

T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS PROGRAMI
2024-YL-105

***Corchorus olitorius L.* 'un *IN VITRO* ÇİMLENMESİ VE
KALLUS İNDÜKSİYONU**

İbrahim ÖNER

Yüksek Lisans Tezi

DANIŞMAN

Doç. Dr. Yelda EMEK

Bu tez Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından ZRF-23011 proje numarası ile desteklenmiştir.

AYDIN-2024

KABUL VE ONAY

T.C. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Biyoteknoloji Yüksek Lisans Programı öğrencisi İbrahim ÖNER tarafından hazırlanan “*Corchorus olitorius* L. 'UN IN VITRO ÇİMLENMESİ VE KALLUS İNDÜKSİYONU” başlıklı tez, aşağıdaki jüri tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 11 /11/2024

Jüri Üyeleri

ONAY:

Başkan	: Doç. Dr. Yelda EMEK Aydın Adnan Menderes Üniversitesi	
Üye	: Doç. Dr. İlkay YAVAŞ Aydın Adnan Menderes Üniversitesi	
Üye	: Doç. Dr. Hüseyin UYSAL Akdeniz Üniversitesi	

Bu tez Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun görülmüş ve Fen Bilimleri Enstitüsünün tarih ve sayılı oturumunda alınan numaralı Yönetim Kurulu kararıyla kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ethem AKTÜRK

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Tezimin tohum teminini yapan ve çalışmalarımın her aşamasında değerli bilgi ve birikimlilerini paylaşmaktan çekinmeyen, beni sürekli destekleyen danışman hocam sayın Doç. Dr. Yelda EMEK' e; tezin gerçekleşmesi için finansal destek sağlayan Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine (Proje No: ZRF-23011); olanaklarından etkin bir biçimde yararlanmama imkan sağlayan Tarımsal Biyoteknoloji Bölümüne ve özellikle sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Ferhat KİREMİT'e; tezimin her aşamasında desteğini esirgemeyen değerli arkadaşlarım Yüksek Ziraat Mühendisi Alim Doğan ÇELİK ve Güler DURMUŞ'a teşekkürlerimi sunarım.

BİLİMSEL ETİK BEYANI

“*Corchorus olitorius* L. 'UN *IN VITRO* ÇİMLENMESİ VE KALLUS İNDÜKSİYONU” başlıklı Yüksek Lisans tezindeki bütün bilgileri etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yaptığımı bildiririm. İfade ettiklerimin aksi ortaya çıktığında ise her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

İbrahim ÖNER

11/ 11/ 2024

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
TEŞEKKÜR	iii
BİLİMSEL ETİK BEYANI	v
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER DİZİNİ	ix
KISALTMALAR DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
RESİMLER DİZİNİ	xv
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvii
ÖZET	xix
ABSTRACT	xxi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	7
3. MATERYAL VE YÖNTEM	13
3.1. Materyal	13
3.2. Yöntem	15
3.2.1. <i>In vitro</i> Çalışmalar İçin Yapılan Ön Hazırlıklar	15
3.2.1.1. Tohum Canlılık Oranının Belirlenmesi	15
3.2.1.2. Besin Ortamı Hazırlığı	16
3.2.1.3. <i>In vitro</i> Çimlenme Denemeleri İçin Kavanozların ve Besin Ortamlarının Hazırlığı ..	17
3.2.1.4. Alet, Ekipman ve Çalışma Ortamının Sterilizasyonu	18
3.2.2. <i>In vitro</i> Çimlenme Denemeleri	19
3.2.2.1 Tohum Sterilizasyonu	19
3.2.2.2. <i>In vitro</i> Çimlenmeyi Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi	19
3.2.3. Kallus İndüksiyon Denemeleri	20
3.2.3.1. Verilerin Değerlendirilmesi	21
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	23
4.1. Tohum Canlılığı	23
4.2. <i>In vitro</i> Çimlenme	23

4.2.1. <i>In vitro</i> Çimlenme Üzerine Besi Ortamlarının ve Işığın Etkisi	24
4.2.2. <i>In vitro</i> Çimlenme Üzerine GA ₃ 'ün Etkisi	27
4.3. Kallus İndüksiyonu.....	29
5. SONUÇ.....	37
KAYNAKLAR.....	39
ÖZ GEÇMİŞ.....	49

SİMGELER DİZİNİ

cm : Santimetre

g : Gram

µg : Mikrogram

l : Litre

M : Molar

ml : Mililitre

µL : Mikrolitre

µM : Mikromol

& : ve

°C : Santigrat Derece

ppm : Milyonda bir

v/v : hacim/hacim

KISALTMALAR DİZİNİ

BA	: Benzil adenin
BAP	: 6-Benzil amino pürin
CaCl₂.H₂O	: Kalsiyum klorür monohidrat
CuSO₄.5H₂O	: Bakır sülfat pentahidrat
CoCl₂.6H₂O	: Kobalt klorür heksahidrat
2,4-D	: 2,4-Diklorofenoksiasetik asit
dk	: Dakika
dH₂O	: Distile su
DS	: Distile su ortamı
EtOH	: Etil alkol
FeSO₄.7H₂O	: Demir II sülfat heptahidrat
GA₃	: Giberellik asit
g/l	: Gram/litre
H₃BO₃	: Borik asit
HCl	: Hidroklorik asit
HgCl₂	: Civa (II) klorür
IAA	: İndol-3-asetik asit
IBA	: İndol-3-bütirik asit
KH₂PO₄	: Potasyum dihidrojen fosfat
KI	: Potasyum iyodür
KIN	: Kinetin
KNO₃	: Potasyum nitrat
kPa	: Kilopaskal
mg/l	: Miligram/litre
MgSO₄.7H₂O	: Magnezyum sülfat heptahidrat
MnSO₄.H₂O	: Mangan (II) sülfat monohidrat
MS	: Murashige ve Skoog (1962) besi ortamı
NAA	: Naftalen asetik asit
Na₂EDTA	: Disodyumetilendiamintetra asetik asit
Na₂MoO₄.H₂O	: Sodyum molibdat monohidrat
NaOCl	: Sodyum hipoklorit

NaOH	: Sodyum hidroksit
NH₄NO₃	: Amonyum nitrat
OEC	: Ekonomik Karmaşıklık Gözlemevi
pH	: Asitlik değeri
TTC	: Tetrazolium klorür
UV	: Ultraviyole
ZnSO₄.7H₂O	: Çinko sülfat heptahidrat

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4. 1. <i>C. olitorius</i> tohumlarının farklı <i>in vitro</i> ortamlarda çimlenme oranları	25
Şekil 4.2. <i>C. olitorius</i> tohumlarının <i>in vitro</i> çimlenmesi üzerine GA ₃ ‘ün etkisi	28

RESİMLER DİZİNİ

Resim 1.1. Jütten yapılan kilim örnekleri	2
Resim 1.2. Molehiya yemeği görüntüsü	3
Resim 1.3. Hasat edilmiş molehiyalar	3
Resim 1.4. Molehiyaların yaprak hasadı.....	3
Resim 1.5. Yatak üzerinde gölgede kurutulmaya bırakılan bitki yaprakları.....	3
Resim 1.6. Kurutulmuş ve pazara sunulan molehiya yaprakları.....	3
Resim 3.1. <i>Corchorus olitorius</i> L. türünün illüstrasyonu	14
Resim 3.2. Tohum canlılığı için hazırlanan tohumlar.....	16
Resim 3.3. Sıvı besi ortamları için hazırlanan kavanoz örneği.....	18
Resim 3.4. İklim odasında 16/8 fotoperiyot ve 24 ± 2 °C’de kültüre alınmış tohum içeren kavanozlar.....	20
Resim 4.1. <i>C. olitorius</i> tohumlarının tohum canlılığı testinin görüntüsü.....	23
Resim 4.2. Farklı <i>in vitro</i> ortamlarda kültüre alınan tohum içeren kavanozlar	26
Resim 4.3. DS ortamında 16/8 fotoperiyot 24 ± 2 °C ‘de <i>in vitro</i> tohum çimlenmesi.....	26
Resim 4.4. Farklı konsantrasyonlarda GA ₃ içeren <i>in vitro</i> kültürler.....	28
Resim 4.5. Eksplant eldesi için MS ortamında kültüre alınan steril <i>C. olitorious</i> bitkicikleri	27
Resim 4.6. Kotiledon eksplantının 1 mg/l IAA ilaveli MS ortamında 16/8 fotoperiyotta kallus oluşumu ve rizogenezis	30
Resim 4.7. Kotiledon eksplantının 10 mg/l NAA ilaveli MS ortamında 16/8 fotoperiyotta oluşan kalluslar.....	31
Resim 4.8. 5 mg/l NAA ilaveli MS ortamında 16/8 fotoperiyotta yaprak eksplantından oluşan kallus görüntüsü.....	32
Resim 4.9. 10 mg/l NAA ilaveli MS ortamında karanlıkta kültüre alınan yaprak eksplantından oluşan kallus görüntüsü	32

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3. 1. MS besi ortamı temel elementleri ve miktarları	17
Çizelge 4.1. <i>C. olitorius</i> tohumlarının farklı <i>in vitro</i> ortamlarda 16/8 fotoperiyot ve karanlık koşullarda çimlenme oranları	25
Çizelge 4.2. <i>C. olitorius</i> tohumlarının çimlenmesi üzerine GA ₃ ‘ün etkisi	28
Çizelge 4.3. <i>C. olitorius</i> ’un kotiledon eksplantlarının 16/8 fotoperiyot koşullarında kallus oluşumu üzerine bitki büyüme düzenleyicilerinin etkisi	30
Çizelge 4.4 <i>C. olitorius</i> ’un kotiledon eksplantlarının karanlık koşullarda kallus oluşumu üzerine bitki büyüme düzenleyicilerinin etkisi.....	30
Çizelge 4.5. <i>C. olitorius</i> ’un yaprak eksplantlarının 16/8 fotoperiyotta kallus oluşumu üzerine bitki büyüme düzenleyicilerinin etkisi	31
Çizelge 4.6. <i>C. olitorius</i> ’un yaprak eksplantlarının karanlık koşullarda kallus indüksiyonu üzerine bitki büyüme düzenleyicilerinin etkisi.....	31

ÖZET

***Corchorus olitorius* L. 'UN IN VITRO ÇİMLENMESİ VE KALLUS İNDÜKSİYONU**

Öner, İ. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Biyoteknoloji Programı, Yüksek Lisans Tezi, Danışman: Doç. Dr. Yelda Emek, Aydın, 2024.

Corchorus olitorius L. dünyanın birçok yerinde lif bitkisi olarak kullanılması sebebiyle yüksek ekonomik öneme sahip bir türdür. Tür aynı zamanda sebze ve çeşni olarak kullanılmakta ve içerdiği etken maddeler nedeniyle tıbbi özellikler taşımaktadır.

Bu tez kapsamında ilk olarak türün tohumlarının *in vitro* çimlenmesi üzerine besin ortamlarının, ortamların fiziksel halinin, ışığın ve gibberellik asitin etkisi araştırılmıştır. İkinci olarak ise kallus indüksiyonu üzerine farklı tip ve konsantrasyonda bitki büyüme düzenleyicilerinin etkisi ile uygun eksplant tipi araştırılmıştır.

Tohumlara uygulanan tetrazolium testi ile tohumların canlılık oranı %80 olarak belirlenmiştir. *In vitro* çimlenme üzerine besin ortamlarının tipinin ve fiziksel durumunun etkisini belirlemek için DS, Agar, MS (Murashige ve Skoog (1962)) (sıvı) ve MS (katı) ortamları kullanılmıştır. En yüksek *in vitro* çimlenme değeri DS ortamında %68,86 olarak belirlenmiştir.

In vitro çimlenme ile elde edilmiş bitkiciklerin gelişimleri için 8 g/l agar ile katılaştırılmış MS ortamına kültüre edilmiştir. Kotiledonlar kültür başlangıcından bir hafta sonra yapraklar ise kültür başlangıcından 4-6 hafta sonra izole edilmiş ve kallus indüksiyonu için eksplant olarak kullanılmışlardır. Her iki eksplant tipinde de kallus oluşumu teşvik edilmiştir. Elde edilen kallus oranları birbirinden farklıdır. Kotiledon eksplantlarından %100 kallus değeri, 10 mg/l NAA, 5 mg/l NAA ve 1 mg/l BA ilaveli besin ortamlarında hem karanlık hem de fotoperiyot koşullarında elde edilmiştir. Ayrıca, 1 mg/l 2,4-D ilaveli ortamda da en yüksek kallus değeri karanlık koşullarda gözlemlenmiştir. Yaprak eksplantlarında %100 kallus teşviki sağlanmış; özellikle tek başına 10 mg/l NAA, 5 mg/l NAA ve 1 mg/l BA kombinasyonunda elde edilmiştir. Yaprak eksplantları, kotiledon eksplantlarına göre daha yüksek oranda kallus teşviki ile tepki vermiştir ve her iki eksplant tipinde etkili oksin NAA olarak belirlenmiştir.

Hem çimlenme hem de kallus indüksiyonu çalışmalarında elde edilen yüksek oranlar ve literatürde ilk kez yaprak eksplantları kullanılarak başarılı bir kallus indüksiyonu sağlanması, bu çalışmanın yalnızca tür üzerinde yapılacak genetik iyileştirme çalışmalarına değil, aynı zamanda yapraklarında bulunan tıbbi bileşiklerin eldesine yönelik *in vitro* çalışmalar için de öncü bir yaklaşım sunduğunu vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Crochorus olitorius* L., Çimlenme, Eksplant, *In vitro*, Kotiledon, Yaprak, Kallus

ABSTRACT

***IN VITRO* GERMINATION AND CALLUS INDUCTION OF *Corchorus olitorius* L.**

Öner, I. Aydın Adnan Menderes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Agriculture Biotechnology Programme, Master Thesis, Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Yelda Emek Aydın, 2024.

Corchorus olitorius L. is a species of high economic importance due to its use as a fiber plant in many parts of the world. The species is also used as a vegetable and condiment and has medicinal properties due to the active ingredients it contains.

Within the scope of this thesis, firstly, the effects of nutrient media, physical state of the media, light and gibberellic acid on the *in vitro* germination of the seeds of the species were investigated. Secondly, the effect of different types and concentrations of plant growth regulators on callus induction and the appropriate explant type were investigated.

With the tetrazolium test applied to the seeds, the viability rate of the seeds was determined as 80%. DS, Agar, MS (Murashige and Skoog (1962)) (liquid) and MS (solid) media were used to determine the effect of the type and physical of the nutrient media on *in vitro* germination. The highest *in vitro* germination value was determined as 68.86% in DS medium.

The plantlets obtained through *in vitro* germination were cultured on MS medium solidified with 8 g/l agar. Cotyledons were isolated one week after the initiation of culture, while leaves were isolated 4-6 weeks after the initiation of culture and used as explants for callus induction. Callus formation was stimulated in both types of explants, and the obtained callus rates were different from one another. A callus value of 100% was achieved from cotyledon explants in culture media supplemented with 10 mg/l NAA, 5 mg/l NAA and 1 mg/l BA under both dark and photoperiod conditions. Additionally, the highest callus value was observed at dark conditions with 1 mg/l 2,4-D. In leaf explants, 100% callus induction was also achieved using combinations of auxins and cytokinins, particularly with 10 mg/l NAA, 5 mg/l NAA and 1 mg/l BA. Leaf explants showed higher callus rates compared to cotyledon explants, and in both explant types, the effective auxin was identified as NAA.

The high rates achieved in both germination and callus induction studies, along with the first successful callus induction using leaf explants reported in the literature, highlight this

study's potential not only for genetic improvement efforts with the species but also as a pioneering approach for *in vitro* studies targeting the extraction of medicinal compounds present in its leaves.

Key Words: *Crochorus olitorius* L., Germination, Explant, *In vitro*, Cotyledon, Leaf, Callus

1. GİRİŞ

Malvaceae familyasında yer alan *Corchorus* L. cinsi özellikle tohumlarında kardiyak glikozitler içeren ana cinslerden biridir (Evans, 2009). Cins, önceleri *Tiliaceae* familyasında sınıflandırılırken günümüzde *Malvaceae* familyasında değerlendirilmektedir. Cins, dünya genelinde tropikal, subtropikal ve ılıman sıcak bölgelerde dağılan yaklaşık elli-altmış tür içerir (Subbalakshmi vd., 1992; Stearn, 1995; Merlier, 1972; Merlier ve Montegut 1982; Morakinyo 1997).

Corchorus cinsine ait bitkilerden elde edilen elyaf “jüt” olarak adlandırılmaktadır (Rowell ve Stout 1998). Jüt, çeşitli değerli ürünler üreten ve çevre dostu doğal bir lif türüdür. Jüt “altın lif” olarak da bilinir, *Corchorus* L. cinsinden elde edilen, biyolojik olarak parçalanabilir, toksik olmayan lignoselüloz lifinin ana kaynaklarından biridir. Türlerin geniş bir yelpazeye sahip olmasına rağmen (170 tür) (Majumder vd., 2018), *C. capsularis* ve *C. olitorius* (2n=14), tropikal, subtropikal veya daha sıcak ılıman bölgelerde geniş bir dağılıma sahip olup dünyada en çok yetiştirilen türler olarak kabul edilmektedir (Biswas vd., 2022; Zhang, 2021)

Jüt, kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.), endüstriyel kenevir (*Cannabis sativa* L.), rami (*Boehmeria nivea* L.) ve muz (*Musa acuminata* Colla) lifleri ile en iyi lif kategorisine girmektedir (Siddiqui, 2010).

Corchorus cinsi bir çok tür barındırmasına karşın, ticari olarak lifi için değerlendirilen türler *C. olitorius* ve *C. capsularis* dir (Anonim, 2017). Ancak *C. olitorius* jütü daha değerlidir.

Günümüzde, insan ve çevre sağlığı açısından sentetik ürünler yerine, doğal liflerin ambalaj sanayinde kullanılması gündemdedir. Jüt lifi %100 biyolojik olarak parçalanabilir ve geri dönüştürülebilir, dolayısıyla çevre dostudur. Jüt, Türkiye’de başta tekstil sektörü olmak üzere çeşitli sektörlerde kullanım alanına sahiptir (Mutlu, 2012). Uluslararası pazarda işlenmiş jüt mallarına olan toplam talep 75×10^4 tondur (Uddin vd., 2014). Türkiye de jüt geniş kullanım alanına sahiptir ve 2022 yılında yıllık 124.186 ton jüt ithal etmiştir. Bu ithalatın büyük bir kısmı (%99,93) Bangladeş’ten gerçekleştirilmiş olup, Bangladeş’ten gelen jüt miktarı 124.101 tondur. Diğer küçük miktarlarda ithalat Hindistan, Çin, Pakistan ve İtalya gibi ülkelerden yapılmıştır (The Observatory of Economic Complexity (OEC), Ekonomik Karmaşıklık Gözlemevi). İthal edilen jüt liflerinin büyük çoğunluğu “halı ipi” ve “çuval” ve

tekstil sektöründe kullanıma sahiptir (Mutlu, 2012) (Resim 1.1). Jüt, Doğu Hindistan, Bangladeş, Nepal ve bazı Güneydoğu Asya ülkelerinde yaygın olarak yetiştirilmektedir. Jüt, üretim ve kullanım çeşitliliği açısından pamuktan sonra ikinci sırada yer almaktadır (Islam vd., 2013).

Jüt üretimi kullanımı dışında Akdeniz Havzası'nda yer alan ülkeler ile Ortadoğu ülkelerinde *C. olitorius*'un farklı kısımları çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır; örneğin tohumları yemeklere çeşni katmak, taze yaprakları sebze olarak, kuru yaprakları ise bitki çayı yapımında kullanılmaktadır (Tuncer ve Ummuhan, 2017). Ayrıca türün yapraklarının kullanıldığı ve "Molehiya" olarak adlandırılan yemek Kıbrıs ve Arap kültüründe geleneksel bir yemek olarak yerini almıştır (Resim 1.2). Yaz aylarında kültürü yapılan bitkiler hasat edilmekte ve bitkilerin yaprakları tek tek koparılarak ya taze olarak ya da gölgede kurutularak yıl boyunca kullanılmaktadır (Resim 1.3, 1.4 ve 1.5). Kurutulmuş yaprak formu marketlerde de yerini almış durumdadır (Resim 1.6). Kurutulmuş molehiya yaprakları, suyla yumuşatıldıktan sonra et, tavuk veya sebzelerle birlikte pişirilir. Limon suyu ve sarımsak eklenerek tatlandırılır.



Resim 1.1. Jütten yapılan kilim örnekleri



Resim 1.2. Molehiya yemeği görüntüsü



Resim 1.3. Hasat edilmiş molehiyalar



Resim 1.4. Molehiyaların yaprak hasadı



Resim 1.5. Yatak üzerinde gölgede kurutulmaya bırakılan bitki yaprakları



Resim 1.6. Kurutulmuş ve pazara sunulan molehiya yaprakları

Bununla birlikte, tür besin değeri açısından da oldukça zengindir. Türün yaprakları A ve C vitamini, lif, kalsiyum demir ve diğer mikroelement bakımından zengin bir kaynaktır. *C. olitorius* bol miktarda karotenoid, B1, B2, C ve E vitamini ve mineraller içerdiği için Japonya'da "*sağlıklı sebze*" olarak adlandırılmakta ve yüksek oranda tüketilmektedir (Matsufuji vd., 2001). Bitki, yapraklarının viskozitesi nedeniyle tropik bölgelerde geniş

ölçüde yetiştirilir. Yapraklar kalın viskoz bir çorba haline getirilir yahni veya çorbaya eklenir. Bu viskoz vitamin ile minerallerin zengin kaynaklarıdır. Besin değeri açısından, *C. olitorius* ortalama olarak 100 g başına 85-87 g su, 5,6 g protein, 0,7 g yağ, 5 g karbonhidrat, 1,5 g lif, 250-266 mg kalsiyum, 4,8 mg demir, 1,5 mg A vitamini, 0,1 mg tiamin, 0,3 mg riboflavin, 1,5 mg nikotinamid ve 53-100 mg askorbik asit içerir (Matsufuji vd., 2001; Mazen, 2004; Opabode ve Adebooye, 2005; Ndlovu ve Afolavan, 2008; Ibrahim ve Fagbohun 2011; Nemba vd., 2011).

Tür, lif kaynağı ve besin olarak kullanılmasının yanı sıra tıbbi öneme de sahiptir (Tulio vd., 2002). Yatıştırıcı, diüretik ve laksatif etkiye sahip olduğu, ayrıca kas ve eklem ağrılarına, enterit, dizanteri ve yüksek ateşe iyi gelmektedir (Duke, 1983). Geleneksel tamamlayıcı tıpta, türün tohumları, laksatif olarak, yaprakları karın ağrılarını hafifletmek için, kökleri dış ağrılarını tedavi etmek için ve sapları kardiyovasküler bozuklukları tedavi etmek için kullanılır (Merlier, 1972; Deton, 1997; Nemba vd., 2011; DAFF, 2012). Buna ilaveten *C. olitorius* 'un özellikle içeriğinde bulunan polifenollerin etkisine bağlı olarak potansiyel anti-obezite, anti-inflamatuar, anti-oksidan ve anti-kanser etki gösterdiği saptanmıştır (Adegoke ve Adebayo-Tayo 2009, Pal vd., 2006, Wang vd., 2011; Owoyele vd., 2015; Handoussa vd., 2013; Fukuda vd., 2016, Li vd., 2012, Salawu vd., 2011). Türün tohumları geniş spektrumlu antibakteriyel aktiviteye sahiptir (Pal vd., 2006). Bununla birlikte, türün tohumları erysimoside, olitoriside, corchoroside A ve coroliside kardiyak glikozitlerini içerdiği belirtilmektedir (Nakamura vd., 1998).

Türün yapraklarının antimikrobiyal aktivitesini belirlemek için yapılan bir çalışmada, türün *Bacillus subtilis* ve *Staphylococcus aureus* enfeksiyonlarına karşı kullanılabileceğini belirtilmiştir (Özdenefe vd., 2018). İlhan vd. (2007) yaptıkları bir çalışmada ise türün yapraklarının antifungal ve antibakteriyel özellik gösterdiğini belirlemişlerdir. Hasan ve Kadhim 2018 yılında yayımladığı bir çalışmada *C. olitorius* yapraklarının içerdiği fenolik ve flavonoidlerden kaynaklanan özellikle de kızamık virüsüne karşı antiviral özellik gösterdiğini belirtmişlerdir. *C. olitorius* alternatif tıpta kızamık virüsüne karşı tedavi edici olarak kullanılan bitkisel ürünlerden biridir (Sonibare vd., 2009). Soykut (2018)'un yaptığı bir çalışmada, *C. olitorius* 'un içerdiği polifenollerden dolayı potansiyel anti-kanser etkilerinin olduğunu ve kolon kanseri tedavisinde kemoterapiye karşıt olarak kullanılabilecek potansiyel kemoterapötik ajan olabileceğini göstermiştir. Azuma vd. yaptığı çalışmada (1999) *C. olitorius* L.'in en fazla bulunan fenolik bileşiğinin 5-kafeoil-kinik asit olduğunu bildirilmiştir. Aynı zamanda bu bileşiklerin anti-kanser niteliğinde olduğu da belirtilmiştir.

Ülkemizde türün üretimi ile ilgili olarak ilk çalışma 1938 yılında Antalya Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nde yapılmıştır. Elde edilen ürünlerin çuval üretiminde kullanılması amaçlanmıştır, ancak istenilen hedefe ulaşılamamıştır (Bilgili vd., 2018). Jüt bitkisi, sıcak iklimleri seven bir bitki olup genellikle tropikal ve astropikal iklimlerde yetiştirilir. Bu nedenle, en önemli jüt üreticileri Çin, Hindistan, Filipinler, Japonya, Karayipler, Malezya, Mısır, Sudan, Tayland ve Bangladeş gibi ülkelerdir. Dünya jüt üretiminin yaklaşık %95'i bu ülkelerden sağlanmaktadır (İlhan vd., 2007; Datta vd., 2016). Türkiye'de ise Antalya, Adana, Hatay ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi jüt yetiştiriciliği için uygun bölgeler olarak belirtilmektedir (Cagırgan vd., 2014; Bilgili vd., 2018; Kitiş ve Kaya, 2018).

Dormansi, bitkide tomurcuk, yumru, rizom, tohum gibi yapılarda büyüme, gelişme ve metabolik faaliyetlerin geçici olarak durdurulduğu dönemdir. Dormansi, olumsuz çevre özellikle de mevsim koşullarına karşı bir direnç şeklidir (Akman ve Darıcı, 1998).

Türün tohumlarının çimlenmesi ile ilgili birçok problemin bulunduğu pek çok araştırmacı tarafından belirtilmiş ve tohum dormansisini gidermekle ilgili olarak birçok çalışma gerçekleştirilmiştir (Veleepini vd., 2003; Helaly vd., 2008; Maina vd., 2011; Ibrahim vd., 2013; Tuncer ve Ummuhan, 2017; Kitiş ve Kaya, 2018). Afrika güneyinde yer alan Botsvana da çiftçiler bu bitkiyi yetiştirmeyi teşvik etme girişimlerinde bulunmuşlar ancak tohumların düşük oranda çimlenmesi nedeniyle sonuç alamamışlardır (Veleepini vd., 2003).

Sert ve geçirimsiz tohum kabuğundan kaynaklanan dormansiyi ortadan kaldırmak amacıyla *Corchorus olitorius* L. tohumlarına sülfürik asit uygulaması sonucunda yüksek oranda çimlenme sağlandığı bildirilmektedir (Veleepini vd., 2003; Emongor vd., 2004). Bunun aksine, tohum kabuğunun iğneyle delinmesi ile yapılan mekanik aşındırma uygulaması iri tohumlara sahip çeşitler için uygun olurken, molehiya tohumları gibi küçük tohumlar için pek uygun olmamaktadır (Mavengahama ve Lewu, 2012).

Temel olarak *in vitro* bitki hücre kültürü; bitkiden alınan ve eksplant olarak adlandırılan bir parçanın, daha önceden steril edilmiş besin ortamına yerleştirilmesi ile bitki veya bitkisel ürünler elde edilmesi olarak tanımlanabilir. Bu yöntemle bitkilerin biyolojik olarak aktif bileşenlerinin üretilmesi ve yeni bitki türlerinin geliştirilmesi mümkündür. Kallus kültürleri ile bitkilerin sekonder metabolitlerinin üretimi sağlanabilir (Bourgaud vd., 2001; Tan vd., 2010; Vijaya vd., 2010; Hussain vd., 2012), kallus kültürleri hem araştırma hem de endüstriyel uygulamalar açısından büyük potansiyele sahip bir yöntemdir.

Farklı *in vitro* tekniklerin doğal ürünlerin gerçek ve sürdürülebilir kaynağı olabileceği Vijaya vd., (2010) tarafından da rapor edilmiştir. Bu yöntemlerden biri olan kallus kültürleri ile ana bitkide bulunan biyoaktif bileşenlere denk veya daha güçlü özel tıbbi bileşenlerin etkili bir şekilde üretilebileceği pek çok araştırmada bildirilmiştir (Tan vd., 2010; Vijaya vd., 2010; Hussain vd., 2012). Direkt ve indirekt organogenez, bitki rejenerasyonu, somatik embriyogenez ve hücre süspansiyon kültürlerinin başlangıç noktası esas itibarı ile kallus kültürüdür (Topçu ve Çölgeçen, 2015).

Corchorus L.'de genetik iyileştirme ve değer eklemeye yönelik olarak, geleneksel ıslah programları önemli ilerlemeler kaydetmiştir (Orton, 2020; Anand vd., 2023). Ancak, *Corchorus olitorius* da istenen özellikleri geliştirmek için geleneksel ıslah yaklaşımları karmaşık genetiği nedeniyle zorluklarla karşılaşmıştır (Ahmar vd., 2020). Şu anda, geleneksel ıslahın alternatifi olarak, doku kültürü tabanlı *in vitro* rejenerasyon stratejisi, çeşitli bitkilerin verimini artırmak ve özelliklerini zenginleştirmek için güçlü bir araç olarak düşünülmektedir.

Günümüze dek, türün *in vitro* üretimi ile ilgili olarak gerçekleştirilen birçok çalışma bulunmaktadır (Islam,1981; Rahman vd., 1985; Ahmed vd., 1989; Seraj vd., 1992; Islam vd.,1992; Khatun vd., 1993; Saha vd., 1999; Naher vd., 2003; Huda vd., 2007). Bitki rejenerasyonu için hipokotil, kotiledon ve kök segmentleri eksplant olarak kullanılmış bir çalışmada sadece kallus elde edilebilmiştir (Khatun, 1993).

Bu tez çalışmasında *in vitro* teknikler kullanılarak türün çimlendirilmesi hedeflenmektedir. Böylelikle türün çimlenme ile ilgili sorununa çözüm bulmanın yanında kallus kültürlerini oluşturabilmek için steril bitki eldesi ve *in vitro* çimlenme sonrasında elde edilen steril bitkiciklerin yaprak ve kotiledonları eksplant olarak kullanılarak kallus indüksiyonu sağlanmıştır.

Hücre ve doku kültürü sistemleri ile günümüzde bitkisel birçok etken madde hızlı olarak üretilmektedir. Bu kültürlerin oluşturulması ve *in vitro* elde edilecek etken maddelerin araştırılmasına olanak sağlamak için etkin kallus oluşturma prosedürünün belirlenmesi gerekmektedir. Bu tez çalışması ile elde edilen veriler hem tohum çimlenmesi hem de kallus kültürleri ile yeni bir prosedürün oluşturulması açısından önemlidir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Abbas vd. (1997) *C. olitorius* Taiwan ve 0-4 çeşitleri ile *C. capsularis* D-154 çeşidi ile gerçekleştirdikleri çalışmada önce steril ettikleri tohumları MS ortamında +4 °C'de karanlıkta çimlendirmişlerdir. Çimlenmeden sonra kültürleri 25±2°C fotoperiyot koşullarına almışlardır. Kallus indüksiyonu için çimlenmeden 10 gün sonra kotiledonlar, hipokotiller, sürgün uçları ve kök segmentleri eksplant olarak kullanmışlardır. Eksplantları zeatin: İndol-3-asetik asit (IAA)/Naftalen asetik asit (NAA) (1:0, 2:0, 2:1 IAA, 2:1 NAA mg/l), Benzil adenin (BA):IAA/NAA (2:0, 2:0,1 IAA, 2:0,5 IAA 2:0,1 NAA ve 2:0,5 NAA mg/l) kombinasyonlarını içeren MS besi ortamında kültüre almışlardır. Bitki büyüme düzenleyicisi içermeyen MS ortamı temel ortam olarak kullanmışlardır. Araştırmacılar, kontrol ortamında her iki türün çeşitlerinin de kültüre alınan hipokotil, sürgün ucu ve kök eksplantlarından kallus elde edildiğini, ancak *C. olitorius* kotiledonlarından kallus oluşmadığını, *C. capsularis* çeşitlerinde ise çok düşük oranda kallus elde edildiğini bildirmişlerdir. Tüm çeşitlerde birçok ortamda her eksplant tipinde kallus elde ettiklerini, kallus üretimi için kotiledon eksplantlarında sitokinin gerekli olduğunu belirtmişlerdir. Özellikle kotiledon eksplantlarında ortamda sitokinin varlığının gerektiği ancak hipokotil ve kök eksplantlarında kallus oluşumunu teşvik etmediği bildirilmiştir.

Velepini vd. (2003) yaptığı bir çalışmada *C. olitorius* tohum dormansisinin önüne geçmek için tohumlara yedi farklı işlem (80 °C ve 100 °C sıcak su, 80 °C ve 100 °C'de kuru ısı, konsantre sülfürik asit, %10 hidrojen peroksit, ve oda sıcaklığındaki su) farklı sürelerde uygulanmıştır. Araştırmacılar en iyi çimlenme değerinin (%95), 80 °C'deki sıcak suda 10 dakika tutulan tohumlarda elde edildiğini bildirmişlerdir. İkinci olarak en yüksek çimlenme oranının (%57) 100 °C'de beş dakika sıcak su (%80) ve sülfürik asitte 30 dakika beklettiği tohumlarda elde edildiğini bildirilmişlerdir. Araştırmacılar, tohumların ekimden önce 80 °C sıcak suda 10 dakika bekletilmesini, basit ve ekonomik bir yöntem olarak çiftçilere önermişlerdir.

Emongor vd. (2004) yaptıkları bir çalışmada *Corchorus* cinsinin başka bir türü olan *Corchorus tridens* L. tohumlarına uygulanan 50, 100 ve 150 ppm dozlarındaki Giberellik asidin (GA₃) çimlenme üzerinde etkisinin olmadığını bildirmişlerdir.

Huda vd. (2007) çalışmalarında *C. olitorius* (O-9897, O-72, O-4 ve OM-1 çeşitleri) 'un tohum çimlenmesi üzerine sıvı ve katı ortamın etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar, steril ettikleri tohumları tıbbi pamuk destekli sıvı ve %0,8 g agar ile katılaştırılmış MS ortamında

kültüre almışlardır ve sırasıyla %83,3-97,6 ve %39,0-45,8 oranında çimlenme değeri elde ettiklerini bildirmişlerdir. Pamuk destekli ortamda yetiştirilen fidelerin sağlıklı geliştiğini, agar destekli ortamda yetiştirilenlere göre daha iyi bir gelişim gösterdiğini belirtmişlerdir. Aynı çalışmada, petiyol içeren kotiledonları 0,5 mg/l IAA ve farklı konsantrasyonlarda 6-Benzil amino pürin (BAP; 1, 2, 3 ve 4 mg/l) içeren MS (%0,8 agar) ortamlarında kültüre almışlardır. Tüm çeşitlerin, kültür başlangıcından 3 hafta sonra IAA:BAP (0,5:3,0 mg/l) kombinasyonunda kesilen kotiledon kenarlarında direkt sürgün oluşumunun teşvik edildiğini en iyi sürgün teşvikinin (%59,5) ve kotiledon başına en yüksek sürgün sayısının (7,4) O-72 çeşidinde elde edildiğini bildirmişlerdir. Elde ettikleri sürgünleri düşük oranda bitki büyüme düzenleyicisi içermeyen MS ortamında köklendirmişlerdir.

Helaly vd. (2008) çalışmalarında *C. olitorius* tohum dormansisini yenmek için gerçekleştirdikleri denemeler sonucunda %90'lık sülfürik asit uygulamasının 30 dakika süreyle muamele edilmesi sonucunda %84 oranında tohum çimlenmesi elde ettiklerini bildirmişlerdir.

Ghosh ve Chatterjee (2009), *C. olitorius* L var. JRO-632 bitkisinin *in vitro* üretimi ile ilgili gerçekleştirdikleri bir çalışmada tohumları sterilize ettikten sonra yarı katılaştırılmış White (1963) ortamında kültüre alarak çimlendirmişlerdir. *In vitro* tohum çimlendirme sonucunda elde ettikleri steril 10-16 günlük fidelerin hipokotillerini eksplant olarak kullanmışlardır. Eksplantları %0,5 agar içeren yarı katı MS ve SH ortamlarına kültüre almışlardır. Besi ortamları farklı tipte (NAA, IAA, İndol-3-bütirik asit (IBA) ve 2,4-Diklorofenoksiasetik asit (2,4-D) ve 0,1-0,5 mg/l konsantrasyonlarda oksin ya da farklı tipte (BAP, Kinetin(KIN)) ve 0,1-1,0 mg/l konsantrasyonlarda sitokinin ile birlikte hindistancevizi sütü (%10-35 v/v) denemişlerdir. Araştırmacılar SH ortamına kıyasla MS ortamında daha yüksek oranda kallus elde ettiklerini, en yüksek oranda kallus oluşumunu NAA:KIN (0,3:0,3 mg/l) kombinasyonunda olduğunu, kallus yapısının da gevşek ve kırılkan sarımsı olduğunu bildirmişlerdir. Morfogenetik çalışma için hipokotil kallus dokuları, farklı kombinasyonlar ve konsantrasyonlarda oksin (IAA, NAA, IBA ve 2,4-D, ayrı ayrı 0,20 mg/l) ve sitokininler (BAP ve KIN, ayrı ayrı 0,15-3,2 mg/l arasında, hindistancevizi sütü %10-35) içeren ortamda büyütülmüştür. Kalluslardan ve rejenerasyon bitkilerinden elde edilen köklerin sitolojik çalışmaları, kallusların mixploid doğasına rağmen rejenere köklerin ve bitkilerin diploid kromozom sayısına sahip olduğunu göstermiştir. Başlangıç kültüründeki oksin-sitokinin konsantrasyon dengesi ile hücrelerdeki ploidi seviyesinin farklılaşmayı kontrol eden en önemli faktörler olduğu gözlemlenmiştir.

Nkomo ve Kambizi (2009) *C. olitorius* 'un tohum dormansisini gidermek üzere yaptıkları çalışmada tohumları ön soğutma işlemine tabii tutmuşlardır. Tohumlara farklı sürelerde (0, 1, 3,5 ve 7 gün) ön soğutma (+6 °C) uygulamışlardır. Ön soğutma uygulanmamış tohumlarda 25 °C'de çimlenme olmazken, 3½ gün ön soğutma yapıldıktan sonra 35 °C'ye alınan tohumlarda ise maksimum çimlenme (%88) elde edildiğini bildirmişlerdir.

Hoque vd. (2010) yaptıkları bir araştırmada *Corchorus olitorius* O-9897, O-72 ve OM-1 genotiplerinin *in vitro* rejenerasyonu üzerine bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Steril elde edilmiş bitkiciklerin kotiledonlarını eksplant olarak kullanmışlardır. Araştırmacılar 2,5 mg/l BA+0,5 mg/l IAA ilaveli MS ortamında en yüksek oranda kallus oluşumu (%92,85) O-9897 genotipinde, ardından %82,14 ile O-72 genotipinde elde ettiklerini bildirmişlerdir. 2,5 mg/l BAP+0,5 mg/l IAA ilave edilmiş MS ortamında, O-9897 genotipi en yüksek sürgün rejenerasyonu yüzdesini (%83,33), O-72 genotipinde ise %75 oranında elde etmişlerdir. Sürgünlerde en yüksek kök oluşumu (%45,00) O-9897 genotipinde 0,6 mg/l IBA eklenmiş ½ MS ortamında elde ettiklerini bildirmişlerdir.

Tuncer ve Ummuhan (2017) lif bitkisi ve tıbbi bitki olarak kullanımının yanı sıra sebze olarak da tüketim değeri olan molehiya (*Corchorus olitorius* L.) bitkisinin tohumlarında, dormansiyi kırmak için farklı uygulamaların çimlenme ve çıkış üzerine etkisinin araştırdıkları bir çalışmada sterilize edilen tohumlara; kaynayan su (95 °C; 10 ve 30 saniye, 1, 5 ve 10 dakika), sıcak su (80 °C; 5, 10, 15 ve 20 dakika), sülfürik asit (%98'lik; 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 dakika) ve ön soğutma uygulamaları (4 °C; 2, 3 ve 4 gün) yapılmıştır. Çimlenme ve çıkış parametreleri bakımından en başarılı uygulamalar; ön soğutma, sülfürik asit (5 ve 10 dakika) ve kaynayan su (95 °C, 10 saniye) uygulamaları olmuştur. Çalışma sonucunda, türün tohum dormansisini ortadan kaldırmak için ekimden önce tohumların 2 gün boyunca nemli ortamda soğukta (+4 °C) bekletilmesinin pratikte de rahatlıkla uygulanabileceği sonucuna ulaşıldığını belirtmişlerdir.

Kitiş ve Kaya (2018) *C. olitorus* türünün tohum dormansisinin giderilmesine yönelik olarak gerçekleştirdikleri bir çalışmada çeşitli ön işlemlerin tohum çimlenmesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırma kapsamında tohumlara mekanik aşındırma, saf suda bekletme (2 ve 6 saat), H₂SO₄ (%20; 5, 10 ve 15 dakika), GA₃ (200, 400 ve 600 ppm) ve mikrodalga (kuru, ıslak ve nemli tohumlara 30 ve 60 saniye) işlemleri uygulanmıştır. Ön işlemlerden sonra tohumlar, 30 °C'deki inkübatörlerde çimlenmeye bırakılmış ve 10 gün boyunca çimlenen tohumlar gözlemlenmişlerdir. Araştırmacılar kontrol grubundaki tohumların

çimlenme oranının %4 seviyesinde kaldığını belirtmiştir. GA₃ uygulanmasının (200 ve 400 pm) çimlenme değerinin kontrolün altında kaldığını, ancak 600 ppm dozunda %5,3 oranında çimlenme gözlemlediklerini belirtmişlerdir. En yüksek çimlenme değeri (%88) tohum kabuğunun zımparalanarak mekanik olarak aşındırılması yöntemiyle elde edilmiştir. Araştırmacılar dormansinin nedeninin kalın tohum kabuğundan kaynaklandığını ve zımparalama yönteminin kullanılarak bu tür üzerinde yapılacak bilimsel araştırmalar için etkili ve risksiz bir yöntem olarak değerlendirilebileceğini belirtmişlerdir.

Tahir ve Kuzayet (2018) çalışmalarında *Corchorus olitorius* L.'un mikroçoğaltımı için çeşitli bitki büyüme düzenleyicilerinin farklı konsantrasyonlarının etkilerini araştırmışlardır. Sterilize ettikleri tohumları MS ortamında tek başına BAP ve NAA (0,10, 0,15, 0,20 ve 0,25 mg/l) veya eşit konsantrasyonda BAP ve NAA kombinasyonlarını etkisini araştırmışlardır. Kontrol grubunda ise bitki büyüme düzenleyicisi içermeyen MS kullanmışlardır. 0,1 mg/l BA+0,1 mg/l NAA içeren ortamda ve 0,15 mg/l NAA içeren ortamda en yüksek çimlenme değerini (%76,56) elde ettiklerini bildirmişlerdir. Aynı zamanda, 0,1 mg/l NAA+0,1 mg/l BA ve 0,2 mg/l NAA+0,2 mg/l BA kombinasyonlarında en iyi fide canlılığı elde ettiklerini bildirmişlerdir.

Hossain vd. (2024) *Corchorus olitorius* L. (var. O-9897) un tohum çimlendirilmesi ile ilgili yaptıkları bir çalışmada tohum çimlenmesi üzerine besin ortamın fiziksel halinin etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla pamuk destekli sıvı MS ve agar ile katılaştırılmış MS kullanmışlardır. Kültürleri 20 °C ve 12/12 fotoperiyotta tutmuşlardır. Agar ile katılaştırılmış MS ortamında %52 oranında çimlenme elde ettiklerini, pamuk destekli MS ortamında ise % 97 oranında çimlenme elde ettiklerini bildirmişlerdir. Aynı zamanda, fide gelişiminin agar destekli ortama oranla pamuk destekli ortamda daha sağlıklı olduğunu belirtmişlerdir. Aynı çalışmada *in vitro* çimlenme sonucunda elde ettikleri 10 günlük bitkiciklerin petiyol içeren kotiledonlarını kallus teşviki için 2,5 mg/l BAP ve 0,5 mg/l IAA içeren MS ortamında kültüre almışlardır. Araştırmacılar %96 oranında sarımsı-yeşil ve kahverengi kallus ve elde ettiklerini bildirmişlerdir. Aynı zamanda kalluslarda rizogenesis de gözlemişlerdir. Daha sonra kalluslardan %86,6 oranında sürgünler elde etmişlerdir. Elde ettikleri 2-3 cm sürgünleri, köklendirmek amacıyla farklı konsantrasyonlarda IBA (0,3, 0,5, 0,6 ve 1,0 mg/l) içeren ½ MS ortamına almışlardır. En yüksek köklenme değerini ise (%52,5) 1,0 mg/l IBA 'da elde ettiklerini bildirmişlerdir.

Ahmed vd. (2024) *Corchorus olitorius* L. var O-9897 'un hem kallus teşviki hem de *in vitro* rejenerasyonunu araştırdıkları bir çalışmada, kotidonların sürgün uçlarınınin çeşitli oksinler (NAA ve IAA) ve sitokininler (BAP) ile 20 farklı kombinasyonlarının kallus teşviki üzerine etkisini araştırmıştır. Araştırmacılar kültür başlangıcından iki hafta sonra, (2,5 mg/l BAP+0,5 mg/l IAA), (0,2 mg/l BAP+1,0 mg/l IAA), (0,75 mg/l NAA+3,5 mg/l BAP+0,75 mg/l IAA) ve sadece BAP (2 mg/l) içeren ortamda gevşek yapılı ve küçük boyutlu (2.2-4.2 mm) kallus oluşumu elde ettiklerini bildirmişlerdir. En yüksek kallus teşvikini (%15,8) 0,75 mg/l NAA+ 3,5 mg/l BAP+ 0,75 mg/l IAA içeren MS ortamında elde etmişlerdir. Araştırmacılar tek başına 2,0 mg/l BAP, kallus indüksiyonu ve sürgün rejenerasyonu için kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışma T.C Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Bitki Doku Kültürü Laboratuvarında yürütülmüştür.

Çalışma materyalimiz *Malvaceae* familyasına ait *Corchorus olitorius* L. türüdür (Resim 3.1). Türün Türkçe ismi ‘Molehiya’ olarak adlandırılmaktadır. Dünyada Hindistan, Bangladeş ve diğer Asya ülkelerinde lif bitkisi, Japonyada ‘sağlıklı sebze’ olarak tanınmaktadır. Birçok kültürde yaprakları yemek yapımında değerlendirilmektedir. Ayrıca jüt ekonomisine de büyük katkı sağlamaktadır

Türün sistematikteki yeri ve özellikleri aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

Alem: Plantae

Bölüm: Tracheophyta

Alt Bölüm: Spermatophyta

Sınıf: Magnoliopsida

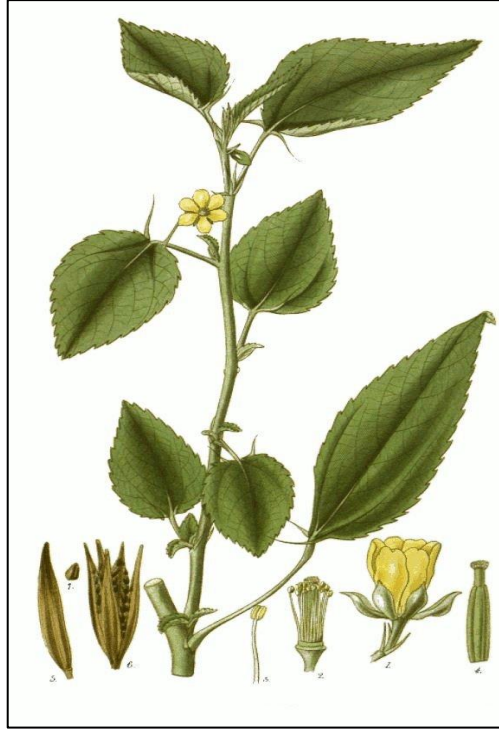
Takım: Malvales

Familya: *Malvaceae*

Cins: *Corchorus*

Corchorus olitorius L. (Islam, 2013)

Tür yaklaşık 2-4 m'ye kadar boylanabilen, genellikle güçlü dallanma gösteren; gövde kırmızımsı, lifli ve sert, tek yıllık bir bitkidir. Yapraklar basit, petiolat, oval-eliptik şeklinde, kenarları serrat ve alternat dizilişlidir; çiçekler hermafrodit, kaliks 5 parçalı-korisepal, korolla 5 parçalı-koripetal ve sarı renktedir. Meyve silindirik kapsül şeklindedir. Tohumlar 1-3 mm uzunluğunda, köşeli formu olup, koyu gri veya siyahımsıdır ([https://uses.plantnet-project.org/en/Corchorus_olitorius_\(PROTA\)](https://uses.plantnet-project.org/en/Corchorus_olitorius_(PROTA))).



Resim 3.1. *Corchorus olitorius* L. türünün illüstrasyonu

(Curtis's Botanical Magazine (55) New Series 2 tabl. 2810 from www.botanicus.org Author= William Jackson Hooker (1785-1865)),
https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Corchorus_olitorius.jpg#filehistory

Çalışmada Kullanılan Makine ve Teçizatlar

- Biyogüvenlik kabini (JSR)
- pH Metre/ADWA AD8000
- Otoklav/HIRAYAMA HG 80
- Hassas Terazı/WEIGHTLAB WSA-224
- Manyetik karıştırıcı WEIGHTLAB
- Mikrodalga Samsung MS23F300EEW

3.2. Yöntem

Denemelerin tümünde *in vitro* teknikler kullanılmıştır. *In vitro* çalışmalarımızın başlangıç materyali olan tohumlar 2022 yılında Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'ndeki çiftçilerden temin edilmiştir.

Bu tez kapsamındaki *in vitro* çalışmalar iki aşamada planlanarak denemeler oluşturulmuştur.

1. *In vitro* tohum çimlenmesi üzerine çalışmalar
2. Kallus indüksiyonu üzerine çalışmalar

3.2.1. *In vitro* Çalışmalar İçin Yapılan Ön Hazırlıklar

3.2.1.1. Tohum Canlılık Oranının Belirlenmesi

Tohum canlılığı, tohumun çimlenebilme ve normal bir fide oluşturma yeteneğidir. Tohum canlılığını belirlemek için birçok test mevcuttur. Ancak, dünya genelindeki tohum laboratuvarlarında en yaygın olarak kullanılan testler çimlendirme testi ve tetrazolium testidir (Sivritepe, 2011). Denemelere başlanmadan önce tohum canlılığını belirlemek için tetrazolium testi uygulanmıştır (ISTA, 1966). Bu testte canlılık tohumların 2,3,5 trifenil tetrazolium klorür (TTC) çözeltisi muamelesi sonucu kırmızı renk alıp almamaları ile belirlenmektedir. Tohum canlılığı belirlemek için öncelikle %0,1'lik TTC çözeltisi hazırlanmıştır. Daha sonra tohumlar bisturi ve pens yardımıyla iki parçaya bölünmüştür (Resim 3.2). Tohumların bir yarıları uzaklaştırıldıktan sonra diğer yarıları hazırlanan çözelti içerisine konularak karanlık ortamda oda koşullarına 24 saat boyunca bekletildi. Bu sürecin sonunda kırmızı renk alan tohumlar “canlı” olarak değerlendirildi ve canlılık oranı % olarak belirlendi.



Resim 3.2. Tohum canlılığı için hazırlanan tohumlar

3.2.1.2. Besin Ortamı Hazırlığı

Bu tez çalışmasında denemeler *in vitro* çimlenme ve kallus indüksiyonu olmak üzere iki farklı aşamadan oluşmaktadır. Çimlenme denemelerinde distile su (DS) ve Murashige & Skoog (1962) (MS) ortamları (Sigma Aldrich-M5519) kullanılmıştır. Kallus indüksiyonu çalışmalarının tümünde MS ortamı temel besi ortamı olarak kullanılmıştır. Çalışmalarımızda kullanılan temel besi ortamı içeriği Çizelge 1’de verilmiştir.

MS besi ortamı hazırlanırken stok kimyasaldan 4,4 g/l olacak şekilde hassas terazide tartıldı ve distile su (dH_2O) ilave edilerek manyetik karıştırıcı yardımıyla çözünmesi sağlandı. Çözünme işlemi tamamlandıktan sonra çözeltiye sukroz ilave edildi ve çözdürüldü, bu işlemi takiben önceden işaretlenen son hacmin biraz altına kadar dH_2O ilave edildi. Ortamın pH’ı 0,1 N hidroklorik asit (HCl) ve/veya sodyum hidroksit (NaOH) çözeltileri kullanılarak 5,8’e ayarlandı. Besi ortamına bitki büyüme düzenleyicileri ilave edilecekse pH’ı ayarlanmadan önce ilave edilmiştir. Besi ortamını katılaştırmak için 8 g/l agar-agar kullanıldı. Agar ilave edildikten sonra son hacim dH_2O ile tamamlandı ve bunu takiben mikrodalgada çözdürüldü. Daha sonra ortam içeriğini belirten etiketli 190 ml kavanozlara 20’şer ml olacak şekilde paylaştırıldı. Kavanozlar 121°C ve 1,5 atm basınç altında 15 dk süre ile otoklavlanarak sterilize edildi.

Besi ortamlarına ilave edilecek bitki büyüme düzenleyicileri için stok çözeltiler hazırlandı. Bitki büyüme düzenleyicilerinin stok solüsyonlarını hazırlamak için 2,4-D ve IAA Etil alkolde (EtOH), BA ve NAA NaOH’de, GA_3 ise dH_2O da çözdürüldü. Hazırlanan stok

çözeltiler koyu renkli şişelerde +4°C’de muhafaza edildi (Smith, 1992; Franklin ve Dixon 1994; Gamborg ve Philips, 1995; George, 1993).

Çizelge 3. 1. MS besi ortamı temel elementleri ve miktarları (Murashige & Skoog, 1962) Sigma Aldrich-Katalog No: M5519)

	mg/l
Makro elementler	
KNO ₃	1900
CaCl ₂ .2H ₂ O	332,2
NH ₄ NO ₃	1650
MgSO ₄ .7H ₂ O	180,7
KH ₂ PO ₄	170
Mikro elementler	
Na ₂ -EDTA	37,26
FeSO ₄ .7H ₂ O	27,8
H ₃ BO ₃	6,2
MnSO ₄ .H ₂ O	16,9
ZnSO ₄ .7H ₂ O	8,6
KI	0,83
Na ₂ MoO ₄ .H ₂ O	0,25
CuSO ₄ .5H ₂ O	0,025
CoCl ₂ .6H ₂ O	0,025
Vitaminler ve organikler	
Glisin	2,0
Myo-Inositol	100
Nikotinik asit	0,5
Pridoksin-HCl	0,5
Thiamin HCl	0,1
Sukroz	30000
Agar	8 000
pH	5,8

GA₃, sıcaklıkla bozulan bir bitki büyüme düzenleyicisi olduğundan çimlenme ortamlarına eklenmeden önce ortamların pH’ı ayarlandı ve dH₂O son hacmin biraz altında olacak şekilde ilave edildi. Ortamlar otoklavda 121°C ve 1,5 atm basınç altında 15 dk süre ile sterilize edildi. Bu sırada, GA₃’ün stok çözeltileri yeterli miktarda hazırlandı ve pH’ı da besi ortamına uygun olacak şekilde ayarlandı. Bu çözeltiler, laminar hava akımlı kabin içinde 0,22 µm’lik millipore filtre kullanılarak steril edildi. Steril edilen giberellik asit çözeltileri besi ortamlarına hesaplanan miktarda eklendi. Bitki büyüme düzenleyicisi ve diğer bileşenlerle tamamlanan ortamlar, son olarak önceden hazırlanarak steril edilen kavanozlara aktarıldı.

3.2.1.3. *In vitro* Çimlenme Denemeleri İçin Kavanozların ve Besin Ortamlarının Hazırlığı

In vitro çimlenme denemelerinde tohum çimlenmesi üzerine mineral madde gereksinimi ve besi ortamın fiziksel durumunun (sıvı ve katı), ışığın ve GA₃’ün etkisini

belirlemek amacıyla çalışmalar planlanmıştır. Sıvı ortamlarda tohumlara destek sağlamak amacıyla bilyeli kağıt köprüler kullanılmıştır. Bu kavanozlar hazırlanırken, dikdörtgen şeklinde kesilen kurutma kâğıtları kavanozun altına yerleştirilmiştir. Bu kağıtların üzerine cam bilyeler yerleştirilmiştir. Sonra kurutma kağıtları bilyelerin üzerine doğru katlanmıştır. Daha sonra da önceden hazırlanmış kavanozun tabanı büyüklüğünde dairesel kurutma kağıtları bilyelerin üzerine yerleştirilmiştir (Resim 3.3). Bu şekilde hazırlanmış kavanozlar kapakları ile kapatılmış ve sterilizasyon için otoklavda 121 °C’de 15 dakika boyunca steril edilmiştir. Steril edilen kavanozlara laminar kabin içerisinde steril edilmiş besi ortamları aktarılmıştır.



Resim 3.3. Sıvı besi ortamları için hazırlanan kavanoz rneği

3.2.1.4. Alet, Ekipman ve alışma Ortamının Sterilizasyonu

Erlen, petri, pens, makas, pamuk ve cam malzemeler ağızları kapalı olacak şekilde metaller ise cam kavanoz içerisinde veya alüminyum folyo ile sarılarak, 121 °C’de 15 dakika süre ile 105 kPa basınç altında otoklavlanarak steril edilmiştir.

Tüm alışmalar JSR marka laminar hava akımlı kabin içerisinde gerçekleştirilmiştir. Kabinde kullanılacak ekipmanlar kabine aktarılırken ve her çalışmaya başlamadan önce hava akımlı kabin %70’lik EtOH ile silinmiştir ve 1 saat süreyle ultraviyole (UV) ışığa maruz bırakılmıştır. Sonra steril edilen alet, ekipman ve besi ortamı içeren kavanozların dış yüzeyleri %70’lik EtOH ile silinerek kabin içerisine alınmıştır.

Kabinde çalışmaya başlamadan önce eller dirseklere kadar sabunla yıkanarak ve %70’lik EtOH ile silindikten sonra olası kontaminasyon engellemek amacıyla EtOH ile

sterilize edilmiş eldivenler de kullanılmıştır. Bununla birlikte çalışma esnasında her yeni eksplant ekimi sırasında kullanılan pens, bistüri ve makas gibi ekipmanlar %70'lik EtOH'e batırıldıktan sonra cam boncuklu sterilizatörde bekletilmiş veya alevden geçirilmiştir.

3.2.2. *In vitro* Çimlenme Denemeleri

3.2.2.1 Tohum Sterilizasyonu

Tohum sterilizasyonu için tohumlar bir bez torba içerisine konduktan sonra akan musluk suyu altında 1 saat boyunca tutulmuştur. Daha sonra önceden hazır hale getirilmiş laminar hava kabini içerisine steril bir behere aktarılmıştır ve sırasıyla %50'lik EtOH 10 dakika, %2,25'lik sodyum hipokloritte (NaOCl, 3-4 damla Tween 20 ilave edilen) 15 dakika boyunca sterilizasyona tabii tutulmuştur. Bu işlemi takiben 3 kez 5'er dakika süre ile steril dH₂O'da durulama işlemi gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.2. *In vitro* Çimlenmeyi Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi

Bu çalışma, *C. olitorius* tohumlarının *in vitro* çimlenmesi üzerine farklı *in vitro* besi ortamların, ortamların fiziksel durumunun (sıvı ve katı), ışığın ve tohum dormansisinin kırılmasına yönelik GA₃ ün etkisini belirlenmesi üzerine planlanmıştır.

Çimlenme üzerine besi ortamlarının etkisini belirlemek için Murashige & Skoog (1962) (MS) ve Distile Su (DS) ortamları kullanılmıştır. Her iki ortamın sıvı ve katılaştırılmış (8 g/l agar-agar) fiziksel formları ayrı ayrı kullanılmıştır. Tüm besi ortamlarının pH'ı 5,8'e ayarlanmıştır. Çimlenme üzerine ışığın etkisini belirlemek amacıyla denemeler iki set halinde planlanmıştır. Birinci set 16/8 fotoperiyotta ikinci set ise karanlıkta kültüre edilmiştir. Tüm kültürler 24±2 °C'de iklimlendirme odasında kültüre alınmıştır (Resim 3.4).

Tüm çimlenme denemeleri her kavanoza 10 tohum gelecek biçimde 3 tekrarlı olarak planlanmış ve tüm denemeler 3 kez tekrar edilmiştir.

Çimlenme üzerine GA₃'ün etkisini belirlemek amacıyla farklı konsantrasyonlarda GA₃ (1, 2 ve 3 mg/l) içeren DS ortamları kullanılmıştır. Tüm ortamların pH'ı 5.8'e ayarlanmıştır. Denemelerde her kavanoza 15 adet tohum gelecek şekilde 2 tekrarlıdır ve tüm denemeler 4 kez tekrar edilmiştir. Tüm kavanozlar 24±2 °C'de 16/8 fotoperiyot koşullarının sağlandığı iklimlendirme odasında tutulmuştur.

Tüm çimlendirme denemelerinde çimlenme kriteri olarak radikula çıkışı esas alınmıştır. Değerlendirmeler haftada bir yapılmış 6 hafta sonunda çimlenme değeri % olarak hesaplanmıştır.



Resim 3.4. İklim odasında 16/8 fotoperiyot ve 24 ± 2 °C’de kültüre alınmış tohum içeren kavanozlar

3.2.3. Kallus İndüksiyon Denemeleri

Kallus indüksiyonu denemelerinde, *in vitro* çimlenme sonunda elde edilen steril bitkiciklerin kotiledon ve yaprakları eksplant olarak kullanılmıştır. *In vitro* çimlenme sonucunda elde edilen bitkicikler gelişimleri için bitki büyüme düzenleyicisi içermeyen agar-agar (%0,8) ile katılaştırılmış MS ortamına aktarılmıştır. MS ortamına aktarılan bitkiciklerin kotiledonları 1 hafta sonra, yapraklar ise 4-6 hafta sonra alınarak *in vitro* kallus oluşturma denemelerinde eksplant olarak kullanılmıştır

Bitkiciklerden izole edilen kotiledonlar tam olarak, yapraklar ise yaprak boyutuna bağlı olarak ya tam ya da büyük ise 1'er cm lik parçalara ayrılarak eksplant olarak kullanılmıştır. Kotiledon ve yaprak eksplantları ya tek başına IAA (1, 5, ve 10 mg/l), NAA (1, 5, ve 10 mg/l), 2,4-D (0,1, 1 ve 5 mg/l) ve BA (1,0 mg/l) ya da IAA:BA (5:1 mg/l), NAA:BA (5:1 mg/l), 2,4-D:BA (5:1 mg/l) kombinasyonlarını içeren MS besi ortamlarında kültüre alınmışlardır. Herhangi bir bitki büyüme düzenleyicisi içermeyen MS ortamı kontrol ortamı olarak kullanılmıştır.

Işığın kallus indüksiyonu üzerine etkisini belirlemek amacıyla denemeler iki set olarak planlanmıştır. Birinci set 16/8 fotoperiyot, ikinci set ise karanlıkta kültüre alınmıştır. Kùltürler 24±2 °C'ta tutulmuştur.

Kùltür başlangıcından altı hafta sonunda kallus indüksiyon frekansı (Kif) aşğıdaki formülle belirlenmiştir:

Kif: (Kallus oluturan eksplant sayısı / Toplam kullanılan eksplant sayısı) x 100

Çalışmada, her kavanozda 5 eksplant olacak şekilde, 4 tekrarlı olarak düzenlenmiş ve tüm deneyler iki kez yinelenmiştir. Alt kùltürleme işlemi dört haftalık aralıklarla yapılmıştır.

3.2.4. Verilerin Değerlendirilmesi

Çimlenme denemeleri ve kallus indüksiyon denemeleri sonucunda elde edilen verilerin ortalamaları SPSS 22,0 yazılımı kullanılarak değerlendirilmiştir. Yüzde değerlerine ait sonuçlar, arcine dönüşümü $(x' = \arcsin \sqrt{x/100})$ yapılarak analiz edilmiştir. Çimlenme verileri Genel Doğrusal Model (GLM) kullanılarak ya iki yönlü varyans analizi ile ya da Duncan Çoklu Oran testine göre değerlendirilmiştir. Kallus indüksiyonu denemelerinde farklılıklar, tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile test edilmiş ve %5 anlamlılık düzeyinde Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Tohum Canlılığı

Tohum kalitesi, tohumun genetik, fizyolojik ve fiziksel özelliklerini içeren geniş kapsamlı bir terimdir. Bu özellikler, tohumun verimliliği ve performansını belirler. Tohum kalitesini ölçerken genetik ve fiziksel saflık, canlılık, güç, tohum büyüklüğünün tutarlılığı, tohum kaynaklı hastalıklar ve zararlılar gibi çeşitli parametreler dikkate alınır (Doijode, 2006; Elias, 2006). Tohum canlılığı, bu kalite özellikleri arasında önemli bir yer tutar, çünkü canlı olmayan bir tohumun diğer kalite özellikleri pratikte pek anlam ifade etmez (Sivritepe, 2011). Tohum canlılığını belirlemede yaygın olarak kullanılan bir test olan tetrazolium testi ile *C. olitorius* tohumları test edilmiş ve tohumların % 80 oranında canlı olduğu belirlenmiştir (Resim 4.1). Başka bir çalışmada ise doğal habitatından toplanan tohumlara yapılan tetrazolium testi sonucunda %90,1 oranında canlılık oranı elde ettiklerini bildirmişlerdir (Nkomo ve Kambizi, 2009).



Resim 4.1. *C. olitorius* tohumlarının tohum canlılığı testinin görüntüsü

4.2. *In vitro* Çimlenme

In vitro çimlenme çalışmalarında tohumlar için uygulanan sterilizasyon başarılıdır ve %100 oranında steril kültürler elde edilmiştir. Bu durumda tohum sterilizasyonu için önereceğimiz sterilizasyon şu şekildedir: Akan musluk altında 1 saat tutulan tohumlar

sırasıyla %50'lik EtOH 10 dakika, %2,25'lik NaOCl (3-4 damla Tween 20 ilave edilen) 15 dakika muamele edilmeli ve bunları takiben 3 kez 5'er dakika süre ile steril dH₂O ile durulama şeklindedir.

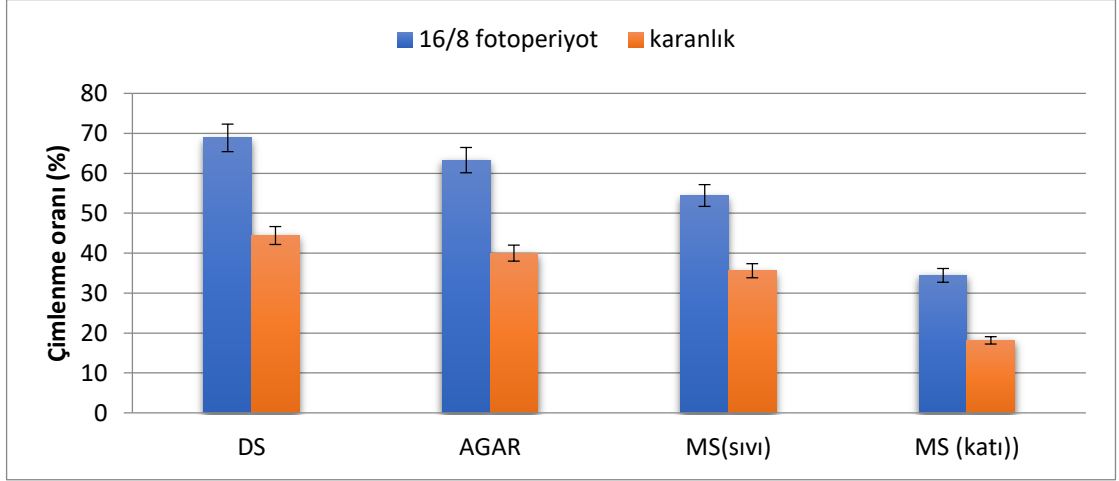
Hamish ve Sue (1998) yılında *C. olitorius* ile yaptıkları bir çalışmada tohum sterilizasyonu için şöyle bir yol izlemişlerdir. Tohumları önce bulaşık deterjanı ile yıkanmış ve akan musluk suyu ile durulanmışlardır. Daha sonra güvenlik kabini içine alarak tekrar deterjanla yıkamışlar ve bidistile su ile durulanmışlardır. Bu işlemleri takiben tohumları sırasıyla, 3 dakika boyunca %70 EtOH ve 5 dakika boyunca da %30 sodyum hipoklorit içinde bekletmişlerdir. Etil alkol uygulamasından sonra 1 kez, sodyum hipoklorit uygulamasından sonra ise beş kez steril distile su ile durulanmışlardır. Araştırmacılar elde ettikleri steril kültür yüzdesini araştırmalarında belirtmese de uyguladıkları sterilizasyon tekniği çok aşamalı ve karmaşık olmuştur. Oysa bizim uyguladığımız sterilizasyon yönteminin uygulanabilirliği daha kolaydır.

4.2.1. *In vitro* Çimlenme Üzerine Besi Ortamlarının ve Işığın Etkisi

Tohum çimlenmesi, bitkilerin yaşam döngüsünün ilk evresidir ve bu süreç, kuru ve inaktif olan tohumun su alımıyla başlar ve radikulanın testadan çıkmasıyla sona erer (Nonogaki vd., 2010). Tohum çimlenmesi, birçok sinyali içeren ve hem içsel hem de dışsal etmenlerden etkilenen karmaşık bir süreçtir (Miransari ve Smith, 2014). İçsel faktörler arasında tohum dormansisi ve mevcut besin depoları bulunurken, su, sıcaklık, oksijen, ışık, bağıl nem, kimyasallar ve kullanılan substrat dışsal faktörleri oluşturur (Bhardwaj, 2014; Makena vd., 2018). Tohum dormansisi, tohumların yeterli su, oksijen ve sıcaklık varlığında bile çimlenemediği bir durum olarak tanımlanabilir (Bewley vd., 2013).

In vitro çimlenme denemelerinde çimlenme üzerine mineral madde gereksinimi, besi ortamının fiziksel durumu ile ışığın etkisi araştırılmıştır. Kültürler iki ayrı set olarak planlanmış ve deneme setlerinin biri 16/8 fotoperiyot diğeri ise karanlıkta kültüre edilmiştir. Tüm ortamlarda çimlenme gözlenmiştir (Şekil 4.1, Resim 4.2). 16/8 fotoperiyotta kültüre alınan denemelerde en yüksek çimlenme değeri DS ortamında %68,86 oranında elde edilmiştir (Resim 4.3) ve bunu sırasıyla agar ile katılaştırılmış DS (%63,33), MS (sıvı) (%54,44) ve MS katı (%34,44) ortamları takip etmiştir. Karanlıkta kültüre edilen denemelerde ise yine en yüksek çimlenme değeri DS ortamında %44,44 oranında elde edilmiştir. Diğer ortamların sonuçları da fototperiyotta kültüre edilen denemelere göre benzer şekildedir. Tüm

bu veriler ışığında şunlar söylenebilir: DS ve agar ile katılaştırılmış DS ortamları herhangi bir mineral madde bulunmamaktadır ve MS ortamı mineral madde içeriği bakımından zengin bir besi ortamıdır. Mineral madde artışı ile çimlenme arasında negatif korelasyon olduğu söylenebilir. Bu durumun nedeni mineral besleyici oranındaki artışın negatif osmotik potansiyele neden olmasındandır (Kauffman, 1969).



Şekil 4. 1. *C. olitorius* tohumlarının farklı in vitro ortamlarda çimlenme oranları

Çizelge 4.1. *C. olitorius* tohumlarının farklı in vitro ortamlarda 16/8 fotoperiyot ve karanlık koşullarda çimlenme oranları

Besi Ortamı	Çimlenme Oranı (%)	
	16/8 Fotoperiyot	Karanlık
DS	68,86 (0,9788)	44,44 (0,7297)
AGAR	63,33 (0,9203)	40,00 (0,6847)
MS (sıvı)	54,44 (0,8299)	35,60 (0,6393)
MS (katı)	34,44 (0,6272)	18,20 (0,4407)

*parantez içindeki veriler arsin transforomasyonu verileridir.

ariab: Çimlenme oranı

Kaynak	Tip 1 Kare Toplamı	Df(Serbestlik Derecesi)	Ortalama Kare	F-Değeri	Sig. (Anlamlılık)
Düzeltilmiş Model	,211 ^a	4	,053	105,775	,001
Kesişim	4,279	1	4,279	8574,615	,000
Besin Ortamı	,118	3	,039	79,018	,002
Işığa bağlılık	,093	1	,093	186,049	,001
Hata	,001	3	,000		
Toplam	4,491	8			
Düzeltilmiş Toplam	,213	7			

a. R Kare = ,993 (Düzeltilmiş R Kare = ,984)

Çimlenme verileri, öncelikle arcsine dönüşümü yapılarak Genel Doğrusal Model (GLM) kullanılarak iki yönlü varyans analizi (ANOVA) ile incelenmiştir (Çizelge 4.1). Sonuçlar, besi ortamı içeriği ve fiziksel halinin çimlenme oranı üzerinde istatistiksel olarak

anlamlı bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir ($p<0,005$). Ayrıca, ışığın da çimlenme oranı üzerinde anlamlı bir etkisi olduğu tespit edilmiştir ($p<0,005$).



Resim 4.2. Farklı *in vitro* ortamlarda kültüre alınan tohum içeren kavanozlar



Resim 4.3. DS ortamında 16/8 fotoperiyot 24±2 °C 'de *in vitro* çimlenen tohumlar

Huda vd. (2007), *C. olitorius* (vars. O-9897, O-72, O-4 and OM-1)'un tohum çimlenmesi için sıvı ve katı ortamın çimlenme üzerine etkisini, tohumları steril ettikten sonra tıbbi pamuk destekli sıvı ve %0,8 agar ile katılaştırılmış MS ortamında kültürlere almışlardır ve sırasıyla %83,3-97,6 ve %39,0-45,8 oranında çimlenme değeri elde ettiklerini

bildirmişlerdir. Araştırmacıların yaptığı çalışmanın sonuçları da bizim bulgularımızla paralellik göstermektedir. Çimlenme için mineral maddeye ihtiyaç bulunmamaktadır ve katı ortamda sıvı ortama göre daha yüksek oranda çimlenme elde edilmiştir.

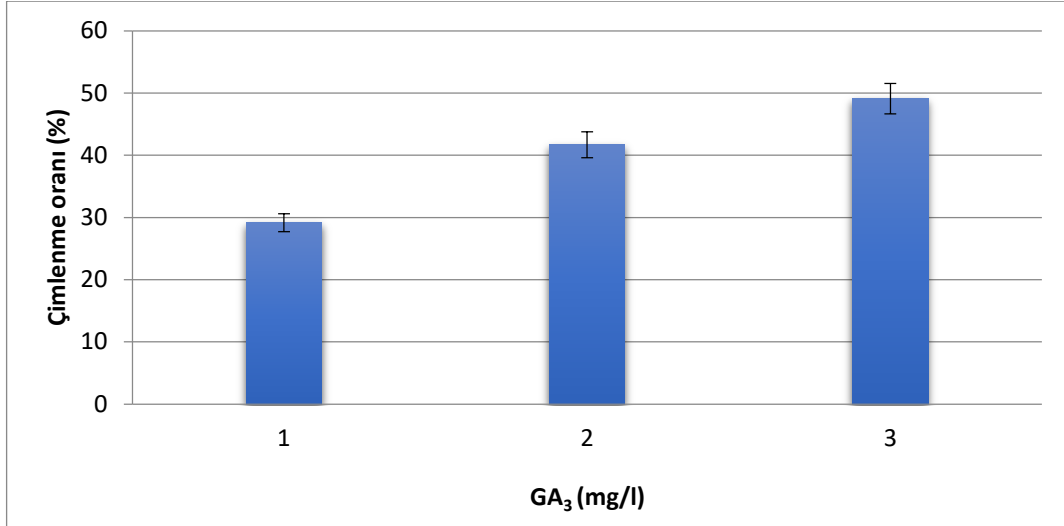
Benzer şekilde, Hossain vd. (2024) *Corchorus olitorius* L. (var. O-9897)'un tohum çimlendirilmesi ile ilgili yaptıkları bir çalışmada, sterilize ettikleri tohumların çimlenmesi üzerine ortamın fiziksel halinin etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla pamuk destekli sıvı MS ve agar ile katılaştırılmış MS kullanmışlardır. Kültürleri 20 °C ve 12/12 fotoperiyotta tutmuşlardır. Araştırmacılar agar ile katılaştırılmış MS ortamında %52 oranında çimlenme elde ettiklerini, pamuk destekli MS ortamında ise %97 oranında çimlenme elde ettiklerini bildirmişlerdir. Bu çalışmanın sonuçları da bizimle paralellik göstermektedir. Bununla birlikte benzer sonuçların elde edildiği çalışmalar da bulunmaktadır (Naher vd., 2003; Khatun, 1993).

Çimlenme üzerine ışığın etkisini irdelediğimizde ise türün tohum çimlenmesinde ışığa ihtiyaç duymadığını ancak ışık ile teşvik edildiğini söyleyebiliriz (Şekil 4.1). Benzer şekilde, *C. olitorius* Taiwan and 0-4 çeşitleri ile *C. capsularis* D-154 çeşidi ile gerçekleştirdikleri çalışmada tohumları karanlıkta çimlendirmişlerdir (Abbas vd., 1997)

4.2.2. *In vitro* Çimlenme Üzerine GA₃'ün Etkisi

Çimlenme üzerine GA₃'ün etkisini belirlemek amacıyla farklı konsantrasyonlarda GA₃ (1, 2 ve 3 mg/l) içeren DS ortamları kullanılmıştır. Elde edilen çimlenme değerleri Şekil 4.2 de gösterilmektedir (Resim 4.4). En yüksek çimlenme değeri 3 mg/l GA₃ 'te %49,1 olarak elde edilmiştir.

Çimlenme verileri, öncelikle arcsine dönüşümü yapılarak tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile incelenmiştir (Çizelge 4.2). Sonuçlar, GA₃'ün çimlenme oranı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir (p<0,005).



Şekil 4.2. *C. olitorius* tohumlarının *in vitro* çimlenmesi üzerine GA₃ 'ün etkisi



Resim 4.4. Farklı konsantrasyonlarda GA₃ içeren *in vitro* kültürler

Çizelge 4.2. *C. olitorius* tohumlarının çimlenmesi üzerine GA₃ 'ün etkisi

GA ₃ (mg/l)	Çimlenme Oranı (%)
1	29,16 (0,5397) b
2	41,66 (0,6457) ab
3	49,10 (0,7014) a

Parantez içindeki rakamlar, arcsin dönüşüm değerlerini göstermektedir. Aynı sütunda aynı harf ile belirtilen ortalamalar, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi'ne göre $p < 0.05$ hata sınırları içinde istatistiksel olarak farklılık göstermemektedir.

Giberellik asit dormansiyi ortadan kaldırmak için kullanılan bir bitki büyüme düzenleyicisi olmasına rağmen tüm GA₃ uygulamalarında elde edilen çimlenme oranla hiçbir bitki büyüme düzenleyicisi içermeyen DS ortamına göre (%68,86) daha düşüktür. *C. olitorius* tohumlarının çimlenmesi üzerine GA₃'ün pozitif bir etkisi bulunmamaktadır. Yaptığımız

literatür araştırmasında tohum dormansisine sahip olmasına rağmen türün tohum çimlenmesi üzerine GA₃'ün etkisi ile ilgili ancak birkaç çalışmaya rastlanılmıştır. Kitiş ve Kaya (2018) da GA₃ ün türün tohum çimlenmesi ile ilgili olarak çalışma bulunmadığından bahs etmiştir. Aynı araştırmacılar türün tohum çimlenmesi için 200, 400 ve 600 ppm GA₃ 'ü test etmişlerdir. 200 ve 400 ppm GA₃'ün çimlenme değerinin kontrolün altında kaldığını, ancak 600 ppm dozunda %5,3 oranında çimlenme gözlemlediklerini belirtmişlerdir. Bu çalışmanın sonuçları da bizim çalışmamızla paralellik göstermektedir.

4.3. Kallus İndüksiyonu

Kallus indüksiyonu çalışmalarında, *in vitro* çimlenme sonrası MS ortamında büyütülen steril bitkilerden elde edilen kotiledon ve yaprakları eksplant olarak kullanılmıştır (Resim 4.5). Kotiledonlar, MS ortamında geliştirilen bitkilerden çimlenmeyi takiben 1 hafta sonra, yaprak dokuları ise 4 ila 6 hafta sonra izole edilmiştir. Her iki eksplant tipi, *in vitro* kültürde kallus indüksiyonu açısından farklı yanıtlar göstermiştir. Bununla birlikte her iki eksplant tipi de kallus indüksiyonu üzerine karanlık ve 16/8 fotoperiyotta farklı tepkiler vermiştir (Çizelge 4.3, Çizelge 4.4, Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6)



Resim 4.5. Eksplant eldesi için MS ortamında kültüre alınan steril *C. olitorius* bitkicikleri

Çizelge 4.3 *C. olitorius* 'un kotiledon eksplantlarının 16/8 fotoperiyot koşullarında kallus oluşumu üzerine bitki büyüme düzenleyicilerinin etkisi

Bitki Büyüme Düzenleyicileri(mg/l)				Kallus Morfolojisi		
IAA	NAA	2,4-D	BA	Kallus indüksiyon frekansı (%)	Kallus rengi	Kallus türü
-	-	-	-	17,5 (24,98) f	Kahverengimsi	Kompakt
1	-	-	-	40,0 (39,25) e	Kahverengimsi yeşil	Kompakt
5	-	-	-	50,0 (45,00) de	Kahverengimsi yeşil	Kompakt
10	-	-	-	72,5 (51,76) bc	Sarımsı yeşil	Kompakt
-	1	-	-	65,0 (48,00) cd	Sarımsı yeşil	Kompakt
-	5	-	-	85,0 (60,34) ab	Sarımsı yeşil	Kompakt
-	10	-	-	100,0 (90,0) a	Sarımsı yeşil	Kompakt
-	-	0,1	-	55,0 (36,51) cde	Yeşil	Kompakt
-	-	1	-	62,5 (41,43) cd	Kremsi yeşil	Kompakt
-	-	5	-	20,0 (26,61) f	Kremsi yeşil	Kompakt
5	-	-	1	92,5 (65,37) a	Sarımsı yeşil	Kompakt
-	5	-	1	100,0 (90,00) a	Yeşil	Kompakt
-	-	1	1	90,0 (64,06) ab	Kremsi yeşil	Kompakt
-	-	-	1	20,0 (26,61) f	Kahverengimsi yeşil	Kırılğan

Parantez içindeki rakamlar, arcsin dönüşüm değerlerini göstermektedir. Aynı sütunda aynı harf ile belirtilen ortalamalar, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi'ne göre $p<0.05$ hata sınırları içinde istatistiksel olarak farklılık göstermemektedir.

Çizelge 4.4. *C. olitorius* 'un kotiledon eksplantlarının karanlık koşullarda kallus oluşumu üzerine bitki büyüme düzenleyicilerinin etkisi

Bitki Büyüme Düzenleyicileri (mg/l)				Kallus Morfolojisi		
IAA	NAA	2,4-D	BA	Kallus indüksiyon frekansı(%)	Kallus rengi	Kallus yapısı
-	-	-	-	00,0 (0,00) f	-	-
1	-	-	-	80,0 (53,11) bc	Kremsi yeşil	Kompakt
5	-	-	-	87,5 (64,06) abc	Sarımsı yeşil	Kompakt
10	-	-	-	92,5 (65,37) ab	Kahverengimsi yeşil	Kompakt
-	1	-	-	75,0 (48,55) c	Yeşil	Kompakt
-	5	-	-	90,0 (64,06) abc	Yeşil	Kompakt
-	10	-	-	100,0 (90,00) a	Yeşil	Kompakt
-	-	0,1	-	92,5 (65,37) ab	Kremsi yeşil	Kompakt
-	-	1	-	100,0 (90,00) a	Kremsi yeşil	Kompakt
-	-	5	-	40,0 (39,25) d	Kremsi yeşil	Kompakt
5	-	-	1	92,5 (65,37) ab	Sarımsı yeşil	Kompakt
-	5	-	1	100,0 (90,00) a	Yeşil	Kompakt
-	-	1	1	90,0 (64,06) abc	Kremsi yeşil	Kompakt
-	-	-	1	20,0 (26,61) e	Kremsi yeşil	Kırılğan

Parantez içindeki rakamlar, arcsin dönüşüm değerlerini göstermektedir. Aynı sütunda aynı harf ile belirtilen ortalamalar, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi'ne göre $p<0.05$ hata sınırları içinde istatistiksel olarak farklılık göstermemektedir.

Çizelge 4.5. *C. olitorius* 'un yaprak eksplantlarının 16/8 fotoperiyotta kallus oluşumu üzerine bitki büyüme düzenleyicilerinin etkisi

Bitki Büyüme Düzenleyicileri(mg/l)				Kallus Morfolojisi		
IAA	NAA	2,4-D	BA	Kallus indüksiyon frekansı (%)	Kallus rengi	Kallus yapısı
-	-	-	-	0,00 (0,00) g	-	-
1	-	-	-	67,5 (55,24) cd	Yeşil	Kompakt
5	-	-	-	80,0 (63,43) bc	Yeşil	Kompakt
10	-	-	-	87,5 (69,30) ab	Sarımsı yeşil	Kompakt
-	1	-	-	67,5 (55,24) cd	Yeşil	Kompakt
-	5	-	-	92,5 (74,11) ab	Yeşil	Kompakt
-	10	-	-	100,0 (90,00) a	Yeşil	Kompakt
-	-	0,1	-	35,0(36,27) e	Sarımsı yeşil	Kompakt
-	-	1	-	55,0 (47,87) d	Sarımsı yeşil	Kompakt
-	-	5	-	10,0 (18,43) fg	Sarımsı yeşil	Kompakt
5	-	-	1	87,5 (69,30) ab	Kremsi yeşil	Kompakt
-	5	-	1	100,0 (90,00) a	Yeşil	Kompakt
-	-	1	1	75,0 (60,00) bc	Yeşil	Kompakt
-	-	-	1	17,5 (24,73) f	Kremsi yeşil	Kırılgan

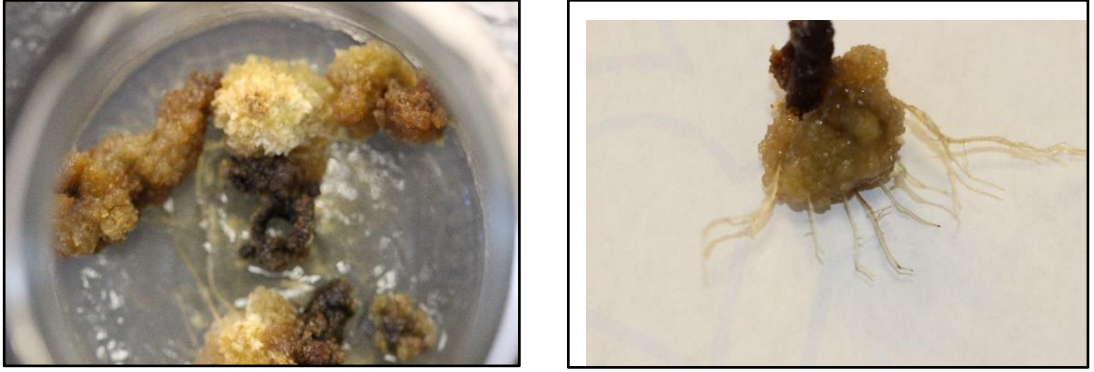
Parantez içindeki rakamlar, arcsin dönüşüm değerlerini göstermektedir. Aynı sütunda aynı harf ile belirtilen ortalamalar, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi'ne göre $p<0.05$ hata sınırları içinde istatistiksel olarak farklılık göstermemektedir.

Çizelge 4.6. *C. olitorius* 'un yaprak eksplantlarının karanlık koşullarda kallus indüksiyonu üzerine bitki büyüme düzenleyicilerinin etkisi

Bitki Büyüme Düzenleyicileri (mg/l)				Kallus Morfolojisi		
IAA	NAA	2,4-D	BA	Kallus indüksiyon frekansı (%)	Kallus rengi	Kallus yapısı
-	-	-	-	0,00 (0,00) e	-	-
1	-	-	-	92,5 (65,37) ab	Kremsi yeşil	Kompakt
5	-	-	-	87,5 (64,06) ab	Sarımsı yeşil	Kompakt
10	-	-	-	100,0 (90,00) a	Kahverengimsi yeşil	Kompakt
-	1	-	-	87,5 (64,06) ab	Yeşil	Kompakt
-	5	-	-	100,0 (90,00) a	Yeşil	Kompakt
-	10	-	-	100,0 (90,00) a	Yeşil	Kompakt
-	-	0,1	-	55,0 (36,51) c	Kremsi yeşil	Kompakt
-	-	1	-	80,0 (53,11) b	Kremsi yeşil	Kompakt
-	-	5	-	25 (29,94) d	Kremsi yeşil	Kompakt
5	-	-	1	100 (90,00) a	Kahverengimsi yeşil	Kompakt
-	5	-	1	100 (90,00) a	Yeşil	Kompakt
-	-	1	1	85 (60,34) ab	Kremsi yeşil	Kompakt
-	-	-	1	17,5 (24,98) d	Kahverengimsi yeşil	Kırılgan

Parantez içindeki rakamlar, arcsin dönüşüm değerlerini göstermektedir. Aynı sütunda aynı harf ile belirtilen ortalamalar, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi'ne göre $p<0.05$ hata sınırları içinde istatistiksel olarak farklılık göstermemektedir.

Her iki eksplant tipinde de kallus oluşumundan önce eksplantların 7-10 gün içinde şişme ve uzama gözlemlenmiştir. Kallus oluşumu öncelikle eksplantların kesik uçlarından başlamış ve 25-30 gün içinde eksplant tamamen kalluslaşmıştır. Kallus büyüme hızı çok hızlıydı. Kallusların yapısı farklılık göstermekte birlikte sadece tek başına BA içeren ortamlarda elde edilen kalluslar yumuşak gevşek ve kırılğan yapıda iken diğer ortamlarda elde edilen kalluslar genellikle kompakt yapıdadır. Bu süre zarfında bazı kültürlerde kallus dokusundan kök oluşumu da gözlemlenmiştir (Resim 4.6). Benzer şekilde kallus kültürlerinde kök oluşumu başka araştırmacılar tarafından da rapor edilmiştir (Hossain vd., 2024). Rizogenezis, genellikle kallus dokusunun herhangi bir bölümünde görülmüştür. Kallus rengi ise sarımsıdan yeşilimsiye ya da kahverengiye değişmektedir.

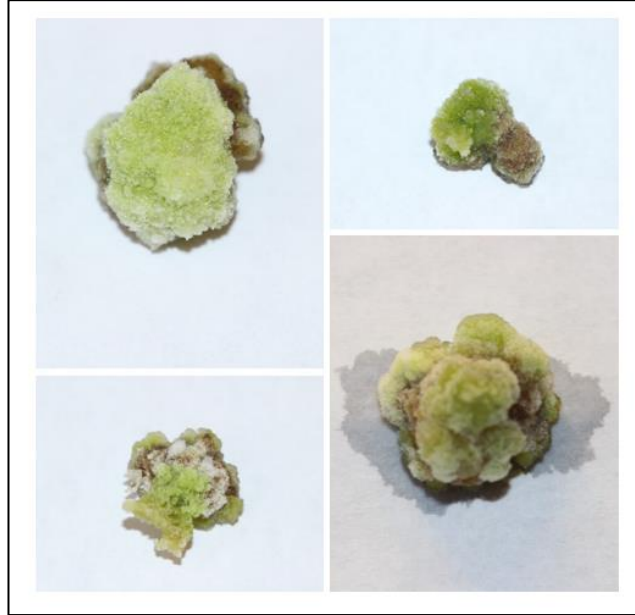


Resim 4.6. Kotiledon eksplantlarının 1mg/l IAA ilaveli MS ortamında 16/8 fotoperiyotta kallus oluşumu ve rizogenezis

Ghosh ve Chatterjee (2009), tosa jütünde eksplantların kesilmiş uçlarının 10-20 gün içinde kallus oluşturmaya başladığını ve 25-30 gün içinde tüm eksplantların kalluslaşmaya dahil olduğunu bildirmiştir. Hossain vd. (2024) kültürün 7-10 gün sonrasında eksplantlarda şişme gözlemlenmiş ve 14 gün içinde kallus boyutunun 5-10 cm'ye ulaştığı belirtilmiştir. Ahmed vd. (2024) kallus teşviki için kotidonları eksplant olarak kullandığı bir çalışmada, kültür başlangıcından iki hafta sonra, (2,5 mg/l BAP + 0,5 mg/l IAA), (0,2 mg/l BAP + 1,0 mg/l IAA), (0,75 mg/l NAA + 3,5 mg/l BAP + 0,75 mg/l IAA) ve sadece 2 mg/l BAP içeren ortamda gevşek yapılı ve küçük boyutlu (2,2-4,2 mm) kallus oluşumu elde ettiklerini bildirmişlerdir.

Kotiledon eksplantlarının kallus teşviki denemelerinde tek başına oksin, tek başına sitokinin ve her ikisinin kombinasyonunu içeren besi ortamlarında kallus teşviki sağlanmıştır. En yüksek kallus değeri (%100) 10 mg/l NAA, 5 mg/l NAA ve 1 mg/l BA ilaveli besi ortamlarında hem karanlık hem'de fotoperiyot şartlarında elde edilmiştir (Resim 4.7).

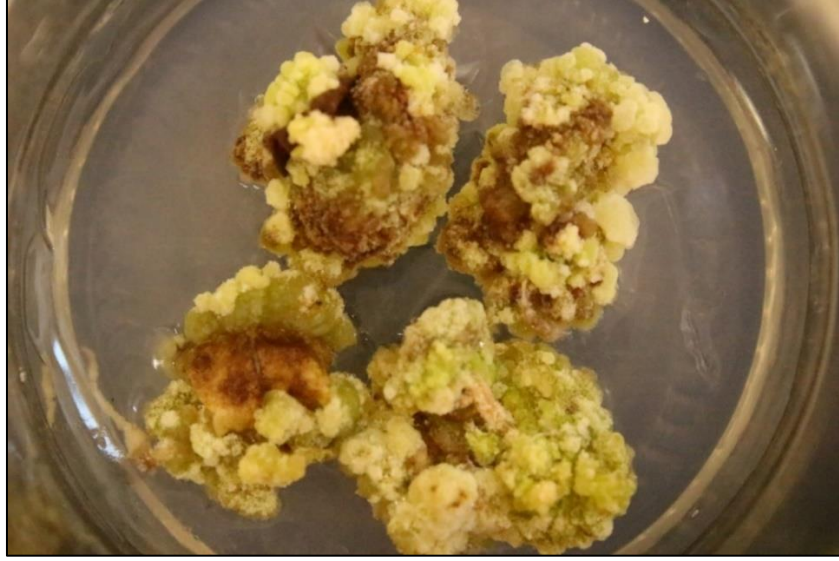
Bununla birlikte 1 mg/l 2,4-D ilaveli MS ortamında da karanlık şartlarda kültüre alınan kotiledon eksplantlarında en yüksek kallus değeri elde edilmiştir. Kallus oluşum frekanslarına bakıldığında en etkili oksinin NAA olduğu söylenebilir. Abbas vd. (1997) kotiledon eksplantlarından kallus üretimi için sitokinin gerekli olduğunu belirtmişlerdir, ancak araştırmacılar çalışmalarında daha düşük konsantrasyonda oksin kullanmışlardır. Bizim çalışmalarımızda kallus oluşumu için sitokinine ihtiyaç duyulmamaktadır. Yine farklı bir çalışmada araştırmacılar kotiledon eksplantlarının düşük konsantrasyonda (0,5:3,0 mg/l) IAA:BA kombinasyonunda direkt sürgün oluşumunu teşvik ettiğini belirtmişlerdir (Huda vd., 2007). Hoque vd. (2010) ise 2,5 mg/l BA + 0,5 mg/l IAA ilaveli MS ortamında kallus teşviki sağladıklarını belirtmişlerdir. Hossain vd. (2024) ise 2,5 mg/l BAP ve 0,5 mg/l IAA içeren MS ortamında %96 oranında sarımsı-yeşil ve kahverengi kallus elde ettiklerini bildirmişlerdir. Ahmed vd. (2024) yaptığı bir çalışmada ise en yüksek kallus teşvikini (%15,8) 0,75 mg/l NAA + 3,5 mg/l BAP + 0,75 mg/l IAA içeren MS ortamında elde ettiklerini bildirmişlerdir. Günümüze dek yapılan çalışmalar incelendiğinde kotiledon eksplantlarından kallus oluşumu üzerine karanlık koşulların etkisinin araştırıldığı herhangi bir çalışmaya rastlanılmıştır. Bizim elde ettiğimiz verilere dayanarak karanlık şartlarda kültüre cevabın daha yüksek olduğunu söyleyebiliriz.



Resim 4.7. Kotiledon eksplantının 10 mg/l NAA ilaveli MS ortamında 16/8 fotoperiyotta oluşan kalluslar.

Yaprak eksplantlarından kallus teşviki incelendiğinde kotiledon eksplantlarına benzer şekilde sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Yaprak eksplantlarında da tek başına oksin, tek başına sitokinin ve her ikisinin kombinasyonunu içeren besi ortamlarında kallus teşviki

sağlanmıştır. En yüksek kallus değeri (%100) 10 mg/l NAA, 5 mg/l NAA ve 1 mg/l BA ilaveli besi ortamlarında hem karanlık hem de fotoperiyot şartlarında elde edilmiştir (Resim 4.8 ve Resim 4.9). Bununla birlikte tek başına 5 mg/l NAA, 10 mg/l IAA, IAA:BA (5:1 mg/l) kombinasyonlarında karanlık şartlarda kültüre alınan yaprak eksplantlarında da %100 kallus teşviki sağlanmıştır (Resim 4.9). Kotiledon eksplantlarının kıyasla yaprak eksplantlarında daha yüksek oranda kalluslar elde edilmiştir. Her iki eksplant tipinde de etkili oksin NAA olarak belirlenmiştir.



Resim 4.8. 5 mg/l NAA ilaveli MS ortamında 16/8 fotoperiyotta yaprak eksplantından oluşan kallus görüntüsü



Resim 4.9. 10 mg/l NAA ilaveli MS ortamında karanlıkta kültüre alınan yaprak eksplantından oluşan kallus görüntüsü

Yaptığımız literatür taramalarında, hipokotil, epikotil ve kotiledon gibi bitki kısımlarının *in vitro* kültürü üzerine çalışmalar bulunmakla birlikte, yaprak eksplantlarının kullanıldığı herhangi bir *in vitro* çalışmaya rastlanmamıştır. Bu denemede elde edilen veriler,

bu açıdan literatüre katkı sağlayarak alandaki ilk örnek olma özelliğini taşımaktadır. Ayrıca, bir bitkinin yalnızca iki kotiledona sahip olduğu ve buna kıyasla çok sayıda yaprak geliştirdiği göz önüne alındığında, yaprak eksplantlarının kullanımıyla yapılacak sonraki çalışmalara da yol gösterici bir nitelik taşıdığı söylenebilir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada, *Corchorus olitorius* L. tohumlarının canlılık, *in vitro* çimlenme ve kallus indüksiyonu üzerine yapılan araştırmaların sonuçları değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular aşağıdaki önemli sonuçları ortaya koymaktadır:

Tetrazolium testi ile yapılan analizlerde, *C. olitorius* tohumlarının %80 oranında canlılık gösterdiği tespit edilmiştir. Tohum canlılığı, tohum kalitesinin önemli bir bileşeni olup, diğer kalite özelliklerine göre daha büyük bir öneme sahiptir.

Tohum sterilizasyonu için önerilen yöntem ile %100 steril kültürler elde edilmiştir. Hamish ve Sue (1998) tarafından önerilen daha karmaşık sterilizasyon yöntemlerine kıyasla, bu yöntemin uygulanabilirliği daha kolay ve etkili bulunmuştur. *In vitro* çimlenme denemelerinde, besi ortamının fiziksel durumu ve ışığın etkisi araştırılmıştır. DS ortamında, 16/8 fotoperiyotta en yüksek çimlenme oranı %68,86 olarak elde edilmiştir. Karanlık koşullarda ise en yüksek çimlenme oranı %44,44 olarak yine DS ortamında gözlenmiştir. Bu bulgular, besi ortamının mineral madde içeriğinin artışının çimlenme üzerinde olumsuz bir etkisi olduğunu göstermektedir. GA₃ uygulamalarının çimlenme üzerindeki etkisi incelenmiş ve en yüksek çimlenme oranı %49,1 olarak 3 mg/l GA₃ içeren DS ortamında elde edilmiştir. Ancak, genel olarak GA₃ uygulamaları kontrol grubuna göre daha düşük çimlenme oranları göstermiştir.

Yaprak eksplantlarının kallus teşvikine ilişkin bulgular, kotiledon eksplantlarıyla benzerlik göstermektedir. Yaprak eksplantlarında da tek başına oksin, tek başına sitokinin ve her ikisinin kombinasyonunu içeren besi ortamlarında kallus teşviki sağlanmıştır. Elde edilen en yüksek kallus değeri (%100), 10 mg/l NAA, 5 mg/l NAA ve 1 mg/l BA ilaveli besi ortamlarında hem karanlık hem de fotoperiyot koşullarında kaydedilmiştir. Ayrıca, yalnızca 5 mg/l NAA, 10 mg/l IAA ve IAA: BA (5:1 mg/l) kombinasyonları kullanılarak karanlık koşullarda kültüre alınan yaprak eksplantlarında %100 oranında kallus teşviki sağlanmıştır. Bu sonuçlar, yaprak eksplantlarının kallus oluşumundaki verimliliğini vurgulamaktadır.

Kotiledon eksplantlarına kıyasla, yaprak eksplantlarında daha yüksek kallus oranları elde edilmesi, bu eksplantların *in vitro* kültür çalışmalarında potansiyel bir kaynak olarak kullanılabileceğini ve gelecekteki çalışmalarda bu materyalin tercih edilebileceğini desteklemektedir.

Bu çalışmanın sonuçları, *Corchorus olitorius* L. tohumlarının canlılığı, çimlenmesi ve kallus oluşumu üzerine önemli bulgular sunmaktadır. Tohumların yüksek canlılık ve çimlenme oranları, bu türün tarımsal üretimde kullanım potansiyelini artırmaktadır. Kallus kültürleri, sekonder metabolit ve biyoteknolojik uygulamalar açısından büyük önem taşımaktadır. Bitki, sağlıklı beslenme açısından değerli sekonder metabolitler (flavonoidler, polifenoller, vitaminler) üretebilme kapasitesine sahip bir bitkidir; bu metabolitler bitkinin stres koşullarına karşı direncini artırırken antibakteriyel ve antioksidan özellikler sunar. Yüksek kallus oranları, bu metabolitlerin üretimi için uygun bir yol sağlar. Ayrıca, *in vitro* kültür teknikleri, türün genetik modifikasyonları için bir temel oluşturabilir. Somaklonal varyasyon, *in vitro* koşullarda gözlemlenen genetik çeşitlilik olarak, yeni ve istenen özelliklere sahip bitkilerin daha hızlı elde edilmesine olanak tanır. Verimli bir üretim süreci, ekonomik olarak değerli sekonder metabolitlerin elde edilmesini destekleyerek, bitkinin tarımsal üretimdeki rolünü güçlendirir. Sonuç olarak, bu çalışma, *Corchorus olitorius* bitkisinin biyoteknolojik potansiyelini artırmak ve sekonder metabolit üretimini optimize etmek amacıyla önemli veriler sunarak, gelecekteki araştırmalar için sağlam bir temel oluşturmaktadır.

KAYNAKLAR

- Abbas, M. A., Jones, J. K. ve Caligari, P. D. S. (1997). Clonal propagation by *in vitro* culture of *Corchorus* (jute). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 47, 231-238.
- Adegoke, A. ve Adebayo-Tayo, B. (2009). Phytochemical composition and antimicrobial effects of *Corchorus olitorius* leaf extracts on four bacterial isolates. *Journal of Medicinal Plants Research*, 3, 155-159.
- Ahmar, S., Jones, A. B., Smith, C. D., Brown, E. F., Johnson, G. H., Davis, I. J., Taylor, K. L., Wilson, M.N., Clark, O.P., Lewis, Q.R., Hall, R.S., Walker, T.U., Young, V. W., Harris, X. Y., King, Z. A. (2020). Conventional and modern plant breeding techniques: Improving crop resilience to environmental stress. *Springer Nature*, 14, 234-245. <https://doi.org/10.1007/s42976-020-00084-3>
- Ahmed, F. (2021). *In vitro* hypoglycemic effects of molokhia leaves (*Corchorus olitorius* L.). *Pharmacognosy Magazine*, 17(06), 246-250. https://doi.org/10.4103/pm.pm_525_20
- Ahmed, S. S. U., Tasnime, N., Fatema, K., Khatun, R. ve Jahan, I. (2024). *In vitro* regeneration of Tossa Jute through callus culture. *Bangladesh Journal of Environmental Science*, 46, 39-44.
- Ahmed, G., Hossain, A. B. M. M. ve Islam, M. S. (1989). Regeneration of multiple shoots in jute *Corchorus olitorius* (var. O4) from cotyledon and hypocotyl explants of germinating seeds. *Indian Journal of Experimental Biology*, 27, 334-337.
- Akman, Y. ve Darici, C. (1998). *Plant Physiology* (Nutrition and Development Physiology). Kariyer Matbaacilik Ltd. Sti. Ankara, s. 550
- Anand, S., Yadav, A., Singh, R., Kumar, A. ve Sharma, P. (2023). "Genomic insights into genetic improvement of *Corchorus* L. and breeding strategies." *Springer Nature*, 47, 92-108. <https://doi.org/10.1007/s11032-022-00145-7>
- Anonim1.(2017).Sebze olarak değerlendirilen yeşillikler “Molehiya”. <http://www.dunyagida.com.tr/haber/sebze-olarak-değerlendirilen-yeşillikler-molehiya/> 3542 (Erişim tarihi: 12.08.2022).
- Anonim2.<https://www.amazon.com.tr/Potseed-tohumu-Corchorus-olitorius-oryantal/dp/B07Q6YP84P> (Erişim tarihi: 12.09.2022).

- Anonim3. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Molehiya> (Erişim tarihi: 18.07.2022).
- Azuma, K., Nakayama, M., Koshioka, M., Ipoushi, K., Yamaguchi, Y. ve Kohata, K. (1999). Phenolic antioxidants from the leaves of *Corchorus olitorius* L. *J Agric Food Chem*, 47(10), 3963-6.
- Bewley, J.D., Bradford, K.J., Hilhorst, H.W.M. ve Nonogaki, H. (2013). Germination. In: Seeds. Springer, New York, NY. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4693-4-4>
- Bhardwaj, R. L. (2014). Effect of growing media on seed germination and seedling growth of papaya cv.Red lady. *African Journal of Plant Science*, 8, 178-184
- Bharucha, Z. ve Pretty, J. (2010). The roles and values of wild foods in agricultural systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 365(1554), 2913- 2926.
- Bilgili, M.E., Sll, S., Sevilmiş, U., Cagırgan, M.I., Topuz, H. ve Mbaye, N. (2018). Jt tarımı ve mekanizasyonu. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 7(2), 66-75.
- Biswas, P., Anand, U., Ghorai, M., Pandey, D.K., Jha, N.K., Behl, T., Kumar, M., Chauhan, R., Shekhawat, M.S. ve Dey, A. (2022). Unraveling the promise and limitations of CRISPR/Cas system in natural product research: approaches and challenges. *Biotechnol J* 17(7), 2100507. <https://doi.org/10.1002/biot.202100507>
- Bourgaud, F., Gravot, A., Milesi, S. ve Gontier, E. (2001). Production of plant secondary metabolites: a historical perspective. *Plant Science*, 5, 839-851.
- Cagırgan, M.I., Topuz, H., Mbaye, N., Silme, R.S. (2014). First report on the occurrence and symptomatology of phyllody disease in jute (*Corchorus olitorius* L.) and its plant characteristic in Turkey. *Turkish Journal of Field Crops*, 19(1), 129-135.
- Datta, E., Rahman, S. ve Hossain, M.M. (2016). Different approaches to modify the properties of jute fiber: A. *Cellulose*, 58, 63.
- Department of Agriculture, Forestry and Fisheries (DAFF). (2012). *Medicinal Plants: A South African Guide*. Pretoria, South Africa: DAFF Publications.
- Deton, L. (1997). A review of *Corchorus olitorius* in Nigeria. In: Schippers R, Budd L (eds) Workshop on African indige nous vegetables. Limbe, Cameroon, January 12–18, (pp. 25–30). Workshop papers. ODA
- Doijode, S.D. (2006). *Seed Storage of Horticultural Crops*. CRC Press.

- Duke, J.A. (1983). Handbook of Energy Crops. https://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Corchorus_olitorius.html
- Elias, S.G. (2006). *Seed Testing: Principles and Practices*. Washington State University.
- Emongor, Mathowa, T., Kabelo, S. (2004). Sıcak su, sülfürik asit, nitrik asit, gibberellik asit ve ethephon'un *Corchorus* (*Corchorus tridens*) tohumlarının çimlenmesine etkisi. *Tarım Dergisi* 3(3), 196-200.
- Evans, WC. (2009). Trease and Evans' Pharmacognosy. 16TH ed. Edinburgh London New York Philadelphia St Louis Sydney Toronto: Saunders Ltd; 616 p.
- Franklin, C.I. ve Dixon, R.A. (1994). Initiation and maintenance of callus and cell suspension cultures. *Oxford University Press. Oxford. UK*.
- Fukuda, T., Majumder, K., Zhang, H., Turner, P.V., Matsui, T. ve Mine, Y. (2016). Adenine inhibits TNF- α signaling in intestinal epithelial cells and reduces mucosal inflammation in a dextran sodium sulfate-induced colitis mouse model. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64, 4227-4234.
- Gamborg, O.L. ve Phillips, G.C. (1995). Laboratory facilities, operation, and management. *In: Plant Cell, Tissue and Organ Culture, Fundamental Methods. Gamborg, O.L. and Phillips, G.C. (eds), Springer-Verlag, Berlin Heidelberg*.
- George, E.F. (1993). *Plant propagation by tissue culture*. Part 1. The Technology, Second Edition, Exegetics Ltd., England.
- Ghosh, P.K. ve Chatterjee. (2009). Regeneration of plants from hypocotyl derived callus tissue of jute (*Corchorus olitorius* L. var. JRO-632). *Journal of Crop and Weed*, 5(2), 78-79
- Handoussa, H., Hanafi, R., Eddiasty, I., El-Gendy, M., El-Khatip, A., Linscheid, M. (2013). Anti-inflammatory and cytotoxic activities of dietary phenolics isolated from *Corchorus olitorius* and *Vitis vinifera*. *Journal of Functional Foods*, 5, 1204-1216.
- Hamish, A.C. ve Sue, E. (1998). *Plant Science Culture*. BIOS Scientific Publishers Limited. Oxford, London. s157.
- Hasan, H.T. ve Kadhim, E.J. (2018). Phytochemical investigation of *Corchorus olitorius* L. leaves cultivated in Iraq and its *in vitro* antiviral activity. *Iraqi J Pharm Sci*, 27(2), 115-122.

- Helaly, A.E.D., Al-Amier, H., Al-Aziz, A.A. ve Craker, L.E. (2008). Breaking seed dormancy in *Corchorus olitorius* Landraces. *Planta Medica*, 74, 4.
- Huda, K.M.K., Bhuiyan, M.S.R., Kabir, M.H., Uddin, A.F.M. ve Khatun, A. (2007). *In vitro* plant regeneration protocol of Tossa Jute (*Corchorus olitorius*). *International Journal of Integrative Biolog*, 1(2), 96-101.
- Hussain, A., Ahmed, I., Nazir, H. ve Ullah, I. (2012). *Plant Tissue Culture: Current Status and Opportunities*. InTech. doi: 10.5772/50568
- Hossain, M.J., Ahmed, B., Mimi, A., Ferdous, R. ve Hosen, Q. M. (2024). Robust and reliable *in vitro* regeneration of Tossa Jute (*Corchorus olitorius* L. var. O-9897). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 157, 50. <https://doi.org/10.1007/s11240-024-02772-y>
- Hoque, M., Nasiruddin, K.M., Haque, G.K.M.N. ve Biswas, G.C. (2010). *In vitro* regeneration performance of *Corchorus olitorius*. *Journal of Bangladesh Agricultural University*, 8(1), 1–6.
- Ibrahim, T.A. ve Fagbohun, E.D. (2011). Physicochemical properties and *in vitro* anti-bacterial activity of *Corchorus olitorius* Linn. *Seed Oil. Life Sci Leaf* 15,499–505
- Ibrahim, H., Oladiran, J.A. ve Mohammed, H. (2013). Effects of seed dormancy level and storage container on seed longevity and seedling vigour of jute mallow (*Corchorus olitorius*). *African Journal of Agricultural Research* 8(16), 1370-1374.
- İlhan, S., Savaroğlu, F. ve Çolak, F. (2007). Antibacterial and antifungal activity of *Corchorus olitorius* L. (Molokhia) extracts. *International Journal of Natural and Engineering Sciences* 1(3), 59-61.
- ISTA. (1966). International rules for seed testing. *Proceed. Internat. Seed test. Assoc.*, 31, 92-106
- Islam, A.S. (1981). Production of desirable jute plants through tissue culture. Rao. A.N.(Ed.) *Symposium on tissue culture of economically important plants*, Singapore, p. 159-161.
- Islam, A.S., Haque, M., Haque, M.I. ve Seraj, Z.I. (1992). Tissue culture and micropropagation of jute (*Corchorus sp*). *Biotechnology in Agriculture and Forestry*, Vol. 19, High Tech. and Micropropagation III, edited by Y.P.S. Bajaj, (Springer-Verlag Berlin Heidelberg)

- Islam, M.S., Azam, M.S., Sharmin, S., Sajib, A.A., Alam, M.M., Reza, M.S. ve Khan, H. (2013). Improved salt tolerance of jute plants expressing the kate gene from *Escherichia coli*. *Turkish Journal of Biology*, 37(2), 206-211.
- Islam, M. (2013). Biochemistry, medicinal and food values of Jute (*Corchorus capsularis* L. ve *C. olitorius* L.) leaf A Review. *International Journal of Enhanced Research in Science Technology and Engineering*, 2(11), 35-44.
- Kauffman, M.R. (1969). Effects of water potential of germination of lettuce, sunflower and *Citrus seeds*. *Can. J. Bot.*, 49, 410-515
- Khan, M.A. ve Gulzar, S. (2003). Light, Salinity and Temperature Effects on The Seed Germination of Perennial Grasses. *Am. J. Bot.*, 90, 131-134, 2003.
- Khatun, A. (1993). Stimulation of shoot regeneration from jute cotyledons cultured with non-ionic surfactants and relationship to physico-chemical properties. *Plant Cell Reports*, 13(1), 49-53.
- Khatun, A., Laouar, L., Davey, M.R., Power, J.B., Mulligan, B.J. ve Lowe, K.C. (1993). Effects of pluronic F-68 on shoot regeneration from cultured jute cotyledons and on growth of transformed roots. *Plant Cell, Tissue and Organ Cult.* 34,133-140.
- Khatun, A. (2003). An efficient protocol for plant regeneration from the cotyledons of kenaf (*Hibiscus cannabinus*). *Biotechnol.* 2, 86-93.
- Kitiş, Y.E. ve Kaya, A.D. (2018). Effects of some dormancy breaking methods on germination of jute (*Corchorus olitorius* L.). *Mediterranean Agricultural Sciences*, 31(3), 213-217
- Li, G.J., Huang, S.Y., Wu, M.Y., Chen, Y.C., Tsang, S.F. ve Chyuan, J.H. (2012). Induction of apoptosis by ethanolic extract of *Corchorus olitorius* leaf in human Hepatocellular Carcinoma (HepG2) Cells via a mitochondria-dependent pathway. *Molecules*, 17, 9348-9360.
- Maina, F.N.W., Muasya, R.M. ve Gohole, L.S. (2011). Dormancy breaking in Jute Mallow (*Corchorus olitorius*) Seeds. *Seed Technology*, 33(2), 147-154.
- Majumder, S., Sarkar, C., Saha, P., Gotyal, B.S., Satpathy, S., Datta, K., ve Datta, S.K. (2018). Bt jute expressing fused δ -Endotoxin Cry1Ab/Ac for resistance to *Lepidopteran* pests. *Frontiers in Plant Science*, 8, 2188. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02188>

- Makena, I.M., Matsiliza-Mlathi, B. ve Kleynhans, R. (2018). Seed propagation and seed anatomy of three eucomis species. *Acta Horticulturae*, 1204, 263-272
- Matsufuji, H., Sakai, S., Chino, M., Goda, Y., Toyoda, M. ve Takeda, M. (2001). Relationship between cardiac glycoside contents and color of *Corchorus olitorius* seeds. *Journal of Health Science*. 47(2), 89-93.
- Mavengahama, S. ve Lewu, F.B. (2012). Comparative evaluation of the germination capability of three morphologically different wild genotypes of *Corchorus olitorius* L. from Northern KwaZuluNatal, South Africa. *African Journal of Biotechnology*, 11(22), 6050-6054.
- Mazen, A. (2004). Accumulation of four metals in tissues of *Corchorus olitorius* and possible mechanisms of their tolerance. *Biol Plant*, 48(2), 267-272
- Merlier, H. (1972). Etudes phytosociologiques menées au centre national de recherches agronomiques de Bambey (Sénégal) (Synthèse). *L'Agronomie Tropicale. Série 3, Agronomie Générale. Etudes Scientifiques*, 27 (12), 1253-1265
- Merlier, H. ve Montegu, J. (1982). Flore aux stades plantule et adulte de 123 espèces africaines o pantropicales. Adventices Tropicales. Groupe de travail (De'sherbage des cultures tropicale) du GERDAT. Republique Francaise. Ministe're des Relations exte'rieures - Coope'ration et De'veloppement
- Miransari, M. ve Smith, DL. (2014). *Plant hormones and seed germination. Environ Exp Bot* 99, 110–121.
- Murashige, T. ve Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue culture. *Physiol. Plant.*, 15,473-97
- Mutlu, S. (2012). Jüt lifi ve tekstil-hazır giyim sektöründe kullanım alanları. Akdeniz Üniversitesi G.S.F. Moda ve Tekstil Tasarımı Bölümü. 1. Uluslararası Moda ve Tekstil Tasarımı Sempozyumu.
- Morakinyo, JA. (1997). Morphology and cytogenetics of *Corchorus olitorius* and *Corchorus tridens*. *Biosci Res Commun* 9(1),9–13
- Naher, Z., Khatun, A., Mahbub, S., Alim, Md. A. ve Siddique, A. B.(2003). Influence of genotypes on plant regeneration from cotyledons of *Corchorus capsularis*. *Biotechnol.* 2, 86-93.

- Nakamura, T., Goda, Y., Sakai, S., Kondo, K., Akiyama, H., Toyoda, M. (1998). Cardenolide glycosides from seeds of *Corchorus olitorius*. *Phytochemistry*, 49, 2097-2101.
- Nemba, R.M., Emadak, A., Mouzong, G.C., Nemba, C.E. (2011). Qualitative and quantitative assessment of mineral elements in the leaves of *Corchorus facicularis* and *Corchorus olitorius* harvested in Cameroon. *J Curr Chem Pharm Sci* 2,17–23. www.sadgurupublications.com
- Ndlovu, J. ve Afolayan, A.J. (2008). Nutritional analysis of the South African wild vegetable *Corchorus olitorius* L. *Asian Journal of Plant Sciences*, 7(6),615-618.
- Nkomo, M. ve Kambizi, L. (2009). Effects of pre-chilling and temperature on seed germination of *Corchorus olitorius* L. (*Tiliaceae*) (Jew's Mallow), a wild leafy vegetable. *African Journal of Biotechnology*, 8(6), 1078-1081.
- Nonogaki, H., Bassel, G.W. ve Bewley, J.D. (2010). Germination-Still a *Mystery*. *Plant Sci*. 2010; 179,574–581. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2010.02.010>.
- Opabode, J.T. ve Adebooye, O.C. (2005). Application of biotechnology for the improvement of Nigerian indigenous leaf vegetables. *Afri J Biotechnol* 4,128–142. <http://www.academicjournals.org/AJB>
- Orton, T. (2020). "Plant breeding: Past, present, and future perspectives." *Frontiers in Plant Science*, 11, 1-13. doi:10.3389/fpls.2020.01712
- Owoyele, B.V., Owoyele, A.L., Alimi, M.L., Sanni, S.A. ve Oyoleke, S.A. (2015). Anti-inflammatory and antipyretic properties of *Corchorus olitorius* aqueous root extract in Wistar rats. *Journal of Basic Clinical Physiology and Pharmacology*, 26(4), 363-368.
- Özdenefe, M., Muhammed, A., Süer, K., Güler, E. ve Mercimek Takcı, HA (2018). Determination of antimicrobial activity of *Corchorus olitorius* leaf extracts. *Cyprus J Med Sci*, 3(3), 159-63.
- Pal, D.K., Mandal, M., Senthilkumar, G.P. ve Padhiari, A. (2006). Antibacterial activity of *Cuscuta reflexa* stem and *Corchorus olitorius* seed. *Fitoterapia*, 77(7-8), 589-91.
- Rahman, Z.S.M., Hadiuzzaman, S., Haque, M.M. ve Islam, A.S. (1985). Shoot formation in *Corchorus capsularis* vat. D-154 from unorganised cells. *Bangladesh J. Bot.* 14(2),141-145.

- Rowell, R.M. ve Stout, H.P. (1998). Jute and Kenaf. Handbook of Fiber Chemistry (Chapter 7). CRC Press.
- Saha, T., Ghosh, M. ve Sen, S. (1999). Plant regeneration from cotyledonary explants of jute, *Corchorus capsularis* L. *Plant Cell Reports*, 18, 544–548
<https://doi.org/10.1007/s002990050619>
- Salawu, S.O., Akindahunsi, A.A., Sanni, D.M., Decorti, G., Cvorovic, J. ve Tramer, F. (2011). Cellular antioxidant activities and cytotoxic properties of ethanolic extracts of four tropical green leafy vegetables. *African Journal of Food Science*, 5, 267-275.
- Seraj, Z.I., Sarkar, A.B., ve Islam, A.S. (1992). Plant regeneration in a jute species (*Corchorus capsularis* L.) and possible relationship with glyoxalase-1. *Plant Cell Reports*, 12,29-33.
- Siddiqui, R. (2010). Jute a versatile natural fibre. Cultivation, extraction and processing. In: Mussing (ed) Industrial applications of natural fibres: structure, properties and technical applications. Department of Biomimetics, Hochschule Bremen- University of Applied Sciences, Bremen, Germany
- Sivritepe, H.Ö. (2011). Tohum Canlılığının Değerlendirilmesi [Assessment of Seed Viability]. *Alatarım*, 10(2), 94-105.
- Smith, R. (1992). Plant Tissue Culture Techniques and Experiments. *Academic Press Inc.*, pp. 1-27, UK.
- Sonibare, M.A, Moody, J.O., Adesanya, E.O., Momordica, L., Seem, P.B. ve Ocimum, L. (2009). Use of medicinal plants for the treatment of measles in Nigeria. *Journal of Ethnopharmacology*, 122,268-72.
- Soykut, U.G. (2018). Molohiya (*Corchorus olitorius* L.) Ekstraktının kolon kanser hücreleri üzerine apoptotik etkileri, K.K.T.C Yakın Doğu Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü. Doktora tezi.
- Stearn, W.T. (1995). Botanical latin, 4th edn. David ve Charles Publishers, Newton Abbot
- Subbalakshmi, B., Sundaram, M.K. ve Rangasamy, S.R.S. (1992). Studies on stability of jute (*Corchorus olitorius*) genotypes ver different seasons. *Madras Agri J*, 79,109–110

- Tahir, S.M. ve Kuzayet, T.S. (2018). Effects of Plant Growth Regulators on the Micropropagation of Jute (*Corchorus olitorius* L.). *Kaduna Journal of Postgraduate Research*, 1(1), 53-62.
- Tan, Y.A., Halimah, M., Zulkifli, H., Vijaya, S., Puah, C.W., Chong, C.L., Ma, A.N. ve Choo, Y.M. (2010). Life cycle assessment of refined palm oil production and fractionation (Part 4). *J Oil Palm Res*, 22,913–926
- Topçu, S. ve Çölgeçen, H. (2015). Direk ve indirekt organogenez, bitki rejenerasyonu, somatik embriyogenez ve hücre süspansiyon kültürlerinin başlangıç noktası esas itibari ile kallus kültürüdür. *Bitki Bilimleri Dergisi*, 23(2), 45-56.
- Tulio, A.Z., Ose, Jr. K., Chachin, K., Ueda, Y. (2002). Effects of storage temperatures on the postharvest quality of jute leaves (*Corchorus olitorius* L) *Postharvest Biol Technol* 26, 329-338
- Tuncer, B. ve Ummuhan, F. (2017). Molehiya (*Corchorus olitorius* L.) Tohumlarındaki Dormansi Probleminin Çözümüne Yönelik Araştırma. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*,4(3), 268-274
- Uddin, M., Hossain, J.J. ve Hoque, M.A. (2014). Present conditions of jute sector in Bangladesh. *Banglavisision Research Journal*, 14(1), 68-79.
- Velepini, P., Riddoch, I. ve Batisani, N. (2003). Seed treatments forenhancing germination of wild okra (*Corchorus olitorius*). *Experimeantal Agric*. 39, 441–447.
- Vijaya, S., Choo, YM., Halimah, M., Zulkifli, H., Tan, YA. ve Puah, CW. (2010). Life cycle assessment of the production of crude palm oil (Part 3). *J Oil Palm Res*, 22,895-903
- Wang, C., Lisanti, M.P. ve Liao, D.J. (2011). Reviewing once more the c-myc and Ras collaboration: Converging at the cyclin D1-CDK4 complex and challenging basic concepts of cancer biology. *Cell Cycle*, 10, 57-67.
- Zhang, J., Huang, J., Yang, W. ve Wang, J. (2021). Resequencing of white jute (*Corchorus capsularis* L.) provides insights into domestication, phylogeny, and migration routes. *Industrial Crops and Products*, 164, 113366. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113366>