

Zambak (*Lilium* spp.) Soğan Pullarının, *in vitro* Koşullarda Köklendirilmesi Üzerine, Farklı Besin Ortamlarının Etkilerinin Belirlenmesi

İlknur ESKİMEZ^{1*}, Mehmet POLAT²

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Isparta; ORCID: 0000-0003-4443-505X
²Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Isparta; ORCID: 0000-0002-2415-4229
Gönderilme Tarihi: 1 Ekim 2024 Kabul Tarihi: 24 Aralık 2024

ÖZ

Lilium spp. kesme çiçek yada tıbbi amaçla farklı alanlarda değerlendirilebilen soğanlı bir süs bitkisidir. Zambaklar, vejetatif olarak soğan pulları ayırma, doku kültürü gibi yöntemlerle veya generatif olarak tohumla çoğaltılabilmektedir. Çiçeklenmenin uzun sürmesi ve heterozigot yapıdan kaynaklı genetik açılmalar sebebiyle, bu türün vejetatif çoğaltma teknikleriyle başarılı olarak çoğaltılabilmesi, bitkinin sürdürülebilirliği ve muhafazası açısından oldukça önem taşımaktadır. Ülkemizde süs bitkileri ticaretinde, soğanlı bitkilerin ithalatının oldukça yüksek olduğu göz önünde bulundurulduğunda, soğan üretiminde dışa bağımlılığı azaltmak amacıyla yapılan çalışmaların artırılması, yeni uygulamaların ve mevcut araştırmaların iletilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, zambak soğan pullarının *in vitro* koşullarda köklendirilmesi amacıyla gerçekleştirilen çalışmada, farklı oranlarda Murashige ve Skoog (MS) besin ortamı (1-1/2) ve değişik oranlarda oksin kaynakları (0-0,5-1 mg.l⁻¹ 3-İndol Bütirik Asit (IBA) ve 1-Naftalenil Asetik Asit (NAA)) denenmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, yaprak uzunluğu (48,62 mm), köklenme oranı (%100), kök uzunluğu (40,32 mm), yaprak sayısı (5,25 adet/bitki) ve pul sayısı (9,17 adet/bitki) açısından en iyi sonuçlar, ½ MS+1 mg.l⁻¹ IBA içerikli ortamda tespit edilirken, bitki yaş ağırlığı (5,46 g) bakımından 0.5 mg.l⁻¹ NAA, soğan çapı (9,65 mm) için ise 1 mg.l⁻¹ NAA takviye edilmiş ortamdan en yüksek sonuçlar belirlenmiştir. Tüm parametreler birlikte değerlendirildiğinde, ½ MS+1 mg.l⁻¹ IBA içerikli ortamın, zambak soğan pullarının *in vitro* çoğaltımında etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Lilium*, soğan pulu, *in vitro*, köklendirme

Evaluating the Impact of Various Nutrient Media on the *in vitro* Rooting Efficiency of Lily (*Lilium* spp.) Bulb Scales

ABSTRACT

Lilium spp. is a bulbous ornamental plant that can be utilized in different areas for cut flowers or medicinal purposes. Lilies can be propagated vegetatively by methods such as bulb scale separation, tissue culture or generatively by seed. Due to the long flowering period and genetic openings caused by heterozygous structure, the successful propagation of this species with clonal propagation techniques is significant for the sustainability and conservation of the plant. Considering that the import of bulbous plants is quite high in the ornamental plants trade in our country, it is necessary to increase the studies carried out so as to reduce the foreign dependence on onion production, to advance new applications and existing researches. In this context, MS nutrient medium (1-1/2) at different ratios and auxin sources (0-0,5-1 mg.l⁻¹ IBA and NAA) at different ratios were tried in the study carried out for rooting of lily bulbs under *in vitro* conditions. Based on the findings of the study, the best results in relation to leaf length (48,62 mm), rooting rate (100%), root length (40,32 mm), number of leaves (5.25 pcs/plant) and number of scales (9.17 pcs/plant) were obtained from ½ MS+1 mg.l⁻¹ IBA, while for plant fresh weight (5,46 g), 0.5 mg.l⁻¹ NAA and for bulb diameter (9,65 mm), the highest results were obtained from 1 mg.l⁻¹ NAA supplemented medium. In the comprehensive evaluation of all parameters, it was concluded that the composition that consists of ½ MS+1 mg.l⁻¹ IBA was effective in micropropagation of lily bulb scales.

Keywords: *Lilium*, bulb scale, *in vitro*, rooting

GİRİŞ

Türkiye bitki çeşitliliği açısından jeopolitik konumu ve farklı iklimlerin bir arada bulunduğu Asya ve Avrupa kıtalarının birleştiği alanda yer alan ülkelerden biridir. Ülkemizde yaklaşık olarak 12.000 farklı bitki türü bulunmakta, bunun 3.750'si endemik

olarak sınıflandırılmaktadır [1]. Soğanlı bitkiler grubunda yer alan 1056 adet geofit bulunmakta olup 424 adet geofit doğada doğal olarak yetişmektedir [2]. Geofitler, yer altındaki özel organlarında besin ve su depolayan bitkiler olup, bu organlar soğan, yumru, rizom ve korm gibi yapılar olarak tanımlanmaktadır [3]. Ticari değeri yüksek olan ve geniş ölçekte

*Sorumlu yazar / Corresponding author: ilknureskimez01@gmail.com

yetiştirilen geofitler, bitkiler âleminin tohumlu bitkiler (*Spermatophyta*) bölümüne, kapalı tohumlular (*Angiospermae*) alt bölümüne ait olup, tek çenekliler (*Monocotyledoneae*) ve çift çenekliler (*Dicotyledoneae*) sınıflarında yer almaktadır [4, 5]. Bu bitkiler ekonomik açıdan önemli süs bitkileri olarak bilinmektedir. *Liliaceae* (Zambakgiller) familyası içerisinde yer alan *Lilium* sp., 180'den fazla tür içermekte ve dünyada Avrupa, Kuzey Amerika ve Güneydoğu Asya kıtalarının ılıman bölgelerinde, ülkemizde ise Anadolu'nun doğu ve batısında yetişmektedir [6, 7]. Lilyum cinsi gösterişli çiçeklerinden dolayı kesme çiçek, saksılı ve dış mekân bitkisi olması yanında birçok alanda kullanılmaktadır. Aromatik olan birtakım Lilyum türleri parfüm ve endüstride kullanılmaktadır. Ayrıca *Lilium candidum*, gibi bazı türler inflamatuvar hastalıklarının tedavisinde, ülser, kas hastalıkları, cilt hastalıkları, çeşitli yaralanmaların tedavisinde kullanılmaktadır [8, 9].

Gösterişli ve uzun vazo ömrüne sahip çiçekleri nedeniyle tüketiciler tarafından tercih edilen *Lilium* spp., yıl boyunca yetiştiriciliğe olanak tanıdığı için kesme çiçek olarak kullanılmakta ve bu nedenle hem üretim alanlarında hem de ihracatında dünya genelinde önemli bir artış gözlemlenmektedir [10, 11]. Hollanda'nın yanı sıra, çiçek soğanı üretimi İngiltere ve Fransa da dahil olmak üzere 15 farklı ülkede gerçekleştirilmektedir [12, 13]. Lilyumların üretiminde en sık kullanılan ticari yöntem, soğan pullarıyla yapılan çoğaltma yöntemidir. Türkiye'nin zengin biyoçeşitliliğini korurken, gerekli ekonomik faaliyetlerin sürdürülebilirliğini sağlamak için Ar-Ge çalışmaları büyük bir önem arz etmektedir. Bu hedef doğrultusunda, türün ıslah ve çoğaltma süreçleri kapsamında sistematik bir şekilde korunması büyük önem taşımaktadır [14, 15]. Islah çalışmaları, türün genetik çeşitliliğini ve adaptasyon yeteneğini artırarak uzun vadeli sürdürülebilirliği sağlamaya yönelik olmalıdır. Ayrıca, çoğaltma süreçleri aracılığıyla, türün mevcut popülasyonunun devamlılığı ve ekosistem içindeki rolünün korunması sağlanmalıdır. Bu yaklaşım hem biyoçeşitliliğin korunmasına hem de ekonomik faaliyetlerin sürdürülebilirliğine katkıda bulunacaktır [16, 17].

Zambaklar, vejetatif yollarla soğan pulları ayırma ve doku kültürü gibi yöntemlerle ya da tohumla çoğaltılabilmektedir [17]. Ancak, çiçeklenmenin uzun sürede gerçekleşmesi ve genetik çeşitliliğin ortaya çıkması gibi nedenlerle kültür koşullarında tohumla çoğaltma yöntemi yaygın olarak kullanılmamaktadır. Ayrıca, yavru soğanların çiçeklenme evresine ulaşması için yaklaşık üç yıllık bir süre gerekmekte, bu da işgücü ihtiyacını ve üretim maliyetlerini artırmaktadır. Bu sebeplerden dolayı,

vejetatif çoğaltma yöntemleri, zambak üretiminde daha tercih edilen bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Bundan dolayı bu bitkilerin vejetatif çoğaltma şekilleriyle başarılı olarak çoğaltılabilmesi, bitkinin sürdürülebilirliği ve muhafazası açısından oldukça önemlidir [18]. Literatür çalışmaları incelendiğinde, lilyumda soğan büyütme üzerine yeterli düzeyde çalışmanın bulunmadığı, mevcut çalışmaların ağırlıklı olarak bitkilerin taksonomik olarak sınıflandırılması [19, 20] fenolojik ve morfolojik karakterizasyonu [21, 22] biyokimyasal aktivite içeriği ve bunun endüstriyel amaçlı kullanımı [23, 24] gibi çeşitli konular altında toplandığı görülmektedir. Lilyum bitkisinin endemik türler arasında yer alması sebebiyle korunması gerektiği düşünülmektedir. Ülkemizde süs bitkileri ticaretinde soğanlı bitkilerin ithalatının oldukça yüksek olduğu göz önünde bulundurulduğunda, soğan üretiminde dışa bağımlılığı azaltmak amacıyla yapılan çalışmaların artırılması, yeni uygulamaların ve mevcut araştırmaların ilettilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada zambağın soğan pullarından başarılı bir şekilde köklendirilmesi üzerine, farklı büyümeyi düzenleyici madde kombinasyonlarının lilyum bitkisinin gelişimi üzerine olan etkileri belirlenmiştir.

MATERYAL VE METOT

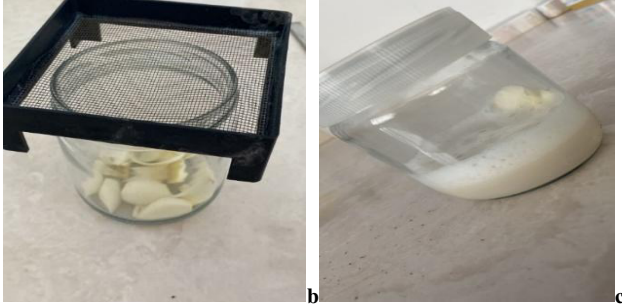
Bitkisel Materyal

Bu çalışmada 'Oriental hibrit Casa Blanca' çeşidine ait soğan pulları bitkisel materyal olarak araştırmada kullanılmıştır. Soğanlar 20-22 cm çapında köklü bir şekilde ekim ayında ticari bir firmadan temin edilmiştir. Çalışma 2024 yılında, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümüne ait doku kültürü laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Soğan Pullarının Sterilizasyonu

Bitkilerin yüzey sterilizasyonu için öncelikle pullar, 1 saat boyunca akan çeşme suyu altında bekletilmiş, ardından antibakteriyel sabun ile 15 dakika süreyle karıştırıcıda çalkalanmıştır. Sabunla yapılan işlem sonrasında pullar iyice durulanmış ve mantar hastalıklarına karşı Metalaxyl-m aktif maddesi içeren Melprin XL 350 ES ticari solüsyonuyla (5 ml.l⁻¹ dozunda) 30 dakika süreyle muamele edilmiştir [25]. Bu aşamadan sonra saf suyla iyice durulama işlemi yapılmış ve sonraki tüm işlemler steril kabin içerisinde yürütülmüştür. Eksplantlar, 1 dakika süreyle %70'lik etanol çözeltisinde çalkalanmış, ardından 25 dakika boyunca %30'luk çamaşır suyu (ACE marka) çözeltisinde, içerisinde 1 damla Tween 20 eklenerek çalkalanmıştır. Steril saf su ile dikkatlice

durulandıktan sonra, 15 dakika boyunca %20'lik çamaşır suyu çözeltisinde yeniden çalkalama işlemi yapılmıştır. Son olarak, eksplantlar 1 dakika süreyle %70'lik etanol çözeltisinde çalkalanmış, ardından steril saf su ile durulanmış ve iyice kurutulduktan sonra dikimi gerçekleştirilmiştir [26]. Sterilizasyon aşamasına ait görüntüler Şekil 1'de sunulmuştur.



a) çalışmada kullanılan soğan pulları, b) ayrılan pulların çeşme suyu altında bekletilmesi, c) soğan pullarının fungusit çözeltisinde bekletilmesi Şekil 1. Sterilizasyon aşamasından görüntüler

Besin Ortamlarının Hazırlanması

Araştırmada, köklendirme denemelerinde 10 farklı besin ortamı kullanılmıştır ve bu aşamada eksplant olarak soğan pulları tercih edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan ortamlar şu şekildedir: Birinci ortam MS, ikinci ortam MS+0,5 mg.l⁻¹ NAA, üçüncü ortam MS+1 mg.l⁻¹ NAA, dördüncü ortam MS+0,5 mg.l⁻¹ IBA, beşinci ortam MS+1 mg.l⁻¹ IBA'dır. Altıncı ortam ½ MS, yedinci ortam ½ MS+0,5 mg.l⁻¹ NAA, sekizinci ortam ½ MS+1 mg.l⁻¹ NAA, dokuzuncu ortam ½ MS+0,5 mg.l⁻¹ IBA ve onuncu ortam ise ½ MS+1 mg.l⁻¹ IBA olarak belirlenmiştir. Besin ortamları, 30 g.l⁻¹ sakaroz (Merck) ve 5,0 g.l⁻¹ agar (Duchefa) ilave edilerek hazırlanmış, pH 5.7 seviyesine ayarlanmış ve sonrasında otoklavda sterilizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir [26]. Çoğaltma aşamasındaki bitkilere ait resimler Şekil 1'de sunulmuştur.

Araştırmada İncelenen Özellikler

•*Yaprak uzunluğu (mm)*: Her eksplanttaki yaprak uzunluğu, kumpas kullanılarak milimetre cinsinden ölçülmüştür.

•*Kök sayısı (adet)*: Her bir soğanda bulunan kökler sayılmış ve adet olarak kaydedilmiştir.

•*Köklenme oranı (%)*: Kök geliştiren eksplant sayısının toplam eksplant sayısına bölünmesiyle elde edilmiş ve yüzde (%) olarak ifade edilmiştir.

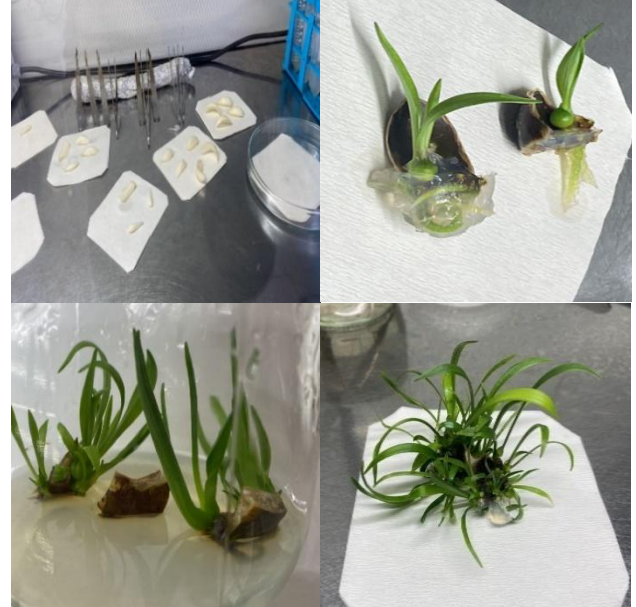
•*Kök uzunluğu (mm) ve kök kalınlığı (mm)*: Kökler kumpas yardımıyla milimetre cinsinden ölçülmüştür.

•*Yaprak sayısı*: Her bir bitkide bulunan yaprakların sayısı tespit edilerek adet olarak kaydedilmiştir.

•*Bitki yaş ağırlığı (g)*: Bitkilerin yaş ağırlıkları, 0,01 g hassasiyetli bir terazi kullanılarak tartılmıştır.

•*Pul sayısı (adet)*: Her eksplanttaki pullar sayılmış ve adet olarak kaydedilmiştir.

•*Soğan çapı (mm)*: Soğan örneklerinin ekvatorial bölgesinden kuzey-güney ve doğu-batı yönlerinde iki ölçüm alınmış ve bu değerlerin aritmetik ortalaması hesaplanarak soğan çapı tespit edilmiştir [27].



Şekil 2. Bitkilerin çoğaltma aşamasından görüntüler

Verilerin Analizi

Araştırma, tesadüf blokları deneme planına göre, beş tekerrürlü ve her tekerrürde 5 eksplant olacak şekilde planlanmıştır. Bulgular, istatistiksel değerlendirme için Minitab 21.0 yazılımı kullanılarak varyans analizi (ANOVA) ile analiz edilmiştir. Ortalama değerler arasındaki farkların belirlenmesi için ise Tukey çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır [28].

BULGULAR VE TARTIŞMA

Besin ortamlarının içeriği, bitkilerin doku kültürü yöntemlerinde başarılı bir şekilde çoğaltılmasında doğrudan etkili bir faktördür. Ortamdaki makro ve mikro besin elementlerinin yanı sıra büyüme düzenleyici maddelerin uygun oranları, bitkisel hücrelerin metabolizmasını destekleyerek optimum

büyüme ve gelişmeyi teşvik etmektedir [29]. Bu doğrultuda, Çizelge 1’de yer alan köklendirme ortamlarına ilişkin farklı parametreler değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre, yaprak uzunluğu (48,62 mm), köklenme oranı (%100) ve kök uzunluğu (40,32 mm) bakımından en iyi sonuçlar, 10 numaralı ortamdan ($\frac{1}{2}$ MS+1 mg.l⁻¹ IBA) elde edilmiştir. Kök sayısı açısından en iyi sonuçlar ise 9 numaralı ($\frac{1}{2}$ MS +0,5 mg.l⁻¹ IBA) ortamda (9,83 adet/bitki) gözlemlenmiştir. Diğer taraftan, yaprak uzunluğu (17,46 mm), kök sayısı (0,83 adet) ve köklenme oranı (%33,33) açısından en düşük sonuçlar, tam kuvvetli MS ortamında (1. ortam) kaydedilmiştir. Kök uzunluğu bakımından en düşük değer ise 3 numaralı ortamda (MS+1 mg.l⁻¹ NAA) gözlemlenmiştir. Kök kalınlığı bakımından besin ortamları arasındaki farklılık, istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p>0,05$). Çelebi vd. [27] tarafından gerçekleştirilen farklı bir çalışmada, kök sayısının MS+1 mg.l⁻¹ BA içeren besi ortamında 5,50 adet, Linsmaier ve Skoog (LS)+0,5 mg.l⁻¹ IBA içerikli ortamda ise 5,25 adet olduğu, aynı çalışmada kök uzunluğunun 1,07-3,02 cm arasında değiştiği NAA içerikli ortamda tespit edilmiştir [27]. Aynı çalışmada en uzun yaprak boyu 10,35 cm LS+1 mg.l⁻¹ IBA [27], lilyum çeşitleri üzerine yapılan farklı bir çalışmada, 0,3 mg.l⁻¹ NAA içerikli ortamda yaprak uzunluğu 5,27 cm olarak tespit edilmiştir [30]. Patil vd. [31] çalışmasında, eksplant başına en iyi kök sayısının, 0,5 mg.l⁻¹ IBA ve İndol-3-Asetik Asit (IAA) içeren besin ortamında 1,3 adet, kök uzunluğunun ise 2,5 cm olarak rapor edilmiştir [31].

Büyüme düzenleyici maddeler, özellikle oksinler ve sitokininler, bitkilerin morfolojik ve fizyolojik gelişiminde hayati bir role sahiptir. Bu maddelerin uygun oranlarda kullanılması, hücre metabolizmayı olumlu etkileyerek köklenme, yaprak oluşumu ve genel bitki gelişimi gibi önemli parametreler üzerinde belirleyici etkiler yaratmaktadır [32]. Yapılan bu çalışma, oksin grubu büyüme düzenleyici maddelerin, özellikle IBA’nın, bitki köklenmesi üzerindeki etkisini açıkça ortaya koymaktadır. Oksinler, hücre bölünmesi ve genişlemesini teşvik ederek kök gelişimini hızlandırmakta, bu durum da 10 numaralı ($\frac{1}{2}$ MS + 1 mg.l⁻¹ IBA) ortamda elde edilen yüksek bitki boyu, köklenme oranı ve kök uzunluğu gibi sonuçlarla doğrulanmaktadır. Öte yandan, tam kuvvetli MS ortamında köklenme oranı ve bitki boyu gibi parametrelerde gözlenen düşük sonuçlar, besin elementlerinin aşırı miktarda bulunmasının bitki fizyolojisine olumsuz etkilerini göstermektedir. Aşırı besin elementlerinin bitkilerde osmotik dengeyi bozarak hücresel büyüme ve gelişimi olumsuz yönde etkileyebileceği bilinmektedir. Özellikle yüksek düzeyde azot, bitkilerin vejetatif büyümesini teşvik

ederken, kök gelişimini baskılayıcı bir etki yaratabilir [33, 34]. Bu nedenle, aşırı azotlu ortamlarda köklenme oranlarının düşük seyretmesi, bitkilerin kök gelişimi yerine diğer organlara yönelmesiyle açıklanabilir. NAA içeren 3 numaralı (MS+1 mg.l⁻¹ NAA) ortamda gözlemlenen en düşük kök uzunluğu değerleri ise, bu büyüme düzenleyici maddenin köklenme üzerindeki farklı etkilerine işaret etmektedir. NAA’nın kök sayısını artırıcı etkisine rağmen, kök uzunluğunu kısaltması, hücre bölünmesini hızlandırırken hücre genişlemesini sınırladığı bir fizyolojik mekanizmaya dayanmaktadır [21, 32]. Bu bulgu, NAA’nın bitki hücrelerinin hızlı bir şekilde bölünmesini sağladığını ancak hücresel büyüme üzerinde kısıtlayıcı bir etki yarattığını göstermektedir. Sonuç olarak, besin ortamlarının ve büyüme düzenleyici maddelerin bitki fizyolojisi üzerindeki etkileri dikkate alındığında, uygun ortam ve düzenleyici madde seçiminin bitkisel üretim süreçlerinde başarıyı doğrudan etkilediği görülmektedir. Oksinler gibi büyüme düzenleyici maddelerin doğru konsantrasyonlarda kullanılması, özellikle köklenme ve bitki büyümesi açısından olumlu sonuçlar vermektedir [25, 26].

Çizelge 1. Köklenme açısından farklı ortamların incelenmesi

Ortam içeriği (mg.l ⁻¹)	Yaprak uzunluğu (mm)	Kök sayısı (adet)	Köklenme oranı (%)	Kök uzunluğu (mm)	Kök kalınlığı (mm) Ö.D.
1	17,46 d	0,83 c	33,33 j	21,81 b	2,59
2	28,24 cd	2,83 bc	50,00 ı	10,90 de	2,37
3	29,87 b-d	7,00 a-c	72,22 e	7,39 e	2,82
4	37,42 a-c	6,08 a-c	72,22 d	17,78 bc	2,46
5	37,57 a-c	8,08 ab	94,44 b	18,66 bc	2,67
6	41,56 a-c	8,25 ab	77,78 c	11,58 de	3,10
7	38,77 a-c	2,83 bc	55,56 g	15,37 cd	2,81
8	30,66 a-c	3,08 bc	50,00 h	6,76 e	3,72
9	44,64 ab	9,83 a	61,11 f	12,84 c-e	3,53
10	48,62 a	5,42 a-c	100,00 a	40,32 a	3,78

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında %5 düzeyinde anlamlı bir fark bulunmaktadır (TUKEY), Ö.D.: Önemli değil.

Farklı köklendirme ortamlarına göre incelenen bazı bitkisel parametreler Çizelge 2’de sunulmuştur. Yapılan değerlendirmelere göre, yaprak sayısı ve pul sayısı bakımından en yüksek sonuçlar sırasıyla 5,58 ve 9,50 adet ile MS+1 mg.l⁻¹ IBA içerikli ortamda gözlemlenmiştir. Bitki yaş ağırlığı açısından en yüksek değerler 4 numaralı ortamda tespit edilmiş olup, en düşük sonuçlar ise tam mukavemetli MS ortamında (kontrol grubu) gözlemlenmiştir. Soğan çapı bakımından ise farklı ortamlar arasında istatistik açıdan önemli bir fark gözlemlenmemiştir ($P>0,05$).

Lilium candidum üzerine yürütülen bir araştırmada, en yüksek yaprak sayısının LS + 1 mg.l⁻¹ IBA içerikli ortamda 4,50 olduğu bildirilmiştir. Aynı çalışmada, LS + 1 mg.l⁻¹ NAA + 0,6 mg.l⁻¹

Tihidiazuron (TDZ) içerikli ortamda eksplant başına ortalama sürgün ağırlığının 231,50 mg, sürgün sayısının ise 6,35-17,37 adet arasında değiştiği belirtilmiştir [27]. Başka bir çalışmada ise sürgün sayısının 2,50 adet, yaprak boyunun ise en fazla 5,27 cm olduğu rapor edilmiştir [37]. Ling Fei vd. [35] *Lilium davidii* üzerine yaptıkları çalışmada ise, 1,0 mg.l⁻¹ NAA ve 0,5 mg.l⁻¹ TDZ içerikli ortamda ortalama 3,83 adet yaprak elde edildiği kaydedilmiştir [35]. Farklı bir denemede, 0,2 mg.l⁻¹ NAA içeren ortamda yaprak sayısının ortalama 1,45 adet olduğu tespit edilmiştir [36].

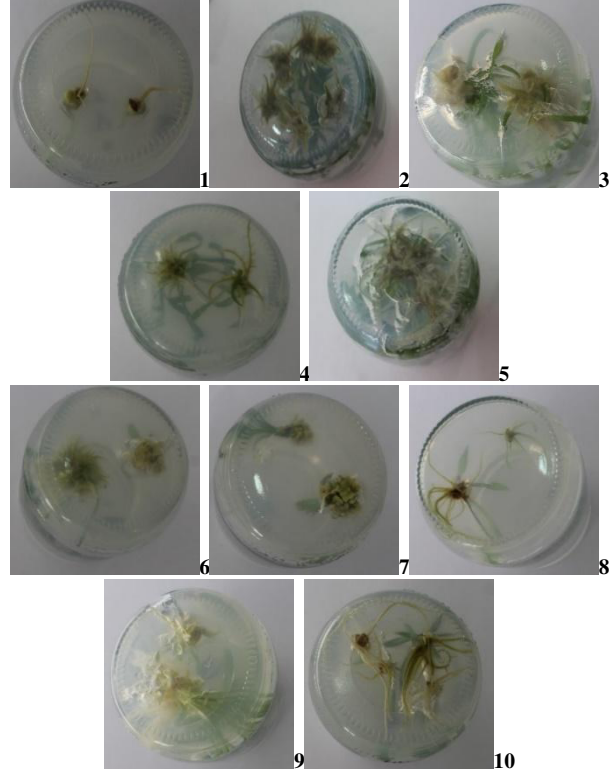
Çizelge 2. Köklenme ortamında bitkide incelenen bazı parametreler

Ortam İçeriği (mg.l ⁻¹)	Yaprak Sayısı (adet)	Bitki Yaş Ağırlığı (g)	Pul Sayısı (adet)	Soğan Çapı (mm) Ö.D.
1	1,00 b	0,39 b	2,75 c	7,83
2	2,08 ab	0,83 ab	4,42 bc	7,63
3	4,17 ab	2,16 ab	8,50 ab	9,65
4	4,33 ab	5,46 a	7,25 ab	7,76
5	5,58 a	1,39 ab	9,50 a	8,83
6	4,50 ab	1,23 ab	8,75 a	9,19
7	4,83 a	0,53 ab	9,18 a	9,73
8	4,83 a	0,74 b	8,75 a	9,31
9	4,08 ab	2,22 ab	7,17 ab	9,27
10	5,25 a	1,32 ab	9,17 a	7,84

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında %5 düzeyinde anlamlı bir fark bulunmaktadır (TUKEY). Ö.D.: Önemli değil.

Genel olarak, köklendirme ortamlarının bitkisel parametreler üzerindeki etkileri, köklendirme süreçlerinde kullanılan ortam bileşenlerinin bitki fizyolojisi üzerindeki önemini açıkça ortaya koymaktadır. Özellikle, IBA içeren köklendirme ortamlarının bitki büyümesini ve gelişimini olumlu yönde etkilediği gözlemlenmiştir. Aynı zamanda oksinlerin, bitkilerde kök gelişimini ve hücre bölünmesini teşvik ederek, yaprak sayısı ve pul sayısında artış sağladığı anlaşılmaktadır [38]. Bununla birlikte, soğan çapında gözlemlenen benzerlikler, köklendirme ortamlarının etkilerinin farklı bitkisel parametreler arasında değişkenlik gösterebileceğini ve soğan çapı üzerinde etkili olan diğer faktörlerin de önemli bir rol oynayabileceğini göstermektedir [35, 36]. Bu durum, bitki fizyolojisi ve köklendirme ortamlarının etkileri arasındaki ilişkilerin daha karmaşık olduğunu ve tüm bitkisel parametreler üzerinde aynı derecede etkili olmayabileceğini ortaya koymaktadır. Genetik çeşitlilik, hormonların hücresel düzeydeki etkilerini belirlerken, ortam koşulları ve kültür yöntemleri de büyüme sürecini doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle, farklı çalışmalar arasındaki sonuç farklılıkları, bitkilerin fizyolojik özellikleri, kullanılan hormonların türü ve dozu, laboratuvar koşulları gibi birçok faktörle ilişkilidir [32, 33]. Bu faktörler göz önünde bulundurularak, büyüme

düzenleyicilerinin bitki gelişiminde nasıl optimize edileceğine dair daha kapsamlı ve türler arası karşılaştırmalı araştırmalar yapılması gerekmektedir. Şekil 3'te farklı ortamlardan elde edilen bitkiler yer almaktadır.



Şekil 3. Farklı ortamlarda köklendirilen *in vitro* bitkiler

SONUÇ

Zambak bitkisi, Türkiye florasında doğal olarak yayılış gösteren değerli türlerden biri olmasına rağmen, kontrolsüz sökülme faaliyetleri nedeniyle yayılış alanları daralmış ve bu durum, ilgili yaptırımların yetersizliği ile daha da ciddi boyutlara ulaşmıştır. Bu olumsuz gelişmeler, araştırmacıları yeni yetiştirme yöntemleri geliştirmeye teşvik etmiştir. Zambak hem primer hem de sekonder metabolitleri açısından büyük öneme sahip olup, ülkemizde soğanlı bitkiler üretiminde dış ticarete önemli bir paya sahiptir. Bu nedenle, daha kaliteli ürünler elde etmek ve ticari pazarda rekabet gücünü artırmak için yeni yetiştirme yöntemlerinin geliştirilmesi büyük bir gereklilik haline gelmiştir.

Bu bağlamda, zambak bitkisinin tarımsal alanda daha yaygın ve etkin bir şekilde yetiştirilmesi, modern yetiştirme tekniklerinin uygulanmasıyla mümkün olacaktır. Özellikle *in vitro* çoğaltma teknikleri, bitkilerin hızlı bir şekilde çoğaltılmasını ve hastalıklardan arındırılmış sağlıklı bitki materyallerinin üretilmesini sağlamaktadır. Bu

nedenle, kültür koşullarının optimizasyonu, araştırılması gereken temel başlıklar arasında yer almaktadır. Bu unsurların başarılı bir şekilde entegrasyonu, zambakların daha verimli ve sürdürülebilir bir şekilde yetiştirilmesine katkıda bulunacaktır. Yapılan çalışmada, zambak bitkisinin köklendirilmesi üzerine $\frac{1}{2}$ MS+1 mg.l⁻¹ IBA içerikli ortamın en etkili olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçların, zambak bitkisi üzerine yapılacak gelecekteki çalışmalar için yol gösterici nitelikte olabileceği düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, İlknur ESKİMEZ'in doktora tez çalışmasından üretilmiştir. Söz konusu doktora öğrencisi, 100/2000 YÖK Doktora Burs Programı kapsamında "Sürdürülebilir Tarım (Yenilikçi-İyi Tarım Uygulamaları)" tematik alanında doktora eğitimine devam etmektedir ve ayrıca TÜBİTAK 2211A Ulusal Doktora Burs Programı tarafından desteklenmektedir. Öğrenciye maddi destek sağlayan her iki kuruma da teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

1. Máthé, Á., Turgut, K. 2023. Introduction to medicinal and aromatic plants in Türkiye. Cham: Springer International Publishing, pp:1-30.
2. Avcı, M. 2005. Çeşitlilik ve endemizm açısından Türkiye'nin bitki örtüsü. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi 13:43-4.
3. Murthy, H.N., Yadav, G.G., Paek, K.Y., Park, S.Y. 2024. Importance of underground storage organs in plants (for their survival and perpetuation and for human welfare). In Bioactive Compounds in the Storage Organs of Plants, Cham: Springer Nature Switzerland, 3-34.
4. Kumari, N., Kumari Manhas, S., Jose-Santhi, J., Kalia, D., Sheikh, F.R., Singh, R.K. 2024. Emerging into the world: regulation and control of dormancy and sprouting in geophytes. Journal of Experimental Botany 216.
5. Howard, C.C., Folk, R.A., Beaulieu, J.M., Cellinese, N. 2019. The monocotyledonous underground: global climatic and phylogenetic patterns of geophyte diversity. American Journal of Botany 106(6):850-863.
6. Wu, Y., Cui, J., Zhang, K., Jia, Y. 2012. Cloning of SCA gene related to pollen tube adhesion and oriented growth and analysis of gene diversity in *Lilium* spp. Molecular Plant Breeding, 2.
7. Wu, Y., Sun, M., Zhang, J., Zhang, L., Ren, Z., Min, R., Xia, Y. 2019. Differential effects of

- paclobutrazol on the bulblet growth of oriental lily cultured *in vitro*: growth behavior, carbohydrate metabolism, and antioxidant capacity. Journal of Plant Growth Regulation 38:359-372.
8. Mammadov, T., Deniz, N., Rakhimzhanova, A., Kılınçarslan, Ö., Mammadov, R. 2017. Studies on *lilium* species. International Journal of Secondary Metabolite 4(1):47-60.
9. Patocka, J., Navratilova, Z., Yokozawa, T. 2019. Bioactivity of *Lilium candidum* LA mini review. Biomedical Journal of Scientific & Technical Result 18(5):13859-62.
10. Marinangeli, P.A., Hernández, L.F., Pellegrini, C.P., Curvetto, N.R. 2003. Bulblet differentiation after scale propagation of *Lilium longiflorum*. Journal of the American Society for Horticultural Science 128(3):324-329.
11. Nasimova, Z., Tashpulatov, Y., Mukumov, I., Hasanov, M., Shernazarov, S. 2024. Assessment of the influence of external factors on the growth of roots and bulb scales of some varieties of *Lilium* L. In E3S Web of Conferences EDP Sciences 510:03016.
12. Karagüzel, Ö., Aydınşakir, K., Kaya, A. 2007. Dünyada ve Türkiye'de çiçek soğanları sektörünün durumu. Derim 24(1):1-10.
13. Buschman, J.C.M. 2004. Production of bulbs and bulb cut flowers in the world present and future. 9. International Symposium on Flower Bulbs, 19-22 April 2004, Japan.
14. Yasemin, S., Beruto, M. 2024. A review on flower bulb micropropagation: challenges and opportunities. Horticulturae 10(3):284.
15. Lapid-Culqui, Y.K., Meléndez-Mori, J.B., Mállap-Detquiza, G., Tejada-Alvarado, J.J., Vilca-Valqui, N.C., Huaman-Human, E., Goñas, M. 2022. *In vitro* bulbification of five lily varieties: an effective method to produce quality seeds and flowers. International Journal of Agronomy 2022(1):8775989.
16. Samantaray, P., Nayak, A., Pradhan, I., Pattanaik, A., Sahoo, R., Mohanty, S. 2024. *Lilium*: a high-value cut flower production guide for lucrative return. Journal of Scientific Research and Reports 30(6):67-86.
17. Bakhshaie, M., Khosravi, S., Azadi, P., Bagheri, H., Van Tuyl, J.M. 2016. Biotechnological advances in *Lilium*. Plant Cell Reports 35(9):1799-1826.
18. Arslan, M., Karadeniz, T., Arslan, E.A. 2019. Doğal olarak yetişen zambakların (*Lilium* spp.) bazı morfolojik özellikleri. 2. Uluslararası Tarım Kongresi, 21-24 Kasım, Ankara.
19. Liu, Y., Zhang, M., Chen, X., Chen, X., Hu, Y., Gao, J., Zhang, X. 2021. Developing an efficient

- DNA barcoding system to differentiate between *Lilium* species. BMC Plant Biology 21:1-13.
20. Du, F., Wang, T., Fan, J.M., Liu, Z.Z., Zong, J.X., Fan, W.X., Grierson, D. 2019. Volatile composition and classification of *Lilium* flower aroma types and identification, polymorphisms, and alternative splicing of their monoterpene synthase genes. Horticulture Research, 6.
21. Torres-Pio, K., De la Cruz-Guzmán, G.H., Arévalo-Galarza, M.D.L., Aguilar-Rodríguez, S., Grego-Valencia, D., Arriaga-Frías, A., Mandujano-Piña, M. 2021. Morphological and anatomical changes in *Lilium* cv. *arcachon* in response to plant growth regulators. Horticulture, Environment and Biotechnology 62:325-335.
22. Qian, Z.Y., Yang, G.Z., Zhang, J.Y., Zhang, J.K., Wang, W.Z., Yang, S.X., Zhang, Z. 2020. Differences in phenological characteristics and phenotypic traits of different cut lily varieties. Journal of Southern Agriculture 51:1152-1158.
23. Zhou, J., An, R., Huang, X. 2021. Genus *Lilium*: a review on traditional uses, phytochemistry and pharmacology. Journal of Ethnopharmacology, 270, 113852.
24. Johnson, T.S., Schwieterman, M.L., Kim, J.Y., Cho, K.H., Clark, D.G., Colquhoun, T.A. 2016. *Lilium* floral fragrance: a biochemical and genetic resource for aroma and flavor. Phytochemistry 122:103-112.
25. Eskimez, İ., Polat, M. 2023. Aronya (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott)'nın mikro çoğaltımında bitki büyüme düzenleyicilerinin etkileri. Meyve Bilimi 10(Özel Sayı):92-99.
26. Polat, M., Eskimez, İ. 2022. The effects of different hormone combinations on *in vitro* micropropagation of aronia (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott). Fresenius Environmental Bulletin 31(01A):1219-1227.
27. Çelebi, V.M.C. 2023. Farklı bitki büyüme düzenleyicilerinin *in vitro* koşullarda üretilen ak zambak (*Lilium candidum* L.) bitkilerinin bazı özelliklerine etkileri. Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, s:51.
28. Zar, J.H. 2013. Biostatistical analysis. Pearson New International Edition, Pearson Higher Ed.
29. Pasternak, T.P., Steinmacher, D. 2024. Plant growth regulation in cell and tissue culture *in vitro*. Plants 13(2):327.
30. Mojtahedi, N., Koobaz, P., Fathi, M., Dabirashrafi, O., Azadi, P., Khosravi, S. 2014. Maturating, enlarging and breaking dormancy of *in vitro* *Lilium* bulblets. Int. J. Hort. Sci. Technol. 1:101-109.
31. Patil, A.M., Gunjal, P.P., Das, S. 2021. *In vitro* micropropagation of *Lilium candidum* bulb by application of multiple hormone concentrations using plant tissue culture technique. International Journal for Research in Applied Sciences and Biotechnology 8(2):244-253.
32. Krajnc, A.U., Turinek, M., Ivančič, A. 2013. Morphological and physiological changes during adventitious root formation as affected by auxin metabolism: Stimulatory effect of auxin containing seaweed extract treatment. Agricultura 10(1-2):17-27.
33. López-Bucio, J., Cruz-Ramirez, A., Herrera-Estrella, L. 2003. The role of nutrient availability in regulating root architecture. Current Opinion in Plant Biology 6(3):280-287.
34. Leghari, S.J., Wahocho, N.A., Laghari, G.M., Hafeez Laghari, A., Mustafa Bhabhan, G., Hussain Talpur, K., Lashari, A.A. 2016. Role of nitrogen for plant growth and development: a review. Advances in Environmental Biology 10(9):209-219.
35. Ling Fei, X., Feng Wang, M., Dong, L. 2009. Plant regeneration from *in vitro* cultured leaves of Lanzhou lily (*Lilium davidii* var. *unicolor*). Scientia Horticulturae 119:458-61.
36. Gürsan, D. 2014. Bazı zambak (*Lilium* spp.) türlerinin *in vitro* çoğaltımı. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Bursa.
37. Mojtahedi, N., Koobaz P. Fathi M., Dabirashrafi O., Azadi P., Khosravi S. 2014. Maturating, enlarging and breaking dormancy of *in vitro* *Lilium* bulblets. Int. J. Hort. Sci. Technol. 1:101-109.
38. Shahab, M., Ayub, G., Rahman, A., Rashid, A., Jamal, A., Ali, J. 2013. Assessment of IBA (Indole Butyric Acid) levels and planting time for rooting and growth of Alstonia Cuttings. Assessment 3(14):59-67.