, 395–404.
- Gürsoy, M., Başalma, D., & Nofouzi, F. (2018). Farklı sıra arası ve sıra üzeri mesafelerin aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinin verim ve verim öğelerine etkileri. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 32(1), 20–28.
- Hamidi Birecikli, A., & Akbaş, F. (2018). “Balıcı” aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşidinin *in vitro* sürgün uçlarının mikroçoğaltımı ve köklendirilmesi üzerine oksin ve sitokininlerin etkisi. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 28(4), 438–443.
- Helgi Library. (2023). Which country produces the most safflower seeds? <https://www.helgilibrary.com> <https://www.helgilibrary.com/charts/which-country-produces-the-most-safflower-seeds/>
- Hilae, A., & Te-chato, S. (2005). Effect of different strengths of MS medium on somatic embryo germination and plantlet establishment in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Songklanakarın Journal of Science and Technology*, 27(1), 77–82.
- Hwang, H.-D., Kwon, S.-H., Murthy, H. N., Yun, S.-W., Pyo, S.-S., & Park, S.-Y. (2022). Temporary immersion bioreactor system as an efficient method for mass production of *in vitro* plants in horticulture and medicinal plants. *Agronomy*, 12(2), 346. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020346>
- İçen, A., & Karaaslan, D. (2019). Farklı azot dozlarının aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinde verim ve kalite özellikleri üzerine etkisi. *Türkiye 13. Ulusal, 1. Uluslararası Tarla Bitkileri Kongresi, Antalya*, 86–91.
- İşler, N. (2014). Aspir tarımı. Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Hatay.
- Jingzhong, S. A. (1993). A probe into the safflower extract in cosmetics. In *Proceedings of the 3rd International Safflower Conference, Beijing, China* (pp. 14–18).
- Jang, H. R., Lee, H. J., Shohael, A. M., Park, B. J., Paek, K. Y., & Park, S. Y. (2016). Production of biomass and bioactive compounds from shoot cultures of *Rosa rugosa* using a bioreactor culture system. *Hortic. Environ. Biotechnol.* 57, 79–87. doi: 10.1007/s13580-016-0111-z
- Kadri, Y., Nani, A., Bahiani, M., Mezaouli, O., & Belbachir, M. (2022). Phytochemical and antibacterial evaluations of a medicinal plant, *Carthamus tinctorius* L., cultivated in the South West of the Sahara of Algeria in the Wilaya of Adrar. *International Journal of Drug Delivery Technology*, 12(4), 1763–1768.
- Karabakan, B. (2017). Aspir bitkisinde ekim öncesi hidropriming uygulamalarının besleyici ve biyokimyasal etkileri [Yüksek lisans tezi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü]. 58 sayfa.

- Karakoyun, M., Eroğlu, A., Arıkan, Ő., & İpek, M. (2023). *In vitro* micropropagation of fruit species using next-generation bioreactors. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 37(1), 200–209.
- Karlı, S. (2013). Bazı *Scorzonera* L. (*Asteraceae*) taksonlarının aken morfolojik özellikleri [Yüksek lisans tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü]. 1–40.
- Katar, D., Arslan, Y., Kayaçetin, F., Subaşı, İ., & Çağlar, Ç. (2011). Farklı fosfor dozlarının aspir (*Carthamus tinctorius* L.) bitkisinin verim ve verim unsurları üzerine etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(1), 24–29.
- Kaya, M. D., İpek, A., & Öztürk, A. (2019). Effects of water deficit on growth and yield of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Agricultural Water Management*, 213, 746–753. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.11.023>
- Kayaçetin, F., Katar, D., & Arslan, Y. (2012). Aspir (*Carthamus tinctorius* L.)'in döllenme biyolojisi ve çiçek yapısı. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 21(2), 75–80.
- Kıllı, F., & Beycioğlu, T. (2019). Türkiye'de ve dünyada yağlı tohum ve ham yağ üretim durumu Türkiye yağlı tohum üretimine ilişkin önemli sorunlar. *Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi, Özel Sayı*, 17–33.
- Kırıcı, S. (2017). *ZFS-303 Tıbbi ve Aromatik Bitkiler, 2016–2017 Güz dönemi Ders Notları*.
- Kızıl, S. (2002). Diyarbakır ekolojik koşullarında aspir (*Carthamus tinctorius* L.)'de uygun ekim zamanının belirlenmesi üzerine bir çalışma. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 12(1), 37–50.
- Kızılşahin, S. (2014). Aspir yağı ve türevlerinin *in vitro* pro-apoptotik ve mutajenik etkilerinin belirlenmesi [Yüksek lisans tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı]. İzmir, Türkiye. 1–102.
- Kikowska, M., Danek, K., Gornowicz-Porowska, J., et al. (2022). Application of temporary immersion system RITA® for efficient biomass multiplication and production of artificial seeds for ex situ conservation of *Linnaea borealis* L. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 151, 673–680. <https://doi.org/10.1007/s11240-022-02191-7>
- Kobuk, M., Ekinci, K., & Erbaş, S. (2019). Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) genotiplerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(1), 89–96.
- Koç, H., Keleş, R., Ülker, R., GümüŐçü, G., Ercan, B., Akçacık, A., Güneş, A.,
- Özdemir, F., Özer, E., & Uludağ, E. (2010). Bazı aspir (*Carthamus tinctorius* L.) hatlarının verim, verim öğeleri ve kalite özellikleri ile bu özellikler arasındaki ilişkilerin belirlenmesi. *Bitkisel Araştırma Dergisi*, 2(1), 1–7.

- Konar, V., Aşkın, Y., & Türkoğlu, İ. (2010). Yabani aspir (*Carthamus persicus* Wild) bitkisinin yağ asidi bileşiminin incelenmesi. *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 22(1), 29–36.
- Köse, A. (2017a). Eskişehir koşulları altında bazı aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinin tarımsal performanslarının belirlenmesi. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 31(2), 1–7.
- Köse, M. (2017b). Safflower cultivation: Potential and challenges in semi-arid regions. *Agricultural Reviews*, 38(1), 15–22.
- Kütük Dinçel, N. G. (2024). Yağ bitkileri içinde kıymetli bir alternatif; aspir (*Carthamus tinctorius* L.). *BSEU Journal of Science*, 11(1), 195–203. <https://doi.org/10.35193/bseufbd.1165220>
- Lamichhane, G., Devkota, H., Sai, K., & Poudel, P. (2022). *Carthamus tinctorius* L.: Traditional uses, phytochemistry, and pharmacological activities. In *Medicinal plants of the Asteraceae family* (pp. 103–123).
- Leventer, S. (2012). *Trakya bölgesi'nde bulunan Sonchus L. (Asteraceae) türleri üzerinde morfolojik, anatomik ve palinolojik araştırmalar* (Master's thesis). Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Edirne, Türkiye.
- Li, L., Liu, J., Li, X., Guo, Y., Fan, Y., Shu, H., Wu, G., Peng, C., & Xiong, L. (2022). Sesquiterpenoids from the florets of *Carthamus tinctorius* (safflower) and their anti-atherosclerotic activity. *Nutrients*, 14(24), 5348. <https://doi.org/10.3390/nu14245348>
- Liu, L., Si, N., Ma, Y., Ge, D., Yu, X., Fan, A., Wang, X., Hu, J., Wei, P., Ma, L., et al. (2018). Hydroxysafflor yellow A induces human gastric carcinoma BGC-823 cell apoptosis by activating peroxisome proliferator-activated receptor gamma (PPAR γ). *Medical Science Monitor*, 24, 803–811.
- Mahmoudi, M. J., Ruffoni, B., Mascarello, C., Shamshiri, M. H., & Malekzadeh, K. (2020). Micropropagation of *Pistacia lentiscus* L.: Optimization of the surface sterilization protocol and forced ventilation in temporary immersion culture. *Fruit Growing Research*, 36, 75–82. <https://doi.org/10.33045/fg.r.v36.2020.09>
- Malik, A., Wisdawati, W., & Ahmad, A. (2023). The potency of safflower (*Carthamus tinctorius*) as an antiviral agent. *HIV Nursing*, 23(3), 288–293.
- Mandal, A. K. A., & Gupta, S. D. (2003). Somatic embryogenesis of safflower: Influence of auxin and ontogeny of somatic embryos. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 72(1), 27–31. <https://doi.org/10.1023/A:1021205013778>.
- Mancilla-Álvarez, E., Spinoso-Castillo, J. L., Schettino-Salomón, S. S., & Bello-Bello, J. J. (2024). Temporary immersion systems induce photomixotrophism during in vitro propagation of agave Tobalá. *3 Biotech*, 14(3):74. <https://doi.org/10.1007/s13205-024-03928-5>.

- Marbun, C. L. M., Toruan-Mathiusa, N., Reflinia-Utomoa, C., & Liwang, T., (2015). Micropropagation of embryogenic callus of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) using temporary immersion system. *Procedia Chemistry*, 14, 122–129. <https://doi.org/10.1016/j.proche.2015.03.018>.
- Martínez-Martínez, S. Y., Arzate-Fernández, A. M., Alvarez-Aragón, C., Martínez-Velasco, I., & Norman-Mondragón, T. H. (2021). Regeneration of *Agave marmorata* roelz plants in temporary immersion systems, via organogenesis and somatic embryogenesis. *Trop Subtrop Agroecosyst*, 24,1–13. <https://doi.org/10.56369/tsaes.3472>
- Méndez-Hernández, H. A., & Loyola-Vargas, V. M. (2024). Plant micropropagation and temporary immersion systems. In *Methods in molecular biology (Clifton, N.J.)* (Vol. 2827, pp. 35–50). https://doi.org/10.1007/978-1-0716-3954-2_3
- Mendhe, S., & Sheikh, S. (2018). Proliferation of shoots from the first leaf of *Carthamus tinctorius* L. (safflower). *International Journal of Life Science and Scientific Research*, 4(3), 1774–1779.
- Mirzabe, A., Hajiahmad, A., Fadavi, A., & Rafiee, S. (2022). Temporary immersion systems (TISs): A comprehensive review. *Journal of Biotechnology*, 357, 56–83. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2021.11.009>
- Mishra, M., Rajan, S., & Damodaran, T. (2024). New paradigm shifts in micropropagation of fruit crops through bioreactors: A review. *Indian Journal of Horticulture*, 81(1), 1–10.
- Monja-Mio, K. M., Olvera-Casanova, D., Herrera-Alamillo, M. Á., & et al. (2021). Comparison of conventional and temporary immersion systems on micropropagation (multiplication phase) of *Agave angustifolia* Haw. ‘Bacanora.’ *3 Biotech*, 11, 77. <https://doi.org/10.1007/s13205-021-02671-2>
- Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, 15(3), 473–497. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>
- Murthy, H. N., Joseph, K. S., Paek, K. Y., & Park, S. Y. (2023). Bioreactor systems for micropropagation of plants: Present scenario and future prospects. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1159588.
- Mündel, H.-H., Blackshaw, R. E., Byers, J. R., Huang, H. C., Johnson, D. L., Keon, R., Kubik, J., McKenzie, R., Otto, B., Roth, B., & Stanford, K. (2004). *Safflower production on the Canadian prairies*. Graphcom Printers Ltd.
- Nikhil, M., Dudhare, M. S., Jadhav, P. V., Moharil, M. P., & Deshmukh, A.G. (2014). In vitro shoot regeneration and plantlet development in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *The BioScan*, 9(2),551-555.
- Nongdam, P., Beleski, D. G., Tikendra, L., Dey, A., Varte, V., El Merzougui, S., Pereira, V. M., Barros, P. R., & Vendrame, W. A. (2023). Orchid micropropagation using

- conventional semi-solid and temporary immersion systems: A review. *Plants*, 12(5), 1136.
- Oelke, E. A., Oplinger, E. S., Teynor, T. M., Putnam, D. H., Doll, J. D., Kelling, K. A., Durgan, B. R., & Noetzel, D. M. (1992). *Safflower*. Purdue University. <http://www.hort.purdue.edu/NEWCROP/AFCM/safflower.html>
- Okcu, M., Tozlu, E., Dizikısa, T., Kumlay, A. M., Pehluvan, M., & Kaya, C. (2010). Erzurum sulu koşullarında bazı aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinin tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 41(1), 1–6.
- Onat, B., Arıoğlu, H., Güllüoğlu, L., Kurt, C., & Bakal, H. (2017). Dünya ve Türkiye’de yağlı tohum ve ham yağ üretimine bir bakış. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 20, 149–153.
- Onay, A., Yıldırım, H., Pirinç, V., Tilkat, E., Çiftçi, Y. Ö., Akdemir, H., Süzerer, V., Çalar, N., Binici, M., Akdemir, Ö. F., & Kılınç, F. M. (2012). Bitkilerin biyoteknolojik yöntemlerle ticari çoğaltımı; mevcut ve gelecekteki durum. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 1(2), 11–28.
- Onay A., Yıldırım H., Uncuoğlu, A. A., Çiftçi Y. Ö., & Tilkat, E. (2016). Sakız ağacı (*Pistacia lentiscus* L.) yetiştiriciliği. Dicle Üniversitesi Basımevi. S. 106.
- Onsa, R. A. H., Abdellatif, I. A., & Osman, M. G. (2022). Effect of different types of the medium on micropropagation of *Ixora coccinea* L. *Romanian Journal of Horticulture*, 3(Special Issue), 45–52. <https://doi.org/10.51258/RJH.2022.06>
- Orlikowska, T. K. & Dyer, W. E. (1993). *In vitro* regeneration and multiplication of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Plant Science*, 93, 151-157. [https://doi.org/10.1016/0168-9452\(93\)90044-Z](https://doi.org/10.1016/0168-9452(93)90044-Z)
- Özdemir, F. A., & Türker, M. (2014). Yabani aspir’in (*Carthamus persicus* Wild) *in vitro* çoğaltımında farklı BAP-NAA kombinasyonlarının etkisi. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 24(1), 30–35.
- Özden, Y., Özüdoğru, E. A., & Kaya, E. (2010). Zeytin (*Olea europaea*) bitkisinin geçici daldırma biyoreaktör sistemleri (TIS) ile *in vitro* sürgün çoğaltımının iyileştirilmesi. *Zeytin Bilimi*, 1(1), 1–6.
- Öztürk, Ö. (1994). Konya ekolojik şartlarında bazı aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinde verim ve verim unsurlarının tespiti [Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı].
- Paşa, C. (2008). Kışlık ve yazlık ekimin aspir (*Carthamus tinctorius* L.) bitkisinin verimi ve bitkisel özelliklerine etkisi [Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı].
- Paramesha, M., Ramesh, C. K., Krishna, V. & Raghavendra, S. (2014). Influence of different cytokinins on direct shoot regeneration from the different explants of

- Carthamus tinctorius* L. var Annigeri-2 (a high oil-yielding variety). *Annals of Biological Research*, 5(10), 14-20.
- Pereira, L. C., Soriano, L., de Oliveira, C. R., Rodrigues, P. H. V., & Martinelli, A. P. (2024). Alstroemeria micropropagation in a RITA® temporary immersion system. *Methods in Molecular Biology*, 2759, 157–164.
- Požoga, M., Olewnicki, D., & Latocha, P. (2024). A temporary immersion system as a tool for lowering planting material production costs using the example of *Pennisetum × advena* ‘Rubrum’. *Agriculture*, 14(7), 1177. <https://doi.org/10.3390/agriculture14071177>
- Preil, W. (2005). General introduction: A personal reflection on the use of liquid media for *in vitro* culture. In *Liquid Culture Systems for In Vitro Plant Propagation* (pp. 1–18). Springer.
- Qu, C., Yue, S., & Duan, J. (2015). Chemical constituents of *Carthamus tinctorius*. *Nanjing University of Chinese Medicine, Jiangsu Collaborative Innovation Center of Chinese Medicinal Resources Industrialization and Jiangsu Key Laboratory for High Technology Research of Traditional Chinese Medicine Formulae and National and Local Collaborative Engineering Center of Chinese Medicinal Resources Industrialization and Formulae Innovative Medicine*.
- Radhika, K., Sujatha, M., & Rao, T. N. (2006). Thidiazuron stimulates adventitious shoot regeneration in different safflower explants. *Biologia Plantarum*, 50(1), 174–179. <https://doi.org/10.1007/s10535-006-0003-7>
- Ramírez-Mosqueda, M. A., Iglesias-Andreu, L. G., & Ramírez-Salcedo, J. (2016). Temporary immersion improves the multiplication and quality of *Stevia rebaudiana* Bert. shoots. *3 Biotech*, 6(2), 159. <https://doi.org/10.1007/s13205-016-0467-9>
- Ramírez-Mosqueda, M. A., Cruz-Cruz, C. A., Cano-Ricárdez, A., et al. (2019). Assessment of different temporary immersion systems in the micropropagation of anthurium (*Anthurium andreanum*). *3 Biotech*, 9, 307.
- Rico, S., Garrido, J., Sánchez, C., Ferreiro-Vera, C., Codesido, V., & Vidal, N. (2022). A temporary immersion system to improve *Cannabis sativa* micropropagation. *Frontiers in Plant Science*, 13, 895971. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.895971>
- Rosales, C., Brenes, J., Salas, K., Arce-Solano, S., & Abdelnour-Esquivel, A. (2018). Micropropagation of *Stevia rebaudiana* in temporary immersion systems as an alternative horticultural production method. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 24(1), 69–84.
- Sabar, P., Mourey, G., Biswas, D., Roy, A., & Sharma, D. (2023). Phytochemical and antibacterial assessments of leaves of *Carthamus tinctorius* L. in Chhattisgarh. *European Chemical Bulletin*, 12(Special Issue 8), 1040–1054.

- Salem, N., Msaada, K., Hamdaoui, G., Limam, F., & Marzouk, B. (2011). Variation in phenolic composition and antioxidant activity during flower development of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 4455–4463.
- Sayed, S. S., Elsayed, N., & Mahdy, R. A. (2023). Micropropagation of *Spathiphyllum wallisii* Regel by tissue culture technique. *Horticulture Research Journal*, 1(Special Issue 1), 57–68.
- Sezgin, M., & Kapdan, E. (2019). Türkiye’de bazı tıbbi ve aromatik bitkilerin biyoteknolojik yöntemlerle çoğaltılma çalışmaları. *Commagene Journal of Biology*, 3(2), 124–131.
- Sharma, S., Pokharia, A. K., Kumar, A., Srivastava, A., & Yadav, R. (2022). *Carthamus* L.: Origin, distribution and its archaeological records in India. *Journal of Palaeosciences*, 71(2), 177–186.
- Sidik, N. J., Agha, H. M., Alkamil, A. A., Alsayadi, M. M. S., & Mohammed, A. A. (2024). A mini review of plant tissue culture: The role of media optimization, growth regulators in modern agriculture, callus induction and the applications, *AUIQ Complementary Biological System*, 1(2), 96-109. <https://doi.org/10.70176/3007-973X.1019>
- Soylu, M., Falızı, N. J., Madenoğlu, T. G., Ötleş, S., Kukul Kurttaş, Y. S., Meriç, M. K., Özçakal, E., Gürgülü, H., Cengiz, N., Kabay, N., & Yüksel, M. (2017). Arıtılmış atıksu kullanılarak yetiştirilen aspir bitkisi tohumlarından elde edilen yağın yemeklik yağ kalitesinin incelenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5(1), 7–12.
- Sujatha, M., & Kumar, V. D. (2007). *In vitro* bud regeneration of *Carthamus tinctorius* and wild *Carthamus* species from leaf explants and axillary buds. *Biologia Plantarum*, 51(4), 782–786. <https://doi.org/10.1007/s10535-007-0159-3>
- Sülüş, Ş. (2019). Borik asit uygulanan bazı aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinin antioksidan enzim aktivitelerinde meydana gelen değişikliklerin ekofizyolojik parametreler, fizyolojik ve moleküler yöntemlerle belirlenmesi [Yüksek Lisans Tezi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoteknoloji Anabilim Dalı].
- Süzerer, V. (2019). *Echium* L.' de stearidonik asit ve şikonin içeriğinin belirlenmesi ve *in vitro* koşullarda artırılması. [İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Ana Bilim Dalı, Botanik Bilim Dalı].
- Szopa, A., Kokotkiewicz, A., Luczkiewicz, M., & Ekiert, H. (2017). Schisandra lignans production regulated by different bioreactor type. *Journal of Biotechnology*, 247, 11–17. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2017.02.007>
- Şeker, T. (2019). Türkiye’deki yerli aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinin kuru koşullarda verim ve bazı kalite performanslarının belirlenmesi (Master’s thesis).

Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu Üniversitesi, Ordu, Türkiye.
<http://earsiv.odu.edu.tr:8080/xmlui/handle/11489/401>

- Şenateş, A., & Erbaş, S. (2020). Tek tohum nesli seleksiyon yöntemi ile geliştirilen aspir (*Carthamus tinctorius* L.) hatlarının tarımsal ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 24(1), 143–151.
- Tarım ve Orman Bakanlığı. (2023). Çeşit katalogu. *Tarım ve Orman Bakanlığı*.
https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tarlabitkileri/Belgeler/bolumler/yagli_tohumlar.pdf
- Taşlıgil, N., & Şahin, G. (2016). Stratejik önemi artan bir endüstri bitkisi: Aspir (*Carthamus tinctorius* L.). *Türk Coğrafya Dergisi*(66), 51–62.
- Tepe, M., Abadan, Ş., Sağlam, F. M., Süzerer, V., Balçık Erçin, P., Atilla, D., Erciyas Baykal, E., Gül Şeker, M., Yağcı, T., & Özden Çiftçi, Y. (2023). *In vitro* mass production, chemical modification, and cytotoxicity of shikonin derivatives on breast cancer cells. *Industrial Crops and Products*, 192:116087.
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.116087>
- Tilkat, E., Süzerer, V., Ersali, Y., Hoşer, A., Kiliç, F. M., Tilkat, E. A., Akdemir, H., Özden Çiftçi, Y., Onay, A., & Kaplan, A. (2014). Mass shoot proliferation of *Pistacia khinjuk* stocks using temporary immersion bioreactor system (TIS). *Acta Horticulturae*, 1028, 145–151. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1028.24>
- Thanonkeo, S., Kitwetcharoen, H., Thanonkeo, P., & Klanrit, P. (2024). Temporary Immersion Bioreactor (TIB) System for Large-Scale Micropropagation of *Musa* sp. cv Kluai Numwa Pakchong 50. *Horticulturae*, 10(10), 1030.
<https://doi.org/10.3390/horticulturae10101030>
- TOB (2019). GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. *Tarım ve Orman Bakanlığı*. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/gaptaem/Menu/66/Aspir-Cesidimiz>
- TUIK (2022). Turkish Statistical Institute database. *Turkish Statistical Institute*.
<https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>
- TÜİK (2022). Türkiye’de bitkisel üretim istatistikleri. *Türkiye İstatistik Kurumu*.
- Uysal, N., Baydar, H., & Erbaş, S. (2006). Isparta popülasyonundan geliştirilen aspir (*Carthamus tinctorius* L.) hatlarının tarımsal ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1(1), 52–63.
- Vijayakumar, J., Ponmanickam, P., Samuel, P., Sudarmani, D. N. P., & Pandiarajan, J. (2017). Influence of meta-topolin on efficient plant regeneration via micropropagation and organogenesis of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cv. NARI-H-15. *American Journal of Plant Sciences*, 8(4), 688–705.
<https://doi.org/10.4236/ajps.2017.84048>

- Watt, M. (2012). The status of temporary immersion system (TIS) technology for plant micropropagation. *African Journal of Biotechnology*, 11(76), 14025–14035. <https://doi.org/10.5897/ajps.12.1693>.
- Wongsa, T., Kongbangkerd, A., & Kunakhonnuruk, B. (2023). Optimal growth and biomass of *Centella asiatica* using a twin-bottle temporary immersion bioreactor. *Horticulturae*, 9(6), 638. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9060638>
- Xian, B., Wang, R., Jiang, H., Zhou, Y., Yan, J., Huang, X., Chen, J., Wu, Q., Chen, C., Xi, Z., Ren, C., & Pei, J. (2022). Comprehensive review of two groups of flavonoids in *Carthamus tinctorius* L. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 153, 113462.
- Yaman, H. (2014). Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerine uygulanan farklı dozda gama ışınının M1 ve M2 bitkilerinin bazı tarımsal özellikleri ve *in vitro* adventif sürgün rejenerasyonu üzerine etkileri [Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Yaseen, M., Ahmad, T., Sablok, G., & Hafeez-ur-Rehman, M. (2013). Review: Role of carbon sources for *in vitro* plant growth and development. *Molecular Biology Reports*, 40(4), 2837–2849. <https://doi.org/10.1007/s11033-012-2299-z>
- Yıldırım Doğan, N., Korkmaz, M., & Bulut, H. (2019). Tıbbi ve aromatik bitki olarak kullanılan *Tanacetum* sp. (Pire otu) türlerinin genetik benzerliğinin moleküler yöntemlerle belirlenmesi. *Manas Journal of Agriculture Veterinary and Life Sciences*, 9(1), 22–29.
- Yıldırım, C. (2021). Şanlıurfa ekolojik koşullarında bazı aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinin verim ve kalite parametrelerinin incelenmesi [Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Yıldırım, H. H. (2022). Biyoreaktörler ile yerli bitkisel gen kaynaklarındaki bazı sekonder metabolitlerin doku kültüründe üretilmesi [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Yılmaz, A., Tunçtürk, M., & Tunçtürk, R. (2015). Türkiye’de yağlı tohum üretimi ve yağ açığının giderilmesinde aspir bitkisinin önemi. *11. Tarla Bitkileri Kongresi*, 533–536.
- Yılmazlar, B. (2008). Konya şartlarında farklı ekim zamanlarının bazı aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinde önemli tarımsal karakterler üzerine ve verime etkisi [Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Yolci, M. S., Tunçtürk, R., & Tunçtürk, M. (2022). Farklı ekstraksiyon çözücülerini ve hasat zamanlarının aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çiçeklerinin toplam fenol ve flavonoid miktarları ile antioksidan aktivitesi üzerine etkileri. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, 5(1), 97–109.
- Yu, S. Y., Lee, Y. J., Kim, J. D., Kang, S. N., Lee, S. K., Jang, J. Y., Lee, H. K., Lim, J. H., & Lee, O. H. (2013). Phenolic composition, antioxidant activity, and anti-

- adipogenic effect of hot water extract from safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seed. *Nutrients*, 5(12), 4884–4907.
- Zhang, L. L., Tian, K., Tang, Z. H., Chen, X. J., Bian, Z. X., Wang, Y. T., & Lu, J. J. (2016). Phytochemistry and pharmacology of *Carthamus tinctorius* L. *The American Journal of Chinese Medicine*, 44(2), 197–226.
- Zhao, Y., Sun, H., Li, X., Zha, Y., & Hou, W. (2018). Hydroxysafflor yellow A attenuates high glucose-induced pancreatic β -cells oxidative damage via inhibiting JNK/c-jun signaling pathway. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 505, 353–359.
- Zhou, X. R., Singh, S. P., & Green, A. G. (2014a). Characterization of the major oils in safflower seeds. *Industrial Crops and Products*, 61, 63–72. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.07.036>
- Zhou, X., Tang, L., Xu, Y., Zhou, G., & Wang, Z. (2014b). Towards a better understanding of medicinal uses of *Carthamus tinctorius* L. in traditional Chinese medicine: A phytochemical and pharmacological review. *Journal of Ethnopharmacology*, 151, 27–43.
- Ziv, M. (1991). Vitrification: Morphological and physiological disorders of *in vitro* plants. *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*, 27(2), 64–69. <https://doi.org/10.1007/BF02632071>
- Ziv, M. (1999). The control of bioreactor environment for improved tissue culture plants. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 59(1), 1–12. <https://doi.org/10.1023/A:1006396712938>