

***In Vitro* Koşullarda *Opuntia microdasys* Albata'nın Çoğaltımı**Gülsüm ÖZTÜRK^{1*} ¹Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, İzmir*Sorumlu yazar (Corresponding author): gulsum.ozturk@ege.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 08.07.2023

Kabul Tarihi (Accepted): 22.08.2023

Özet

Kaktüsler Cactaceae familyasına ait dikenli, kurak bölgelere adapte olan çöl bitkileridir. Sukulent ya da etli bitkiler olarak adlandırılan bu bitkiler kurak iklim ve toprak koşullarında, suyu yaprak ve gövdelerinde depolayan fazla bakım gerektirmeyen gurubu içerirler. Çevre düzenlemesi, süs bitkisi ve saksı bitkisi olarak kullanılırlar. İçerikleri vitamin ve amino asit ve sekonder metabolitler bakımından da zengindirler. Bu çalışma, tavşan kulaklı kaktüs olarak adlandırılan *Opuntia microdasys*'in *in vitro* çoğaltımı amacıyla gerçekleştirilmiştir. Genetik materyal olarak bu türün ped adı verilen etli gövdeleri kullanılmıştır. Çalışmada *Opuntia microdasys*'in ped eksplantları MS temel ortamı ile TDZ ve BAP (0.5 mg L⁻¹; 1.0 mg L⁻¹; 2.0 mg L⁻¹; 3.0 mg L⁻¹) gibi farklı sitokinin içeren besin ortamlarında kültüre alınmıştır. Ped sayısı bakımından 0.5 mg L⁻¹ TDZ ile 0.5; 1.0 mg L⁻¹ BAP içeren ortam 3.5 adet ile en yüksek bulunmuştur. Ped uzunluğu bakımından 1.4 cm ile 0.5 mg L⁻¹ TDZ içeren ortam en yüksek; kök sayısı ve kök uzunluğu bakımından 0.5 mg L⁻¹ BAP içeren ortam sırasıyla 2.5 adet ve 1.6 cm ile en yüksek ortalama vermiştir. Bu çalışma ile gerek çevre düzenlemesinde süs bitkisi, gerek tıbbi bitki olarak bir sektör oluşturan *Opuntia microdasys* sukulent türünün *in vitro* koşullarda değerlendirme potansiyelinin olduğu görülmüştür. Bu nedenle bu çalışma bir ön çalışma niteliğinde olup bundan sonraki çalışmalar bu türün sürgün ve kök oluşumu üzerine farklı besin ortamları kullanılarak geliştirilebilir.

Anahtar Kelimeler: *Opuntia microdasys*, doku kültürü çoğaltım, sukulent, kaktüs***In Vitro* Micropropagation of *Opuntia microdasys* Albata****Abstract**

Cacti are the Cactaceae family and are a desert plants adapted to arid regions. Cacti known as succulent plants and store water in their leaves. They have a stems in arid region and soil conditions. They are used as landscaping, ornamental plants and potted plants. In addition to the vitamins and amino acids they contain, also rich in secondary metabolites. This study was conducted in tissue culture propagation of *Opuntia microdasys*, is named as 'tavşan kulaklı' cactus. Succulent stems, called pads, were used as genetic material. *Opuntia microdasys* were cultured on Murashige and Skoog (1962) medium (MS) with TDZ and BAP (0.5 mg L⁻¹; 1.0 mg L⁻¹; 2.0 mg L⁻¹; 3.0 mg L⁻¹). Best regeneration were obtained with TDZ and BAP at 0.5 mg L⁻¹ as 3.5 for pad number. The media of 0.5 mg L⁻¹ TDZ was found to be the highest with 1.4 cm in terms of pad length. On the other hand, 0.5 mg L⁻¹ BAP medium had the highest mean for root number and root length, with 2.5 and 1.6 cm, respectively. It has been seen that the succulent variety *Opuntia microdasys*, not only use as an ornamental plant but also medicinal area. *Opuntia microdasys* has a potential to be evaluated under *in vitro* conditions. Therefore, this study can be developed using different nutrient media and growth regulation for shoot and root formation with following studies. So *in vitro* propagation for *Opuntia microdasys* can be an alternative to other production.

Keywords: *Opuntia microdasys*, tissue culture, succulent, opintia

1. Giriş

Kaktüsler Cactaceae familyasına ait dekoratif olarak iç ve dış mekânlarda süs bitkisi olarak kullanılmaktadır. Az miktarda suya ihtiyaç duyarlar ve kuraklığa dayanıklıdırlar (Özçatalbaş ve Erdoğan, 2013). *Opuntia* türleri yaygın olarak kurak, yarı kurak ve ormanlık alanlarda yetişirler. Kaktüsler yabanilerde dahil olmak üzere oldukça geniş bir tür zenginliğine sahiptir (Anderson, 2001). Akdeniz, Asya ve Afrika'ya kadar çok geniş bir alana yayılmışlar (Gibson ve Nobel, 1986; Arakaki ve ark., 2011) ve bu nedenle de adaptasyon yetenekleri yüksektir (López-Palacios ve ark., 2019). Kaktüslerin ped yapraklarının büyük bir kısmı su içermekte, nişasta, glikoz, fruktoz, sukroz ve serbest amino asit ile mineraller, enzimler, vitaminler (López-Palacios ve ark., 2019). Copasso ve ark., 1998; Ajose, 2007; López-Palacios ve ark., 2012; García-Nava ve ark., 2018; Okcuoğlu, 2023) ile sekonder metabolitler yönünden de zengindirler (Wink, 2003; Zarra ve ark., 2013; López-Palacios ve Peña-Valdivia, 2020). Bu bileşiklerden antibakteriyal ve tıbbi olarak çeşitli alanlarda yararlanılmaktadır (Upton ve ark., 2012; Liu ve ark., 2013). *Opuntia microdasys* orijini Meksika olan görünüşünden dolayı 'tavşan kulaklı kaktüs' olarak adlandırılan kulak şeklinde iki adet pedi bulunan bir türdür. Işığı seven bu tür yazın beyaz çiçek açar ve mor renkli meyvelere sahiptir. Yetiştirme kolaylığı nedeniyle süs bitkisi olarak balkonlarda, salonlarda ve büro gibi pek çok alanda tercih edilmektedir. Bu türlerin çoğaltımı vejetatif ve generatif olarak yapılabilir, ancak tohumla çoğalmaları zor olup sadece küçük çaplı üretim ve ıslah çalışmaları için (Rojas-Aréchiga ve Vásquez-Yanes, 2000; Estrada-Luna, 2008) tercih edilmektedir. Bunun yanında yavaş büyümeleri, çimlenme zorlukları ve kendine uyumsuzluk sonucu meyve oluşumundaki zorluklar bu tür için olumsuzluklar arasındadır. Vejetatif çoğaltmada kullanılan kısımların geniş alanlarda üretim hızı yavaş kaldığı için bu türlerin *in vitro* mikro çoğaltımı uygulama

alanı bulmuştur (Ozturk, 2023a; 2023b). Mikro çoğaltma ile gen kaynaklarının hızlı çoğaltması, ile üretim süresinin kısılması (Ault ve Blackmon, 1987; Ozturk, 2021) hızlı ve seri üretimin sağlanması (Ali ve ark., 2001, Estrada-Luna ve ark., 2008; Rodriguez ve Ramirez-Pantoja, 2020; Bouzroud ve ark., 2022; Öztürk, 2022), sağlıklı ve patojensiz bitkilerin üretilmesi (Johnson, 1979; Smith ve ark., 1991) sağlanabilir. Bunun yanında genetik yapının korunması (Wyka ve ark., 2006) ve pazar değeri yüksek kaliteli ve sağlıklı bitkilerin elde edilmesi ticari üretim için bir avantaj olabilir (Estrada-Luna ve ark., 2002). Bununla birlikte nesilleri tehdit altındaki popülasyonların kurtarılması (Dávila-Figueroa ve ark., 2005, Ramírez-Malagón ve ark., 2007) ve bunların gen bankalarının kurulması için de kullanılabilir (Cardarelli ve ark., 2010). Kaktüslerin birkaç türünde mikro çoğaltım çalışmaları çeşitli araştırmacılar tarafından yapılmış (Stuppy ve Nagl 1992; Wyka ve ark., 2006; Gomes ve ark., 2006, Angulo-Bejarano ve Paredes-López, 2011), ancak doğrudan sürgün rejenerasyonu üzerine çok az başarı sağlanmıştır (Arellano-Perusquia ve ark., 2013). Günümüze kadar yapılan çalışmalar *Ficus indica*, başta olmak üzere farklı bazı türlerde sürgün rejenerasyonu ve kök oluşumu üzerine büyüme düzenleyicileri ile bunların kombinasyonlarının etkilerini belirlemek üzerine olup her bir protokol, her bir bitki gurubuna göre değişiklik göstermiştir (Hubstenberger ve ark., 1992; García-Saucedo ve ark., 2005). Bu nedenle, kültür ortamı içerikleri, rejenerasyon süreci, gibi etkilerin test edilmesi konusunda yeni araştırmalara ihtiyaç bulunmaktadır. *Opuntia microdasys* türüne ait *in vitro* çalışmaya ise rastlanmamıştır. Bu tür günümüz koşullarında evlerde, balkonlarda ve iş yerleri gibi pek çok alanda oldukça yaygın kullanımı olan geniş bir ticari pazara sahiptir. Bu nedenle bu çalışma ile *Opuntia microdasys*'in *in vitro* koşullarda TDZ ve BAP içeren farklı besin ortamlarında kök ya da sürgün oluşturma etkilerinin belirlenmesi ve klasik çoğaltımın yanında

in vitro çoğaltım etkinliğinin ve potansiyelinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Genetik materyal ve sterilizasyon işlemleri

Çalışma ‘Beyaz Tavşan Kulağı’ olarak adlandırılan *Opuntia microdasys* kaktüsünün etli ped yaprakları kullanılarak, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Doku Kültürü Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Araştırmada genetik materyal olarak *Opuntia microdasys* kaktüsünün etli ped yaprakları kullanılmıştır. Yaprak eksplantları yüzey sterilizasyonu için % 2.5 NaClO (Sodyum hipoklorit) içerisinde 4 dakika ve % 70’lik etil alkol içerisinde 5 dakika bekletilmiş ve distile su ile 3 kez yıkanarak sterilizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Sterilizasyonu sağlanan ped yaprakları yaklaşık 0.5-1.0 cm ebatlarda parçalara ayrılarak besin ortamına yerleştirilmiştir.

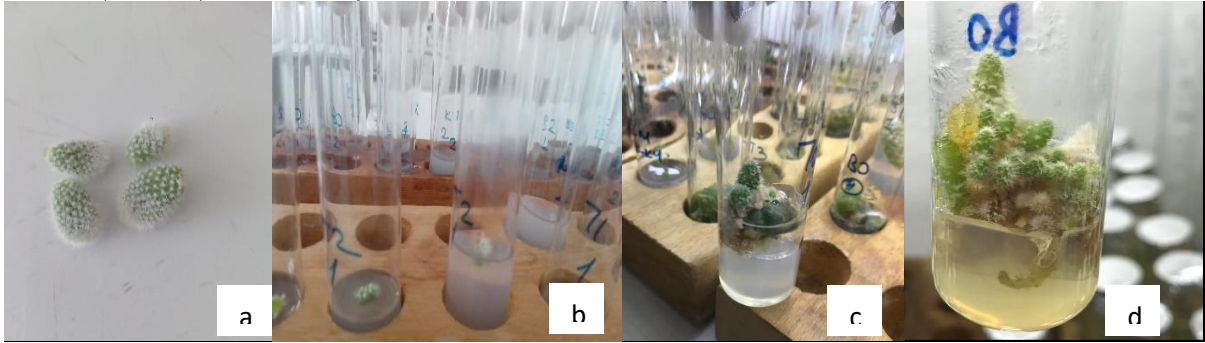
Besin ortamı ve kültür koşulları

Araştırmada MS (Murashige ve Skoog 1962) besin ortamı temel ortam olarak (kontrol) kullanılmış ve MS ortamı

litreye 0.5; 1.0; 2.0 ve 3.0 mg L⁻¹ oranlarında hazırlanmış MS+TDZ (Thidiazuron) ve MS+BAP (6-Benzylaminopurin) içeren besin ortamları ile düzenlenmiştir. Laboratuvar çalışması Tesadüf Parselleri Deneme Deseninde 3 tekrarlı olarak kurulmuştur. Her tüpe bir eksplant gelecek şekilde kültür işlemi gerçekleştirilmiştir. Sterilizasyon sonrası kültürler 26±1°C’de 2500 lüks ışık şiddetinde 8 saat karanlık 16 saat aydınlık periyotta gelişmeye bırakılmıştır.

İstatistik değerlendirmeler

Opuntia microdasys ped eksplantları kültür sonrası yaklaşık 120 gün sonra besin ortamlarında gelişimlerini tamamlamış, ped sayısı, ped uzunluğu ile kök sayısı ve kök uzunluğu bakımından gözlemleri yapılmıştır. Bu özelliklere ait ortalamalar Totemstat (Açıkgöz ve ark., 2004) programı kullanılarak analiz edilmiş ve ortalamalar Steel ve Torrie (1980)’ye göre Asgari Önemli Fark (AÖF) testi kullanılarak yapılmıştır. *Opuntia microdasys*’in *in vitro* koşullarda gelişim aşamaları Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. *Opuntia microdasys*’in *in vitro* kültür aşamaları
a-b) *Opuntia microdasys*’in *in vitro* besin ortamına alınması c) 0.5 mg/L TDZ içeren ortamlarda rejenerasyon
d) 0.5 mg/L BAP içeren ortamlarda rejenerasyon

3. Bulgular ve Tartışma

Opuntia microdasys’in etli ped yaprakları MS ve 4 farklı konsantrasyonda TDZ ve BAP (0.5 mg L⁻¹; 1.0 mg L⁻¹; 2.0 mg L⁻¹; 3.0 mg L⁻¹) içeren toplam 9 besin ortamında kültüre alınmış ve *in vitro* sürgün ve kök gelişim yetenekleri belirlenmiştir. Tablo 1’de *Opuntia microdasys*’in etli

yaprak eksplantlarının 9 farklı besin ortamında ped sayısı ve ped uzunluğu (cm) ortalamaları ve F değerleri ile bu özelliklere ait histogramlar da Şekil 2’de gösterilmiştir. Aynı ortamlardaki kök sayısı ve kök uzunluğu (cm) ortalamaları ve F değerleri Çizelge 2’de, bu özelliklere ait histogramlar da Şekil 3’de sunulmuştur.

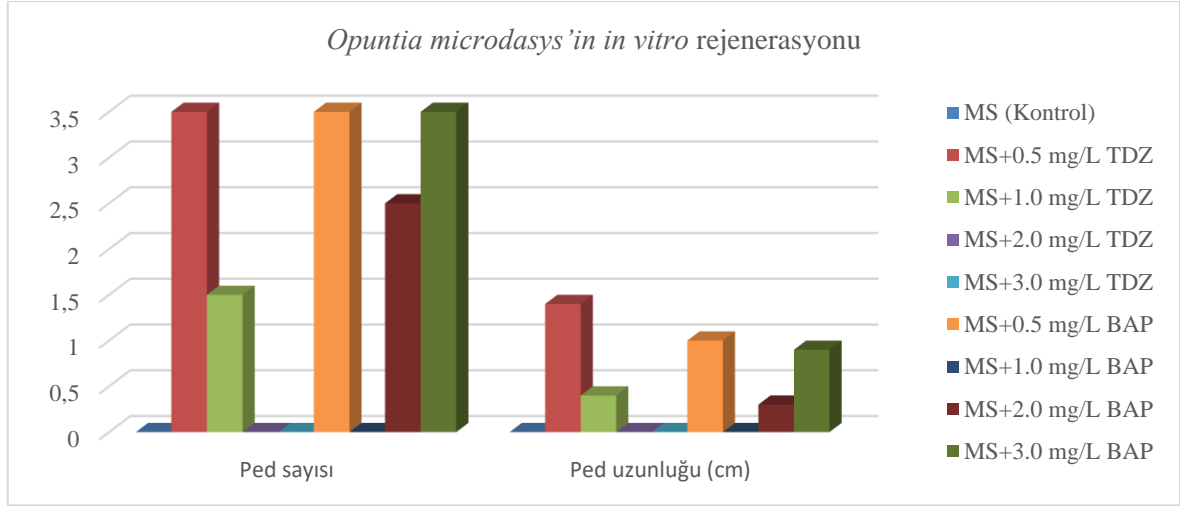
Tablo 1. *Opuntia microdasys*'in ped eksplantlarının farklı besin ortamlarında ped sayısı ve ped uzunluğu (cm) ortalamaları ve F değerleri

Ortam No	Ortamlar	Ped sayısı	Ped uzunluğu (cm)
1	MS (Kontrol)	0.0	0.0
2	MS+0.5 mg L ⁻¹ TDZ	3.5	1.4
3	MS+1.0 mg L ⁻¹ TDZ	1.5	0.4
4	MS+2.0 mg L ⁻¹ TDZ	0.0	0.0
5	MS+3.0 mg L ⁻¹ TDZ	0.0	0.0
6	MS+0.5 mg L ⁻¹ BAP	3.5	1.0
7	MS+1.0 mg L ⁻¹ BAP	0.0	0.0
8	MS+2.0 mg L ⁻¹ BAP	2.5	0.3
9	MS+3.0 mg L ⁻¹ BAP	3.5	0.9
	LSD _{0,05}	1.192	0.423
	F	19.700**	16.599**

** $\alpha=0.01$ düzeyinde önemli

Tablo 1’de kontrol ve 8 farklı besin ortamında *Opuntia microdasys*'in ped yaprak eksplantlarının F değerleri incelendiğinde ped sayısı ve ped uzunluğu (cm) bakımından $p \leq 0.01$ düzeyinde istatistiksel olarak farklılığın olduğu görülmektedir. Ped sayısı bakımından 0.5 mg L⁻¹ TDZ ile 0.5 mg L⁻¹ BAP ve 1.0 mg L⁻¹ BAP içeren ortamlarda 3.5 adet ile en yüksek ortalama elde edilmiştir. Bu ortamı 2.5 adet ile 2.0 mg L⁻¹ BAP içeren ortam izlemiştir. Ped sayısı bakımından, kontrol, 2.0 mg L⁻¹ ve 3.0 mg L⁻¹ TDZ ile 1.0 mg L⁻¹ BAP içeren ortamlarda gelişim sağlanmamıştır. Ped uzunluğu bakımından ise MS+0.5 mg L⁻¹ TDZ içeren ortam 1.4 cm ile en yüksek ortalama vermiştir. Bu ortamı MS+0.5 mg L⁻¹ BAP ortamı, 1.0 cm ile izlemiştir. Ped sayısı ve uzunluğu bakımından kontrol (MS), 2.0 mg L⁻¹ ve 3.0 mg L⁻¹ TDZ ile 1.0 mg L⁻¹ BAP içeren ortamlarda gelişme sağlanmamıştır. Aliyu ve Mustapha (2007), *Opuntia ficus-indica*'nin *in vitro* rejenerasyonunda farklı BAP içeren ortamların kullanıldığını ve ortamlar arasında fark olmadığını bildirmiştir. Finti ve ark. (2012) *Ficus indica*'da *in vitro* koşullarda en iyi gelişimin 0.5 mg/L BA içeren ortamdan elde etmiştir. Arellano-Perusquía ve ark. (2013) *Ortegocactus Macdougallii Alexander* bitkisini NAA ve BA içeren ortamlarda kültüre almış, çalışmada kültürlerin başlangıcında düşük

konsantrasyonda BA içeren ortamların kök oluşumunu teşvik ettiği, alt kültür aşamasında ise IBA içeren ortamların köklenme üzerine olumlu etkileri olduğunu belirtmiştir. Kumar ve ark. (2018) kaktüs türlerinin *in vitro* mikro çoğaltımı için 2 mg BA+ 0.1 mg NAA içeren ortamın yüksek oranda sürgün oluşturduğunu ve buradan gelişen sürgünlerin IBA ya da NAA içeren ortamlarda alt kültüre alınarak kök oluşumu sağlandığını bildirmişlerdir. Heika ve ark. (2021) *Ficus indica*'da sürgün sayısı bakımından 2 mg L⁻¹ BA ve 1 mg L⁻¹ Kinetin içeren ortamların uygun olduğunu bildirmiştir. Marhri ve ark. (2023) *Dactylopius opuntiae* türünde yaptıkları çalışmada 5 mg/L BAP içeren ortamların sürgün sayısının artırdığını Kinetin içeren ortamların kök gelişimine olumlu etki ettiğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda farklı konsantrasyonlarda sitokin içeren ortamlardan sürgün sayısı bakımından 0.5 mg L⁻¹ TDZ, 0.5 mg L⁻¹ BAP ve 3.0 mg L⁻¹ BAP içeren ortamlar başarılı bulunmuştur. Sürgün uzunluğu bakımından ise 0.5 mg L⁻¹ TDZ başarılı bulunmuştur. Genel anlamda düşük konsantrasyonda büyüme hormonlarının gelişmeyi uyardığı görülmüş olup, sonuçlar Finti ve ark. (2012), Arellano-Perusquía ve ark. (2013) ile uyumlu bulunmuştur. *Opuntia microdasys*'in ped sayısı ve ped uzunluğu (cm), özelliklerine ait histogramlar Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. *Opuntia microdasys*'in farklı besin ortamlarında ped sayısı ve ped uzunluğu (cm) ortalamaları dağılımı

Opuntia microdasys'in etli ped yaprakları MS ve 8 farklı TDZ ve BAP (0.5 mg L⁻¹; 1.0 mg L⁻¹; 2.0 mg L⁻¹; 3.0 mg L⁻¹) konsantrasyonda sitokinin içeren

ortamlarda kök sayısı ve kök uzunluğu (cm) ortalamaları ile F değerleri Tablo 2'de, bu özelliklere ait histogramlar ise Şekil 3'de özetlenmiştir.

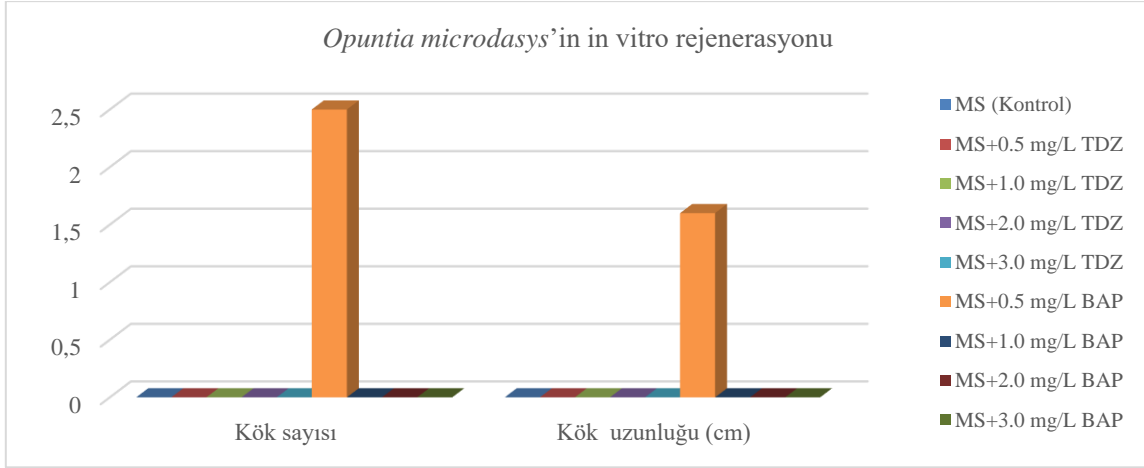
Tablo 2. *Opuntia microdasys* ped eksplantlarının farklı besin ortamlarında kök sayısı ve kök uzunluğu (cm) ortalamaları ve F değerleri

Ortam No	Ortamlar	Kök sayısı	Kök uzunluğu (cm)
1	MS (Kontrol)	0.0	0.0
2	MS+0.5 mg L ⁻¹ TDZ	0.0	0.0
3	MS+1.0 mg L ⁻¹ TDZ	0.0	0.0
4	MS+2.0 mg L ⁻¹ TDZ	0.0	0.0
5	MS+3.0 mg L ⁻¹ TDZ	0.0	0.0
6	MS+0.5 mg L ⁻¹ BAP	2.5	1.6
7	MS+1.0 mg L ⁻¹ BAP	0.0	0.0
8	MS+2.0 mg L ⁻¹ BAP	0.0	0.0
9	MS+3.0 mg L ⁻¹ BAP	0.0	0.0
	LSD _{0.05}	0.533	0.213
	F	25.000**	64.000**

** : $\alpha = 0.01$ düzeyinde önemli

Tablo 2'de 9 farklı besin ortamında *Opuntia microdasys*'in ped yaprak eksplantlarının F değerleri incelendiğinde kök sayısı ve kök uzunluğu (cm) bakımından $p \leq 0.01$ düzeyinde farklılıklar olduğu görülmektedir. Kök sayısı ve kök uzunluğu bakımından 0.5 mg L⁻¹ BAP içeren ortam sırasıyla 2.5 adet ve 1.6 cm olarak en yüksek bulunmuştur. Kök sayısı ve kök uzunluğu bakımından kontrol ve TDZ (0.5;

1.0; 2.0; 3.0 mg L⁻¹) ile BAP (1.0; 2.0; 3.0 mg L⁻¹) içeren ortamlarda gelişim sağlanmamıştır. Dolayısıyla bundan sonraki çalışmalar bu türün kök oluşumu üzerine farklı oksin içeren besin ortamlarının uygulanması şeklinde geliştirilebilir. *Opuntia microdasys*'in kök sayısı ve kök uzunluğu (cm), özelliklerine ait histogramlar Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. *Opuntia microdasys*'in farklı besin ortamlarında kök sayısı ve kök uzunluğu (cm) ortalamaları dağılımı

4. Sonuç ve Öneriler

Opuntia microdasys bitkisinin ped sayısı ve ped uzunluğu bakımından 0.5 mg L⁻¹ TDZ; kök sayısı ve kök uzunluğu bakımından ise 0.5 mg L⁻¹ BAP içeren ortamın uygun olduğu görülmüştür. Hem sürgün hem de kök oluşumu bakımından 0.5 mg/L BAP içeren ortam önerilebilir. *In vitro* koşullarda sürgün rejenerasyonu protokolü oksin içeren ortamlar ile düzenlenerek alt kültür ile sürdürülebilir ve kök oluşumu sağlanabilir. *Opuntia* türleri farklı kullanım alanları ile önemli bitki gruplarından biridir. Bu nedenle farklı kullanım alanına özel *in vitro* protokoller geliştirilebilir. Mikro çoğaltım ile bu türün hızlı ve etkili bir çoğaltımı yani ticari üretimi mümkün olduğu gibi, hücre süspansiyon kültürleri ve organogenesis ile sekonder metabolit üretimi için de yararlanılabilir. Bu nedenle bu çalışma bitki türüne ve kullanım amacına göre uygulanacak *in vitro* teknikler ve protokolleri ile geliştirilebilir. Bu tür için bir ön çalışma niteliğinde olan bu çalışma ile kültür koşulları ve bitki büyüme maddeleri düzenlenerek yeni protokoller geliştirilebilir.

Kaynaklar

- Acikgoz, N., Ilker, E., Gokcol, A., 2004. Evaluation of biological research in computer, E.U. TOTEM, Publication No:2, Izmir.
- Ali A., Naz S., Ahmad Siddiqui F., Iqbal J., 2001. Callogenesis, embryogenesis and

organogenesis in christmas cactus (*Schlumbergera bridgesii*). *Pakistan Journal of Botany*, 33: 569-574.

- Aliyu, B.S., Mustapha, Y., 2007. Effect of different media on the in vitro growth of cactus (*Opuntia ficus-indica*) explants. *African Journal of Biotechnology*, 6(11): 1330-1331.
- Anderson, E.F., 2001. The cactus family. Timber Press, Oregon.
- Angulo-Bejarano, P.I., Paredes-López O., 2011. Development of a regeneration protocol through indirect organogenesis in prickly pear cactus (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill). *Scientia Horticulturae*, 128: 283-288.
- Akakaki, M., Christin, P.A., Nyffeler, R., Lendel, A., Eggli, U., Ogburn, R.M., Spriggs, E., Moore, M.J., Edwards, E.J., 2011. Contemporaneous and recent radiations of the world's major succulent plant lineages. *Proc Natl Acad Sci USA*, 108:8379–8384.
- Arellano-Perusquía, A., López-Peralta, M.C.G., Chablé-Moreno, F., Estrada-Luna, A.A., 2013. Effect of Growth Regulators on The Organogenesis and Multiplication of *Ortegocactus Macdougallii* Alexander, *Propagation of Ornamental Plants*, 13(4): 160-167.
- Ault, J.R., Blackmon, W.J., 1987. In vitro propagation of *Ferocactus acanthoides* (Cactaceae). *HortScience*, 22: 126-127.

- Ajose F.O., 2007. Some Nigerian plants of dermatologic importance, *International Journal of Dermatology*, 1:48-55.
- Bouzroud, S., El Maaiden, E., Sobeh, M., Devkota, K.P., 2022. Micropropagation of Opuntia and Other Cacti Species Through Axillary Shoot Proliferation: A Comprehensive Review. *Frontiers Plant Science*, 13:1-12.
- Cardarelli, M., Borgognone, D., Colla G., 2010. *In vitro* propagation of *Obregonia denegrii* Fri. (Cactaceae). *Propagation of Ornamental Plants*, 10: 29-36.
- Copasso, F., Borrelli, F., Capasso, R., Di Carlo, G., Izzo, A.A., Pinto, L., 1998. Aloe and Its Therapeutic Use. *Phytotherapy Research*, 12: 124–127.
- Dávila-Figueroa, C.A., De La Rosa-Carrillo, M.L., Pérez-Molphe-Balch, E., 2005. *In vitro* propagation of eight species or subspecies of *Turbinicarpus* (Cactaceae). *in vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 41: 540-545.
- El Finti, A., El Boullani, R., El Ayadi, F., Ait Aabd, N., El Mousadik, A., 2012. Micropropagation *in vitro* of *Opuntia Ficus-Indica* in south of Morocco. *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences*, 1:6-10.
- Estrada-Luna, A.A., Martínez-Hernández J.J., Torres-Torres, M.E., Chablé-Moreno, F., 2008. *in vitro* micropropagation of the ornamental prickly pear cactus *Opuntia lanigera* Salm-Dyck., and effects of sprayed GA₃ after transplantation to ex vitro conditions. *Scientia Horticulturae*, 117: 378-385.
- Estrada-Luna, A.A., López-Peralta, C., Cárdenas-Soriano, E., 2002. *In vitro* micrografting and the histology of graft union formation of selected species of prickly pear cactus (*Opuntia* spp.). *Scientia Horticulturae*, 92: 317-327.
- García-Saucedo, P., Valdez-Morales, M., Valverde, M.E., Cruz-Hernández, A. and Paredes-López, O., 2005. Plant regeneration of three *Opuntia* genotypes used as human food. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 80: 215–219.
- Gibson, A.C. and Nobel, P.S., 1986. The cactus primer. Harvard University Press, Cambridge.
- Gómez-Juárez, J.L., Morales, J.E., Lechuga-Corchado, J.A., Cruz-Sosa, F., 2006. Reproducción *in vitro* del garambullo *Myrtillocactus geometrizans* (Martius) Console. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*, 51: 36-45.
- Heikal, A., Marwa, E., Abd El-Sadek, A., Salama, H., Taha, S., 2021. Comparative study between in vivo- and in vitro-derived extracts of cactus (*Opuntis ficus-indica* L. Mill) against prostate and mammary cancer cell lines. *Heliyon*,
- Hubstenberger, J.F., Clayton, P.W., Phillips, G.C., 1992. Micropropagation of cacti (Cactaceae). In: *Biotechnology in Agriculture and Forestry. High tech and micropropagation IV*. Vol. 20. Ed: Bajaj, Y.P.S. Springer-Verlag, Berlin International Horticultural Congress. pp 49– 68.
- Johnson, J., Emino, E.R., 1979. Tissue culture propagation in the cactaceae. *Cactus & Succulent Journal*, 51:275–277.
- Kumar, K., Singh, D., Singh, R.S., 2018. Cactus Pear: Cultivation and uses. Technical Bulletin No. 73.
- Liu, P., Chen, D., Shi, J., 2013. Chemical constituents, biological activity and agricultural cultivation of *Aloe vera*, *Asian Journal of Chemistry*, 25(12): 6477–6485.
- López-Palacios C., Reyes-Agüero, J.A., Peña-Valdivia, C.B., Aguirre- Rivera, J.R., 2019. Physical characteristics of fruits and seeds of *Opuntia* sp. an evidence of changes through domestication in the Southern Mexican Plateau. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 66:349–362.
- López-Palacios, C., Peña-Valdivia, C.B., 2020. Screening of secondary metabolites in cladodes to further decode the domestication process in the genus *Opuntia* (Cactaceae). *Planta*, 251:74.

- Marhri, A., Tikent, A., Garros, L., Merah, O., Elamrani, A., Hano, C., Abid, M., Addi, M., 2023. Rapid and Efficient In Vitro Propagation Protocol of Endangered Wild Prickly Pear Growing in Eastern Morocco. *Horticulturae*, 1-9.
- Murashige, T., Skoog, F., 1962. A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco cultures, *Physiologia Plantarum*, 15:473-479.
- Okcuoğlu, M.C., 2023. Aloe Vera jeli ile yenilenebilir film malzemelerin hazırlanması ve karakterizasyonu, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Özçatalbaş, O., Erdoğan, R., 2013. Akdeniz bahçeleri ve günümüz peyzaj tasarım çalışmalarına yansımaları. Peyzaj Mimarlığı 5. Kongresi, 14-17 Kasım 2013, Adana 834s.
- Ozturk, G., 2021. *In Vitro* Regeneration of Tulip (*Tulipa* L.), Astana International Conference On Scientific Research October 23-24, Nur-Sultan, Kazakhstan, p, 164-168.
- Ozturk, G., 2022. *In Vitro* Propagation of Muscari (*Muscari neglectum*) Bulbs. *MAS Journal of Applied Sciences*, 7: 1160–1170.
- Ozturk, G., 2023a. Micropropagation of *Gasteria Okavango*. 5. International Scientific Research And Innovation Congress 20/21 May, Ankara / Turkey. pp.166-170.
- Ozturk, G., 2023b. *in vitro* Regeneration of *Gollum Jade Crassula*. 5. International Scientific Research And Innovation Congress 20/21 May, Ankara / Turkey. pp.171-175.
- Smith, R.H., Burdick, J.P., Anthony, J. and Reilley, A.A., 1991. *in vitro* propagation of *Coryphantha macromeris*. *Horticulture Science*, 26(3): 315.
- Steel, R.G.D., Torrie, J.H., 1980. Principles and Procedures of Statistics, McGraw-Hill Book Company, Inc. N.Y.
- Stuppy, W., Nagl, W., 1992. Regeneration and propagation of *Ariocarpus retusus* Scheidw. (*Cactaceae*) via somatic embryogenesis. *Bradleya*, 10: 85-88.
- Ramírez-Malagón, R., Aguilar-Ramírez, I., Borodanenko, A., Pérez-Moreno, L., Barrera-Guera J.L., Núñez-Palenius, H.G., Ochoa-Alejo, N., 2007. *In vitro* propagation of ten threatened species of *Mammillaria* (*Cactaceae*). *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 43: 660-665.
- Rodriguez, O.J.L., Ramirez-Pantoja, P.E., 2020. Micropropagation of selected materials of *Opuntia ficus indica* L through culture in vitro of areola. *Journal of Applied Biotechnology & Bioengineering*, 7: 121–126.
- Rojas-Aréchiga, M., Vásquez-Yanes, C., 2000. Cactus seed germination: a review. *Journal of Arid Environments*, 44:85–104.
- Upton, R., Axentiev, P., Swisher, D., 2012. Aloe vera leaf, Aloe vera leaf juice, *Aloe vera* inner leaf juice, In: Upton R. (Ed.), *American Herbal Pharmacopoeia*, California, 1–52.
- Wyka, T.P., Hamerska, M., Wróblewska, M., 2006. Organogenesis of vegetative shoots from *in vitro* cultured flower buds of *Mammillaria albicoma* (*Cactaceae*). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 87: 27-32.

Atıf Şekli: Öztürk, G., 2023. *In Vitro* Koşullarda *Opuntia microdasys* Albata'nın Çoğaltımı. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 8(Özel Sayı): 1069–1076.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10039118>.

To Cite: Öztürk, G., 2023. *In Vitro* Micropropagation of *Opuntia microdasys* Albata. *MAS Journal of Applied Sciences*, 8(Special Issue): 1069–1076.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10039118>.
