

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ARONYA (*Aronia melanocarpa* (Michx) Elliot) MİKRO
ÇELİKLERİNİN YÜZEN PERLİT YATAĞINDA
EX VİTRO KÖKLENMESİ ÜZERİNE İBA DOZLARININ
ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Sema COŞKUN

BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2024

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ARONYA (*Aronia melanocarpa* (Michx) Elliot) MİKRO ÇELİKLERİNİN YÜZEN PERLİT YATAĞINDA EX VİTRO KÖKLENMESİ ÜZERİNE IBA DOZLARININ ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Sema COŞKUN

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hatice DUMANOĞLU

Bu tez çalışmasında, “Viking” ve “Nero” aronya çeşitlerinde mikro çeliklerin yüzen perlit yatağında ex vitro köklenmesi üzerine kontrol, 25, 50, 100 200, 500, 1000 ve 1500 mg/L IBA uygulamalarının etkileri araştırılmıştır. Yüzen perlit yatağına dikilmeden hemen önce mikro çeliklerin dip kısmı IBA solüsyonlarına hızlı daldırma yöntemiyle 10 saniye süreyle daldırılmıştır. Yüzen perlit kültürleri $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklık, 16 saat aydınlık ($35\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) koşullarda 4 hafta tutulmuştur. Birinci denemede IBA’nın yüksek dozlarında özellikle “Viking” çeşidinde canlılık oranları önemli düzeyde düşmüştür (%43.0-70.2). Bu nedenle 2. denemede kontrol, 25, 50, 100 ve 200 mg/L IBA uygulamalarına yer verilmiştir. İkinci denemede incelenen parametrelerde uygulamalar arasında istatistiksel anlamda önemli farklılıklar bulunmamıştır. Bu denemede uygulamaların ortalaması olarak “Viking” çeşidinde canlılık oranı %97.7, canlı kalan mikro çeliklerde köklenme ve aynı zamanda aklimatizasyon oranı %99.7, kök sayısı 6.2 adet/mikro çelik, en uzun kökün uzunluğu 48.3 mm, köklenme düzeyi (1-4) 3.4, kök yaş ağırlığı 23.9 mg/mikro çelik, kök kuru ağırlığı 2.4 mg/mikro çelik olarak belirlenmiştir. Sürgün boyu 19.0 mm, yaprak sayısı 4.0 adet/mikro çelik, sürgün yaş ağırlığı 45.0 mg/mikro çelik, sürgün kuru ağırlığı 11.9 mg/mikro çelik olmuştur. “Nero” çeşidinde ise canlılık oranı %94.6, canlı kalan mikro çeliklerde köklenme oranı %99.3, kök sayısı 4.3 adet/mikro çelik, en uzun kökün uzunluğu 60.8 mm, köklenme düzeyi 3.4, kök yaş ağırlığı 25.2 mg/mikro çelik, kök kuru ağırlığı 2.3 mg/mikro çelik olarak kaydedilmiştir. Sürgün boyu 17.2 mm, yaprak sayısı 4.3 adet/mikro çelik, sürgün yaş ağırlığı 48.8 mg/mikro çelik ve sürgün kuru ağırlığı 12.6 mg/mikro çelik olarak saptanmıştır.

Sonuç olarak, aronya mikro çelikleri yüzen perlit yatağında, kontrol ve özellikle IBA’nın düşük dozlarında başarılı bir şekilde ex vitro köklendirilmiş ve aynı zamanda dış koşullara alıştırılmıştır. Bu yöntem, uygulanabilirliğinin kolay ve ucuz olması nedeniyle ticari ölçekte aronya fidanı üretimi için önerilmektedir.

Haziran 2024, 52 sayfa

Anahtar Kelimeler: Mikro çoğaltım, köklenme, indol bütirik asit, dış koşullara alıştırma.

ABSTRACT

Master Thesis

DETERMINATION OF THE EFFECTS OF IBA DOSES ON EX VITRO ROOTING OF ARONIA (*Aronia melanocarpa* (Michx) Elliot) MICROCUTTINGS IN THE FLOATING PERLITE BED

Sema COŞKUN

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Horticulture

Supervisor: Prof. Dr. Hatice DUMANOĞLU

In this study, the effects of control, 25, 50, 100, 200, 500, 1000 and 1500 mg/L IBA treatments on the ex vitro rooting of micro cuttings of "Viking" and "Nero" aronia using a floating perlite bed were investigated. The bottom part of the micro cuttings was dipped in IBA solutions by the quick dipping method for 10 seconds, just before being planted in the floating perlite bed. The floating perlite cultures were incubated at $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ temperature and 16 hours of light ($35\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) conditions during 4 weeks. In the first experiment, the percentage of viable micro cutting decreased significantly (43.0-70.2%) at high doses of IBA, especially in the "Viking" cultivar. Therefore, in the second experiment, control, 25, 50, 100 and 200 mg/L IBA treatments were included. In the second experiment, no statistically significant differences were found among the treatments in the parameters. In this experiment, as an average of the treatments, in the "Viking" cultivar, the percentage of viable micro cutting was 97.7%, the rooting and simultaneous acclimatization percentages of surviving micro cuttings were 99.7%, the number of roots was 6.2 per micro cutting, the length of the longest root was 48.3 mm, the rooting level (1-4) was 3.4, fresh and dry root weights were 23.9 mg and 2.4 mg pper micro cutting. Shoot length was 19.0 mm, number of leaves was 4.0 per micro cutting, fresh and dry shoot weights were 45.0 mg and 11.9 mg per micro cutting. In the "Nero" cultivar, the percentage of viable micro cutting was 94.6%, the rooting and acclimatizasyon percentages were 99.3%, the number of roots was 4.3 per micro cutting, the length of the longest root was 60.8 mm, the rooting level was 3.4, fresh and dry root weights were 25.2 mg and 2.3 mg per micro cutting. Shoot length was determined as 17.2 mm, number of leaves was 4.3 per micro cutting, fresh and dry shoot weights were 48.8 mg and 12.6 mg per micro cutting.

In conclusion, aronia micro cuttings were successfully ex vitro rooted and simultaneous acclimatized using a floating perlite bed with control and specially low doses of IBA. This method is recommended for the production of aronia saplings on a commercial scale due to its easy applicability and cheapness.

June 2024, 52 pages

Key Words: Micropropagation, rooting, indole butyric acid, acclimatization

TEŞEKKÜR

Tez sürecim boyunca benden bilgilerini eksik etmeyen danışman hocam Prof. Dr. Hatice DUMANOĞLU'na teşekkürlerimi sunarım. Bende her zaman bir güzellik bulup bunu dile getiren ve benden yardımlarını eksik etmeyen Bilgi-İşlem personeli Nurhan BOZKURT'a, Ankara'da bulunduğum süre boyunca manevi anlamda yanımda duran ve beni cesaretlendiren arkadaşlarıma ve ailelerine, varlığını her zaman hissettiğim ve arkamda durduklarına emin olduğum canım kardeşlerime, en önemlisi beni tüm zorluklara rağmen yetiştirip büyüten, bu zamanlara getiren ve hiçbir fedakârlıktan kaçınmayan biricik anneme teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Sema COŞKUN
Ankara, Haziran 2024

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI

ETİK	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
SİMGELER DİZİNİ	vii
KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
1.1 Aronyanın Taksonomisi, Orijini ve Yayılış Alanları	1
1.2 Aronya Türleri ve Özellikleri	3
1.2.1 A. <i>Melanocarpa</i>	3
1.2.2 A. <i>Mitschurinii</i>	5
1.2.3 A. <i>Arbutifolia</i>	5
1.2.4 A. <i>x prunifolia</i> (A. <i>floribunda</i>)	5
1.3 Aronyanın Önemi, Kullanım Alanları, Dünyada ve Türkiye’de Yetiştiriciliği, Çoğaltımı	6
1.3.1 Önemi	6
1.3.2 Kullanım alanları	7
1.3.3 Dünyada ve Türkiye’de yetiştiriciliği	7
1.3.4 Çoğaltımı	9
2. KAYNAK ÖZETLERİ	12
2.1 Aronyada İn Vitro Köklendirme Çalışmaları	12
2.2 Aronyada Ex Vitro Köklendirme Çalışmaları	19
3. MATERYAL ve YÖNTEM	21
3.1 Materyal	21
3.2 Yöntem	22
3.2.1 Eksplant hazırlığı	22
3.2.2 Ex vitro köklendirme denemeleri	24
3.2.3 Deneme planı ve verilerin istatistik analizi	27
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	28

4.1 “Viking” Aronya Çeşidinde IBA Dozlarının Yüzen Perlit Yatağında Ex Vitro Köklenme ve Sürgün Gelişimi Üzerine Etkileri	28
4.2 “Nero” Aronya Çeşidinde IBA Dozlarının Yüzen Perlit Yatağında Ex Vitro Köklenme ve Sürgün Gelişimi Üzerine Etkileri	33
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	37
KAYNAKLAR	43
ÖZGEÇMİŞ	52



SİMGELER DİZİNİ

%	Yüzde
°C	Santigrat derece
cm	Santimetre
da	Dekar
g	Gram
L	Litre
mg	Miligram
mL	Mililitre
mM	Milimolar
mm	Millimetre
MPa	Megapaskal
m/v	Mass/volume (kütle/hacim)
ppm	parts per million (milyonda bir kısım)
μM	Mikromolar
$\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	Mikromolar·metre ⁻² ·saniye ⁻¹
v	Volume (hacim)

Kısaltmalar

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
BA	Benzil adenin
BAP	Benzil amino pürin
DKW	Driver and Kuniyuki Walnut
FAO	Food and Agriculture Organization (Gıda ve Tarım Örgütü)
FeNaEDTA	Demir sodyum EDTA
GA ₃	Gibberellik asit
IAA	İndol asetik asit
IBA	İndol bütirik asit
LP	Long ve Preece
MS	Murashige ve Skoog
NAA	Naftalen asetik asit
PPM	Plant Preservative Mixture
PVP	Polivinilpirolidon
TAGEM	Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü
TDZ	Thidiazuron
WPM	Woody Plant Medium

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1	<i>Aronia melanocarpa</i> türünün orijin merkezi	1
Şekil 1.2	Aronya türlerinin yaprak şekilleri	4
Şekil 1.3	<i>A. melanocarpa</i> ve <i>A. mitschurinii</i> bitkileri	4
Şekil 1.4	<i>A. melanocarpa</i> türünde “Viking” çeşidinin ve yabani bir tipin meyveleri	4
Şekil 3.1	Denemelerde kullanılan “Viking” ve “Nero” aronya çeşitlerinin ana bitkileri	21
Şekil 3.2	Aronya alt kültürü, alt kültürde çoğaltılmış sürgün öbeği ve mikro çelikler	23
Şekil 3.3	IBA uygulamaları öncesi küçük cam kaplar içerisine yerleştirilmiş mikro çelikler ve mikro çelikler ile doldurulmuş cam kapların konulduğu magenta	24
Şekil 3.4	Yüzen perlit yatağının hazırlanması	25
Şekil 3.5	Yüzen perlit yatağına yeni dikilmiş ve dikimden 4 hafta sonra aronya mikro çelikleri	26
Şekil 4.1	“Viking” aronya çeşidinde mikro çeliklerin yüzen perlit yatağında ex vitro köklenmesi üzerine kontrol, düşük ve yüksek IBA dozlarının etkisi (1. deneme)	30
Şekil 4.2	“Viking” aronya çeşidinde mikro çeliklerin yüzen perlit yatağında ex vitro köklenmesi üzerine kontrol ve düşük IBA dozlarının etkisi (2. deneme) ..	30
Şekil 4.3	“Nero” aronya çeşidinde mikro çeliklerin yüzen perlit yatağında ex vitro köklenmesi üzerine kontrol, düşük ve yüksek IBA dozlarının etkisi (1. deneme)	35
Şekil 4.4	“Nero” aronya çeşidinde mikro çeliklerin yüzen perlit yatağında ex vitro köklenmesi üzerine kontrol ve düşük IBA dozlarının etkisi (2. deneme) ..	35

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1	Türkiye’de aronya yetiştiriciliğinde öne çıkan iller ve üretim alanları ..	8
Çizelge 4.1	“Viking” aronya çeşidinde IBA dozlarının yüzen perlit yatağında mikro çeliklerin ex vitro köklenmesi üzerine etkileri	29
Çizelge 4.2	“Viking” aronya çeşidinde IBA dozlarının yüzen perlit yatağında ex vitro köklenmiş mikro çeliklerde sürgün gelişimi üzerine etkileri	32
Çizelge 4.3	“Nero” aronya çeşidinde IBA dozlarının yüzen perlit yatağında mikro çeliklerin ex vitro köklenmesi üzerine etkileri	34
Çizelge 4.4	“Nero” aronya çeşidinde IBA dozlarının yüzen perlit yatağında ex vitro köklenmiş mikro çeliklerde sürgün gelişimi üzerine etkileri	36



1. GİRİŞ

1.1 Aronyanın Taksonomisi, Orijini ve Yayılış Alanları

Pomolojik bakımdan üzümsü meyveler grubunda yer alan çok yıllık, çalı formunda, kışın yaprağını döken bitki özelliklerine sahip olan aronya türleri (*Aronia* spp.), Rosaceae familyası Pomoideae/Maloideae alt familyası, *Aronia* cinsine dâhildir (Knudson 2009, Ekiert vd. 2021, Brand vd. 2022). Bazı kaynaklar aronyayı Amygdaloideae alt familyası içine almaktadır (Ristvey ve Mathew 2011, Anonymous 2023). Bu meyve türlerinde genotipler yaygın olarak diploit ($2n=2x=34$) ve tetraploit ($2n=4x=68$) kromozom sayısına sahiptir (Brand 2010, Leonard vd. 2013, Mahoney vd. 2022). Hovmalm vd. (2004) poliploidinin tüm aronya türlerinde yaygın olduğunu belirtmiştir.

Yetiştiricilikte öne çıkan aronya türü *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott, Kuzey Amerika orijinli bir türdür (Şekil 1.1). Doğal yayılış alanı, Kanada, ABD'nin doğu kıyısı boyunca uzanan Apalaş Dağları ve Büyük Göller bölgesinden Florida'ya kadar uzanmaktadır (Brand 2010, Anonymous 2023) (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 *Aronia melanocarpa* türünün orijin merkezi (Anonymous 2023)

Aronya, geçmişte Amerika'nın yerli halkı Kızılderililer tarafından soğuk algınlığı tedavisinde bağışıklığı güçlendirmek amacıyla kullanılmıştır. XVIII. yüzyılın sonlarına doğru İskandinavya ve Rusya'ya yayılmış, buradan Avrupa ve Kuzeybatı Asya'ya giriş yapmıştır. Aronya yetiştiriciliği ilk olarak İskandinavya ve Rusya'da gelişmiştir. Ticari yetiştiriciliği özellikle Altay Dağları çevresi, Moskova ve Petersburg bölgelerinde yoğunlaşmıştır (Leonard ve Brand 2010, Brand 2010, Szopa vd. 2017, Ekiert vd. 2021, Brand vd. 2022, Anonymous 2023). Bu bölgelerdeki yetiştiriciliği her geçen gün artmaktadır. Avrupa'daki aronya yetiştiriciliğine dair eski kayıtlar, bu türün *Mespilus melanocarpa* adıyla 1816'da Ukrayna'da yetiştirildiğini göstermektedir (Leonard ve Brand 2010). Aronyanın Avrupa'daki ıslah çalışmalarını 1890 yılında Rus meyve bilimci Ivan Michurin (1855-1935) başlatmıştır (Leonard 2011, Poyraz Engin 2020). Michurin, Almanya'dan getirttiği materyaller ile siyah meyveli *Sorbus* türü (üvez) olarak tanımladığı *A. melanocarpa*'yı, başta yerel *Sorbus* türleri olmak üzere *Chaenomeles*, *Malus* ve *Mespilus* cinslerine dâhil türler ile melezlemiştir. *Sorbus aucuparia* ile *A. melanocarpa* melezinden ortaya çıkan çeşide 1905 yılında "Likernaya" adını vermiştir. Michurin bu çeşidin ülkesinde hâkim olan sert kış koşullarına tamamen dayanıklı olduğunu, meyvelerinin siyah renkli, tatlı, konserveler ve alkollü içecekler için uygun olduğunu belirtmiştir. Daha sonra 1926 yılında "Likernaya" çeşidini, *Mespilus germanica* türü ile melezlemiş ve elde ettiği en iyi çeşide "Michurin's Dessert"/"Dessertnaya" adını vermiştir (Leonard 2011). İki bilim insanı Skvortsov ve Maitulina 1982 yılında Michurin'in *S. aucuparia* x *A. melanocarpa* hibritlerini "*A. mitschurinii*" altında yeni bir tür olarak adlandırmıştır (Leonard 2011). Michurin'in ölümünden sonra Sovyetler Birliği, geliştirilen çeşitlerin tohumlarını Sibirya, İskandinavya ve diğer Doğu Avrupa ülkelerine dağıtmıştır (Leonard ve Brand 2010, Leonard 2011, Leonard vd. 2013, Poyraz Engin 2020, Ekiert vd. 2021, Şahin ve Erdoğan 2022). Leonard vd. (2013) günümüzdeki Avrupa orijinli "Viking" ve "Nero" çeşitlerinin, *A. mitschurini* türüne ait olduğunu belirtmektedirler. Genel olarak dünyada yaygın olarak kullanılan aronya çeşitlerinin geliştirildiği İsveç, Finlandiya ve Polonya'nın ıslah programlarında gen kaynağı olarak 1940'lı yıllarda Rusya'da tohumdan elde edilmiş, genetik çeşitliliğin sınırlı olduğu bitkilerle kurulmuş koleksiyonların kullanıldığı bildirilmiştir (Smolik vd. 2011).

1.2 Aronya Türleri ve Özellikleri

1.2.1 *A. melanocarpa*

Bu aronya türü siyah meyvelerinden dolayı “siyah meyveli aronya” olarak bilinmektedir. Yaprak, gövde ve çiçekleri tüysüzdür. Yapraklar koyu yeşil-yeşil, parlak, 2-4 cm uzunluğunda olup şekli eliptiktir (Şekil 1.2). Sonbaharda yapraklar sarı, turuncu ve kırmızı renge dönüşmektedir. Bitkiler, sık dallı çalı formunda olup 2.4 m’ye kadar boylanabilmektedir (Şekil 1.3). Demet şeklinde beyaz çiçeklere sahiptir. Çiçeklenme, Mayıs ayında başlamakta, meyveler Ağustos-Eylül aylarında olgunlaşmaktadır (Şekil 1.4). Meyveler olgunlaştıktan kısa bir süre sonra buruşmakta ve yere düşmektedir. Nemli ya da kuru bölgelere adapte olmuştur. ABD’nin kuzeydoğu ve ortabatı bölgelerinde yayılış göstermektedir. Diploit ve tetraploit formları mevcuttur (Hardin 1973, Brand 2010, Leonard 2011, Szopa vd. 2017, Poyraz Engin 2020, Brand vd. 2022, Mahoney vd. 2022).

A. melanocarpa’nın pek çok sinonimi bulunmaktadır (Anonymous 2023). Bunlar;

- *A. arbutifolia* (L.) Pers. var. *nigra* (Willd.) Seymour
- *A. nigra* (Willd.) Koehne
- *Mespilus arbutifolia* L. var. *melanocarpa* Michx.
- *Photinia melanocarpa* (Michx.) K.R. Robertson & Phipps
- *Pyrus arbutifolia* (L.) L. f. var. *nigra* Willd.
- *Pyrus melanocarpa* (Michx.) Willd.
- *Sorbus melanocarpa* (Michx.) Heynh



Şekil 1.2 Aronya türlerinin yaprak şekilleri. Soldan sağa, *A. arbutifolia*, *A. melanocarpa* (diploid), *A. melanocarpa* (tetraploid), *A. mitschurinii* (Leonard 2011)



Şekil 1.3 *A. melanocarpa* (solda) ve *A. mitschurinii* (sağda) bitkileri (Leonard 2011)



Şekil 1.4 *A. melanocarpa* türünde “Viking” çeşidinin (solda) ve yabani bir tipin (sağda) meyveleri (Brand 2010)

1.2.2 *A. mitschurinii*

A. mitschurinii, (*Aronia* x *Sorbus*) x *Aronia* hibriti olarak Kuzey Amerika türlerinden ayrı bir tür olarak tanımlanmış ve popülasyonunun neredeyse tamamının homojen yapıda olduğu belirtilmiştir (Skvortsov ve Maitulina 1982, Leonard vd. 2013). Meyveleri, *A. melanocarpa*'ya göre daha büyük ve ağırdır. Tetraploit kromozom sayısına sahiptir (Leonard 2011, Brand vd. 2022, Mahoney vd. 2022).

1.2.3 *A. arbutifolia*

Bu türün meyveleri 5-7 mm çapında ve parlak kırmızı renktedir. Meyvelerin olgunlaşması Eylül ayından Ekim ayına kadar devam etmekte, meyveler Aralık ayına kadar bozulmadan dal üzerinde kalabilmektedir. Yaprığın üst yüzeyi parlak yeşil olup alt yüzeyi gümüşü renkte ve tüylüdür. Yaprak şekli eliptiktir (Şekil 1.2). Yapraklar sonbaharda belirgin bir şekilde parlak kırmızı bir renk almaktadır. Genç sürgünler oldukça tüylüdür. Diğer türlere göre daha dik bir formda büyümekte ve boyu 3 m'ye kadar çıkabilmektedir. Çiçeklenme Mayıs ayında başlamakta ve kısa sürmektedir. Çiçekler demetler halinde ve beyaz renklidir. Nemli alanlara, bataklıklara, dere ve göl kıyılarına, nemli kayalık bölgelere adapte olmuştur. Bu nedenle daha çok ABD'nin güneydoğu Atlantik kıyısı boyunca ve Florida'nın kuzeyinde yayılım göstermiştir (Hardin 1973, Brand 2010, Leonard 2011, Szopa vd. 2017, Poyraz Engin 2020). Diploit ($2n=2x=34$) ve tetraploit ($2n=4x=68$) formları bulunmaktadır (Brand 2010, Brand vd. 2022, Mahoney vd. 2022).

1.2.4 *A. x prunifolia* (*A. floribunda*)

Meyveleri mor renklidir ve yaklaşık 8-10 mm çapındadır. *A. arbutifolia* ve *A. melanocarpa* türlerinin doğal bir melezi olduğu düşünülmektedir. *A. arbutifolia* türüne göre sürgünleri ve yaprakları daha az tüylüdür. Bitki boyu 4 m'ye kadar çıkabilmektedir. Tetraploit ve triploit formları bulunmaktadır (Hardin 1973, Brand 2010, Leonard 2011, Mahoney vd. 2022, Brand vd. 2022).

1.3 Aronyanın Önemi, Kullanım Alanları, Dünyada ve Türkiye’de Yetiştiriciliği, Çoğaltımı

1.3.1 Önemi

Aronya, düşük girdi maliyetleri, farklı iklim ve toprak koşullarına adaptasyonu, hastalık ve zararlılara karşı yüksek direnç göstermesi, verime erken başlaması, kültürel işlemlerinin azlığı ve makinalı hasada uygunluğu gibi avantajlarından dolayı yetiştiriciliği giderek artan bir meyve türüdür (Brand 2010). Tarımsal faaliyetlerde son yıllarda çok büyük artış gösteren girdi fiyatları meyve üreticisinin gelirini büyük ölçüde düşürmektedir. Bitkisel özellikleri nedeniyle aronyanın yetiştiriciliğinde girdi kullanımı sınırlıdır ve üreticisinin kârını maksimum seviyeye çıkarabilmektedir. Ayrıca alıştığı damak tadına farklı bir seçenek sunmak üzere aronya gibi yeni meyve türlerinin tüketiciye sunulması son derece önemlidir. Aronya insan beslenmesi ve sağlığı bakımından da önemli bir meyve türüdür. Meyveleri yüksek miktarda antioksidan madde ve polifenoller ayrıca karbonhidratlar, organik asitler, amino asitler, mineraller (K, Ca, P, Mg, Na, Zn ve Fe), vitaminler (B, C, E ve K), folik asit, aroma bileşikleri ve diyet lifleri içermektedir. En fazla bulunan organik asit malik asittir. En önemli aroma bileşiği amigdalindir ve meyvenin keskin bir şekilde kokmasına neden olmaktadır (Oszmianski ve Wojdylo 2005, Kulling ve Rawel 2008, Kokotkiewicz vd. 2010, Denev vd. 2012, Ochmian vd. 2012, Jurikova vd. 2017, Sidor ve Gramza-Michałowska 2019, Özdemir ve Eroğlu Özkan 2020, Jurendic ve Šcetar 2021, Ekiert vd. 2021, Ren vd. 2022). Bu tür, üzüksü meyveler içerisinde antosiyanin ve fenolik bileşikler bakımından en yüksek değere sahip olan meyve türüdür. Bu nedenle aronyaya “sağlık meyvesi”, “mega meyve”, “güç meyvesi” ve “süper meyve” de denilmektedir (Zheng ve Wang 2003, Wu vd. 2004, Benvenuti vd. 2004, Jakobek vd. 2007, Tarko vd. 2009, Hwang vd. 2014). Aronyanın güçlü antioksidan özelliği nedeniyle insan sağlığı üzerine faydalarını belirten pek çok çalışma mevcuttur (Gasirowski vd. 1997, Kulling ve Rawel 2008, Kokotkiewicz vd. 2010, Denev vd. 2012, Jurikova vd. 2017, Milutinović vd. 2019, Sidor vd. 2019, King ve Bolling 2020, Ekiert vd. 2021, Hawkins vd. 2021, Jurendic ve Šcetar 2021, Zhang vd. 2021, Ren vd. 2022).

1.3.2 Kullanım alanları

Aronya meyvesinin tadı, yüksek tanen ve düşük şeker içerdiğinden dolayı acı ve buruktur. Bu nedenle sofralık tüketimde pek tercih edilmemektedir (Jurikova vd. 2017). Bu meyve Polonya’da esas olarak meyve suyu üretiminde kullanılmaktadır (Ochmian vd. 2012). Meyveler nakliye sırasında oluşan mekanik hasara karşı dayanıklıdır. Meyvenin pektin içeriği düşük olduğu için endüstriyel işlemlere son derece uygundur (Brand 2010, Jurikova vd. 2017). Gıda endüstrisinde kullanım alanları reçel, pekmez, likör, şarap, çay, ekmek, kek ve pasta üretimidir. Ayrıca içeriğindeki yüksek antosiyanin miktarından dolayı gıda boyası, dondurma ve meyveli yoğurt yapımında da kullanılmaktadır. Genellikle elma, kıvılcık, üzüm ve siyah frenk üzümü gibi diğer meyve sularıyla karıştırılarak tüketilmektedir. Yüksek antioksidan özelliğinden dolayı ekstraktı, ilaç endüstrisinde şurup ve gıda takviyesi olarak kullanılmaktadır. Aynı zamanda kozmetik sanayinde çeşitli ürünlerin bileşiminde de yer alabilmektedir. Salkım şeklindeki çiçekleri ve meyveleri, sonbaharda yapraklarının kırmızı renge dönmesiyle hoş bir görüntü oluşturmaktan dolayı park ve bahçelerin peyzaj düzenlemelerinde tercih edilmektedir (Brand 2010, Jurikova vd. 2017, Sidor ve Gramza-Michałowska 2019, Şahin ve Erdoğan 2022).

1.3.3 Dünyada ve Türkiye’de yetiştiriciliği

Dünyada endüstriyel ölçekte aronya yetiştiriciliği 1900’lü yılların başlarında Sovyetler Birliği’nde Altay Dağları’nda, Moskova ve Petersburg bölgelerinde popüler hale gelmiştir. II. Dünya Savaşı’ndan sonra 1946 yılından itibaren Avrupa ve Rusya’da yaygınlaşmaya başlamış, 1970’lerde ilk aronya çeşidi olan “Nero” o dönemde Çekoslovakya üzerinden Doğu Almanya’ya getirilmiş ve 1980’lerin ortalarında Sovyetler Birliği’nde 17.800 hektarlık bir alanda yetiştirilmeye başlanmıştır. Sovyetler Birliği tarafından 1976 yılında Japonya’ya tanıtılmış, 1980’li yıllarda Bulgaristan, Çekoslovakya, Almanya, Polonya ve Slovenya gibi eski Doğu Bloğu ülkelerinde ve Danimarka, Finlandiya, İsveç gibi İskandinav ülkelerinde yetiştirilmeye başlanmıştır (Kokotkiewicz vd. 2010, Hornig 2020, Ekiert vd. 2021, Şahin ve Erdoğan 2022).

Aronya üretim miktarı ve alanı ile ilgili Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün (FAO) istatistiki verileri bulunmamakla birlikte dünyada aronya üretiminde lider ülke yaklaşık 14.000 hektarlık alanda üretim yapan ve dünya üretiminin %75'ini karşılayan Polonya'dır (Anonymous 2022). Üretimin yoğun olduğu diğer ülkeler ise Almanya, ABD, Finlandiya ve Norveç ve Rusya'dır (Jurikova vd. 2017, Poyraz Engin 2020, Şahin ve Erdoğan 2022).

Türkiye'de aronya ile ilgili ilk çalışmalar 2012 yılında Yalova'da Atatürk Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü'nde başlatılmıştır. Yetiştiricilik çalışmalarına 2017 yılında başlanmış ve Yalova, Tokat, Edirne ve Malatya illerinde bu meyve türü ile ilgili TAGEM (Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü) projeleri yürütülmüştür. İlk küçük ölçekli aronya bahçeleri 2014 yılında Yalova ve Kırklareli'nde kurulurken büyük ölçekli bahçeler 2017 yılında Kırklareli'nde 60 da ve Manisa'da 50 da olarak kurulmuştur. Bugün ülkemizin pek çok bölgesinde aronya yetiştiriciliği yapılmaktadır (Poyraz Engin 2020). Aronya meyvesi Yalova'da 2021 yılında "Yalova Aronyası" adıyla Coğrafi İşaret olarak tescil edilmiştir (Anonim 2021). Ülkemizde aronya başta Marmara Bölgesi olmak üzere birçok bölgede ve ilde yetiştirilmektedir (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1 Türkiye'de aronya yetiştiriciliğinde öne çıkan iller ve üretim alanları

İller	Üretim Alanı (da)	Kaynak
Kırklareli	1.370	Anonim 2023a
Bursa	1.273	Anonim 2022a
Yalova	471	Anonim 2024a
Tekirdağ	450	Anonim 2023b
Balıkesir	297	Anonim 2022b
Çanakkale	246	Anonim 2022c
Edirne	220	Anonim 2023c
Ankara	197	Anonim 2024b
Manisa	178	Anonim 2023d
Samsun	100	Anonim 2022d
Gümüşhane	71	Anonim 2023e
Ordu	60	Anonim 2022e
Kocaeli	10	Anonim 2022f

Kırklareli ili, 1.370 da dikim alanı ile bu bakımdan ilk sırada yer almaktadır ve dikim alanı her geçen gün artmaktadır (Anonim 2023a). Bursa ili 1.273 da alan ile 2. sırada yer almaktadır. Bursa'nın aronya üretim miktarı 677 ton olarak bildirilmektedir (Anonim 2022a). Bu bölgede Yalova ve Tekirdağ illerinde 400 da, Balıkesir, Çanakkale ve Edirne illerinde 200 da'dan daha büyük alanda aronya yetiştiriciliği yapılmaktadır. İç Anadolu Bölgesi'nde Ankara (197 da), Ege Bölgesi'nde Manisa (178 da), Karadeniz Bölgesi'nde Samsun (100 da), Gümüşhane (71 da) ve Ordu (60 da) aronya yetiştiriciliğinde öne çıkan diğer illerdir (Çizelge 1.1).

1.3.4 Çoğaltımı

Aronya, generatif ve vejetatif yöntemler ile çoğaltılabilmektedir. Generatif olarak tohumla çoğaltılabilmekte ise de bitkilerin homojen olmaması, gençlik kısırlığının uzun sürmesi ve kuvvetli taç yapısı nedeniyle bu yöntem önerilmemektedir (Litwińczuk 2013). Ancak McKay (2001) "Viking" ve "Nero" gibi kültür çeşitlerinin tohumlarının homojen materyal verdiğini ve bu nedenle tohumla çoğaltılabileceğini ifade etmektedir. Aronya vejetatif olarak yeşil çelik, yarı odun çeliği ve odun çelikleri ile başarılı bir şekilde çoğaltılabilmektedir (Ristvey ve Mathew 2011, Brand 2017). Günümüzde aronya yetiştiriciliğine olan yönelim nedeniyle bu meyve türünde fidan talebi de giderek artmaktadır. Aronya bahçelerinin kurulumunda dikim mesafeleri genellikle sıra arası 3, 4 veya 4.5 m, sıra üzeri 1, 1.5 m olarak uygulanabilmekte, makinalı hasadın ve geniş alanlarda yoğun üretimin planlandığı bahçelerde ise sıra üzeri mesafe 0.6-0.8 m'ye kadar inebilmektedir (Anonymous 2024). Buna bağlı olarak ortaya çıkan yüksek fidan talebinin karşılanmasında yaşanan sorunlar ticari ölçekte etkili çoğaltım tekniklerinin geliştirilmesini gerektirmektedir. Bir doku kültürü tekniği olan mikro çoğaltım, mevsime bağlı kalmadan kısa sürede çok sayıda fidan üretimine olanak sağlayabilen etkin bir çoğaltım yöntemidir. Eksplantın kültüre alınması, alt kültürler ile sürgün çoğaltımı, mikro çeliklerin köklendirilmesi ve bitkiciklerin dış koşullara alıştırılması bu yöntemin ana aşamalarını oluşturmaktadır. Mikro çelikler köklendirme aşamasında in vitro veya ex vitro koşullarda köklendirilebilmektedir. İn vitro köklendirme, alt kültürlerden sağlanan mikro sürgünlerden hazırlanan mikro çeliklerin aseptik koşullarda besin ortamına dikilmesi ve kültürlerin köklenme sürecinde bitki büyütme dolabı veya iklim odasında

tutulması ile gerçekleştirilmektedir. Köklenen mikro çelikler daha sonra nem kontrolü ile yavaş yavaş dış koşullara alıştırılmaktadır. Ex vitro köklendirmede ise mikro çelikler dış koşullarda perlit, vermikulit, kokopit, kaya yünü, torf, kum vb. bitki yetiştirme ortamları ya da bunların karışımlarına dikilmekte ve nem kontrollü koşullara taşınmaktadır. Ex vitro köklendirmede mikro çelikler köklenirken aynı zamanda dış koşullara da alışmaktadır. Her iki yöntemde de köklenmeyi teşvik etmek için oksinler başta olmak üzere büyümeyi düzenleyici maddeler kullanılabilmektedir (Loberant ve Altman 2010, Hartmann ve Kester 2011, Kumar ve Reddy 2011, Bhojwani ve Dantu 2013, Phillips ve Garda 2019). Mikro çoğaltımın köklendirme aşaması yoğun emek gerektiren bir süreçtir. İn vitro koşullarda köklendirmenin, bitki türlerine göre mikro çoğaltım maliyetinin %35-75'ini oluşturduğu bildirilmektedir (Debergh ve Maene 1981). Ex vitro koşullarda köklendirme ise bu maliyeti %71'e varan oranlarda azaltabilmektedir (Ranaweera vd. 2013). Bunun yanı sıra ex vitro köklendirmede kök ve gövde arasındaki vasküler sistem daha iyi geliştiği için bitkicikler in vitro köklenmeye göre daha sağlıklı, stres koşullarına daha dirençli ve yaşama oranı daha yüksek olmaktadır. İn vitro köklendirmede kök yapısı narin ve kırılgan yapıda olup çoğu kez dikim sırasında zarar görebilmektedir (McClelland vd. 1990, Hazarika vd. 2006, George ve Debergh 2008, Bhojwani ve Dantu 2013).

Mikro çoğaltımda bitkiciklerin dış koşullara alıştırılması aşaması (aklimatizasyon) çok önemli diğer bir süreçtir. Bu kapsamda in vitro koşullarda köklendirilmiş bitkicikler dış koşullara maruz bırakıldığında önemli miktarda kayıp meydana gelebilmektedir. İn vitro bitkiciklerin aklimatizasyonu sırasında düşük hayatta kalma oranları, mikro çoğaltımın büyük ölçekli ticari olarak yapıldığı işletmelerde önemli bir sorundur. Nem, bitkiciklerin aklimatizasyonunda ve hayatta kalmasında çok kritik bir rol oynamaktadır (Hazarika vd. 2006, George ve Debergh 2008, Bhojwani ve Dantu 2013). Mikro çelikler in vitro koşullarda besin ortamına ilave edilmiş olan şekerden beslenmekte ve düşük ışık yoğunluğunda tutulmaktadır. Fotosentez yaparak kendi besinini üretmediğinden heterotroftur. İn vitro bitkiciklerin yapraklarında kütikula tabakası gelişmemiştir ve stomalar sürekli açık olup işlevsizdir. Bu nedenle dış koşullara aktarma sırasında hızla su kaybetmektedir. Bu anormallikleri düzeltmek, bitkiciklerin uygun şekilde büyümesini ve hayatta kalmasını sağlamak için nem kontrollü kapalı sistemlerde kademeli olarak dış koşullara alıştırılması gerekmektedir. Bitkiciklerde kütiküler tabaka, stoma fonksiyonu

ve yeni fonksiyonel kökler geliştikçe fotosentetik aktivite artmakta ve bitkiler ototrof hale gelmektedir. İlerleyen süreçte ışık yoğunluğu kademeli olarak yükseltilmektedir (Hazarika vd. 2006, George ve Debergh 2008, Bhojwani ve Dantu 2013, Hartmann ve Kester 2011).

Ex vitro köklendirme yönteminde mikro çeliklerde köklenme ve aklimatizasyon aşamaları birlikte gerçekleşmektedir. Bilinen ex vitro köklendirme yöntemlerinde mikro çeliklerden nem kaybı mist veya fog sistemli seralar, plastik örtüler, bitki yetiştirme dolapları vb. nem kontrollü kapalı sistemler kullanılarak önlenmektedir (McClelland vd. 1990, Hartmann ve Kester 2011, Brand 2017). Oysa yüzen perlit yatağında ex vitro köklendirmede belirtilen sistemler ve yapılara gerek kalmaksızın mikro çelikler kolay, etkin ve ucuz olarak köklendirilebilmektedir (Clapa vd. 2013a). Bu teknikte bir kap içerisindeki suyun yüzeyine aynı hacimdeki perlit eşit olarak yavaşça serilerek su yüzeyinde yüzmesi sağlanmaktadır. Yüzen perlit yatağında perlitin gözenekleri hem su ve hem de hava içerdiğinden uygun bir köklenme ortamı sağlamaktadır. Kaptaki suyun buharlaşmasından dolayı perlit yatağının üstündeki havanın nispi neminin yüksek olması mikro çeliklerden nem kaybını engellemektedir. Mikro çelikler dört haftalık süreçte köklenebilmekte ve aynı zamanda dış koşullara alışıarak sera koşullarına aktarılabilir duruma gelebilmektedir. Bu süreçte kabın içindeki su değiştirilmemekte, eksilen su bir huni yardımıyla perlitin altındaki suya ilave edilmektedir. Yüzen perlit yatağı kullanılarak ex vitro köklendirmede özel ekipmanlara ihtiyaç duyulmamaktadır. Köklendirme ortamı içerisine gübre, bitki büyüme düzenleyici maddeler ve biyostimülatör ilavesine gerek olmamakta, bir kaba çok sayıda mikro çelik dikilebildiği için alandan tasarruf sağlanmaktadır (Clapa vd. 2013a).

Bu tez çalışmasında, “Viking” ve “Nero” aronya çeşitlerinde (*Aronia melanocarpa* (Michx) Elliot) mikro çeliklerin yüzen perlit yatağında ex vitro köklendirilmesi üzerine kontrol ile birlikte farklı IBA (indol bütirik asit) dozlarının etkileri araştırılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Aronyada İn Vitro Köklendirme Çalışmaları

Petrovic ve Jacimovic-Plavšic (1992), aronyanın (*A. melanocarpa*) mikro çoğaltımında aksiller tomurcukları eksplant kaynağı olarak kullanmışlardır. Proliferasyon aşamasında en iyi sürgün çoğaltımı ve gelişimi 0.5 mg/L BAP (benzil amino pürin) + 0.1 mg/L IBA + 0.1mg/L GA₃ (gibberellik asit) katılmış modifiye MS (Murashige ve Skoog) makro elementleri ve vitaminleri ile LP (Long ve Preece) mikro elementlerini içeren besin ortamında belirlemişlerdir. İn vitro köklenme için kontrol uygulaması dışında besin ortamına 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 mg/L IBA ilave edilmiştir. Kontrol uygulamasında köklenmenin gerçekleşmediği çalışmada en yüksek köklenme oranı (%66.67), kök sayısı (2.85 adet/eksplant) ve kök uzunluğu (7.77 mm) 1.5 mg/L IBA uygulamasında belirlenmiştir.

Brand ve Cullina (1992), iki farklı aronya türünün (*A. arbutifolia* ve *A. melanocarpa*) mikro çoğaltımını araştırdıkları çalışmalarında eksplant kaynağı olarak aktif büyüme döneminde aldıkları sürgün uçlarını kullanmışlardır. Başlangıçta sürgün çoğaltımı 4.4 µM (1 mg/L) ve 2.2 µM (0.5 mg/l) BA (benzil adenin) içeren MS ortamında 4 haftada bir 3 kez alt kültüre alınarak yapılmıştır. Proliferasyon aşamasında mikro sürgünler 0.0, 0.4, 2.2, 4.4 ya da 11.1 µM (0.0, 0.01, 0.5, 1.0, 2.5 mg/L) BA ilave edilmiş MS veya WPM (Woody Plant Medium) ortamları üzerinde 8 hafta tutumuştur. Bu aşamada 4.4 veya 2.2 µM BA içeren MS ya da WPM ortamlarında sürgün çoğaltımı sağlanmıştır. MS ortamında yaprak gelişimi daha iyi olmuştur. Araştırmacılar tüm sürgünleri 4.4 µM BA içeren MS ortamında kültüre almış ve elde ettikleri sürgünler ile kökledirme denemesini kurmuştur. İn vitro köklendirme denemeleri için 25 mm uzunluktaki mikro çelikler 4.9 µM IBA (1 mg/L) ilave edilmiş ½ kuvvette MS ortamına dikilmiştir. Altı hafta sonra *A. arbutifolia* türünde in vitro köklenme %87, *A. melanocarpa* türünde sırasıyla %83 olarak bildirilmiştir. Köklenmiş mikro çelikler sera koşullarına taşınmış ve yavaş yavaş ışıklandırılarak ve nem düzeyi azaltılarak dış koşullara alıştırmıştır.

Staniene vd. (1999), aronyanın (*A. melanocarpa*) sürgün ucu ve boğum kültürlerinde 0.75 mg/L BAP ilave edilmiş MS temel besin ortamının sürgün çoğaltımında etkili olduğunu, in vitro köklenmenin 0.5 mg/L IAA (indol asetik asit), NAA (naftalen asetik asit) veya IBA ile teşvik edildiğini bildirmişlerdir. Kültürlerde 4 hafta sonra köklenme oranı %90-94, kök sayısı 5-9 adet/bitki, kök uzunluğu 1-2 cm olarak kaydedilmiştir. Bitkilerin tamamının (%100) dış koşullara alıştığı belirtilmiştir.

Litwińczuk (2002), “Nero” ve “Galicjanka” aronya çeşitlerinde ana bitkilerin etiolleştirilmiş sürgünlerinden hazırladığı boğumları iki kez seyreltilmiş MS ortamında kültüre almıştır. Besin ortamına sakaroz (20 g/L), glukoz (5 g/L), fruktoz (5 g/L) PVP 360 (100 mg/L), PPM (Plant Preservative Mixture) (0.5 ml/L), BA (0.5 mg/L), IBA (0.05 mg/L) ilave edilmiş ve ortam 5 g/L agar ile katılaştırılmıştır. Proliferasyon aşamasında Ca^{2+} , Mg^{2+} ve Fe^{2+} içeriği $\frac{1}{2}$ olan ve BA (1.0 mg/L), IBA (0.05 mg/L), 30 g/L sakaroz ilave edilmiş MS temel besin ortamı kullanılmıştır. Alt kültürlerin başlangıcında çift fazlı ortam için katılaştırılmış besin ortamının (50 mL/kavanoz) üzerine aynı içerikteki sıvı besin ortamı (10 mL/kavanoz) dökülmüştür. Çift fazlı ortam sürgün uzamasına etki ederken sürgün çoğaltımına önemli bir etkisi bulunmamıştır. “Nero” çeşidinin sürgünleri “Galicjanka” çeşidine göre çift fazlı ortamda daha uzun bulunmuştur. İn vitro köklendirme denemelerinde besin ortamı olarak arginin, prolin veya kasein hidrolizat (100 ve 200 mg/L), 0.05 mg/L IBA ve 20 g/L sakaroz ilave edilmiş ve 6 g/L agar ile katılaştırılmış iki kez seyreltilmiş MS besin ortamı kullanılmıştır. Değerlendirme 3 hafta sonra yapılmıştır. Arginin, prolin veya kasein hidrolizat ilave edilmiş ortamlardan 200 mg/L kasein hidrolizat içeren dışındaki tüm ortamlarda in vitro köklenme oranı yüksek (%83.8-%93.8) bulunmuştur. Uygulamalara göre kök sayısı 3.7-4.8 adet ve en uzun kök uzunluğu 0.6-1.5 cm arasında belirlenmiştir. Arginin uygulaması kök uzunluğunu artırmıştır. Çalışmada “Nero” çeşidinde in vitro köklenme oranı %80, in vitro bitkilerin dış koşullara adaptasyon oranı %50.7’dir. Sonuçta bitki elde etme oranı %40.6’dır.

Kwak vd. (2015), “Nero”, “Purple”, “Mackenzie”, “Viking” ve “Odamamachiko” aronya çeşitlerinin (*A. melanocarpa*) mikro çoğaltımında en yüksek sürgün çoğaltımını 1 mg/L zeatin içeren WPM ortamında elde etmişlerdir. Çalışmada in vitro köklenme için $\frac{1}{2}$ kuvvetindeki WPM besin ortamına ilave edilmiş 0, 0.5, 1.0, 3.0 ve 5.0 mg/L IBA veya

NAA dozları esas alınmıştır. Altı hafta sonra 0 mg/L IBA ya da NAA uygulamasında köklenme oranı %80, kök sayısı 1.6 adet/bitki olarak kaydedilmiştir. En yüksek değerler 3.0 mg/L IBA uygulamasında sırasıyla %98 köklenme oranı ve 8.8 adet/bitki kök sayısı olarak belirlenmiştir. IBA, NAA'e göre köklenme üzerine daha etkili bulunmuştur. Çeşitlerin köklenme performansının 1.0 mg/L IBA uygulamasında 4 hafta sonra değerlendirildiği çalışmada köklenme oranı %60 ile %88, kök sayısı 2.9-4.7 adet/bitki arasında değişmiştir. Bu değerler "Viking" çeşidinde sırasıyla %80 ve 4.4 adet/bitki, "Nero" çeşidinde %76 ve 4.3 adet/bitki olarak belirtilmiştir. Aklimatizasyon aşamasında 4 hafta sonra çeşitlerde hayatta kalma oranları %92-%100, sürgün uzunluğu 9.4-10.6 mm, sürgün kalınlığı 2.6-2.7 mm, yaprak sayısı 15.3-16.8 adet arasında bulunmuştur. Bu değerler "Viking" çeşidinde sırasıyla %100, 10.6 mm, 2.7 mm ve 15.3 adet, "Nero" çeşidinde %98, 10.4 mm, 2.6 mm ve 16.2 adettir.

Sivanesan vd. (2016), aronyada (*A. melanocarpa*) boğum ekplantlarının kullanıldığı çalışmalarında en yüksek sürgün çoğaltma oranını (%98.9), 0.5 mg/L TDZ (thidiazuron) + 0.1 mg/L NAA içeren MS ortamında elde etmişlerdir. İn vitro köklendirmede ise ½ MS ortamına 0.0, 0.25, 0.5, 1.0 veya 2.0 mg/L dozlarında ilave edilen IBA ve NAA'nın etkilerini araştırmışlardır. Genel olarak IBA'nın NAA'ya göre daha etkili bulunduğu çalışmada oksin bulunmayan ortamda köklenme sağlanamamıştır. En iyi köklenme sonucu 1.0 mg/L IBA uygulamasında elde edilmiştir. Bu uygulamada 30 günlük kültürlerde köklenme oranı %100, kök sayısı 10.6 adet/sürgün, kök uzunluğu 5.4 cm olarak kaydedilmiştir. İn vitro bitkiler dış koşullara alıştırıldıkları 4. haftanın sonunda serada yapılan gözlemlerde aklimatizasyon oranı %100 olarak belirlenmiştir.

Brand (2017), aronya mikro çeliklerinin 1 mg/L IBA ilave edilmiş ½ MS besin ortamında in vitro koşullarda köklendirilebileceğini, köklenmiş mikro çeliklerin ortamın ışık seviyesini giderek artırarak ve nem seviyesini 14 gün boyunca yavaş yavaş azaltarak dış koşullara alıştırılabileceğini bildirmiştir.

Shuang vd. (2018), aronya (*A. melanocarpa*) sürgünlerini in vitro koşullarda 1.0 mg/L IBA içeren ½ kuvvetindeki MS ortamında %100 oranında köklendirmişlerdir. Bitkicikler

torf, çam iğneleri ve çakıl (2:1:1) karışımına dikilerek dış ortama başarıyla (%96) alıştırılmıştır.

Almocar ve Pırlak (2018), “Viking” aronya çeşidinin yarı odunlaşmış sürgünlerinden hazırladıkları tek gözlü boğum kültüründe proliferasyon ve köklenme aşamalarında MS temel besin ortamını kullanmışlardır. Çalışmada proliferasyon aşamasında besin ortamına katılan 1.0 mg/L BA + 0.02 mg/L IAA + 0.1 mg/L GA₃ ya da 2.0 mg/L BA + 0.01 mg/L IAA + 0.1 mg/L GA₃ uygulamaları öne çıkmıştır. Köklenme aşamasında farklı IBA dozlarının (0.0, 1.0, 2.0, 3.0 mg/L) köklenme üzerine etkileri 30 günlük kültürlerde incelenmiştir. İn vitro bitki başına kök sayısı kontrolde (9.5 adet), IBA uygulamalarına göre daha yüksek bulunmuş olmakla birlikte 1.0 mg/L (8.0 adet) ve 2.0 mg/L (8.44 adet) IBA ile arasındaki farklılık istatistiksel anlamda önemli olmamıştır. Kök uzunluğu bakımından kontrol (22.61 mm) ve 1.0 mg/L IBA (18.03 mm) daha iyi sonuç verirken bitki boyu 2.0 mg/L (33 mm) ve kontrol (28.98 mm) uygulamalarında en iyi sonucu vermiştir. Kontrol uygulamasındaki köklerin, IBA uygulamalarına göre daha cılız kaldığını bildirmiştir.

Brandová vd. (2019), üç farklı aronya türünde yaptıkları araştırmada ½ MS ortamına ilave edilen IAA (1 mg/L), IBA (1 mg/L) ve NAA (1 ve 5 mg/L)’nın in vitro köklenme üzerine etkilerini araştırmışlardır. Köklenme oranı ve kök sayısı üzerine oksinlerin etkisi türlere göre değişmiştir. En yüksek köklenme oranı ve bitki başına kök sayısı *A. melanocarpa* türünde (%80, 2.3 adet) 1 mg/L IBA uygulamasında belirlenirken *A. arbutifolia* (%100, 3.8 adet) ve *A. prunifolia* (%80, 2.3 adet) türlerinde 1 mg/L NAA ile elde edilmiştir.

Petrova vd. (2019), farklı aronya tür ve çeşitlerinin mikro çoğaltımında proliferasyon aşamasında mineral maddeleri ½ ya da tam kuvvette olan MS temel besin ortamına ilave edilen 0.5, 1.0 ve 1.5 mg/L BAP dozlarının sürgün çoğaltımı üzerine etkilerinin genotiplere göre değişiklik gösterdiğini bildirmişlerdir. Köklenme aşamasında besin ortamına katılan 0.0, 0.5, 1.0 mg/L IAA ya da IBA’nın köklenme üzerine etkilerinin de araştırıldığı çalışmada genotiplere göre kök oluşumunun 0.5 veya 1.0 mg/L IAA ya da IBA uygulaması ile sağlandığı bildirilmiştir. İn vitro bitkilerin aseptik koşullarda hayatta kalma oranının ise %97-99 olduğunu belirtilmiştir.

Çelebi Toprak ve Alan (2020) tarafından “Eastland”, “Nero” ve “Viking” aronya çeşitleri için mikro çoğaltım protokolü oluşturulmuştur. Çalışmada eksplant kaynağı olarak boğum segmentleri kullanılmıştır. Sürgün çoğaltımı aşamasında MS temel besin ortamına 0.7 mg/L BAP ilavesi sürgün sayısını artırmıştır. Köklenme aşamasında WPM + 1 mg/L IBA ve 1/2WPM + 3 mg/L IBA uygulamaları denenmiştir. Her iki uygulamada da köklenme oranı tüm çeşitlerde %100 olarak belirlenirken bitki boyu in vitro koşullarda 3 aylık sürede WPM + 1 mg/L IBA uygulamasında daha yüksek belirlenmiştir. Bu uygulamada bitki boyu “Eastland” çeşidinde 2.09 cm, “Viking” çeşidinde 1.40 cm ve “Nero” çeşidinde 1.91 cm olarak kaydedilmiştir. Bitki boyu değerleri ½ WPM + 3 mg/L IBA uygulamasında çeşitlere göre sırasıyla 1.47 cm, 1.42 cm, 1.22 cm’dir.

Imrak vd. (2021), “Viking” ve “Nero” çeşitleri için aronyada eksplant kaynağı olarak boğum segmentlerini kullandıkları çalışmalarında farklı büyümeyi düzenleyici maddelerin ve besin ortamlarının mikro çoğaltım başarısı üzerine etkilerini araştırmışlardır. “Viking ve Nero” çeşitleri için en iyi sürgün çoğaltımı DKW (Driver and Kuniyuki Walnut) besin ortamına katılan 2 mg/L BAP + 0.5 Kinetin + 0.1 mg/L IBA + 0.1 mg/L GA₃ ortamında belirlenmiştir. Köklenme için ½ kuvvetindeki MS ortamına ilave edilen 2 mg/L IBA + 0.5 mg/L NAA ortamı en iyi sonucu vermiştir. Bu ortamda köklenme oranı %80 olarak kaydedilmiştir.

Borsai vd. (2021), *A. melanocarpa* türünün in vitro çoğaltımı konusunda yaptıkları çalışmada “Nero” çeşidinde sürgün çoğaltma aşamasında farklı temel besin ortamlarını ve sitokininleri denemişlerdir. İki aylık inkübasyon süresi sonunda en yüksek çoğalma oranı %53, %52 ve %49 ile sırasıyla 0.3 mg/L veya 0.5 mg/L BAP ilave edilmiş MS ve 0.5 mg/L BAP katılmış DKW ortamında elde edilmiştir. En fazla sürgün sayısı ise 50.84 adet ile 0.5 mg/L BA içeren MS ortamında bulunmuştur. Çalışmada in vitro köklenme 1 mg/L IBA katılmış modifiye MS ortamında gerçekleştirilmiştir. İn vitro bitkicikler torf + perlit (1:1) ortamı üzerinde laboratuvaradaki mini serada dış koşullara alıştırılmıştır. Çalışmada köklenme oranı %94.64 olarak belirtilmiş ancak bitkiciklerde dış koşullara alışma oranı %68.16 olmuştur.

Polat ve Eskimez (2022), aronyanın mikro çoğaltımında sürgün çoğaltımı ve köklenme üzerine farklı büyüme düzenleyici madde kombinasyonlarının etkilerini “Nero” çeşidinde araştırmışlardır. Eksplant kaynağı olarak sürgün uçlarının kullanıldığı çalışmada en yüksek sürgün çoğaltımı 1 mg/L BAP + 0.02 mg/L IBA + 1 mg/L GA₃ içeren MS ortamında bulunmuştur. Köklendirme, in vitro koşullarda 0.1, 0.5, 1.0, 1.5 veya 2.0 mg/L IBA ilave edilmiş ½ MS besin ortamında gerçekleştirilmiştir. Gözlem ve ölçümler 4 hafta sonra yapılmıştır. Araştırmacılar en iyi köklenme bulgularını 1 mg/L IBA dozunun verdiğini bildirmişlerdir. Bu uygulamada köklenme oranı %90, kök sayısı 13.03 adet/sürgün ve kök uzunluğu 23.26 mm olarak kaydedilmiştir. IBA dozlarının in vitro bitkiciklerin sürgün uzunluğu ve boğum sayısı üzerine etkileri istatistiksel anlamda benzer bulunmuştur. Sürgün uzunluğu 22.63-28.54 mm ve boğum sayısı 11.06-12.15 adet arasında değişmiştir. Dört hafta sonra bitkicikler in vitro koşullardan çıkartılarak fungusit ile muamele edilmiş ve torf ve perlit (2:1) içeren kaplara dikilmiştir. Nem kaybını önlemek için bitkiciklerin etrafı plastik ile sarılmış, delikler açılarak 2-3 haftada iklim odası koşullarına alıştırılmıştır.

Ionela vd. (2022), “Nero” aronya çeşidinin in vitro köklenmesi ve aklimatizasyonu konulu çalışmalarında köklendirmede MS makro, LF mikro ve MS vitaminlerden oluşan temel besin ortamını kullanmışlardır. Bu ortama 0.1 mg/L GA₃, iki farklı IBA dozu (0.2 ve 0.7 mg/L), 32 mg/L sodyum demir EDTA ve 40 g/L glukoz ilave edilmiştir. Araştırmada mikro sürgünlerin alındığı alt kültür (I., II. ve III.) ve IBA dozunun dört hafta sonra köklenme üzerine etkileri incelenmiştir. Köklenme oranı bakımından uygulamalar arasında önemli bir farklılık bulunmamış ve bu değer %79.78 ve %95.0 arasında değişmiştir. Kök sayısı en düşük (3.6 adet/sürgün) I. alt kültür + 0.2 mg/L IBA uygulamasında belirlenmiştir. Kök sayısı 4.0-6.06 adet/sürgün arasında değişen diğer uygulamalar aynı istatistik grupta yer almıştır. Kök uzunluğu bakımından en iyi sonuç 3.19 cm ile III. alt kültür + 0.2 mg/L IBA’da saptanmıştır. Ayrıca araştırmacılar in vitro bitkiciklerin aklimatizasyonu için torf+çiftlik gübresi+kum (1:2:1), kokopit, kaya yünü ya da perlit ortamlarını denemişlerdir. İn vitro koşullardan çıkartılan bitkicikler bu ortamların doldurulduğu viyollere dikildikten sonra sera koşullarına taşınmıştır. Yüksek bağıl nemin korunması için viyoller şeffaf polietilen örtü altına alınmış, her gün su püskürtülmüş ve haftada 2-3 kez sulanmıştır. Çalışmada aklimatizasyon oranı %90 ile en

yüksek perlit ortamında belirlenmiştir. Bu ortam üzerinde sürgün uzunluğu 5.74 cm, ortalama yaprak sayısı 10.09 adet/bitki olarak bildirilmiştir.

Jakab vd. (2022), “Nero”, “Melrom” ve “Galicjanka” çeşitleri ile aronyada mikro çoğaltım protokolü geliştirmeyi amaçlamışlardır. Genç sürgünlerden hazırlanan tek boğumlu eksplantlar dezenfeksiyon aşamalarından sonra oksidasyona karşı ilk inokülasyon işlemi olarak 0.15 g/L sitrik asit ve 0.1 g/L askorbik asit içeren antioksidan solüsyonda tutulmuştur. Tek boğumlu eksplantların sürdürülmesi için besin ortamı olarak 0.7 mg/L BAP + 0.3 mg/L GA₃ + 36.7 mg/L FeNaEDTA ve meristem oksidasyonunu önlemek amacıyla 0.5 mg/L PVP (polivinilpirolidon) ilave edilmiş WPM besin ortamı kullanılmıştır. Sürgünler bu ortam üzerinde 25°C’de 4-5 günde sürmüş, sürgün uçları kültür başlangıcı için 0.7 mg/L BAP + 0.5 mg/L GA₃ + 0.5 mg/L PVP + 50 mg/L askorbik asit ile desteklenmiş WPM ortamında kültüre alınmıştır. Aynı ortam üzerinde 3 kez alt kültür yapılmıştır. Köklendirme aşamasında 40 mg/L phloroglucinol, 30 g/L sakaroz ve 5.8 g/L fitoagar içeren WPM temel besin ortamı esas alınmıştır. Bu ortama 0.5 mg/L IBA + 1.2 g/L aktif kömür ya da 1.0 mg/L IBA ilave edilmiştir. Farklı uygulamaların kök uzunluğu üzerine etkisi “Nero” ve “Melrom” çeşitlerinde istatistiksel anlamda benzer bulunurken “Galicjanka” çeşidinde 0.5 mg/L IBA + 1.2 g/L aktif kömür uygulaması, 1.0 mg/L IBA uygulamasına göre daha iyi sonuç vermiştir. “Nero”, diğer çeşitlere göre daha uzun köklere sahip olmuştur. Bu çeşitte ortalama kök uzunluğu 2.844-2.656 cm olarak bildirilmiştir. Araştırmacılar, aktif kömürün köklenme üzerine olumlu etkisinin olduğunu, aktif kömür ve düşük dozda IBA’nın yüksek IBA dozuna göre köklenmeyi iyileştirdiğini belirtmişlerdir. Bitkicikler daha sonra toprak, perlit, kum (1:1:1) karışımına dikilip dış koşullara alıştırılmıştır.

Demirel vd. (2023), “Nero” aronya çeşidinde eksplant olarak 3-4 yaşlı bitkilerden aldıkları koltuk altı tomurcukları kullandıkları çalışmalarında in vitro köklendirmede farklı temel besin ortamları (MS ve WPM) ve IBA dozlarının (0, 0.5, 1.0, 1.5 ve 2.0 mg/L) etkilerini 60 günlük kültürlerde incelemişlerdir. Sürgün başına ortalama kök sayısı ve sürgün uzunluğu bakımından WPM ortamı (25.68 adet ve 57.95 mm), MS ortamına (20.27 adet ve 49.34 mm) göre daha iyi sonuç vermiştir. Kök sayısı 2.0 mg/L (31.67 adet) ve 1.0 mg/L (29.33 adet) IBA dozlarında, sürgün uzunluğu da 2.0 mg/L IBA (66.60 mm)

uygulamasında diğerlerine göre önemli düzeyde daha yüksek bulunmuştur. Çalışmada en uzun kök uzunluğu bakımından ise besin ortamı x IBA dozları arasındaki etkileşim önemli bulunmuştur. En yüksek en uzun kök uzunluğu değeri 97.93 mm ile 57.77 mm arasında değişmiştir.

2.2 Aronyada Ex Vitro Köklendirme Çalışmaları

Brand ve Cullina (1992), *A. arbutifolia* ve *A. melanocarpa* aronya türlerinin mikro çoğaltımında 25 mm uzunluktaki mikro çelikleri steril olmayan koşullarda nemlendirilmiş sfagnum yosunu ve perlit (3:1) karışımına dikmişlerdir. Altı hafta sonra *A. arbutifolia* türünde ex vitro köklenme oranını %96 ve *A. melanocarpa* türünde %95 olarak bildirmişlerdir.

Litwińczuk (2002), “Nero” ve “Galicjanka” aronya çeşitlerinde in vitro köklendirmenin yanı sıra ex vitro köklendirme çalışmasında 2 cm uzunluğundaki mikro sürgünleri 0, 1.5 ve 3.0 g/L IBA solüsyonuna batırılıp perlit + torf (1:1) ortamına dikmiştir. Çeşitli gübreler ile topraktan ve yapraktan gübreleme yapılmıştır. Çalışmada ex vitro köklenme oranları 0, 1.5 ve 3.0 g/L IBA uygulamalarında sırasıyla %70.4, %76.9 ve %68.5 olarak gerçekleşmiş ve uygulamalar arasında önemli bir farklılık belirlenmemiştir. Uygulamalardan 7 hafta sonra bitki boyu en yüksek 1.5 ve 3.0 g/L IBA dozlarında 27.0 ve 26.1 mm, 18 hafta sonra 61.8 ve 60.5 mm olarak saptanmış ve IBA'nın bitkilerin büyüme ve gelişimini teşvik ettiği bildirilmiştir. Ex vitro köklendirmede köklenme ve dış koşullara alışma birlikte gerçekleştiğinden bitki elde etme başarısı %68.5 olarak belirtilmiştir. Araştırmacı, ex vitro köklenme ile bitki elde etme başarısının in vitro köklenmeye göre yaklaşık %20 oranında daha fazla olduğunu, ex vitro köklendirme tekniğinin daha kolay ve ucuz olduğu için aronyanın mikro çoğaltımında önerildiğini dile getirmiştir.

Brand (2017), aronya mikro çeliklerinin steril olmayan nemli bir ortamda 10-21 günlük bir süreçte kolay bir şekilde köklendiğini, mikro çeliklerin 1000 ppm talk IBA'ya batırılmasının başarıyı artırdığını belirtmiştir. Bitkiciklerin, özellikle gün uzunluğunun ve ışık seviyesinin artmaya başladığı kış sonu ilkbahar başlarında seraya aktarılması ile hızla

geliştiği, ticari üretimde steril olmayan koşullarda köklenmenin daha ideal olduğu da vurgulanmıştır.

Borsai vd. (2021), *A. melanocarpa* türünün in vitro çoğaltımında mikro çekiklerin ex vitro köklendirilmesinde torf + perlit (1:1; v:v) ortamını kullanmışlardır. Köklendirmenin laboratuvardaki mini serada yapıldığı çalışmada köklenme ve aynı zamanda dış koşullara alışma oranı %94.0 olarak bildirilmiştir.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu tez çalışması, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Biyoteknoloji II Laboratuvarı'nda 2022-2024 yılları arasında yürütülmüştür.

3.1 Materyal

Bu çalışmada bitkisel materyal olarak “Nero” ve “Viking” aronya çeşitlerinin (*A. melanocarpa* (Michx) Elliot) (Şekil 3.1) mikro sürgünlerinden hazırlanan mikro çelikler kullanılmıştır.



Şekil 3.1 Denemelerde kullanılan “Viking” ve “Nero” aronya çeşitlerinin ana bitkileri

“Viking” ve “Nero”, dünyada en fazla yetiştirilen iki ticari aronya çeşididir (Jurikova vd. 2017). “Viking”, Finlandiya, “Nero” ise Çekya orijinlidir (Ochmian vd. 2012). Her iki çeşidin de saf *A. melanocarpa* çeşidi değil, *Aronia x Sorbus* hibriti olduğu bildirilmektedir (Leonard 2011). Bu çeşitlerin “Coğrafi İşareti” 2021 yılında Yalova İl Tarım ve Orman Müdürlüğü tarafından “Yalova Aronyası” adıyla tescil edilmiştir (Anonim 2021). “Viking” çeşidi 2.2-2.5 boyunda ve dik olarak gelişen, dip sürgün sayısı 30-40 adet olan, “Nero” çeşidi ise 1.8-2.0 m boyunda, “Viking” çeşidine göre daha yatay büyüyen, daha

az sayıda dip sürgünü veren bitkilere sahiptir (Anonim 2021). Bu çeşitlerin bitkileri çok gövdeli ve çalı formundadır. Her iki çeşit de kendine verimlidir (Anonymous 2013). Her iki aronya çeşidinin farklı topraklara adaptasyon yeteneği de yüksektir. Diğer meyve türlerinin çoğuna göre yetiştirilmesi daha kolay, hastalıklara ve zararlılara karşı daha dirençlidir (Anonymous 2013). Bitkiler ekonomik anlamda 2-3 yaşından itibaren ürün vermeye başlamaktadır. Tam verime 6-7 yaşında ulaşmakta ve verimlilik 30 yıl kadar devam edebilmektedir (Anonymous 2013, Poyraz Engin 2020, Anonim 2021). Yalova koşullarında tam çiçeklenme tarihi yıllara göre Nisan sonu-Mayıs başı, hasat zamanı Ağustos ortası-Ekim sonudur. Meyveleri taze, kurutularak ya da gıda sektöründe farklı alanlarda kullanılmaktadır. Kurutulacak meyvelerin hasadı geciktirilmektedir. Tam çiçeklenmeden hasada kadar geçen gün sayısı 140 gün civarındadır. Tam verim çağında bitki başına 12-15 kg ürün alınabilmektedir. Meyveler, her birisinde 12-30 meyve bulunabilen salkımlar şeklindedir. “Nero” çeşidinin meyveleri yuvarlak, siyah, “Viking” çeşidinin ise basık, mor siyah renktedir. Meyvelerin tanen miktarı yüksek, tadı buruk, hafif tüylüdür. Meyve ağırlığı 1-1.5 g civarındadır. Hasat zamanında suda çözünebilir kuru madde miktarı %16-18 civarında, titre edilebilir asitlik %0.6-0.7’dir (Poyraz Engin 2020).

3.2 Yöntem

3.2.2 Eksplant hazırlığı

Bu çalışmada sürgün ucu kültürü yöntemi esas alınmıştır. Başlangıç aşamasında, dış koşullarda saksı içerisinde bulunan aronya bitkilerinin (Şekil 3.1) aktif büyüme döneminde 05 Mayıs 2022 tarihinde yaklaşık 2-3 cm uzunlukta toplanan sürgün uçları laboratuvara getirilmiş ve önce akan musluk suyu altında 30 dakika yıkanmıştır. Sürgün uçlarının dezenfeksiyonu için toplam klor miktarı %16 (m/v) olan ticari sodyum hipoklorit kullanılarak %15 dozunda 100 mL solüsyon hazırlanmış ve içerisine 2 damla Tween 20 ilave edilmiştir. İçerisinde sürgün uçlarını içeren bu solüsyonun bulunduğu kapaklı kap yatay bir çalkalayıcı üzerine alınarak 15 dakika boyunca çalkalanmıştır. Sürenin sonunda sodyum hipokloritin dokular üzerindeki kalıntısı, sürgün uçlarının steril kabin içerisinde 5’er dakikalık sürelerle 3 kez otoklavlanmış deiyonize su ile çalkalanması ile uzaklaştırılmıştır. Dezenfekte edilmiş sürgün uçları steril kabinde

yaklaşık 1 cm uzunlukta hazırlanarak içerisinde 10 mL başlangıç ortamı bulunan kapaklı payreks cam tüplere (2.5 cm x 15 cm) birer adet dikilmiştir. Dört hafta sonra bu kültürlerden alınan mikro sürgünler, içerisinde 50 mL sürgün çoğaltma ortamı bulunan 250 mL'lik erlenlere 8'er adet dikilmiş ve 4'er hafta arayla alt kültürler alınmıştır. Böylece mikro sürgünlerin çoğaltımı sağlanmıştır (Şekil 3.2). Kùltürler, 16 saat aydınlık ($35 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), 8 saat karanlık fotoperiyodun uygulandığı $25\pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklıktaki iklim odasında tutulmuştur.

Başlangıç ve sürgün çoğaltma aşamalarında besin ortamı olarak içerisinde 0.5 mg/L BA ve 0.3 mg/L GA₃ ilave edilmiş, amonyum nitrat düzeyi 1/3 kuvvetinde olan MS temel besin ortamı kullanılmıştır (Murashige ve Skoog 1962). Besin ortamına %3 sakaroz katılmış, pH'sı 5.7'ye ayarlanmış ve %0.8 agar ilave edilerek katılaştırılmıştır. Besin ortamları 0.12 MPa (megapaskal) basınç altında 121°C 'de 20 dakika otoklavlanmıştır.

Bu çalışmanın bitkisel materyalini oluşturan mikro çelikler, 6. ve 7. alt kültürlerden sağlanan mikro sürgünden hazırlanmıştır. Bu kültürler aseptik olmayan koşullarda laboratuvar ortamında açılmış, in vitro çoğaltılmış mikro sürgün öbekleri besin ortamından alınarak filtre kâğıdı üzerine taşınmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Aronya alt kültürü, alt kültürde çoğaltılmış sürgün öbeği ve mikro çelikler

Mikro eliklerin hazırlanması aşamasında in vitro mikro sürgün ve mikro çeliklerin nem kaybından dolayı zarar görmemesi için gerekli önlemler alınarak işlemler hızlı bir şekilde yapılmıştır. Laboratuvar ortamında steril olmayan koşullarda mikro çelikler sürgün öbeğinden ayrılan sürgünlerin st kısmından büyüme noktası ve etrafındaki 2-3 yaprağı kapsayacak şekilde 1.5-2.0 cm uzunlukta hazırlanmış (şekil 3.2) ve hazırlandıktan hemen sonra köklendirme uygulamalarına kadar bir çalkalayıcı üzerinde su dolu beher içinde muhafaza edilmiştir. Daha sonra mikro çelikler küçük cam kaplar (2.5 cm x 2.5 cm) içerisine 50'şer adet olarak dik pozisyonda yerleştirilmiştir (şekil 3.3). Mikro elikler ile doldurulmuş bu küçük kaplar, nemli bir ortam sağlanması için dip kısmına 2 mm derinlikte su konulmuş bir magenta kabı içerisine alınmış ve kapağı kapatılmıştır (şekil 3.3).



şekil 3.3 IBA uygulamaları öncesi küçük cam kaplar içerisine yerleştirilmiş mikro çelikler ve mikro çelikler ile doldurulmuş cam kapların konulduğu magenta

3.2.2 Ex vitro köklendirme denemeleri

Ex vitro köklendirme yüzen perlit yatağında gerçekleştirilmiştir (Clapa vd. 2013a). Yüzen perlit yatağına dikilmeden önce mikro çeliklere hızlı daldırma yöntemi ile 10 saniye süreyle farklı dozlarda IBA solüsyonları uygulanmış ya da uygulanmamıştır (kontrol). Birinci denemede kontrol dışında IBA'nın 25, 50, 100, 200, 500, 1000 ve 1500 mg/L dozları ve bu denemenin bulgularına göre 2. denemede kontrol dışında IBA'nın 25, 50, 100 ve 200 mg/L IBA dozları esas alınmıştır.

Yüzen perlit yatağının hazırlanması: Öncelikle laboratuvar koşullarında 25 cm x 11 cm genişlik ve derinlikte kare şeklinde 6 litre hacme sahip plastik leğenlerin dış yüzeyi, ileride mikroorganizmaların çoğalmaması için ışığı engellemek amacıyla siyah naylon ile kaplanmıştır. Leğene önce 3 litre çeşme suyu konulmuş ve suyun yüzeyine 3-6 mm çapa sahip 3 litre tarım perliti suya batırmadan yavaş yavaş ve eşit şekilde yayılarak yüzen perlit yatağı hazırlanmıştır. Yüzen perlit yatağının üzerinde leğenin en üst kısmında 3 cm'lik kısmı boş kalmıştır (Şekil 3.4)

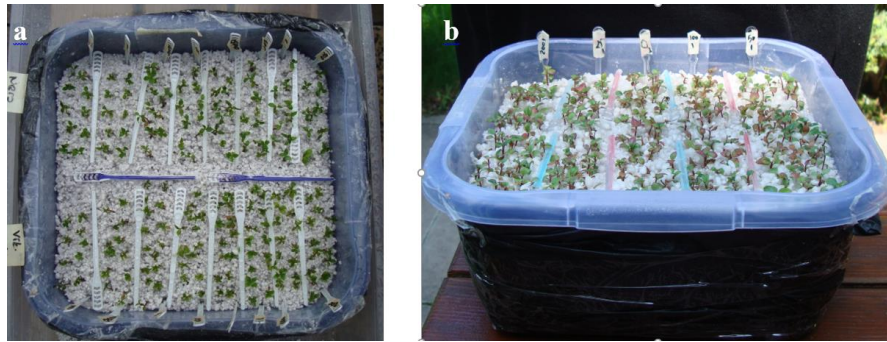


Şekil 3.4 Yüzen perlit yatağının hazırlanması

IBA solüsyonlarının hazırlanması: Birinci denemede 1500 mg/L IBA dozu için 50 mL ve ikinci denemede 200 mg/L IBA dozu için 40 mL stok solüsyon hazırlanmıştır. Bu dozlar için gerekli olan sırasıyla 75 mg ve 8 mg IBA hassas terazide tartılmış ve solüsyonların son hacminin %10'u kadar %96'lık etil alkol ile çözündürülmüştür. Solüsyonlar son hacme deiyonize su ile tamamlanmıştır. Diğer IBA solüsyonlarının hazırlığında bu solüsyonlar kullanılmıştır. Her IBA dozu için 20 mL solüsyon hazırlanmıştır. Birinci denemede 25, 50, 100, 200, 500 ve 1000 mg/L IBA dozları için 1500 mg/L stok solüsyondan sırasıyla 0.33, 0.67, 1.33, 2.67, 6.67, 13.34 mL çekilmiştir. Son hacme (20 mL), içerisinde %10 düzeyinde %96'lık etil alkol bulunan deiyonize su ile tamamlanmıştır. İkinci denemede ise 25, 50, 100 mg/L IBA dozları için 200 mg/L stok solüsyondan sırasıyla 2.5, 5.0, 10 mL çekilmiş ve son hacme (20 mL) içerisinde %10 düzeyinde %96'lık etil alkol bulunan deiyonize su ile tamamlanmıştır.

Mikro çeliklere IBA uygulamalarının yapılması: IBA solüsyonları, mikro çeliklerin yerleştirilmiş olduğu magenta kabı içindeki küçük tüplerin içerisine 5'er mL olarak bir şırınga yardımıyla uygulanmıştır. Böylece mikro çeliklerin 5 mm'lik dip kısmı solüsyona maruz bırakılmıştır. Hızlı daldırma yöntemiyle 10 saniye süreyle yapılan bu uygulamadan sonra mikro çeliklerin tamamı tüpten kâğıt havlu üzerine çıkartılmış, hafifçe kurulanmış ve nem kaybına karşı hemen nemli filtre kâğıdı ile kaplanmış kapaklı petri kaplarına konulmuştur.

Mikro çeliklerin yüzen perlit yatağına dikilmesi: Kontrol ve IBA uygulanmış mikro çelikler, yarısı perlit içerisinde kalacak şekilde dikey pozisyonda yüzen perlit yatağına hemen dikilmiştir (Şekil 3.5a). Yüzen perlit yatağı kültürleri 16 saat aydınlık ($35 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), 8 saat karanlık fotoperiyodun uygulandığı $25 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklıktaki iklim odasında 4 hafta süreyle tutulmuştur. Bu süreçte yüzen perlit yatağının bulunduğu leğendeki su buharlaşma nedeniyle eksilince perlit yatağı leğenin ortasına doğru hafifçe çökmüştür. Bu durumda yüzen perlitin altındaki su katmanına leğenin bir kenarından bir huni yardımıyla çeşme suyu ilave edilmiştir. Bunun dışında iklim odasında nem kontrolü ya da bitkilere bitki besleme vb. bir uygulama yapılmamıştır. Dört hafta sonra mikro çelikler yüzen perlit yatağından çıkartılmıştır (Şekil 3.5b).



Şekil 3.5 Yüzen perlit yatağına yeni dikilmiş (a) ve dikimden 4 hafta sonra (b) aronya mikro çelikleri

Yüzen perlit yatağından söküm sonrasında aronya mikro çeliklerinde incelenen özellikler: Deneme konularına göre mikro çeliklerde canlılık oranı (%), canlı olan mikro çeliklerde köklenme oranı (%), köklenen mikro çeliklerde ortalama olarak kök sayısı (adet/mikro çelik), en uzun kökün uzunluğu (mm), köklenme düzeyi (1=zayıf, 2=orta, 3=iyi, 4=çok

iyi), yaş ve kuru kök ağırlıkları (mg/mikro çelik) belirlenmiştir. Çalışmada köklenme düzeyi görsel olarak derecelendirilmiştir. Köklenme düzeyi 1, mikro çeliğin dip kısmında bir tarafta, düzey 2, iki tarafta, düzey 3, üç tarafta ve düzey 4, 4 tarafta kök oluşumunun varlığını göstermektedir (Alizadeh ve Dumanoğlu 2022). Ayrıca köklenmiş mikro çeliklerde sürgün boyu (mm), yaprak sayısı (adet/mikro çelik), yaş ve kuru sürgün ağırlıkları (mg/mikro çelik) da ölçülmüştür. Çalışmada kök ve sürgün kuru ağırlıkları için kök ve sürgünler 70°C sıcaklıktaki etüvde ağırlıkları sabit düzeye ulaşincaya kadar kurutulmuştur.

3.2.3 Deneme planı ve verilerin istatistik analizi

Bu tez çalışmasında “Viking” ve “Nero” aronya çeşitlerinde ex vitro köklendirme denemeleri “Tasadüf Parselleri Deneme Deseni”ne göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Birinci denemede 8 uygulama (kontrol, 25, 50, 100, 200, 500, 1000 ve 1500 mg/L IBA), ikinci denemede 5 uygulama (kontrol, 25, 50, 100 ve 200 mg/L IBA) yer almıştır. Denemelerde “Viking” çeşidinde her tekerrürde 25 mikro çelik, “Nero” çeşidinde 18 mikro çelik kullanılmıştır. Veriler, varyans analizi yöntemi ile Minitab Paket Programı (MINITAB Inc., Trial Version) ile F testine göre kontrol edilmiş, önemli farklılıklar Duncan testi ile ($P \leq 0.05$) saptanarak farklılıklar harfler yardımıyla ifade edilmiştir. İstatistik analizlerde canlılık ve köklenme oranları değerlerinin (%) açığı karşılıkları kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 “Viking” Aronya Çeşidinde IBA Dozlarının Yüzen Perlit Yatağında Ex Vitro Köklenme ve Sürgün Gelişimi Üzerine Etkileri

“Viking” çeşidinde 1. denemede mikro çeliklerde canlılık oranı, kök sayısı, en uzun kökün uzunluğu, köklenme düzeyi, kök yaş ve kuru ağırlığı bakımından uygulamalar arasında istatistiksel anlamda önemli farklılıklar bulunmuştur. Bununla birlikte köklenme oranı bakımından uygulamalar arasında önemli bir farklılık ortaya çıkmamıştır (Çizelge 4.1). İkinci denemede ise tüm köklenme parametrelerinde uygulamalar arasında istatistiksel anlamda önemli bir farklılık kaydedilmemiştir (Çizelge 4.1).

Kontrol ile birlikte IBA’nın düşük ve yüksek dozlarının geniş bir değişim aralığında incelendiği 1. denemede yüzen perlit yatağında 4 hafta sonra mikro çeliklerde canlılık oranları uygulamalara göre önemli düzeyde farklılıklar göstermiş ve yüksek IBA dozları, mikro çeliklerde canlılık oranını düşürmüştür. Kontrol, 25, 50, 100 ve 200 mg/L IBA dozlarında %85.7 ile %100.0 arasında değişen canlılık oranı, 500, 1000 ve 1500 mg/L IBA dozlarında %43.0 ile %70.2 arasında kaydedilmiştir (Çizelge 4.1). Birinci denemenin bulguları esas alınarak kontrol ile birlikte IBA’nın düşük dozları ile kurulmuş olan 2. denemede ise canlılık oranı ortalama %97.7 olarak kaydedilmiştir (Çizelge 4.1).

“Viking” çeşidinde canlı kalan mikro çeliklerin köklenme oranları bakımından 1. ve 2. denemelerde tüm değerler istatistiksel anlamda benzer bulunmuştur. Köklenme oranları 1. denemede ortalama %82.5, 2. denemede ise ortalama %99.7 olarak kaydedilmiştir. Köklenme oranları 2. denemede daha yüksek oranlarda gerçekleşmiştir (Çizelge 4.1, Şekil 4.1, 4.2).

Mikro çeliklerde kök sayısı ise 1. denemede istatistiksel anlamda önemli bir farklılıkla 200 mg/L IBA (8.0 adet), kontrol (7.5 adet) ve 50 mg/L IBA (6.9 adet) uygulamalarında diğerlerine göre daha yüksek kaydedilmiştir (Çizelge 4.1, Şekil 4.1). Bu yönden en düşük değerler (3.9-4.1 adet) özellikle IBA’nın yüksek dozlarında belirlenmiştir (Çizelge 4.1, Şekil 4.1). Bununla birlikte 2. denemede mikro çelik başına kök sayısı bakımından

uygulamalar arasında istatistiksel anlamda bir farklılık bulunmamış ortalama 6.2 adet/mikro çelik olarak kaydedilmiştir (Çizelge 4.1, Şekil 4.2).

Çizelge 4.1 “Viking” aronya çeşidinde IBA dozlarının yüzen perlit yatağında mikro çeliklerin ex vitro köklenmesi üzerine etkileri* (ortalama±standart hata)

Uygulama	Canlılık Oranı (%)	Köklenme Oranı (%)	Kök Sayısı (adet/mikro çelik)	En Uzun Kökün Uzunluğu (mm)	Köklenme Düzeyi (1-4) ^a	Kök Yaş Ağırlığı (mg/mikro çelik)	Kök Kuru Ağırlığı (mg/mikro çelik)
1. Deneme							
Kontrol	93.0±3.9 a ^b	91.9±4.8	7.5±0.4 ab	31.2±5.3 a	2.9±0.1 a	18.0±1.1 a	1.2±0.1 a ^a
25 mg/L IBA	85.7±7.1 abc	88.7±8.2	6.0±0.8 bcd	23.0±0.1 abc	2.4±0.2 ab	10.7±2.9 bc	0.8±0.1 bc
50 mg/L IBA	88.1±11.9 ab	95.2±4.8	6.9±0.3 abc	27.5±1.7 ab	2.8±0.2 a	13.3±0.0 ab	1.0±0.1 ab
100 mg/L IBA	100.0±0.0 a	74.4±1.6	5.4±0.7 cde	20.5±2.4 bc	2.8±0.1 a	10.6±2.6 bc	0.9±0.0 abc
200 mg/L IBA	85.7±7.1 abc	76.5±8.8	8.0±0.5 a	28.3±2.8 ab	3.0±0.2 a	12.2±1.8 abc	0.9±0.1 abc
500 mg/L IBA	43.0±6.6 d	80.0±20.0	4.1±0.8 de	18.7±1.2 bc	1.7±0.2 bc	6.4±1.0 cd	0.3±0.1 d
1000 mg/L IBA	70.2±8.7 bcd	81.4±9.4	4.1±0.7 de	22.6±4.2 abc	2.2±0.4 ab	8.0±3.4 bcd	0.6±0.2 cd
1500 mg/L IBA	63.1±7.2 cd	72.0±3.2	3.9±0.2 e	13.5±1.7 c	1.3±0.1 c	3.6±0.3 d	0.3±0.1 d
ORT.	-	82.5±3.2	-	-	-	-	-
P	0.005**	0.485 ^{ö.d.}	0.001***	0.013*	0.002**	0.006**	0.001***
2. Deneme							
Kontrol	100.0±0.0	98.7±1.3	6.4±0.6	48.4±2.2	3.5±0.1	23.2±1.1	2.2±0.3
25 mg/L IBA	100.0±0.0	100.0±0.0	6.8±0.5	51.1±1.8	3.6±0.1	27.1±4.3	2.9±0.4
50 mg/L IBA	98.6±1.4	100.0±0.0	6.1±0.3	50.6±2.3	3.4±0.1	24.5±0.0	2.3±0.2
100 mg/L IBA	94.5±3.5	100.0±0.0	5.8±0.2	44.8±2.2	3.4±0.1	22.9±2.4	2.3±0.3
200 mg/L IBA	95.5±4.5	100.0±0.0	6.0±0.6	46.8±1.1	3.3±0.1	21.6±1.8	2.1±0.2
ORT.	97.7±1.2	99.7±0.3	6.2±0.2	48.3±1.0	3.4±0.1	23.9±0.8	2.4±0.1
P	0.420 ^{ö.d.}	0.452 ^{ö.d.}	0.569 ^{ö.d.}	0.178 ^{ö.d.}	0.337 ^{ö.d.}	0.305 ^{ö.d.}	0.429 ^{ö.d.}

* IBA, hızlı daldırma yöntemiyle 10 saniye uygulanmıştır.

^a Köklenme düzeyi, 1 = zayıf, 2 = orta, 3 = iyi, 4 = çok iyi.

^b Duncan testine ($P \leq 0.05$) göre her sütunda aynı harflerin verildiği uygulamalar arasında istatistiksel anlamda önemli bir farklılık bulunmamaktadır.

^{ö.d.} F-testine göre farklılıklar istatistiksel anlamda önemli değil, *: $P \leq 0.05$, **: $P \leq 0.01$ ve ***: $P \leq 0.001$ düzeyinde önemli.



Şekil 4.1 “Viking” aronya çeşidinde mikro çeliklerin yüzen perlit yatağında ex vitro köklenmesi üzerine kontrol, düşük ve yüksek IBA dozlarının etkisi (1. deneme)



Şekil 4.2 “Viking” aronya çeşidinde mikro çeliklerin yüzen perlit yatağında ex vitro köklenmesi üzerine kontrol ve düşük IBA dozlarının etkisi (2. deneme)

“Viking” çeşidinde mikro çeliklerde en uzun kökün uzunluğu bakımından 1. denemede uygulamalar arasındaki farklılık önemli bulunmuştur. En yüksek değerler kontrolün yanında IBA’nın düşük ve yüksek dozlarında ortaya çıkabilmiştir. Kontrol, 200, 50, 25 ve 1000 mg/L IBA uygulamalarında istatistiksel anlamda en yüksek değerler (31.2-22.6 mm/mikro çelik) elde edilmiştir (Çizelge 4.1). İkinci denemede ise en uzun kökün uzunluğu bakımından uygulamalar arasında istatistiksel anlamda önemli bir farklılık belirlenmemiştir. Bu denemede en uzun kökün uzunluğu ortalama 48.3 mm/mikro çelik olarak kaydedilmiştir (Çizelge 4.1).

Köklenme düzeyi (1-4) yönünden 1. denemede yine istatistiksel anlamda en yüksek değerler (3.0-2.2) kontrol ile birlikte IBA’nın 25, 50, 100, 200 mg/L düşük dozlarında ve 1000 mg/L yüksek dozunda belirlenmiştir. Bu denemede 500 ve 1500 mg/L IBA dozları

1.3-1.7 arasında daha düşük köklenme düzeylerine sahip olmuştur. İkinci denemede uygulamalar arasında önemli bir farklılık ortaya çıkmamış ortalama 3.4 olarak kaydedilmiştir (Çizelge 4.1, Şekil 4.1, 4.2).

Kök yaş ağırlığı bakımından da 1. denemede uygulamalar arasında önemli farklılıklar saptanmış, kontrol, 50 ve 200 mg/L IBA dozları en yüksek değerlere sahip olmuştur. IBA'nın yüksek dozlarında kök yaş ağırlığı daha düşük belirlenmiştir (3.6-8.0 mg/mikro çelik). Çizelge 4.1'de de görülebileceği gibi kök yaş ağırlığı uygulamalara göre 1. denemede, 2. denemeye göre daha düşük değerlerde bulunmuştur. İkinci denemede uygulamalar arasındaki farklılık istatistiksel anlamda önemli olmamış ve ortalama kök yaş ağırlığı 23.9 mg/mikro çelik olarak kaydedilmiştir (Çizelge 4.1). Kök kuru ağırlığı bakımından ise 1. denemede uygulamalar arasındaki farklılık istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Genel olarak kontrol ile birlikte IBA'nın düşük dozlarında kök kuru ağırlığı önemli düzeyde daha yüksek olup kontrol, 50 mg/L, 100 mg/L ve 200 mg/L IBA dozlarında en yüksektir (1.2-0.9 mg/mikro çelik). Bu parametre IBA'nın tüm yüksek dozlarında düşük değerlerde bulunmuş ve 0.3-0.6 mg/mikro çelik aralığında ölçülmüştür (Çizelge 4.1). İkinci denemede uygulamalar arasında bu bakımdan önemli bir farklılık ortaya çıkmamış ve ortalama kök kuru ağırlığı 2.4 mg/mikro çelik olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.1).

“Viking” çeşidinde 1. denemede mikro çelik başına yaprak sayısı, sürgün yaş ve kuru ağırlıkları bakımından uygulamalar arasında istatistiksel anlamda önemli farklılıklar bulunurken sürgün boyu yönünden uygulamalar arasında önemli bir farklılık ortaya çıkmamıştır. İkinci denemede ise sadece yaprak sayısı bakımından uygulamalar arasında istatistiksel anlamda önemli bir farklılık kaydedilmiştir (Çizelge 4.2).

Mikro çeliklerde sürgün boyu değerleri her iki denemede de uygulamalara göre istatistiksel anlamda benzer bulunmuştur. Sürgün boyu uygulamaların ortalaması olarak 1. denemede 24.3 mm, 2. denemede ise 19.0 mm olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2 “Viking” aronya çeşidinde IBA dozlarının yüzen perlit yatağında ex vitro köklenmiş mikro çeliklerde sürgün gelişimi üzerine etkileri (ortalama±standart hata)

Uygulama	Sürgün Boyu (mm)	Yaprak Sayısı (adet/mikro çelik)	Sürgün Yaş Ağırlığı (mg/mikro çelik)	Sürgün Kuru Ağırlığı (mg/mikro çelik)
1. Deneme				
Kontrol	24.9±0.5	6.8±0.1 a ^a	48.6±5.3 abc	9.3±0.9 a
25 mg/L IBA	23.8±0.4	6.2±0.2 ab	43.6±1.4 bc	6.8±0.1 c
50 mg/L IBA	24.9±1.1	5.9±0.1 abc	58.1±4.4 a	9.5±0.9 a
100 mg/L IBA	23.8±0.9	5.5±0.2 bc	42.7±1.7 bc	6.9±0.6 bc
200 mg/L IBA	25.6±1.2	7.0±0.3 a	50.8±2.1 ab	8.9±0.7 ab
500 mg/L IBA	22.2±2.5	4.9±0.4 c	44.1±4.1 bc	7.1±1.0 bc
1000 mg/L IBA	24.3±0.9	5.5±0.7 bc	45.8±4.2 bc	6.8±0.5 c
1500 mg/L IBA	24.8±1.3	5.3±0.1 bc	39.8±1.0 c	5.5±0.2 c
ORTALAMA	24.3±0.4	-	-	-
P	0.721 ^{ö.d.}	0.009**	0.028*	0.007**
2. Deneme				
Kontrol	18.7±0.9	4.3±0.1 a	44.4±3.0	11.4±1.2
25 mg/L IBA	19.9±0.8	4.2±0.1 a	49.9±0.5	13.6±1.1
50 mg/L IBA	18.8±0.3	3.9±0.2 ab	43.4±3.1	11.4±0.6
100 mg/L IBA	19.0±0.4	3.5±0.1 b	46.7±4.2	12.1±1.0
200 mg/L IBA	18.5±0.4	4.0±0.2 ab	40.5±2.2	11.0±0.5
ORTALAMA	19.0±0.3	4.0±0.1	45.0±1.4	11.9±0.4
P	0.578 ^{ö.d.}	0.041*	0.274 ^{ö.d.}	0.335 ^{ö.d.}

^a Duncan testine ($P \leq 0.05$) göre her sütunda aynı harflerin verildiği uygulamalar arasında istatistiksel anlamda önemli bir farklılık bulunmamaktadır.

^{ö.d.} F-testine göre farklılıklar istatistiksel anlamda önemli değil, *: $P \leq 0.05$ ve **: $P \leq 0.01$ düzeyinde önemli.

Yaprak sayısı, 1. denemede genel olarak kontrol ve düşük IBA dozlarında (7.0-5.9 adet/mikro çelik), yüksek IBA dozlarına (4.9-5.5 adet/mikro çelik) göre önemli düzeyde daha fazla bulunmuştur (Çizelge 4.2). İkinci denemede yaprak sayısı 100 mg/L IBA (3.5 adet/mikro çelik) dışında diğer uygulamalarda önemli düzeyde daha fazla (3.9-4.3 adet/mikro çelik) kaydedilmiştir (Çizelge 4.2).

Sürgün yaş ağırlığı bakımından 1. denemede en yüksek değerler kontrolün yanında IBA'nın genel olarak düşük dozlarında ölçülmüştür. Mikro çelik başına sürgün yaş

ağırlığı sırasıyla 50 mg/L IBA (58.1 mg), 200 mg/L IBA (50.8 mg) ve kontrol (48.6 mg) uygulamalarında en yüksek olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.2). İkinci denemede sürgün yaş ağırlığı bakımından uygulamalar arasında önemli bir farklılık kaydedilmemiş, uygulamaların ortalaması 45.0 mg/mikro çelik olarak kaydedilmiştir (Çizelge 4.2).

Sürgün kuru ağırlığı yönünden 1. denemede uygulamalar arasındaki farklılık önemli bulunmuş ve en yüksek değerler kontrol (9.3 mg/mikro çelik), 50 (9.5 mg/mikro çelik) ve 200 mg/L (8.9 mg/mikro çelik) IBA uygulamalarında saptanmıştır (Çizelge 4.2). İkinci denemede ise uygulamalar arasında önemli bir farklılık ortaya çıkmamış, uygulamaların ortalaması olarak mikro çelik başına kuru kök ağırlığı 11.9 mg olarak kaydedilmiştir (Çizelge 4.2).

4.2 “Nero” Aronya Çeşidinde IBA Dozlarının Yüzen Perlit Yatağında Ex Vitro Köklenme ve Sürgün Gelişimi Üzerine Etkileri

“Nero” çeşidinde 1. ve 2. denemelerde incelenen tüm parametrelerde kontrol ve IBA uygulamaları arasında istatistiksel anlamda önemli bir farklılık ortaya çıkmamıştır. Bu nedenle değerlendirmeler uygulamaların ortalamaları üzerinden yapılmıştır (Çizelge 4.3, 4.4).

Bu çeşitte mikro çeliklerde canlılık oranı, uygulamaların ortalaması olarak 1. denemede %92.4, 2. denemede %94.6 olarak belirlenmiştir. Canlı kalan mikro çeliklerde ortalama köklenme oranı ise 1. ve 2. denemelerde sırasıyla ortalama %92.1 ve %99.3’dür. Bu parametreler bakımından iki denemeden benzer bulgular elde edilmiştir (Çizelge 4.3).

Köklenen mikro çeliklerde ortalama kök sayısı 1. denemede 8.2 adet ve 2. denemede 4.3 adettir. Bu parametre, 2. denemede, 1. denemeden daha düşüktür. Bununla birlikte 2. deneme ortalama kök uzunluğu daha fazladır (Şekil 4.3 ve 4.4). En uzun kökün uzunluğu 1. denemede ortalama 24.1 mm iken 2. denemede ortalama 60.8 mm’dir. Köklenme düzeyi iki denemede sırasıyla ortalama 2.5 ve 3.4’dür. Köklenme düzeyi, kök uzunluğu ve yapısının daha iyi olması nedeniyle 2. denemede yüksektir (Şekil 4.4). Mikro çelik başına kök yaş ve kuru ağırlıkları da kök uzunluğu ve köklenme düzeyinin iyi olması ile

orantılı olarak 2. denemede daha yüksektir. Mikro çelik başına kök yaş ve kuru ağırlıkları 1. denemede sırasıyla ortalama 10.9 mg ve 0.9 mg, 2. denemede ise 25.2 mg ve 2.3 mg'dır (Çizelge 4.3).

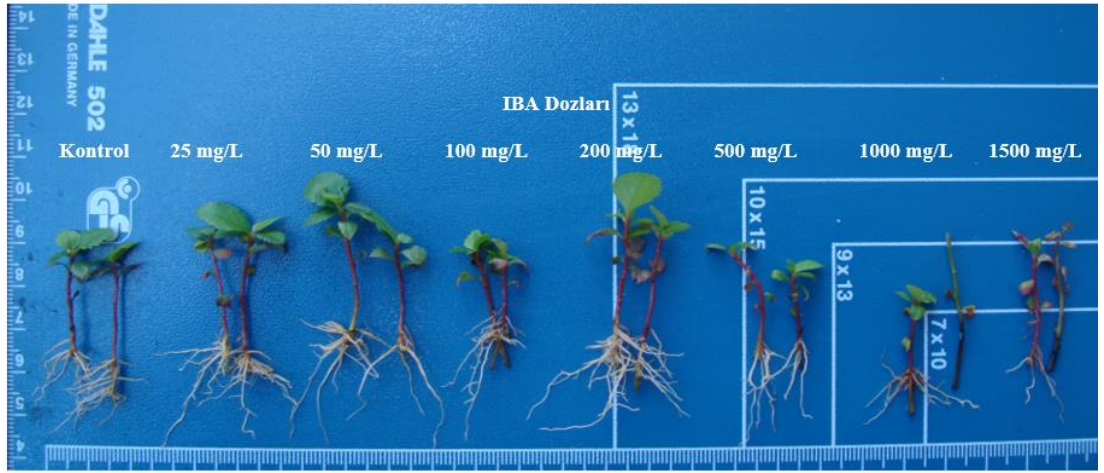
Çizelge 4.3 “Nero” aronya çeşidinde IBA dozlarının yüzen perlit yatağında mikro çeliklerin ex vitro köklenmesi üzerine etkileri* (ortalama±standart hata)

Uygulama	Canlılık Oranı (%)	Köklenme Oranı (%)	Kök Sayısı (adet/mikro çelik)	En Uzun Kökün Uzunluğu (mm)	Köklenme Düzeyi (1-4) ^a	Kök Yaş Ağırlığı (mg/mikro çelik)	Kök Kuru Ağırlığı (mg/mikro çelik)
1. Deneme							
Kontrol	100.0±0.0	93.3±3.3	9.3±1.6	19.8±2.1	2.7±0.1	11.5±2.0	1.0±0.1
25 mg/L IBA	90.0±5.8	100.0±0.0	8.4±1.2	31.1±2.5	3.0±0.1	16.7±2.7	1.4±0.2
50 mg/L IBA	90.0±5.8	96.3±3.7	8.1±0.3	22.4±2.8	2.6±0.1	13.0±0.4	0.9±0.1
100 mg/L IBA	93.3±6.7	85.8±8.7	7.9±0.3	21.7±4.7	2.4±0.3	8.1±3.2	0.6±0.2
200 mg/L IBA	86.7±6.7	85.8±8.7	8.7±0.1	31.0±2.6	2.7±0.3	16.0±4.6	1.2±0.4
500 mg/L IBA	96.3±3.7	89.6±5.8	6.7±1.1	21.1±5.3	2.2±0.5	4.0±1.2	0.9±0.4
1000 mg/L IBA	90.0±10.0	93.3±6.7	8.6±2.0	22.9±2.5	2.3±0.2	9.3±3.1	0.7±0.2
1500 mg/L IBA	93.3±3.3	92.6±7.4	8.0±0.6	23.2±3.1	2.1±0.4	8.6±3.0	0.8±0.2
ORT.	92.4±1.8	92.1±2.1	8.2±0.4	24.1±1.3	2.5±0.1	10.9±1.2	0.9±0.1
P	0.759 ^{ö.d.}	0.738 ^{ö.d.}	0.845 ^{ö.d.}	0.189 ^{ö.d.}	0.336 ^{ö.d.}	0.071 ^{ö.d.}	0.390 ^{ö.d.}
2. Deneme							
Kontrol	97.9±2.1	100.0±0.0	4.7±0.2	54.3±3.6	3.3±0.1	23.2±3.0	2.0±0.3
25 mg/L IBA	100.0±0.0	100.0±0.0	4.2±0.1	65.5±1.9	3.4±0.1	26.7±0.1	2.4±0.1
50 mg/L IBA	97.0±3.0	100.0±0.0	4.7±0.4	69.6±2.5	4.2±0.8	33.6±2.4	3.0±0.3
100 mg/L IBA	92.2±4.8	100.0±0.0	4.1±0.2	61.4±4.9	3.0±0.1	24.0±3.4	2.4±0.5
200 mg/L IBA	85.9±7.2	96.3±3.7	3.9±0.2	53.2±7.2	3.0±0.3	18.4±5.1	1.8±0.5
ORT.	94.6±2.1	99.3±0.7	4.3±0.1	60.8±2.4	3.4±0.2	25.2±1.8	2.3±0.2
P	0.313 ^{ö.d.}	0.452 ^{ö.d.}	0.134 ^{ö.d.}	0.109 ^{ö.d.}	0.271 ^{ö.d.}	0.074 ^{ö.d.}	0.264 ^{ö.d.}

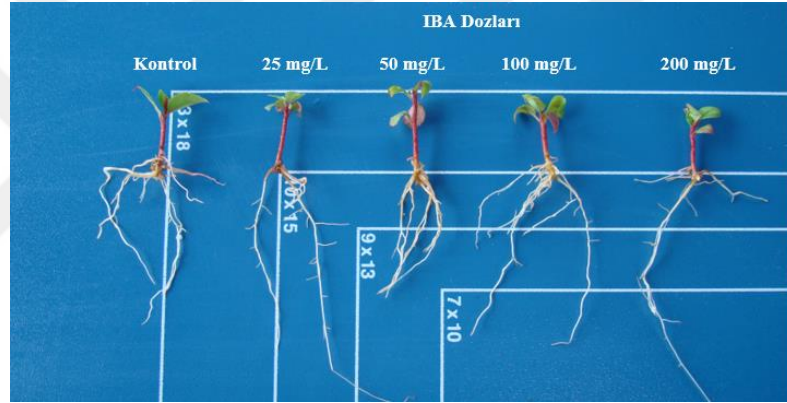
* IBA, hızlı daldırma yöntemiyle 10 saniye uygulanmıştır.

^a Köklenme düzeyi, 1 = zayıf, 2 = orta, 3 = iyi, 4 = çok iyi.

^{ö.d.} F-testine göre farklılıklar istatistiksel anlamda önemli değil.



Şekil 4.3 “Nero” aronya çeşidinde mikro çeliklerin yüzen perlit yatağında ex vitro köklenmesi üzerine kontrol, düşük ve yüksek IBA dozlarının etkisi (1. deneme)



Şekil 4.4 “Nero” aronya çeşidinde mikro çeliklerin yüzen perlit yatağında ex vitro köklenmesi üzerine kontrol ve düşük IBA dozlarının etkisi (2. deneme)

“Nero” aronya çeşidinde köklenmiş mikro çeliklerde sürgün boyu, yaprak sayısı, sürgün yaş ve kuru ağırlıkları üzerine de uygulamaların etkisi önemli olmamıştır. Sürgün boyu ve yaprak sayısı bakımından 1. deneme bulguları, 2. denemeye göre daha yüksek iken sürgün yaş ve kuru ağırlıkları benzerdir. Köklenmiş mikro çeliklerde 1. ve 2. denemelerde ortalama sürgün boyu sırasıyla 29.0 mm ve 17.2 mm, yaprak sayısı 6.3 ve 4.3 adettir. Mikro çelik başına sürgün yaş ağırlığı 1. ve 2. denemelerde sırasıyla 48.0 ve 48.8 mg, sürgün kuru ağırlığı ise 8.1 ve 12.6 mg’dır (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4 “Nero” aronya çeşidinde IBA dozlarının yüzen perlit yatağında ex vitro köklenmiş mikro çeliklerde sürgün gelişimi üzerine etkileri (ortalama±standart hata)

Uygulama	Sürgün Boyu (mm)	Yaprak Sayısı (adet/mikro çelik)	Sürgün Yaş Ağırlığı (mg/mikro çelik)	Sürgün Kuru Ağırlığı (mg/mikro çelik)
1. Deneme				
Kontrol	30.1±1.3	5.7±0.9	50.2±9.4	6.0±1.3
25 mg/L IBA	28.3±1.0	6.4±0.6	56.4±11.1	9.5±1.9
50 mg/L IBA	28.2±1.2	6.2±0.1	46.6±4.0	8.7±0.6
100 mg/L IBA	29.6±0.9	6.7±0.3	50.9±2.3	7.7±1.1
200 mg/L IBA	29.8±1.0	6.3±0.4	49.7±2.6	9.1±0.8
500 mg/L IBA	28.7±0.8	6.5±0.1	46.5±4.1	8.7±1.1
1000 mg/L IBA	28.6±1.2	7.2±0.7	41.8±0.6	8.4±0.9
1500 mg/L IBA	28.9±2.5	5.6±0.4	41.6±6.8	7.0±1.0
ORTALAMA	29.0±0.4	6.3±0.2	48.0±2.2	8.1±0.4
P	0.951 ^{ö.d.}	0.485 ^{ö.d.}	0.809 ^{ö.d.}	0.474 ^{ö.d.}
2. Deneme				
Kontrol	17.3±0.2	4.6±0.2	45.4±3.1	10.7±0.7
25 mg/L IBA	16.2±0.5	4.3±0.1	46.1±1.6	11.4±0.6
50 mg/L IBA	17.4±0.7	4.7±0.2	59.0±1.7	15.3±0.4
100 mg/L IBA	17.3±0.4	4.0±0.3	45.6±3.6	12.8±1.9
200 mg/L IBA	17.6±0.1	4.0±0.2	48.0±4.8	12.8±1.5
ORTALAMA	17.2±0.2	4.3±0.1	48.8±1.8	12.6±0.6
P	0.317 ^{ö.d.}	0.216 ^{ö.d.}	0.060 ^{ö.d.}	0.132 ^{ö.d.}

^{ö.d.} F-testine göre farklılıklar istatistiksel anlamda önemli değil.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu tez çalışmasında, “Viking” ve “Nero” aronya çeşitlerinin (*A. melanocarpa* (Michx) Elliot) mikro çeliklerinin yüzen perlit yatağında ex vitro köklenmesi üzerine kontrol ve mikro çeliklere hızlı daldırma yöntemiyle 25, 50, 100, 200, 500, 1000 ve 1500 mg/L IBA’nın 10 saniye süreyle uygulanmasının etkileri araştırılmıştır.

Aronya meyvesinin insan sağlığı üzerine yaptığı yararlı etkilerin pek çok bilimsel çalışmada gösterilmesi neticesinde tüketiminin gün geçtikçe yaygınlaşması (Ren vd. 2022), bu meyvenin yetiştiriciliğine olan talebi de artırmıştır (Brand 2010). Bu artış beraberinde aronya fidanı gereksiniminde yükselişi getirmiştir. Aralarında “Viking” ve “Nero” çeşitlerinin de yer aldığı dünyada ve Türkiye’de en fazla yetiştiriciliği yapılan aronya çeşitlerinde fidan üretimi günümüzde en fazla mikro çoğaltım yöntemi ile yapılmaktadır. Aronyanın mikro çoğaltımında mikro çelikler çoğunlukla in vitro koşullarda köklendirilmekte ve daha sonra in vitro bitkiciklerin aklimatizasyonu kontrollü koşullarda gerçekleştirilmektedir (Staniene vd. 1999, Kwak vd. 2015, Sivanesan vd. 2016, Shuang vd. 2018, Çelebi Toprak ve Alan 2020, Polat ve Eskimez 2022, Ionela vd. 2022, Jakap vd. 2022). Bununla birlikte bu meyve türünde köklenmenin ex vitro koşullarda gerçekleştirildiği ve başarılı olduğu çalışmalar da bulunmaktadır (Brand ve Cullina 1992, Litwińczuk 2002, Brand 2017, Borsai vd. 2021). Ex vitro köklendirme tekniği daha kolay, ucuz ve ticari üretimde uygulanabilir olduğu için aronyanın mikro çoğaltımı için önerilmektedir (Litwińczuk 2002, Brand 2017).

Mikro çoğaltımda ex vitro köklendirme yönteminde henüz kökler oluşmamışken mikro çeliklerden nem kaybının meydana gelmemesi büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle bilinen ex vitro köklendirme yöntemlerinde nem kontrolü plastik örtü, tünel, mist veya fog sistemleri, bitki yetiştirme dolabı gibi kapalı sistem ve yapılar ile sağlanabilmektedir (McClelland vd. 1990, Hartmann ve Kester 2011, Brand 2017). Belirtilen çoğu pahalı ve zahmetli bu yapı ve sistemlere gerek kalmaksızın ex vitro köklendirmede yüzen perlit yatağının kullanımı ise mikro çeliklerin ex vitro koşullarda kolay, etkin ve ucuz olarak köklendirilebilmesi için önemli fırsatlar sunmaktadır (Clapa vd. 2013a). Nitekim bu teknik ile mikro çeliklerin ex vitro köklendirilmesi amacıyla *Rubus*, *Amelanchier*,

Vaccinium, *Rosa* (Clapa vd. 2013a, Fira vd. 2014, Clapa vd. 2015), *Prunus* (Clapa vd. 2013b), *Paulownia* (Clapa vd. 2014), *Malus* (Fira vd. 2015, Clapa vd. 2016), *Lycium* (Fira vd. 2016), *Syringa* (Borsai vd. 2017) ve *Pyrus* (Nawandish vd. 2024) genotiplerinde çalışılmış ve %90'ın üzerinde yüksek köklenme oranları elde edildiği bildirilmiştir. Bununla birlikte *Aronia* türlerinde ex vitro köklendirmede yüzen perlit yatağının kullanımı konusunda şimdiye kadar yapılmış bir çalışma bulunmamaktadır. Bu tez çalışmasında ilk kez bu teknik kullanılarak “Viking” aronya çeşidinde %99.7 ve “Nero” çeşidinde %99.3’e kadar ulaşabilen köklenme oranları sağlanabilmiştir. Bilinen ex vitro köklendirme teknikleri ile *A. melanocarpa* aronya türüne dâhil farklı çeşitlerde en yüksek köklenme oranları %70.4 (Litwińczuk 2002), %95 (Brand ve Cullina 1992) ya da %94.0 (Borsai vd. 2021) olarak rapor edilmiştir. Araştırmacılar uyguladıkları ex vitro köklendirme denemelerinde nemin aşamalı olarak kontrol edildiği kapalı sistemleri esas almışlardır. Aynı aronya türü ve çeşitlerinde yüzen perlit yatağı kullanarak %99’ün üzerinde elde ettiğimiz köklenme oranları, araştırmacıların ex vitro köklendirme bulgularından daha yüksektir. Bunun nedeni yüzen perlit yatağının mikro çeliklerin bulunduğu alanda nem kontrolünü bilinen yöntemlerden daha iyi sağlaması, yüksek nisbi nemli kapalı sistemler kullanılmadığı için mikro çeliklerin köklenme ve aynı zamanda aklimatizasyon süreçlerini daha sağlıklı geçirmesi ve pişkinleşmesi olduğu düşünülmektedir (Clapa 2013a). Bitkilerin çelikle çoğaltımında uygun çevre koşulları ve sürgün-kök oluşumunu uyarmak üzere yarayışlı bir yöntemin geliştirilmesi ana iki faktördür (Özkaya ve Çelik 1994). Bai vd. (2020), elma anaçlarında adventif kök oluşumu ve gelişiminin kontrolünde oksin ve oksinin etilen ile etkileşimi konusunda yaptıkları çalışmada IBA’nın adventif kök oluşumunun düzenlenmesinde dolaylı olarak IAA’nın öncüsü olarak işlev gördüğünü, etilenin, oksin sentezini, taşınmasını ve/veya sinyalleşme süreçlerini etkilediğini bildirmişlerdir. Araştırmacılara göre IBA, kök taslaklarının oluşumunu uyarmakta, adventif kök sayısını artırmakta ve adventif kök oluşumunda rol oynayan genlerin (*MdWOX11*, *MdLBD16* ve *MdLBD29*) ifadesini düzenlemekte ise de uzun süreli IBA uygulaması kök uzamasını engellemektedir. Ayrıca IBA, adventif kök oluşumu sırasında etilen üretimini uyarmaktadır ve oksinin kök uzamasındaki engelleyici rolüne kısmen uyarılmış bu etilen üretimi aracılık etmektedir (Bai vd. 2020). Steffens ve Rasmussen (2016) bitkilerde adventif köklerin normal gelişim sürecinde meydana gelebildiği gibi sel, besin eksikliği ve yaralanma gibi stres koşullarına yanıt olarak da üretilebildiğini bildirmektedir. Ayrıca,

su altında kalan bitkilerde adventif kök oluşumunu uyaran ana hormonun etilen olduğunu, etilen biyosentezinin 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid enzimi ile arttığını ve köklenmeyi uyardığı belirtmektedirler. Gaz halindeki etilenin normal ortam koşullarında bitki dokularından uzaklaştığı, ancak su altında kalma sırasında suyun fiziksel bir bariyer görevi görerek etileni bitkide hapsedtiği, etilenin teşvik ettiği adventif kök büyümesini gibberellinin artırdığı da ifade edilmektedir (Steffens ve Rasmussen 2016). Günümüzde aronyanın mikro çoğaltımında yaygın olarak kullanılmakta olan in vitro köklendirme çalışmalarında köklenmenin oksin uygulamaları ile sağlanabildiği, IBA ve NAA'nın en yaygın kullanılan oksinler olduğu, bununla birlikte IBA'nın daha etkin bulunduğu bildirilmektedir (Petrovic ve Jacimovic-Plavšić 1992, Sivanesan vd. 2016, Petrova vd. 2019). Çalışmamızda 1. denemede farklı IBA dozları özellikle "Viking" çeşidinde canlılık oranlarını etkilemiş ve yüksek IBA dozlarında mikro çeliklerde canlılık oranları önemli düzeyde düşmüştür (%43.0-70.2) (Çizelge 4.1). Bu çeşitte canlı kalan mikro çeliklerde köklenme oranları IBA'nın düşük ve yüksek dozlarında istatistiksel anlamda benzer bulunmuş ise de yüksek IBA dozları mikro çelik kaybına neden olarak sonuçta elde edilen bitki sayısını düşürmüştür. Nitekim çizelge 4.1'de sunulmuş olan ortalama canlılık oranları ve köklenme oranları dikkate alınarak IBA'nın yüksek dozlarında başlangıçta dikilen mikro çeliklerin sadece %45.7'sinin köklenerek bitkiye dönüştüğü hesaplanmıştır. "Nero" çeşidinde ise mikro çeliklerde canlılık oranı, IBA'nın yüksek ve düşük dozlarında benzerdir. Özellikle "Viking" çeşidinde 1. denemede IBA'nın 500 mg/L ve üzerindeki dozlarının mikro çeliklerde toksik etki yapma durumu belirlendiği için 2. denemede köklendirme için kontrol, 25, 50, 100 ve 200 mg/L IBA dozları esas alınmıştır (Çizelge 4.1-4.4).

Denemelerimizde her iki aronya çeşidinde de mikro çeliklerin köklenme oranları bakımından uygulamalar arasında istatistiksel anlamda önemli farklılıklar bulunmamıştır. Ortalama köklenme oranları 1. ve 2. denemelerde "Viking" çeşidinde sırasıyla %82.5 ve %99.7, "Nero" çeşidinde ise %92.1 ve %99.3'dür (Çizelge 4.1, 4.3). Litwińczuk (2002), aronya mikro çeliklerinde bilinen ex vitro köklendirme yönteminde 0, 1500 ve 3000 mg/L IBA uygulamalarında köklenmeyi bulgularımızdan bir hayli düşük oranlarda sırasıyla %70.4, %76.9 ve %68.5 olarak belirlemiştir. Kontrol ve IBA dozlarının değerleri birbirine yakın bulunmuştur. Bulgularımız ve araştırmacının bulgusu aronya mikro çeliklerinin

köklenmesi için oksin uygulamalarına gerek olmadığını göstermektedir. Ancak bu bulguların aksine Brand (2017), aronyanın ex vitro köklendirilmesinde 1000 ppm talk IBA uygulamasının köklenme başarısını artıracakını bildirmektedir. Çalışmamızda IBA uygulamasının yapılmadığı kontrolde 2. denemede köklenme oranları “Viking” çeşidinde %98.7 ve “Nero” çeşidinde %100’e ulaşmıştır (Çizelge 4.1, 4.3). *A. melanocarpa* türünde mikro çelikleri oksin uygulaması yapmadan, bilinen teknikler ile ex vitro koşullarda köklendiren Brand ve Cullina (1992), köklenme oranını %95, Borsai vd. (2021), %94 olarak bildirmişlerdir. Bulgularımız ve araştırmacıların bulguları, aronya mikro çeliklerinin kolay köklenme özelliğinde olduğunu göstermektedir. Bitkilerde adventif kökler, önceden oluşmuş kök taslakları veya yaralama ile uyarılmış kök taslaklarından gelişmektedir. Önceden oluşmuş adventif kök taslakları, çelik henüz ana bitki üzerindeyken mevcuttur. Bu bitkilerde köklenme daha kolay ve hızlı bir şekilde gerçekleşmektedir. Bu kök taslakları, ana bitkiden alınıp çelik uygun koşullara dikilinceye kadar dormant haldedir. Çoğu kolay köklenen *Salix* (söğüt), *Hydrangea* (ortanca) ve *Populus* (kavak), *Ribes* (frenk üzümü), *Citrus medica* (ağaç kavunu) gibi genotiplerde bu kök taslakları mevcuttur. Ancak *Vitis* türlerinde olduğu gibi bazı bitkiler önceden oluşmuş kök taslaklarına sahip olmasa da kolay köklenebilmektedir. Adventif köklenme bu bitkilerde yaralama ile uyarılmaktadır. Köklenme, kök oluşumunun başlangıcındaki genetik potansiyel ve fizyolojik koşullarla ilgilidir (Hartmann vd. 2011). Ford vd. (2002), köklenmesi zor (leylak, *Syringa vulgaris*) ve kolay (altın çanak, *Forsythia x intermedia*) bitki türlerinde çeliklerin dip kısmındaki IAA konsantrasyonu ile köklenme yeteneği arasında sıkı bir ilişki bulunmadığını, köklenmede polar oksin taşınma yeteneğinin etkili olduğunu öne sürmüşlerdir. Zor köklenen leylak çeliklerinde köklenme yeteneğinin azaldığı büyüme mevsimi boyunca (Mayıs-Haziran) radyoaktif IAA ile yapılan denemelerde özellikle taşınan IAA oranı ve taşınma yoğunluğu bakımından oksin taşınma kabiliyetinin düştüğünü belirterek kolay köklenen altın çanak çeliklerinin dip kısmına içsel IAA taşınımının ve birikiminin daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir (Ford vd. 2002).

Çalışmamızda çok sayıda IBA dozunun yer aldığı 1. denemede özellikle “Viking” çeşidinde IBA’nın yüksek dozlarının sadece mikro çeliklerin canlılık oranlarını değil köklenen mikro çeliklerde kök sayısı, kök yaş ve kuru ağırlıklarını da olumsuz etkilediği saptanmıştır. Bu bakımdan yüksek IBA dozlarında kaydedilen değerler, düşük dozlarda

kaydedilenlerin yaklaşık yarısı düzeyinde olmuştur. Yüksek dozlarda “Viking” çeşidinde belirlenen bu etki “Nero” çeşidinde gözlenmemiştir. Düşük IBA dozlarının bulunduğu 2. denemede her iki çeşitte de tüm uygulamaların köklenme ve aklimatizasyonun eş zamanlı gerçekleştiği 4 haftalık süreçte köklenen mikro çeliklerin kök gelişimi üzerine benzer etkiler yaptığı gözlenmiştir (Çizelge 4.1 ve 4.3). “Viking” çeşidinde mikro çelik başına ortalama kök sayısı 1. denemede en yüksek 6.9-8.0 adet, 2. denemede ortalama 6.2 adet, “Nero” çeşidinde denemelere göre ortalama 8.2 adet ve 4.3 adet olarak belirlenmiştir. Bu bakımdan denemelerin bulguları arasında farklılık bulunmakta ise de değerler, aronyada in vitro köklendirme çalışmaları yapan Petrovic ve Jacimovic-Plavšic’in (1992) 2.85 adet ve Brandová vd.’nin (2019) 2.3 adet olarak bildirdikleri kök sayılarından daha yüksektir. Kök sayısı bulgularımız Staniene vd.’nin (1999) 5.9 adet, Litwińczuk (2002) 4.8 adet, Litwińczuk’un (2002) 4.8 adet, Kwak vd.’nin (2015) 8.8 adet, Ionela vd.’nin (2022) 6.0 adet olarak belirttikleri in vitro koşullardaki kök sayıları ile uyumludur. Almokar ve Pırlak (2018), “Viking” aronya çeşidinin in vitro köklendirilmesinde yüksek IBA dozuna göre kök sayısının 0.0, 1.0 ve 2.0 mg/L IBA’da, kök uzunluğunun ise 0.0 ve 1.0 mg/L IBA’da daha yüksek bulunduğunu bildirmişlerdir. Yüksek IBA konsantrasyonları kök üretiminin azalmasına neden olabilmektedir. Yüksek oksin dozlarının kök taslaklarının oluşumunu ve gelişimini engellediği rapor edilmiştir (Carpenter ve Cornell 1992). Çalışmamızda da “Viking” çeşidinde en uzun kök uzunluğunun en düşük değeri 13.5 mm ile 1500 mg/L IBA uygulamasında bulunmuştur (Çizelge 4.1). “Viking” çeşidinde en uzun kök uzunluğu bakımından en yüksek değerler 1. denememizde 22.6-31.2 mm arasında, 2. denememizde ortalama 48.3 mm olarak belirlenmiştir. Bu değerler “Nero” çeşidinde 1. denememizde ortalama 24.1 mm, 2. denememizde ortalama 60.8 mm olarak saptanmıştır. Bu özellik bakımından 1. ve 2. denemelerde çeşitlere göre kaydettiğimiz farklı değerler Demirel vd. (2023) ve Litwińczuk’un (2002) in vitro köklenme bulguları ile kısmen uyumludur.

Her ne kadar “Nero” çeşidinde engelleyici etki yapmamış ise de IBA’nın yüksek dozlarının “Viking” çeşidinde yaprak sayısı, sürgün yaş ve kuru ağırlıklarını da genel olarak düşürdüğü görülmüştür (Çizelge 4.2 ve 4.4). Çok yüksek konsantrasyonlarda oksin uygulanması sürgünlerin büyümesini doğrudan engelleyebilmektedir (Thimann 1939). Çalışmamızda kontrol ve IBA uygulamalarının sürgün boyu üzerine etkileri ise benzer bulunmuştur. Ortalama sürgün boyu 1. ve 2. denemelerde “Viking” çeşidinde 24.3 mm ve

19.0 mm, “Nero” çeşidinde 29.0 mm ve 17.2 mm olarak kaydedilmiştir. Kwak vd.’nin (2015) dış koşullara alıştırılmış in vitro bitkiciklerde 9.4-10.6 mm olarak bildirdiği sürgün boyu değerleri bulgularımızın gerisinde kalırken Polat ve Eskimez’in (2022) yine in vitro bitkiciklerde 22.63-28.54 mm olarak belirlediği sürgün boyu değerleri bulgularımız ile uyumludur. Yaprak sayısı bakımından ise çalışmamızdaki değerler “Viking” çeşidinde 1. denemede en yüksek 5.9-7.0 adet, 2. denemede 3.9-4.3 adet, “Nero” çeşidinde ortalama 6.3 adet ve 4.3 adet olarak saptanmıştır. Yaprak sayısı değerlerimiz, Kwak vd. (2015) tarafından dış koşullara alıştırılmış in vitro bitkiciklerde “Viking” çeşidi için bildirilen 15.3 adet ve “Nero” çeşidi için belirtilen 16.2 adet yaprak sayılarının gerisindedir.

Bu çalışmanın sonucunda, aronya mikro çeliklerinin IBA uygulaması yapılmadan da kontrol uygulamasında ex vitro koşullarda yüzen perlit yatağında başarılı bir şekilde köklendiği ve aynı zamanda dış koşullara alıştığı görülmüştür. Bu teknikte, mikro çoğaltımın iki önemli aşaması olan köklenme ve dış koşullara alışma eş zamanlı olarak gerçekleştiğinden dolayı mikro çeliklerde kaybın önüne geçilebilmekte, uygulanabilirliğinin kolay ve ucuz olması nedeniyle ticari ölçekte aronya fidanı üretiminde önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Alizadeh, S. and Dumanoglu, H. 2022. The effects of zinc oxide nanoparticles loaded with IAA and IBA on in vitro rooting of apple microcuttings. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 46, 306-317. DOI:10.55730/1300-011X.3004.
- Almocar, H.M.M. and Pirlak, L. 2018. Propagation of aronia (*Aronia melanocarpa*) with tissue culture. Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences, 32(3), 549-558. DOI:10.15316/SJAFS.2018.136.
- Anonim 2021. Web Sitesi: <https://ci.turkpatent.gov.tr/Files/GeographicalSigns/ef7ec1b5-e189-440d-8934-d40427831cb1.pdf>, Erişim Tarihi: 12.03.2024.
- Anonim 2022a. Web Sitesi: <https://bursa.tarimorman.gov.tr/Haber/1504/Iznikin-Bereketi-Saglik-Meyvesi-Aronya-Ile-Bulusuyor>, Erişim Tarihi: 14.03.2024.
- Anonim 2022b. Web Sitesi: <https://balikesir.tarimorman.gov.tr/Sayfalar/Detay.aspx?TermStoreId=368e785b-af33-487d-a98d-c11d5495130b&TermSetId=84520646-651b-43db-b791-d9fdc230a613&TermId=f7a29156-478a-418e-9de7-76b55bec8937&UrlSuffix=566/Balikesirde-Aronya-Bitkisi-Ekilis-Alanlari-Artiyor>, Erişim Tarihi: 14.03.2024.
- Anonim 2022c. Web Sitesi: <https://canakkale.tarimorman.gov.tr/Menu/17/Brifing>, Erişim Tarihi: 14.03.2024.
- Anonim 2022d. Web Sitesi: <https://samsun.tarimorman.gov.tr/Haber/1160/Aronya-Fidani-Dagitim-Programi-Gerceklestirildi>, Erişim Tarihi: 14.03.2014.
- Anonim 2022e. Web Sitesi: <https://ordu.tarimorman.gov.tr/Sayfalar/Detay.aspx?TermStoreId=368e785b-af33-487d-a98d-c11d5495130b&TermSetId=8c4aec0f-8638-4eb8-a5b4-5a03b38e5b96&TermId=516cff23-7eff-45a1-8cf5-fe055d4fe1b4&UrlSuffix=1307/Ordu-Ilnde-Aronya-Yetistiriciligi-Yayginlasiyor>, Erişim Tarihi: 14.03.2014.
- Anonim 2022f. Web Sitesi: <https://kocaeli.tarimorman.gov.tr/Haber/433/Dogaya-Saygili-Sagliga-Faydali-Aronya> Erişim Tarihi: 14.03.2024.
- Anonim 2023a. Web Sitesi: <https://kirklareli.tarimorman.gov.tr/Haber/2393/Aronya-Bitkisinin-Uretimi-Artarak-Devam-Ediyor>, Erişim Tarihi: 14.03.2024.
- Anonim 2023b. Web Sitesi: <https://www.tarimkredi.org.tr/media/zsphyjn5/2023-kas%C4%B1m.pdf>, Erişim Tarihi: 14.03.2024.
- Anonim 2023c. Web Sitesi: <https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/trakyada-super-meyve-aronya-ekili-alani-genisliyor/3045199>, Erişim Tarihi: 14.03.2024.

- Anonim 2023d. Web Sitesi: <https://www.ajansmanisa.com/haber-2247469-ihracata-giden-aronya-super-meyvenin-ilk-hasadi-yapildi>, Erişim Tarihi: 14.03.2024.
- Anonim 2023e. Web Sitesi: <https://www.ogm.gov.tr/trabzonobm/haberler/kurtunde-orman-koyleri-aronya-yetistiriyor-projesi-basladi>, Erişim Tarihi 14.03.2024.
- Anonim 2024a. 4. Web Sitesi: <https://drive.google.com/file/d/1ZbvMXLHOxzJ-gg2DNnP10vMyuiyEj0DP/view>, Erişim Tarihi: 14.03.2024.
- Anonim 2024b. Sözlü görüşme. Aronya yetiştiriciliği. Gölbaşı İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, Ankara.
- Anonymous.2013. Web Sitesi: <https://uncommonfruit.cias.wisc.edu/aronia-black-chokeberry/>, Erişim Tarihi: 13.03.2023.
- Anonymous 2022. Web Sitesi: <https://jagodnik.pl/polska-to-swiatowy-gigant-w-produkcji-aronii>, Erişim Tarihi: 13.03.2023.
- Anonymous 2023. Web Sitesi: <https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/taxon/taxonomydetail?id=313669>, Erişim Tarihi: 07.05.2024.
- Anonymous 2024. <https://aronia.org.pl/how-to-cultivate-aronia/?lang=en>, Erişim Tarihi: 07.05.2024
- Bai, T., Dong, Z., Zheng, X., Song, S., Jiao, J., Wang, M. and Song, C. 2020. Auxin and its interaction with ethylene control adventitious root formation and development in apple rootstock. *Front Plant Sci.*, 15, 11, 574881. DOI:10.3389/fpls.2020.574881.
- Benvenuti, S., Pellati, F., Melegari, M. and Bertelli, D. 2004. Polyphenols, anthocyanins, ascorbic acid, and radical scavenging activity of *Rubus*, *Ribes*, and *Aronia*. *Journal of Food Science*, 69(3),164-169. DOI:10.1111/j.1365-2621.2004.tb13352.x.
- Bhojwani, S.S. and Dantu, P.K. 2013. *Plant Tissue Culture: An Introductory Text*. Springer, 301, New Delhi.
- Borsai, O., Clapa, D., Fira, A., Harta, M., Dumitraş, A., Pop, R. and Pamfil, D. 2017. The effect of gelling agent on the micropropagation of common lilac (*Syringa vulgaris* L.). *Agricultura*, 103(3-4), 63-71. DOI:10.15835/agrisp.v103i3-4.12831.
- Borsai, O., Clapa, D., Fira, A., Hârta, M., Szabo, K., Dumitraş, A.F. and Pamfil, D. 2021. In vitro propagation of *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott. *Acta Horticulturae*, 1308, 213-222. DOI:10.17660/ActaHortic.2021.1308.30.
- Brand, M.H. and Cullina, W.G. 1992. Micropropagation of red and black chokeberry (*Aronia* spp.). *HortScience*, (27)1, 81. DOI:10.21273/HORTSCI.27.1.81.

- Brand, M.H. 2010. *Aronia*: native shrubs with untapped potential. *Arnoldia*, 67(3), 14-25.
- Brand, M.H. 2017. Propagation of *Aronia* by seed, cuttings, tissue culture and grafting, *Acta Hortic.*, 1174, 197-204. DOI:10.17660/ActaHortic.2017.1174.41.
- Brand, M.H., Obae, S.G., Mahoney, J.D. and Connolly, B.A. 2022. Ploidy, genetic diversity and speciation of the genus *Aronia*. *Scientia Horticulturae*, 291, 110604. DOI:10.1016/j.scienta.2021.110604
- Brandová, P., Sedlák, J. and Paprštein, F. 2019. Micropropagation of rowan and chokeberry. *Vědecké Práce Ovocnářské*, 26, 29-36.
- Carpenter, W.J. and Cornell, J.A. 1992. Auxin application duration and concentration govern rooting of hibiscus stem cuttings. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 117(1), 68-74. DOI:10.21273/JASHS.117.1.68
- Clapa, D., Fira, A. and Joshee, N. 2013a. An efficient ex vitro rooting and acclimatization method for horticultural plants using float hydroculture. *HortScience*, 48(9), 1159-1167. DOI:10.21273/HORTSCI.48.9.1159
- Clapa, D., Fira, A., Simu, M. and Horga, V.C. 2013b. In vitro propagation of Gisela 5 cherry rootstock. *Scientific Papers of the Research Institute for Fruit Growing*, 29, 100-105.
- Clapa, D., Fira, A., Simu, M., Vasu, L.B. and Buduroi, D. 2014. Improved in vitro propagation of *Paulownia elongata*, *P. fortunei* and its interspecific hybrid *P. elongata* x *P. fortunei*. *Bulletin UASVM Horticulture*, 71(1), 6-14.
- Clapa, D., Fira, A. and Simu, M. 2015. The role of rooting substrate in blackberry ex vitro rooting and acclimatization stage. *ProEnvironment*, 8, 280-284.
- Clapa, D., Fira, A., Simu, M., Harta, M. and Sisea, C. 2016. The elaboration of a practical protocol for the micropropagation of several apple rootstock varieties. *Bulletin UASVM Horticulture*, 73(2), 226-228.
- Çelebi Toprak, F. and Alan, A. R. 2020. A successful micropropagation protocol for three aronia (*Aronia melanocarpa*) cultivars. *Acta Hortic.*, 1285, 173-176. DOI:10.17660/ActaHortic.2020.1285.27.
- Debergh, P.C. and Maene, L.J. 1981. A scheme for commercial propagation of ornamental plants by tissue culture, *Scientia Horticulturae*, 14(4), 335-345. DOI:10.1016/0304-4238(81)90047-9.
- Demirel, F., Uğur, R., Popescu, G.C., Demirel, S. and Popescu, M. 2023. Usage of machine learning algorithms for establishing an effective protocol for the in vitro micropropagation ability of black chokeberry (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott). *Horticulturae*, 9(10), 1112. DOI:10.3390/horticulturae9101112.

- Denev, P.N., Kratchanov, C.G., Ciz, M., Lojek, A. and Kratchanova, M.G. 2012. Bioavailability and antioxidant activity of black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) polyphenols: in vitro and in vivo evidences and possible mechanisms of action: a review. *Comp. Rev. Food Sci. Food Safety*, 11(5), 471-489. DOI:10.1111/j.1541-4337.2012.00198.x.
- Ekiert, H., Kubica, P. and Szopa, A. 2021. Successful cultivation and utilization of *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott (black chokeberry), a species of North-American origin, in Poland and the biosynthetic potential of cells from in vitro cultures, In: *Medicinal Plants. Sustainable Development and Biodiversity*. Ekiert, H.M., Ramawat, K.G. and Arora, J. (eds), Springer, 69-111, Switzerland.
- Fira, A., Clapa, D. and Simu, M. 2014. Studies regarding the micropropagation of some blackberry cultivars. *Bulletin UASVM Horticulture*, 71(1), 29-37.
- Fira, A., Simu, M., Vlaicu, B. and Clapa, D. 2015. Aspects regarding the in vitro propagation of 'Royal Gala' apple cultivar. *Bulletin UASVM Horticulture*, 72(2), 342-349.
- Fira, A., Joshee, N., Cristea, V., Simu, M., Hârța, M., Pamfil, D. and Clapa, D. 2016. Optimization of micropropagation protocol for goji berry (*Lycium barbarum* L.). *Bulletin UASVM Horticulture*, 73(2), 141-150. DOI:10.15835/buasvmcn-hort:12177.
- Ford, Y.Y., Bonham, E.C., Cameron, R.W.P., Blake, P.S., Judd, H.L. and Harrison-Murray, R.S. 2002. Adventitious rooting: examining the role of auxin in an easy- and a difficult-to-root plant. *Plant Growth Regulation*, 36, 149-159. DOI:10.1023/A:1015013025513.
- Gasiorowski, K., Szyba, K., Brokos, B., Kolaczynska, B., Jankowiak-Włodarczyk, M. and Oszmianski, J. 1997. Antimutagenic activity of anthocyanins isolated from *Aronia melanocarpa* fruits. *Cancer Letters*, 119(1), 37-46. DOI:10.1016/s0304-3835(97)00248-6.
- George, E.F. and Debergh, P.C. 2008. Micropropagation: uses and methods, In: *Plant Propagation by Tissue Culture 3rd Edition Volume 1. The Background*. George, E. F., Hall, M. A. and De Klerk, G. J. (eds), Springer, 29-64, Dordrecht, The Netherlands.
- Hardin, J.W. 1973. The enigmatic chokeberries (*Aronia*, Rosaceae). *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 100(3), 178-184.
- Hartmann, H.T., Kester, D.E., Davies, Jr.F.T. and Geneve, R.L. 2011. *Plant Propagation: Principles and Practices* (8th Edition). Prentice-Hall, 915, Boston.

- Hawkins, J., Hires, C., Baker, C., Keenan, L. and Bush, M. 2021. Daily supplementation with *Aronia melanocarpa* (chokeberry) reduces blood pressure and cholesterol: a meta analysis of controlled clinical trials. *Journal of Dietary Supplements*, (8)5, 517-530. DOI:10.1080/19390211.2020.1800887.
- Hazarika, B.N., Teixeira da Silva, J.A. and Talukdar. 2006. Effective acclimatization of in vitro cultured plants: methods, physiology and genetics, In: *Floriculture, Ornamental and Plant Biotechnology*, Vol. II. Teixeira da Silva, J.A. (ed), Global Science Books, 427-438, UK.
- Hornig, R. 2020. WILDFRÜCHTE Apfelbeere, Scheinquitte, Fruchtrose – Anbau - Verarbeitung – Absatz. Rostock/Schwerin, 71, Deutschland.
- Hovmalm, H.A., Jeppsson, N., Bartish, I.V. and Nybom, H. 2004. RAPD analysis of diploid and tetraploid populations of *Aronia* points to different reproductive strategies within the genus. *Hereditas*, 141(3), 301-312. DOI:10.1111/j.1601-5223.2004.01772.x.
- Hwang, S.J., Yoon, W.B., Lee, O.H., Cha, S.J. and Kim, J.D. 2014. Radical-scavenging-linked antioxidant activities of extracts from black chokeberry and blueberry cultivated in Korea. *Food Chemistry*, 146(1), 71-77. DOI:10.1016/j.foodchem.2013.09.035.
- Imrak, B., Kafkas, E. and Tufan, M. 2021. The investigation of the impact of different plant growth regulators on micropropagation of aronia (*Aronia melanocarpa* (Michx) Elliot). II. International Agricultural, Biological and Life Science Conference, AGBIOL 2021. 1-3 September 2021, Edirne, Turkey.
- Ionela, V., Popescu A., Hoza D., Isac V. and Oprea M.I. 2022. In vitro rooting and acclimatization ex vitro of *Aronia melanocarpa* cv. 'Nero'. *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*, 26(1), 17- 22. DOI:10.33045/fgr.v38.2022.29.
- Jakab, I., Vlaşin, L.D. and Chiorean, A.M. 2022. Behaviour of several chokeberry cultivars (*Aronia melanocarpa*) at the in vitro micropropagation. *Romanian Journal of Horticulture*, III, 31-36. DOI:10.51258/RJH.2022.04.
- Jakobek, L., Šeruga, M., Medvidović-Kosanović, M. and Nova, I. 2007. Antioxidant activity and polyphenols of aronia in comparison to other berry species. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 72(4), 301-306.
- Jurendic, T. and Šcetar, M. 2021. *Aronia melanocarpa* products and by-products for health and nutrition: a review. *Antioxidants (Basel)*, 10(7), 1052. DOI: 10.3390/antiox10071052.
- Jurikova, T., Mlcek, J., Skrovankova, S., Sumczynski, D., Sochor, J., Hlavacova, I., Snopek, L. and Orsavova, J. 2017. Fruits of black chokeberry *Aronia melanocarpa* in the prevention of chronic diseases. *Molecules*, 22(6), 944. DOI:10.3390/molecules22060944.

- King, E.S. and Bolling, B.W. 2020. Composition, polyphenol bioavailability, and health benefits of aronia berry: a review. *Journal of Food Bioactives*, 11, 13-30. DOI:10.31665/JFB.2020.11235.
- Knudson, M. 2009. Plant Guide. Black chokeberry (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Ell. USDA-Natural Resources Conservation Service, Bismark Plant Materials Center, Bismark, ND 58504.
- Kokotkiewicz, A., Jaremicz, Z. and Luczkiewicz, M. 2010. Aronia plants: a review of traditional use, biological activities, and perspectives for modern medicine. *Journal of Medicinal Food*, 13(2), 255-269. DOI:10.1089/jmf.2009.0062.
- Kulling, S.E. and Rawel, H.M. 2008. Chokeberry (*Aronia melanocarpa*)- a review on the characteristic components and potential health effects. *Planta Medica*, 74, 1625-1634. DOI:10.1055/s-0028-1088306.
- Kumar, N. and Reddy, M.P. 2011. In vitro plant propagation: a review. *Journal of Forest Science*, 27(2), 61-72.
- Kwak, M. C., Choi, C.H., Choi, Y.H. and Moon, H.K. 2015. Micropropagation of aronia (*Aronia melaocarpa* Elliot, black chokeberry) and its 5 varieties. *Journal of Plant Biotechnology*, 42, 380-387. DOI:10.5010/JPB.2015.42.4.380.
- Leonard, P. and Brand, M. 2010. *Aronia x prunifolia* 'Viking': horticultural enigma with untapped potential. Combined Proceedings International Plant Propagators' Society, 403-404.
- Leonard, P.J. 2011. *Aronia mitschurinii*: solving a horticultural enigma. Master's Theses 183, University of Connecticut Graduate School, USA.
- Leonard, P.J., Brand, M.H., Connolly, B.A. and Obae, S.G. 2013. Investigation of the origin of *Aronia mitschurinii* using amplified fragment length polymorphism analysis. *HortScience*, 48 (5), 520-524. DOI:10.21273/HORTSCI.48.5.520.
- Litwińczuk, W. 2002. Propagation of black chokeberry (*Aronia melanocarpa* Elliot) through in vitro culture. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Horticulture*, 5(2).
- Litwińczuk, W. 2013. Micropropagation of chokeberry by in vitro axillary shoot proliferation, In: *Protocols for Micropropagation of Selected Economically-Important Horticultural Plants*. Lambardi, M., Ozudogru, E. and Jain, S. (eds), Humana Press, 179-186, Springer New York, Heidelberg, Dordrecht, London.
- Loberant, B. and Altman, A. 2010. Micropropagation of plants, In: *Encyclopedia of Industrial Biotechnology: Bioprocess, Bioseparation, and Cell Technology*. Flickinger, M.C. (ed), Copyright John Wiley & Sons, Inc., 1-17.

- Mahoney, J.D., Wang, S., Iorio, L.A., Wegrzyn, J.L., Dorris, M., Martin, D., Bolling, B.W., Brand, M.H. and Wang, H. 2022. De novo assembly of a fruit transcriptome set identifies AmMYB10 as a key regulator of anthocyanin biosynthesis in *Aronia melanocarpa*. BMC Plant Biology, 22(1):143. DOI:10.1186/s12870-022-03518-8.
- McClelland, M. T., Smith, M.A.L. and Carothers, Z.B. 1990. The effects of in vitro and ex vitro root initiation on subsequent microcutting root quality in three woody plants. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 23, 115-123. DOI:10.1007/BF00035831.
- McKay, S. A. 2001. Demand increasing for aronia and elderberry in North America. New York Fruit Quarterly, 9(3), 2-3.
- Milutinović, M., Radovanović, R.V., Šavikin, K., Radenković, S., Arvandi, M., Pešić, M., Kostić, M., Miladinović, B., Branković, S. and Kitić, D. 2019. Chokeberry juice supplementation in type 2 diabetic patients-impact on health status. Journal of Applied Biomedicine, 17(4), 218-224. DOI:10.32725/jab.2019.020.
- Murashige, T. and Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. Physiologia Plantarum, 15(3), 473-497.
- Nawandish, F., Dumanoglu, H. and Sarikamis, G. 2024. Novel approaches to improve rooting of microshoots, acclimatization and plant growth of Pyrodwarf pear rootstock. Plant Cell Tiss Organ Cult, 157, 58. DOI:10.1007/s11240-024-02781-x.
- Ochmian, I., Grajkowski, J. and Smolik, M. 2012. Comparison of some morphological features, quality and chemical content of four cultivars of chokeberry fruits (*Aronia melanocarpa*). Not Bot Horti Agrobi, 40(1), 253-260. DOI:10.15835/nbha4017181.
- Oszmianski, J. and Wojdylo, A. 2005. *Aronia melanocarpa* phenolics and their antioxidant activity. Eur Food Res Technol, 221, 809-813. DOI:10.1007/s00217-005-0002-5.
- Özdemir, K. ve Eroğlu Özkan, E. 2020. *Aronia* sp. meyvelerinin kimyasal bileşimi ve biyolojik aktiviteleri. Ankara Ecz. Fak. Derg., 44(3), 557-570. DOI:10.33483/jfpau.777371.
- Özkaya, M.T. and Çelik, M. 1994. The effect of rooting environment and combination of auxin polyamine on the rooting ability of Turkish olive cultivars Gemlik and Domat. Acta Hort., 356, 31-34. DOI:10.17660/ActaHortic.1994.356.4.
- Petrova, I.V., Tokhtar, L.A. Kulko, S.V. and Borodayeva, Z.A. 2019. In vitro clonal micropropagation of *Aronia* L. varieties from the collection of the botanic garden of the National Research University “BelSU” (Belgorod, Russia). Eurasia J Biosci, 13, 1071-1073.

- Petrovic, D.M. and Jacimovic-Plavšić, M.M. 1992. *Aronia melanocarpa* and propagation in vitro. Acta Hort., 300, 133-136. DOI:10.17660/ActaHortic.1992.300.16.
- Phillips, G.C. and Garda, M. 2019. Plant tissue culture media and practices: an overview. In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant, 55, 242-257. DOI:10.1007/s11627-019-09983-5.
- Polat, M. and Eskimez, I. 2022. The effects of different hormone combinations on in vitro micropropagation of aronia (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott). Fresenius Environmental Bulletin, 31, 1219-1227.
- Poyraz Engin, S. 2020. ‘Nero’ ve ‘Viking’ aronya (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliot) çeşitlerinin agromorfolojik özellikleri ve farklı olgunluk seviyelerindeki meyve kalite parametrelerinin belirlenmesi. Doktora Tezi. Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Ranaweera, K.K., Gunasekara, M.T.K. and Eeswara, J.P., 2013. Ex vitro rooting: a low-cost micropropagation technique for tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntz) hybrids. Sci. Hortic., 155, 8-14. DOI:10.1016/j.scienta.2013.03.001.
- Ren, Y., Frank, T., Meyer, G., Lei, J., Grebenc, J.R., Slaughter, R., Gao, Y.G. and Kinghorn, A.D. 2022. Potential benefits of black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) fruits and their constituents in improving human health. Molecules, 27, 7823. DOI:10.3390/molecules27227823.
- Ristvey, A.G. and Mathew, S.A. 2011. Aronia: cultural and production considerations as an alternative crop. Combined Proceedings International Plant Propagators’ Society, 61, 463-468.
- Shuang, L., JunYi, Z., GuiLing, J., Yan, A., Changjian, C., Hao, S. and GuangYou, C. 2018. Screening of tissue culture medium for reproduction of *Aronia melanocarpa* Elliot. Journal of Beihua University, 19(3), 395-398.
- Sidor, A. and Gramza-Michałowska, A. 2019. Black chokeberry *Aronia melanocarpa* L.- a qualitative composition, phenolic profile and antioxidant potential. Molecules, 24, 3710. DOI:10.3390/molecules24203710.
- Sidor, A., Drożdżyńska, A. and Gramza-Michałowska, A. 2019. Black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) and its products as potential health-promoting factors - an overview. Trends in Food Science & Technology, 89, 45-59. DOI:10.1016/j.tifs.2019.05.006.
- Sivanesan, I., Saini, R.K. and Kim, D.H. 2016. Bioactive compounds in hyperhydric and normal micropropagated shoots of *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott. Industrial Crops and Products, 83, 31-38. DOI:10.1016/j.indcrop.2015.12.042.

- Skvortsov, A.K. and Maitulina, Yu.K. 1982. On distinctions of cultivated black-fruited *Aronia* from its wild ancestors. Bulletin of Central Botanical Garden, AN SSSR, 126, 35-40.
- Smolik, M., Ochmian, I. and Smolik, B. 2011. RAPD and ISSR methods used for fingerprinting selected, closely related cultivars of *Aronia melanocarpa*. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 39, 276-284. DOI:10.15835/nbha3926268.
- Staniene G., Stanys V., Bobinas C., Duchowski P. and Merkys A., 1999. In vitro propagation of non-traditional horticultural plants (*Actinidia*, *Chaenomeles*, *Aronia*). Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 468, 441-443.
- Steffens, B and Rasmussen, A. 2016. , The physiology of adventitious roots, Plant Physiology, 170(2), 603-617. DOI:10.1104/pp.15.01360.
- Szopa, A., Kokotkiewicz, A., Kubica, P., Banaszczyk, P., Wojtanowska-Krośniak, A., Krośniak, M., Marzec-Wróblewska, U., Badura, A., Zagrodzki, P., Bucinski, A., Luczkiewicz, M. and Ekiert, H. 2017. Comparative analysis of different groups of phenolic compounds in fruit and leaf extracts of *Aronia* sp.: *A. melanocarpa*, *A. arbutifolia*, and *A. ×prunifolia* and their antioxidant activities. European Food Research and Technology, 243, 1645-1657. DOI:10.1007/s00217-017-2872-8.
- Şahin, A. and Erdoğan, Ü. 2022. *Aronia* (*Aronia melanocarpa* Michx Elliot) production and evaluation methods in the world and Turkey. Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 10(1), 81-85. DOI:10.24925/turjaf.v10i1.81-85.4547.
- Tarko, T., Duda-Chodak, A., Sroka, P., Satora, P. and Michalik, J. 2009. Transformations of phenolic compounds in an in vitro model simulating the human alimentary tract. Food Technol. Biotechnol., 47(4), 456-463.
- Thimann, K. 1939. Auxins and the inhibition of plant growth. Biological Reviews, 14, 314-337. DOI:10.1111/j.1469-185X.1939.tb00937.x.
- Wu, X., Gu, L., Prior, R. and McKay, S. 2004. Characterization of anthocyanins and proanthocyanidins in some cultivars of *Ribes*, *Aronia* and *Sambucus* and their antioxidant capacity. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52(26), 7846-7856. DOI:10.1021/jf0486850.
- Zhang, Y., Zhao, Y., Liu, X., Chen, X., Ding, C., Dong, L., Zhang, J., Sun, S., Ding, Q., Khatoom, S., Cheng, Z., Liu, W., Shen, L. and Xiao, F. 2021. Chokeberry (*Aronia melanocarpa*) as a new functional food relationship with health: an overview. Journal of Future Foods, 1(2), 168-178. DOI:10.1016/j.jfutfo.2022.01.006.
- Zheng, W. and Wang, S. 2003. Oxygen radical absorbing capacity of phenolics in blueberries, cranberries, chokeberries, and lingonberries. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51(2), 502-509. DOI:10.1021/jf020728u.