

Farklı Karanlık Koşullarında IBA ve Kafeik Asidin Karadut (*Morus nigra* L.) Odun Çeliklerinin Köklenmesi Üzerine Etkisi

Effect of IBA and Caffeic Acid on Rooting of Black Mulberry (*Morus nigra* L.) Hardwood Cuttings in Different Dark Conditions


**Osman Nuri ÖCALAN^{1*}, Onur SARAÇOĞLU², Kenan YILDIZ³, Fatmanur ÇEZİK⁴,
Ala Asi Mohammed Al-Salihi⁵**


Öz


Bu çalışma 2021 yılında Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkez Müdürlüğü'ne ait köklendirme serasında yürütülmüştür. Çalışmada, farklı karanlık koşulları altında 6000 ppm indol-3-bütirik asit (IBA) ve 2000 ppm kafeik asit (KA) uygulamalarının karadut odun çeliklerinin köklenmesi üzerine etkisi araştırılmıştır. Deneme, tesadüf parselleri deneme desenine göre faktöriyel düzende 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Materyal olarak müdürlük bünyesinde bulunan damızlık karadut ağaçlarının bir yaşlı dallarından hazırlanan odun çelikleri kullanılmıştır. Odun çelikleri 2021 yılının şubat ayında alınarak alttan ısıtmalı (20±2°C) perlit ortamına dikilmiştir. Çalışmada kullanılan çelikler 3 gruba ayrılarak birinci gruptaki çeliklerin üzeri dikimden sonra siyah malç örtüsü ile kapatılmış (Dikim Sonrası Karanlık=DSK); ikinci gruptaki çelikler dikimden önce 5 gün karanlık koşulda bekletildikten sonra köklendirme ortamına dikilmiş (Dikim Öncesi Karanlık=DÖK); üçüncü gruptaki çeliklere ise herhangi bir karanlık uygulaması yapılmamıştır (Standart). Her bir karanlık uygulamasındaki çeliklere 6000 ppm IBA ve 2000 ppm KA tek başına veya birlikte uygulanmıştır. Köklenme ortamında 90 gün bekletilen çelikler bu süre sonunda sökülerek; köklenme oranı, kallus oluşum oranı, çürüme oranı, kök sayısı, kök uzunluğu ve kök çapı değerleri kaydedilmiştir. Çalışma sonucunda köklenme oranı %2.2 ile %77.8 arasında değişmiştir. En yüksek köklenme oranına DÖK koşulundaki çeliklere 6000 ppm IBA ve 6000 ppm IBA + 2000 ppm KA uygulamaları sonucunda ulaşılmıştır. Kallus oluşturan çeliklerin oranı %64.4 ile %93.3, kök sayısı 1.5 ile 14.4 kök/çelik, kök uzunluğu 3.6 ile 10.8 cm ve kök çapı 0.86 ile 1.53 mm arasında değişim göstermiştir. Elde edilen veriler, DÖK koşulunda bekletilen çeliklere IBA'nın tek başına ya da KA ile birlikte uygulanmasının karadutun köklenmesine olumlu etki yaptığını göstermiştir.


Anahtar Kelimeler: Karanlık uygulaması, Kafeik asit, Kallus, *Morus nigra* L., Odun çeliği.

^{1*}**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Osman Nuri Öcalan, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Tokat, Türkiye. E-mail: osmannuri.ocalan@gop.edu.tr  OrcID: 0000-0001-6242-4667.

²Onur Saraçoğlu, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Tokat, Türkiye. E-mail: onur.saracoglu@gop.edu.tr  OrcID: 0000-0001-8434-1782.

³Kenan Yıldız, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Tokat, Türkiye. E-mail: kenan.yildiz@gop.edu.tr  OrcID: 0000-0003-3455-5146.

⁴Fatmanur Çezik, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Tokat, Türkiye. E-mail: fatmanurczk00@gmail.com  OrcID: 0000-0001-8588-6485.

⁵Ala Asi Mohammed Al-Salihi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Tokat, Türkiye. E-mail: ala.al-salihi7021@gop.edu.tr  OrcID: 0000-0002-6071-0085.

Atıf/Citation: Öcalan, O. N., Saraçoğlu, O., Yıldız, K., Çezik, F., Al-Salihi, A. A. M. (2023). Farklı karanlık koşullarında IBA ve kafeik asidin karadut (*Morus nigra* L.) odun çeliklerinin köklenmesi üzerine etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(2): 270-277.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2023.

Abstract

Research was carried out in an experimental greenhouse on the lands of Agricultural Applications and Research Center in Tokat Gaziosmanpaşa University in 2021. In the study, the effects of 6000 ppm indole-3-butyric acid (IBA) and 2000 ppm caffeic acid (CA) applications on the rooting of black mulberry hardwood cuttings under different dark conditions were investigated. The experiment was set up in a factorial pattern with 3 replications according to the randomized plot design. As plant material, one-year-old hardwood cuttings of black mulberry taken from trees grown in Agricultural Applications and Research Center were used. Hardwood cuttings were collected on February 2021 and then planted in bottom-heated ($20\pm 2^{\circ}\text{C}$) perlite medium. The cuttings were divided into 3 groups and the cuttings in the first group were covered with black mulch after planting (Dark After Planting=DAP); the cuttings in the second group were kept in the dark for 5 days before planting and then planted in the rooting medium (Dark Before Planting=DBP); no dark was applied to the cuttings in the third group (Standard). 6000 ppm IBA and 2000 ppm CA, either alone or together, were applied to the cuttings in each dark treatment. The hardwood cuttings were kept in the rooting environment for 90 days and at the end of this period each cuttings were scored for rooting rate, callus formation rate, decay rate, root number, root length, and root diameter. As a result of the study the rooting rate varied between 2.2% and 77.8%. The highest rooting rate was achieved from 6000 ppm IBA and 6000 ppm IBA+2000 ppm CA applications to the cuttings in the DBP conditions. The rate of callus-forming cuttings varied between 64.4% and 93.3%, root number varied between 1.5 and 14.4 per cuttings, root length varied between 3.6 and 10.8 cm, and root diameter varied between 0.86 and 1.53 mm. The data showed that the application of IBA either alone or together with CA to the cuttings kept in the DBP condition had a positive effect on the rooting of the black mulberry hardwood cuttings.

Keywords: Dark treatment, Caffeic acid, Callus, *Morus nigra*, Hardwood cuttings.

1. Giriş

Dut (*Morus sp.*), *Moraceae* ailesinin *Morus* cinsine ait çok yıllık bir meyve türüdür. Binlerce yıldır yetiştiriciliği yapılmaktadır. Asya, Avrupa, Kuzey ve Güney Amerika ve Afrika'nın tropikal, subtropik ve ılıman bölgelerinin geniş alanlarına uyum sağlamıştır. Dut ağaçları tarihsel olarak ipek böcekçiliğinde yaprak verimi için kullanılmıştır. Meyveleri, kökleri ve kabuğu, halk tıbbında (özellikle Çin tıbbında) diyabet, hipertansiyon, anemi, artrit (eklem iltihabı) ve ağız lezyonlarının tedavisinde kullanılmıştır (Özgen ve ark., 2009). En önemli dut türleri *Morus alba* L. (Beyaz dut), *Morus australis* Poir. (Çin dutu), *Morus indica* L. (Hint dutu), *Morus microphylla* Bickl. (Texas dutu), *Morus nigra* L. (Kara dut), *Morus rubra* L. (Kırmızı-mor dut) ve *Morus serrata* Roxb. (Himalaya dutu)'tur (Vijayan et al., 2004; Ozrenk ve ark., 2010). Dutlarda tozlaşma rüzgarla (anemofil) sağlanmaktadır. Ağaçlar ya dioik ya da monoik ve bazen bir cinsiyetten diğere değişime uğramaktadır. Türkiye'de büyük öneme sahip olan dut, 400 yıldan uzun süredir bilinmekte ve yetiştirilmektedir. Yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan türler; *M. Alba* L., *M. nigra* L. ve *M. Rubra* L.'dir (Ercisli ve Orhan 2007). "Karadut" olarak bilinen *M. nigra*, olağanüstü renkte sulu meyvelere ve kendine özgü, hafif asidik bir tada sahiptir (Özgen ve ark., 2009). Taze olarak veya reçel, marmelat, püre, meyve suyu, ezme, dondurma, şarap ve dondurulmuş tatlılar gibi çeşitli şekerleme ürünleri şeklinde tüketilmektedir (Koyuncu, 2004). Son yıllarda özellikle karadut fidanlarına olan ilgi artmaktadır (Saraçoğlu ve ark., 2016). Fidan üretimi; tohum, çelik, aşı, daldırma ve doku kültürü gibi yöntemlerle yapılabilmektedir (Zenginbal ve Eşitken, 2016). Geleneksel olarak dut, çelik ve tohumla çoğaltılmaktadır (Edizer ve ark., 2016). Çapraz tozlaşmadan kaynaklanan bitkilerde oluşan heterozigotluk nedeniyle tohum yoluyla çoğaltma istenmeyen bir durumdur. Aşılama yoluyla çoğaltım, yaşanan zorluklar nedeniyle oldukça sınırlıdır. Dutta aşılama sırasında süt salgısının oluşması ve tomurcuk dokusu altındaki boşluklu yapıdan dolayı aşı başarısı düşük olmaktadır (Ünal ve ark., 1992; Zenginbal ve Eşitken, 2016). Mikro çoğaltma gibi doku kültürü teknikleri, kısa sürede çok sayıda tek tip bitkicik üretimi için hızlı ve güvenilir bir yöntem sağlar (Anis ve ark., 2003) ancak uzman personel ve pahalı alt yapı ve donanım gereksiniminden dolayı tam olarak pratik kazanamamıştır. Çelikle çoğaltma, klonal rejenerasyon yeteneği olan bitkiler için en ucuz ve en pratik yöntemdir (Yıldız ve ark., 2009). Fakat karadut çeliklerinde adventif kök oluşumunda yaşanan zorluklar, dut yetiştiricileri için dezavantaj olmaktadır (Anis ve ark., 2003). Bu sıkıntının önüne geçebilmek için farklı hormon ve ortam çalışmaları yapılmaktadır. Çelikle çoğaltmada köklenme performansının, çeliklerin oksin metabolizması, fenolik metabolizması ve besin durumu ile bağlantılı olduğu bildirilmiştir (İsfendiyaroğlu ve Kacar, 2019). Fenolik asitler dahil olmak üzere çeşitli endojen maddeler, adventif köklenmeyi teşvik etmekte veya engelleyebilmektedir. Fenolik asitler, indol-3-asetik asit (IAA)-oksidaz sistemini inhibe ederek köklenme sırasında oksin aktivitesini artırmakta, böylelikle IAA'nın yok edilmesini önlemektedir (Shang ve ark., 2017). Shang ve ark., (2017)'nin *in vitro* ortamında yaptıkları çalışmada, endojen fenolik asitlerin (kafeik asit, metil gallat, paeoniflorin ve asetovanillone) içeriğindeki değişikliklerin ağaç şakayık (*Moutan peony*) bitkisinin köklenmesi ile yakından ilişkili olduğu ve eksojen trifenollerin ve özellikle difenollerin *in vitro* köklenme için avantajlı olduğu sonucuna varmışlardır.

Bu çalışmada, alttan ısıtma sistemine sahip çoğaltma ünitesinde, farklı karanlık koşullarda bekletilen karadut odun çeliklerinde indol-3-bütirik asit (IBA) ve kafeik asit (KA) büyüme düzenleyicilerinin köklenme performanslarına etkisi araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Araştırma, 2021 yılında Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkez Müdürlüğü'ne ait köklendirme serasında yürütülmüştür. Deneme, tesadüf parselleri deneme desenine göre faktöriyel düzende 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Her tekerrürde 15 çelik mevcuttur. Materyal olarak müdürlük bünyesinde bulunan damızlık karadut ağaçlarının bir yaşlı dallarından hazırlanan odun çelikleri kullanılmıştır. Odun çelikleri 2021 yılının şubat ayında alınarak alttan ısıtmalı (20±2°C) perlit ortamına dikilmiştir. Dikimden önce odun çelikleri 15-20 cm uzunluğunda kesilerek; 1) 6000 ppm IBA (Yıldız ve ark., 2009) 2) 2000 ppm KA (Shang ve ark., 2017) 3) 6000 ppm IBA + 2000 ppm KA ve 4) saf su (kontrol) uygulanmıştır. Çözeltilerin etkin maddesi, metanol içinde çözündürülerek dozları ayarlanmıştır. Karadut çeliklerinin alttan 5 cm'lik kısmı çözeltilere batırıldıktan sonra (saf su ve IBA solüsyonunda 5 saniye, KA solüsyonunda 2 dakika tutulmuştur) üzerlerindeki alkolün uçması için 10 saniye bekletilmiştir. Çeliklerin köklendirme aşaması için 3 farklı koşul tasarlanmıştır:

1.Koşul; çözeltilere daldırılmış karadut çelikleri sera içerisindeki perlitle doldurulmuş bentlere direkt olarak dikilip üzerlerine siyah malç örtüsü çekilmiştir ve sökülme gününe kadar sadece sulamak için üstleri açılmıştır (DSK=Dikim Sonrası Karanlık).

2.Koşul; karadut çelikleri dikimden önce siyah malç örtüsü ile oluşturulan karanlık koşul içerisinde 5 gün bekletildikten sonra çözeltilere daldırılıp sera içerisindeki perlitle doldurulmuş bentlere dikilmiştir (DÖK=Dikim Öncesi Karanlık).

3.Koşul; çözeltilere daldırılmış karadut çelikleri sera içerisindeki perlitle doldurulmuş bentlere direkt olarak dikilmiştir (Standart).

Köklenme koşullarında 90 gün bekletilip ardından sökülme yapılan çeliklerde şu ölçümler yapılmıştır:

Köklenme oranı: Her tekerrürde köklenen çelik sayısının toplam çelik sayısına oranı (%) olarak ifade edilmiştir

Kallus oluşum oranı: Her çelikte yara dokusunun oluşup oluşmadığına bakılmış ve yara dokusu oluşturan çelik sayısının toplam çelik sayısına oranı (%) olarak ifade edilmiştir.

Çürüme oranı: Çeliklerin adventif kök bölgelerindeki ölü kısımlar (kararmış) çürüme olarak değerlendirilmiş ve çürüyen çelik sayısının toplam çelik sayısına oranı (%) olarak ifade edilmiştir.

Yüzde oran olarak verilen yukarıdaki parametreler belirlenirken bazı çeliklerde köklenme, kallus oluşumu ya da çürüme bir arada meydana geldiğinden dolayı bunların toplamı %100'ü geçebilmektedir.

Kök sayısı: Çelik başına oluşan kökler sayılmıştır.

Kök uzunluğu: Her çelikte en uzun 5 kök belirlenmiştir. Bir cetvel yardımı ile kök boğazı ile kökün en uç noktası arasındaki mesafe ölçülmüştür.

Kök kalınlıkları: Her çelikte en kalın 5 kök üzerinden ölçümler alınmıştır. Bir kumpas yardımı ile kökün en kalın kısımları ölçülmüştür.

Elde edilen veriler SAS paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulduktan sonra ortalamaların karşılaştırılmasında Duncan çoklu karşılaştırma testi ($P<0.05$) kullanılmıştır. Yüzde olarak ifade edilen köklenme, kallus ve çürüme oranları normal dağılım göstermediğinden açı transformasyonu (karekök arcsin) uygulandıktan sonra, kök sayısı değerleri ise logaritmik olarak dönüştürüldükten sonra analiz edilmiştir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Araştırma sonuçları

Köklenme oranı, kallus oluşum oranı ve çürüme oranı

Karadut odun çeliklerinden elde edilen köklenme oranı, kallus oluşum oranı ve çürüme oranı *Tablo 1*'de verilmiştir. Her üç köklendirme koşulunda da IBA'in hem tek başına hem de KA ile birlikte uygulanması köklenmede istatistikî açıdan önemli bir artış sağlamıştır. Standart koşulda saf su ve KA ile muamele edilen çeliklerin sırasıyla %2.2 ve %8.9'u adventif kök oluşturabilirken IBA uygulanan çeliklerin %62.2'si, IBA+KA uygulanan çeliklerin ise %51.1'i köklenmiştir. Benzer durum DSK ve DÖK koşullarında da görülmüştür. DSK koşulunda, saf su ve KA ile muamele edilen çeliklerde sırasıyla %8.9 ve %4.5 köklenme görülürken, IBA ve IBA+KA uygulamalarında sırasıyla %68,9 ve %46,7 köklenme gözlemlenmiştir. DÖK koşulunda ise saf su ve KA ile muamele edilen çelikler sırasıyla %20 ve %13.3 köklenme gösterirken, IBA ve IBA+KA uygulamalarında %77.8 köklenme oranı tespit edilmiştir. Karanlık koşullarının etkisi gelişme düzenleyici uygulamasına bağlı olarak farklılık göstermiştir. Tek başına IBA ve KA uygulanan çeliklerde, köklenme başarısı açısından karanlık uygulamaları arasında belirgin bir farklılık ortaya çıkmamıştır. Hiçbir gelişme düzenleyicinin uygulanmadığı kontrol ve IBA+KA uygulamasında, DÖK koşulundan standart koşula kıyasla daha yüksek köklenme oranları elde edilmiştir (*Tablo 1*).

Çeliklerde kallus oluşum oranına bakıldığında gelişme düzenleyici uygulamaları açısından standart ve DÖK koşullarında herhangi bir farklılık görülmezken DSK koşulu içerisinde kontrol (%93.3) uygulaması, IBA (%75.6) ve IBA+KA (%75.6) uygulamalarına kıyasla daha yüksek değerlere ulaşmıştır. Standart dahil karanlık uygulamalarında kallus oluşumu oranı tüm gelişme düzenleyicilerde benzer olmuş ancak kontrol ile farklılık

göstermiştir. Hiçbir gelişme düzenleyicinin uygulanmadığı kontrol uygulamasında, standart koşula kıyasla DSK koşulunda daha yüksek kallus oluşumu görülmüştür (*Tablo 1*).

Standart, DSK ve DÖK koşulları içerisinde çeliklerin adventif kök bölgelerindeki çürüme durumları incelendiğinde bütün yetiştirme koşullarında KA ile muamele edilen çeliklerde çürümenin daha az olduğu görülmüştür. Standart koşulda KA uygulanan çeliklerin sadece %13.3'ü çürürken IBA uygulanan çeliklerin %33.3'ü çürümüştür. DSK koşulunda, KA uygulanan çeliklerin %33.3'ünde çürüme görülürken IBA+KA uygulanan çeliklerde %55.6 çürüme görülmüştür. Aynı zamanda bu koşulda dikimle beraber köklenme faaliyetleri başladığı için özellikle IBA uygulamalarında köklenmiş bazı çeliklerde ortam neminin yüksek olması sebebiyle çürüme gözlemlenmiştir. DÖK koşulunda ise kontrol grubunda ve KA uygulanan çeliklerde çürüme görülmezken IBA ve IBA+KA uygulanan çeliklerde çürüme oranları sırasıyla %15.6 ve %22.2 olmuştur. Karanlık koşulların etkisi gelişme düzenleyici uygulamalarına bağlı olarak farklılık göstermiştir. Gelişme düzenleyici ve saf su (kontrol) ile muamele edilen çeliklerde, DÖK koşulundan standart ve DSK koşullarına kıyasla daha düşük çürüme oranları elde edilmiştir (*Tablo 1*).

Tablo 1. Farklı uygulamalara ve koşullara tabi tutulan karadut odun çeliklerinin köklenme performansları

Table 1. Rooting performances of black mulberry hardwood cuttings subjected to different applications and conditions

Uygulama/Koşul	Standart	DSK	DÖK
Köklenme Oranı (%)			
Kontrol	2.2 (0.09) B b	8.9 (0.24) B ab	20.0 (0.46) B a
IBA	62.2 (0.91) A a	68.9 (0.99) A a	77.8 (1.08) A a
KA	8.9 (0.24) B a	4.5 (0.17) B a	13.3 (0.37) B a
IBA+KA	51.1 (0.80) A b	46.7 (0.75) A b	77.8 (1.08) A a
Kallus Oluşum Oranı (%)			
Kontrol	77.8 (1.09) A b	93.3 (1.36) A a	82.2 (1.21) A ab
IBA	64.4 (0.93) A a	75.6 (1.05) B a	75.6 (1.06) A a
KA	77.8 (1.09) A a	88.9 (1.23) AB a	77.8 (1.08) A a
IBA+KA	77.8 (1.08) A a	75.6 (1.05) B a	75.6 (1.06) A a
Çürüme Oranı (%)			
Kontrol	22.2 (0.48) AB a	35.6 (0.64) B a	0.0 (0.00) B b
IBA	33.3 (0.62) A a	46.7 (0.75) AB a	15.6 (0.32) A b
KA	13.3 (0.31) B b	33.3 (0.61) B a	0.0 (0.00) B c
IBA+KA	28.9 (0.56) AB ab	55.6 (0.84) A a	22.2 (0.48) A b

DSK=Dikim sonrası karanlık. DÖK=Dikim öncesi karanlık. Satırlarda küçük harflerle gösterilen gruplamalar her uygulamanın kendi içinde değerlendirilmesinin yapıldığı testlerden elde edilmiştir ve farkları önemli olmayan ortalamalar aynı küçük harfle gösterilmiştir. Sütunlarda büyük harflerle gösterilen gruplamalar her koşulun kendi içinde değerlendirilmesinin yapıldığı testlerden elde edilmiştir ve farkları önemli olmayan ortalamalar aynı büyük harfle gösterilmiştir ($p < (0,05)$). Köklenme, çürüme ve kallus oluşum oranları için parantez içindeki değerler radyan cinsinden açı değeridir.

Kök sayısı, kök uzunluğu ve kök çapı

Karadut odun çeliklerinden elde edilen kök sayısı, kök uzunluğu ve kök çapı *Tablo 2*'de verilmiştir. Standart, DSK ve DÖK koşulları içerisinde IBA hem tek başına hem de KA ile uygulandığında kök sayısında belirgin bir artış sağlamıştır. Standart koşulda saf su ve KA ile muamele edilen çeliklerde sırasıyla 3 ve 1.5 kök/çelik görülürken IBA uygulanan çeliklerde 7.7 kök/çelik, IBA+KA uygulanan çeliklerde ise 10.5 kök/çelik tespit edilmiştir. Benzer durum DÖK koşulunda da görülmüş, kontrol ve KA grubu çeliklerinde sırasıyla 2.1 ve 1.6 adet/çelik, IBA ve IBA+KA grubu çeliklerinde ise sırasıyla 12.2 ve 13 kök/çelik tespit edilmiştir. DSK koşulunda ise kontrol ve KA grubu çeliklerinde sırasıyla 2.2 ve 2.5 kök/çelik, IBA uygulanan çeliklerde 14.4 adet kök/çelik tespit edilmiştir. Bunu 6.7 adet/çelik oluşturan IBA+KA uygulaması takip etmiştir. Karanlık uygulamalarının etkisi gelişme düzenleyici uygulamasına bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Hiçbir gelişme düzenleyicinin uygulanmadığı kontrol ve KA grubu çeliklerde, kök sayısı açısından karanlık uygulamaları arasında belirgin bir farklılık ortaya çıkmamıştır. IBA uygulamasında çeliklere dikim sonrası karanlık uygulandığında standart koşula

kıyasla daha fazla sayıda kök elde edilmiştir. IBA+KA çözeltisi ile muamele edilen çeliklerde ise dikim öncesi karanlık uygulamasının standart koşula göre kök sayısını artırdığı, dikim sonrası karanlık uygulamasının ise düşürdüğü görülmüştür (Tablo 2).

Kök uzunluğu açısından standart, DSK ve DÖK koşulları içerisinde uygulamalar arasında belirgin farklılıklar ortaya çıkmıştır. Standart koşulda en yüksek kök uzunluğuna 10.8 cm ile KA uygulaması sonucunda ulaşılmıştır. Bu değeri 9.2 cm ile kontrol çelikleri takip etmiştir. En düşük değer ise 7.1 cm ile IBA+KA uygulanan çeliklerde görülmüştür. DSK koşulunda en yüksek kök uzunluğu değeri 6.4 cm ile kontrol çeliklerinde görülmüştür. En düşük değer ise 3.6 cm ile KA uygulamasından elde edilmiştir. DÖK koşulunda ise kontrol çelikleri 3.9 cm kök uzunluğuna sahipken IBA uygulamasından 8 cm, IBA+KA uygulamasından 7.3 cm kök uzunluğu tespit edilmiştir. Karanlık koşullarının etkisi gelişme düzenleyici uygulamasına bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Kontrol ve KA uygulanan çeliklerde standart koşuldan, DSK ve DÖK koşullarına kıyasla daha yüksek kök uzunluğu değerlerine ulaşılmıştır. IBA ve IBA+KA uygulanan çeliklerde ise standart ve DÖK koşullarından, DSK koşuluna kıyasla daha yüksek değerler elde edilmiştir (Tablo 2).

Çeliklerin kök çapları incelendiğinde DSK ve DÖK koşullarında uygulamalar arasında belirgin bir farklılık ortaya çıkmamıştır. Standart koşul içerisinde KA tek başına uygulandığında kök çapında belirgin bir artış sağlamıştır. Standart koşulda kontrol çeliklerinin kök çapı 0.86 mm iken KA uygulanan çeliklerin çapı 1.53 mm'dir. Karanlık uygulamalarının etkisi yalnızca KA uygulamasına bağlı olarak değişiklik göstermiştir. KA uygulanan çeliklerde standart ve DÖK koşullarından, DSK koşuluna kıyasla daha yüksek kök çapı değerlerine ulaşılmıştır (Tablo 2).

Tablo 2. Farklı uygulamalara ve koşullara tabi tutulan karadut odun çeliklerinin köklenme performansları

Table 2. Rooting performances of black mulberry hardwood cuttings subjected to different applications and conditions

Uygulama/Koşul	Standart	DSK	DÖK
Kök Sayısı (adet/çelik)			
Kontrol	3.0 (1.1) B a	2.2 (0.8) C a	2.1 (0.7) B a
IBA	7.7 (2.0) A b	14.4 (2.6) A a	12.2 (2.5) A ab
KA	1.5 (0.3) B a	2.5 (0.9) C a	1.6 (0.4) B a
IBA+KA	10.5 (2.3) A ab	6.7 (1.9) B b	13.0 (2.6) A a
Kök Uzunluğu (cm)			
Kontrol	9.2 AB a	6.4 A b	3.9 B c
IBA	8.6 B a	4.5 AB b	8.0 A a
KA	10.8 A a	3.6 B b	5.2 B b
IBA+KA	7.1 B a	5.2 AB b	7.3 A a
Kök Çapı (mm)			
Kontrol	0.86 B a	1.07 A a	0.98 A a
IBA	1.21 AB a	1.09 A a	1.17 A a
KA	1.53 A a	0.93 A b	1.32 A ab
IBA+KA	1.27 AB a	1.10 A a	0.95 A a

DSK=Dikim sonrası karanlık. DÖK=Dikim öncesi karanlık. Satırlarda küçük harflerle gösterilen gruplamalar her uygulamanın kendi içinde değerlendirilmesinin yapıldığı testlerden elde edilmiştir ve farkları önemli olmayan ortalamalar aynı küçük harfle gösterilmiştir. Sütunlarda büyük harflerle gösterilen gruplamalar her koşulun kendi içinde değerlendirilmesinin yapıldığı testlerden elde edilmiştir ve farkları önemli olmayan ortalamalar aynı büyük harfle gösterilmiştir ($p < (0,05)$). Kök sayısı için parantez içinde verilen değerler e tabanına göre logaritma değerleridir.

3.2. Tartışma

Köklenme oranı, kallus oranı ve çürüme oranı

Yaptığımız çalışmada, karadut odun çeliklerinin köklenmesinde en etkili koşulun DÖK koşulu olduğu tespit edilmiştir. Çeliklere dikim öncesi karanlık uygulanması durumunda ise köklenme oranı üzerine en etkili

uygulamaların %77.8 köklenme başarısıyla IBA ve IBA+ KA olduğu görülmüştür. IBA ve IBA+KA uygulamalarının bütün koşullarda köklenme oranı üzerine kontrol ve KA uygulamalarından daha etkili olduğu anlaşılmıştır. En fazla kallus oluşumu, DSK koşulunda kontrol (%93.3) ve KA (%88.9) uygulamalarından elde edilmiştir. Kallus oluşumu ile köklenme arasında bir bağlantı kurulamamıştır. Nitekim, çelikle çoğaltmada, yaralanmaya tepki olarak ortaya çıkan, köklenme ortamındaki çürümeyi önleyerek çeliklerin hayatta kalma süresini artıran kallus oluşumunun köklenme ile doğrudan bir ilişkisinin olduğu bildirilmemiştir (Kaşka ve Yılmaz, 1990; Koyuncu ve ark., 2003). Bu sonuç, Koyuncu ve ark., (2003) ve Sezgin (2009)'nin bildirdikleri ile uyuşmakta fakat Yıldız ve Koyuncu (2000) ve Koc ve ark., (2016)'nın bildirdikleri ile uyuşmamaktadır. Koruyucu bir tabaka oluşturarak çeliklerin çürümesini geciktirmenin yanı sıra, kallus dokusunun bazı durumlarda su alımına yardımcı olduğu bildirilmiştir (Hartman ve Kester, 1974; Koc ve ark., 2016). Çürüme açısından baktığımız zaman en yüksek oran %55.6 ile DSK koşulu içerisinde IBA+KA uygulamasında görülürken, DÖK koşulu içerisinde kontrol ve KA uygulamalarında herhangi bir çürümeye rastlanılmamıştır. Genel itibariyle kontrol ve KA uygulamaları sonucunda daha az çürüme oluşmuştur. DSK koşulunda düşük çürüme oranı, yüksek köklenmeye sebebiyet vermiştir.

2000 ppm IBA uygulamasının karadut çeliklerinin köklenme oranına etkisi, Roussos ve ark., (2020)'nin bildirdiğine göre %85'lere kadar olurken, Singh (2018) ve Zenginbal ve Demir, (2018)'in yaptığı çalışmada bu oran %70 olarak ifade edilmiştir. Köklenme oranı, Yıldız ve Koyuncu (2000)'nun yaptığı çalışmada 5000 ppm IBA uygulaması sonucunda %89.3, Karabulut ve Saraçoğlu, (2022)'nin 6000 ppm IBA uygulaması sonucunda ise %83 olarak belirtilmiştir. Bizim çalışmamızda da 6000 ppm IBA uygulamasından %77.8 köklenme oranı ile benzer sonuç elde edilmiştir. Karadutta odun çelikleriyle yapılan diğer köklenme çalışmalarında elde edilen en yüksek oranlar şu şekildedir: 2000 ppm IBA uygulaması ile %23.4 (Karadeniz ve Şişman, 2004), 5000 ppm IBA uygulaması ile %33.3 (Koyuncu ve ark., 2004) ve 6000 ppm IBA uygulaması ile %24 (Yıldız ve ark., 2009). Bu oranların bizim çalışmamızdan elde edilen oranlardan düşük olduğu görülmektedir. Bunun sebebi genotip, köklenme ortamı ve ekolojik farklar yanında çeliğin alındığı dal ve yöney gibi faktörler olabilir.

Kök sayısı, kök uzunluğu ve kök çapı

Çelik başına kök sayısında karanlığın önemli bir etkisinin olduğu görülmektedir (*Tablo 1*). Öyle ki en yüksek değer DSK koşulunda IBA uygulamasından (14.4 adet/çelik) elde edilmiştir ve bunu DÖK koşulu içerisinde IBA (12.2 adet/çelik) ve IBA+KA (13.0 adet/çelik) uygulamaları takip etmiştir. Kök sayısı, Roussos ve ark., (2020)'nin 14.8 adet olarak belirttiği değere benzer; Zenginbal ve Demir, (2018)'in 9.64 adet Singh (2018)'nin 8.55 adet, Yıldız ve ark., (2009)'nin 3.5 adet, Koyuncu ve ark. (2004)'nin 8,0 adet, Koyuncu ve Şenel (2003)'in 2.2 adet olarak buldukları değerden yüksektir.

Kök uzunluğu ile ilgili değerlere bakıldığında genel itibariyle standart koşulda daha iyi sonuçların alındığı söylenebilir. En yüksek kök uzunluğu standart koşul içerisinde KA uygulamasından elde edilmiştir (10.8 cm). Elde ettiğimiz kök uzunluğu değerleri, Roussos ve ark., (2020)'nin 8 cm, Zenginbal ve Demir, (2018)'in 8.23 ve Singh (2018)'in 9.11 cm olarak belirttiği değere benzer; Yıldız ve ark., (2009)'nin 6.66 cm olarak belirttiği değerden yüksek çıkmıştır.

KA uygulamasının koşullar arasında kök çapı bakımından önemli farklar oluşturduğu görülmüştür. En yüksek kök çapı standart koşul içerisinde KA uygulamasından (1.53 mm) elde edilmiştir. Bulduğumuz bu değer Zenginbal ve Demir, (2018)'in 2.31 mm ve Yıldız ve ark., (2009)'nin 2.03 mm olarak bulduğu değerden düşüktür.

4. Sonuç

Karadut çeliklerinin köklenmesi üzerine farklı karanlık koşullar altında IBA ve KA'nın etkisinin araştırıldığı bu çalışmada en yüksek köklenme oranına DÖK koşulu içerisindeki çelikle IBA ve IBA+KA uygulamaları sonucunda ulaşılmıştır. Aynı koşulda çürüme oranı da düşük olmuştur. Kafeik asidin IBA ile uygulandığında köklenmeye olumlu etkisinin olduğu görülmüştür. Çalışma sonucunda, IBA'nın yanı sıra kafeik asidin de kök kalitesi üzerine olumlu etkilerinin olduğu tespit edilmiştir. Fakat sadece bu sonuçlara bakılarak kafeik asit hakkında net bir şey söylemek yanlış olabilir. Kafeik asit gibi fenolik maddelerin hem farklı dozlarının köklenme üzerine etkisini hem de yeşil, yarı odun ve odun çeliklerine karşı tepkisini belirlemek amacıyla daha fazla çalışmalara ihtiyaç vardır.

Kaynakça

- Anis, M., Faisal, M. and Singh, S. K. (2003). Micropropagation of mulberry (*Morus alba* L.) through in vitro culture of shoot tip and nodal explants. *Bangladesh Association for Plant Tissue Culture & Biotechnology*, 13(1): 47-51.
- Edizer, Y., Gökçek, O. and Saraçoğlu, O. (2016). Effects of growth regulators application on propagation with hardwood cuttings of the black mulberry. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(3): 92-96.
- Ercisli, S. and Orhan, E. (2007). Chemical composition of white (*Morus alba*), red (*Morus rubra*) and black (*Morus nigra*) mulberry fruits. *Food Chemistry*, 103(4): 1380-1384.
- Hartman, H.T. ve Kester, D. E. (1974) Bahçe Bitkileri Yetiştirme Tekniği. (Çevirenler: N. Kaşka ve M. Yılmaz) Ç.Ü.Z.F. Ders kitabı No: 79, Adana.
- İsfendiyaroğlu, M. and Kacar, E. (2019). Effects of different pre-sized rooting blocks and IBA concentrations on the rooting of Ramsey grapevine rootstock cuttings. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 56(1): 1-10.
- Karabulut, N. S. and Saraçoğlu, O. (2022). The effects of cinnamic acid and IBA treatments on the rooting of wood cuttings of black mulberry (*Morus nigra* L.). *Turkish Journal of Food and Agriculture Sciences*, 4(1): 1-5.
- Karadeniz, T. ve Şişman, T. (2004). Beyaz Dut ve Kara Dutun Meyve Özellikleri ve Çelikle Çoğaltılması. *Ulusal Kivi ve Üzümü Meyveler Sempozyumu Kitabı*, s. 428-432, Trabzon, Türkiye.
- Kaşka N. ve Yılmaz, M. (1990). Bahçe Bitkileri Yetiştirme Tekniği. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi No: 52, Adana.
- Koc, M., Yıldız, K. and Yıldırım, S. (2016). The effect of rooting medium temperature and moisture on rooting of black mulberry hardwood cutting. *Scientific Papers-Series B, Horticulture*, 60: 79-82.
- Koyuncu, F. and Senel, E. (2003). Rooting of black mulberry (*Morus nigra* L.) hardwood cuttings. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 11(1/4): 53-58.
- Koyuncu, F. (2004). Organic acid composition of native black mulberry fruit. *Chemistry of Natural Compounds*, 40(4): 367-369.
- Koyuncu, F., Emel, V. ve Çelik, M., (2004). Kara Dut (*Morus nigra* L) Çeliklerinin Köklenmesi Üzerine Araştırmalar. *Ulusal Kivi ve Üzümü Meyveler Sempozyumu*, 23-25 Ekim, s. 424-427, Ordu, Türkiye.
- Ozrenk, K., Gazioglu, S. R., Erdinc, C., Guleryuz, M. and Aykanat, A. (2010). Molecular characterization of mulberry germplasm from Eastern Anatolia. *African Journal of Biotechnology*, 9(1): 1-6.
- Özgen, M., Serçe, S. and Kaya, C. (2009). Phytochemical and antioxidant properties of anthocyanin-rich *Morus nigra* and *Morus rubra* fruits. *Scientia Horticulturae*, 119(3): 275-279.
- Roussos, P. A., Denaxa, N. K., Ntanos, E., Tsafouros, A., Mavrikou, S. and Kintzios, S. (2020). Organoleptic, nutritional and anti-carcinogenic characteristics of the fruit and rooting performance of cuttings of black mulberry (*Morus nigra* L.) genotypes. *Journal of Berry Research*, 10(1): 77-93.
- Saraçoğlu, O., Erdem, S. Ö., Çekiç, Ç. and Yıldız, K. (2016). Application of new vegetative propagation methods for black mulberry. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 30(Special Issue): 624-627.
- Sezgin, O. (2009). *Genotipik farklılığın karadut odun çeliklerinin köklenmesi üzerine etkisi* (Yüksek Lisans Tezi) GOÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Shang, W., Wang, Z., He, S., He, D., Liu, Y. and Fu, Z. (2017). Research on the relationship between phenolic acids and rooting of tree peony (*Paeonia suffruticosa*) plantlets in vitro. *Scientia Horticulturae*, 224: 53-60.
- Singh, K. K. (2018). Effect of auxins and rooting media on rooting in stem cutting of mulberry (*Morus nigra* L.). *The Pharma Innovation Journal*, 7(11): 12-15.
- Ünal, A., Özçağırın, R. ve Hepaksoy, S. (1992). Kara Dut ve Mor Dut Çeşitlerinde Odun Çeliklerinin Köklenmesi Üzerinde Bir Araştırma. *Türkiye I. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi*, 13-16 Ekim, P.267-270, İzmir, Türkiye.
- Vijayan, K., Srivastava, P. P. and Awasthi, A. K. (2004). Analysis of phylogenetic relationship among five mulberry (*Morus*) species using molecular markers. *Genome*, 47(3): 439-448.
- Yıldız, K., Çekiç, Ç., Güneş, M. ve Özgen, M. (2009). Farklı dönemlerde alınan kara dut (*Morus nigra* L.) çelik tiplerinde köklenme başarısının belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(1): 1-5.
- Yıldız, K. ve Koyuncu, F. (2000). Kara dutun (*M. nigra* L.) odun çelikleri ile çoğaltılması üzerine bir araştırma. *Derim*, 17(3): 130-135.
- Zenginbal, H. and Eşitken, A. (2016). Effects of the application of various substances and grafting methods on the grafting success and growth of black mulberry (*Morus nigra* L.). *Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus*, 15(4): 99-109.
- Zenginbal, H. and Demir, T. (2018). Effects of some rhizobacteria and indole-3-butyric acid on rooting of black and white mulberry hardwood cuttings. *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*, 28(5): 1426-1431.