

Kök Bakterisi ve Oksin Uygulamalarının Karadut (*Morus nigra* L.) Odun Çeliklerinin Kök Gelişimi Üzerine Etkileri

Onur Sefa ALKAÇ*¹, Hakan KARADAĞ¹, Çetin ÇEKİÇ¹, Mehmet Emin İŞBİLİR¹

¹Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Tokat

*Sorumlu Yazar: onursefa.alkac5018@gop.edu.tr

Geliş Tarihi: 07.10.2021 Düzeltme Geliş Tarihi: 21.09.2022 Kabul Tarihi: 07.11.2022

ÖZ

Karadut çeliklerinin kök oluşumunu teşvik etmek amacıyla genellikle IBA gibi büyüme düzenleyiciler kullanılmaktadır. Ancak, günümüzde sürdürülebilir tarım uygulamaları kapsamında, bitkisel üretim sürecinde sentetik kimyasallara alternatif yeni materyallerin ve yöntemlerin araştırma çalışmaları giderek hız kazanmaktadır. Bu tür alternatif uygulamaların başında ise, günümüzde kullanımı gittikçe yaygınlaşan rizobakteriler (PGPR) yer almaktadır. Bu çalışmada da büyüme düzenleyicilerine alternatif olabilecek iki farklı bakteri izolatının (*Bacillus cereus* (ZE-7) ve *Pseudomonas putida* (ZE-12)) karadut odun çeliklerinin köklenmesi üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, aralık ayı sonunda Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Merkezine ait karadut yetiştiriciliği yapılan seradan temin edilen odun çeliklerine bakteri izolatları tek başına ve 6000 ppm oksin (Indole-3-butyric acid-IBA) ile birlikte uygulanmıştır. Çelikler 10 saniye IBA çözeltisinde ardından 30 dakika bakteri süspansiyonlarında bekletildikten sonra sisleme ve alttan ısıtma sistemi olan köklendirme masasına, tamamı perlit olan ortama dikilmiştir. 90 gün köklenme ortamında kalan çeliklerde kök sayısı (adet/çelik), kök uzunluğu (cm), kök çapı (mm), çürüme oranı, köklenme oranı (%) ve kallüslenme oranı (%) parametreleri incelenmiştir. En yüksek köklenme oranı, 6000 ppm IBA + 0.3 Abs bakteri uygulaması ve 6000 ppm IBA + 1.2 Abs bakteri uygulamasından (%71.11) elde edilmiştir. Kontrole kıyasla köklenme oranı bakterinin kombinesi ile %28 oranında artmıştır. Bakteri uygulamaları genel olarak, kök sayısı, çürüme oranı, köklenme oranı ve kallüslenme oranına olumlu etkilerde bulunurken, kök uzunluğu ve kök çapı parametrelerinde ise artı bir etkisi olmamıştır. Sonuç olarak karadut çeliklerinde standart IBA konsantrasyonu olarak 6000 ppm uygulanmakta ancak bu yeterli gelmemektedir. Elde edilen sonuçlarla bu konsantrasyona ek olarak 0.3 Abs konsantrasyonunda bakteri uygulaması yapılarak standart uygulamaya kıyasla %28 artış sağlanabileceği sonuçlarda yer almaktadır. Ayrıca bakteri uygulamasının sürdürülebilir, kolay hazırlanabilir ve uygulanabilir olması gibi avantajları sayesinde ileride yapılması planlanan köklendirme çalışmalarında önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: *Bacillus cereus*, *Pseudomonas putida*, IBA, çelik, köklendirme.

Effects of Rhizobacteria and Auxin Treatments on Root Development of Black Mulberry (*Morus nigra* L.) Cuttings

ABSTRACT

Growth regulators such as IBA are generally used to promote root formation of black mulberry cuttings. However, today, studies on the research of alternative materials and methods to synthetic chemicals in the plant production process within the scope of good agricultural practices are gaining momentum. The common alternative application is rhizobacteria (PGPR), which is increasingly used today. In this study, the effects of two different bacterial isolates (*Bacillus cereus* (ZE-7) and *Pseudomonas putida* (ZE-12)) that can be alternatives to growth regulators on the rooting of black mulberry wood cuttings were investigated. For this purpose, two bacterial isolates were applied alone or together with 6000 ppm auxin (Indole-3-butyric acid-IBA)

to wood cuttings taken at the end of December from the black mulberry growing glasshouse of Tokat Gaziosmanpaşa University Research and Application Center. After the cuttings were kept in IBA solution for 10 seconds and then in bacterial suspensions for 30 minutes, they were planted on perlite rooting medium with underfloor heating system. The parameters of root number (piece/stem), root length (cm), root diameter (mm), decay rate, rooting rate (%) and callus rate (%) were investigated in cuttings that remained in rooting medium for 90 days. The highest rooting rate was obtained from 6000 ppm IBA + 0.3 Abs bacteria application and 6000 ppm IBA + 1.2 Abs bacteria application (71.11 %). The rooting rate increased by 28% with the combination of bacteria compared to the control. Bacteria applications generally had positive effects on root number, decay rate, rooting rate and callus rate, but did not have a positive effect on root length and root diameter parameters. As a result, 6000 ppm is applied as standard IBA concentration in black mulberry cuttings, but this is not enough. With the results obtained, it is seen that 28% increase can be achieved compared to the standard application by applying bacteria at 0.3 Abs concentration in addition to this concentration. In addition, thanks to the advantages of bacterial application such as being sustainable, easy to prepare and applicable, it is recommended for rooting studies planned in the future.

Key words: *Bacillus cereus*, *Pseudomonas putida*, IBA, cutting, rooting.

GİRİŞ

Moraceae familyasına ait olan ve genellikle karadut olarak bilinen *Morus nigra* L. dünya çapında yaygın bir şekilde yetiştiriciliği yapılmaktadır (Lim ve Choi, 2019). Karadut genellikle taze veya dondurulmuş olarak tüketilmektedir. Meyveleri reçel, şurup, dondurma, likör bileşenleri olarak, ayrıca gıda endüstrisinde renk katkı maddesi ve ilaç endüstrisinde tıbbi amaçlarla kullanılan bir türdür (Gerasopoulos ve Stavroulakis, 1997; Kamiloğlu ve ark., 2013). Karadutta son zamanlarda yapılan araştırmalar incelendiğinde, içerik olarak karoten, B1, B2 ve C vitaminleri bakımından zengin olduğu görülmüştür. Meyvelerinin askorbik asit, mineraller, fenoller, flavonoidler, bazı organik asitler içerdiği de bilinmektedir. Bunların tümünün meyvenin yüksek antioksidan özelliklerine katkı sağladığı ve insan sağlığı üzerinde olumlu etkileri olduğu saptanmıştır (Özgen ve ark., 2009; Sánchez ve ark., 2014; Lo Bianco ve Mirabella, 2018). Karadut meyvesinin antioksidan, antimikrobiyal, antihipertansiyon, antiviral, hipolipidemik, nöroprotektif, antiinflamatuvar, antimutajenik ve anti-kanserojenik özellikler içermesi ve biyolojik olarak aktif maddeleri sayesinde insan sağlığı üzerindeki potansiyel faydaları bulunduğu dair çalışmalar mevcuttur (Oki ve ark., 2006; Özgen ve ark., 2009). Bu içerikleri sayesinde, karadut yüksek kaliteli bir ürün olarak kabul edilmektedir.

Karadut çeliklerinin kök oluşumunu teşvik etmek amacıyla genellikle IBA'nın yoğun (1000-8000 ppm) veya seyreltik (10-250 ppm) dozları tercih edilmektedir (Zenginbal ve ark. 2006; Öz ve ark., 2021). Çelikle çoğaltılan diğer meyve türlerinde de çeliklerin köklenmesini teşvik etmek amacıyla genellikle büyüme düzenleyici uygulamalarının kullanıldığı görülmektedir (Cooper 1936; McGuire ve Sorensen 1966; Edizer 2011; Campagnolo ve Pio 2012; Öztürk ve ark. 2016; Saraçoğlu ve ark. 2016; Debner ve ark. 2019). Vejetatif çoğaltmada, çeliklerin köklendirilmesinde istenilen başarının sağlanamaması ve geniş alan ihtiyacı gibi sorunlar yaşanabilmektedir (Najaf-Abadi ve Hamidoghli 2009). Günümüzde üretim ve tüketim değerleri hızla artan organik tarım (Greene, 2018) ve sürdürülebilir tarım gibi sentetik kimyasalların kullanılmadığı bitkisel üretim metodlarında kullanılabilecek alternatif materyallerin ve yöntemlerin araştırılması önem arz etmektedir. Bu tür uygulamaların başında ise, günümüzde kullanımı gittikçe yaygınlaşan rizobakteriler (PGPR) tercih edilmektedir.

Önemli sayıda bakteri türünün, çoğunlukla bitki rizosferiyle ilişkili olanların, bitki büyümesi ve gelişimi üzerine faydalı bir etki gösterdiği bilinmektedir. Bu bakterilerin tarımda biyo-gübreleme veya biyo-kontrol ajanı olarak kullanımı birkaç yıldır araştırma konusu olmuştur. Bakteriler, 'bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler (PGPR) olarak adlandırılmış ve genel olarak *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Azospirillum*, *Enterobacter*, *Rhizobium*, *Erwinia*, *Serratia*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Acinetobacter* ve *Flavobacterium* bakterilerini kapsamaktadır (Rodriguez ve Fraga 1999; Sturz ve Nowak 2000; Bloemberg ve Lugtenberg 2001). PGPR bakterileri, dut, yaban mersini, patates, turp, domates, marul, elma, narenciye, fasulye ve salatalık gibi mahsullerin büyümesini ve verimini teşvik etmektedir (Beyeler ve ark., 1999; Pan ve ark., 1999; Rodriguez ve Fraga 1999; De Silva ve ark., 2000; Sudhakar ve ark., 2000). Son yıllarda yapılan araştırmalar incelendiğinde, *Bacillus* cinsindeki bakteri türlerinin odun çeliklerinde köklenmeyi teşvik edebildiğini göstermiştir (Esitken ve ark. 2003). *Bacillus spp.*'nin fidelerin kök boyutlarını artırdığı bildirilmiştir (Zhou ve Paulitz 1993). Aslantas ve ark. (2007), yapmış oldukları araştırmalarında genç elma fidelerine *B. spp.* OSU-142 uygulaması; bu uygulamanın ortalama sürgün uzunluğunu kontrol ile karşılaştırıldığında %59.2 oranında artırdığını belirlemişlerdir. Arıkan ve ark. (2013) araştırmalarında; *Bacillus subtilis* OSU-142 uygulamalarının sürgün uzunluğunu ilk yıl kontrole göre artırdığını görmüşlerdir. Sabır ve ark. (2012), *Bacillus spp.* ve diğer biyo-

ajanların asma anaçlarının (1103P ve 41B) gelişimi üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada *B. spp.* uygulamalarının sürgün çapı değerlerinin kontrole göre artırdığını bildirmişlerdir.

Son yıllarda özellikle karadut fidanlarına olan ilgi artmaktadır (Güneş ve Çekiç, 2003). Meyve amaçlı yetiştirilen dut, klon olarak çoğaltılmaktadır. Bitki üretimi için doku kültürü ile çoğaltılmasının aksine, genellikle aşılama ve çelikle çoğaltma yöntemleri tercih edilmektedir (Hartmann ve ark., 1990). Bu çalışmada, karadutların odun çelikleriyle köklendirilmesinde standart olarak kullanılan indol-3 bütirik asit (IBA) hormonunun yanı sıra günümüzde gittikçe yaygınlaşan ve sürdürülebilir uygulamaların başında yer alan PGPR bakterilerinin (*Bacillus cereus*, *Pseudomonas putida*) tek başlarına ve IBA hormonu birlikte kombinasyonlarının kök gelişimine etkisinin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

MATERYAL ve METOT

Çalışma Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezine (GUTAM) ait polikarbon serada yürütülmüştür. *Morus nigra* L. çelikleri, GUTAM içerisinde yetiştiriciliği yapılan bitkilerin yeni sürgünlerinden alınan ve yaklaşık 15 cm uzunluğundaki çelikler tercih edilmiştir. Çelikler, serada bulunan alttan ısıtmalı ($20\pm 2^\circ\text{C}$) köklendirme masalarına dikilmiş ve sulaması sisleme sistemiyle 5 dakikada 10 saniye olacak şekilde düzenli olarak yapılmıştır. Köklendirme ortamı olarak perlit kullanılmıştır. Çeliklere, farklı konsantrasyonlara sahip bakteri süspansiyonlarının tek başlarına ve IBA hormonu birlikte kombinasyonları hazırlanarak 10 farklı uygulama yapılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Çeliklere uygulanan IBA ve bakterilerin konsantrasyonları

Uygulamalar	BBD	Bakteri
T1 (Saf su)	0	0
T2	6000 ppm	0
T3	0	0.3 Absorbans (Abs)
T4	0	0.6 Abs
T5	0	0.9 Abs
T6	0	1.2 Abs
T7	6000 ppm	0.3 Abs
T8	6000 ppm	0.6 Abs
T9	6000 ppm	0.9 Abs
T10	6000 ppm	1.2 Abs

Oksin (Indol Bütirik Asit) Hazırlanması

Çalışmada köklenmeyi teşvik etmek için 'Indol-3-butyric acid' (IBA, Merck, Türkiye) (6000 ppm) daha önce Kınık ve Çelikel (2017) tarafından tanımlanan şekilde hazırlanmıştır ve çeliklere 10 saniye süre ile uygulanmıştır.

Bakterileri Solüsyonlarının Hazırlanması ve Uygulanması

Çalışmada, bitki gelişimini teşvik eden rizobakteri *Bacillus cereus* (ZE-7) ve *Pseudomonas putida* (ZE-12) bakteri izolatları kullanılmıştır. Bakteri izolatları Dr. Zeliha KAYAASLAN (Bozok Üniversitesi)'dan temin edilmiştir. Kayaaslan (2021)'in belirttiği üzere bakteri izolatları Tokat ili biber üretim alanlarında sağlıklı biber bitkilerinin rizosfer bölgelerinden yapılan izolasyonlar sonucu elde edilmiştir. Bu bakteri izolatları, çeşitli biyokimyasal testler, tütünde aşırı duyarlılık reaksiyon testi ve patateste yumuşak çürüklük testine tabi tutulmuştur ve MALDI-TOF MS (Matriks-destekli lazer desorpsiyon/ionizasyonu) tekniği ile *Bacillus cereus* ve *Pseudomonas putida* olarak kesin tanısı konulmuştur. Kullanılan bakteri izolatu Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Fitopatoloji laboratuvarında nutrient broth ve gliserol içerisinde stok kültür olarak -20°C 'de muhafaza edilmektedir. Stok kültür olarak bulunan *Bacillus cereus* (ZE-7) ve *Pseudomonas putida* (ZE-12) bakterileri nutrient agar besi ortamı bulunan petrilere çizilerek 37°C 'de 24 saat geliştirilmiştir. Gelişen bakteriler saf su ile petri kabından alınarak bakteri süspansiyonu hazırlanmıştır. Hazırlanan bakteri süspansiyonları steril saf su ile seyreltilerek spektrofotometrede (PG Instruments T60 UV-Vis Spectrophotometer) 600 nm dalga boyunda son konsantrasyon 10^8 CFU ml^{-1} olacak şekilde ve 4 farklı absorbans (abs) değerinde (0.3, 0.6, 0.9 ve 1.2) ayarlanmıştır ve ölçümü yapılmıştır. Hazırlanan bakteri süspansiyonlarının çeliklere uygulanması, 500 ml'lik beher içerisinde bulunan bakteri süspansiyonlarına daldırılarak 30 dakika boyunca bekletilmiştir ve daha sonra köklendirme ortamına dikimi gerçekleştirilmiştir (Yıldız Çetinkaya ve

Aysan, 2014). IBA + Bakteri kombinasyonlarının uygulanmasında, çelikler ilk önce IBA (6000 ppm) hormonuna 10 saniye süre ile daldırılmış daha sonra bakteri solüsyonunda 30 dakika boyunca bekletilmiştir.

Ölçümler ve İstatistik Analiz

Araştırmada, kök sayısı (adet/çelik), kök uzunluğu (cm), kök çapı (mm), çürüme oranı (%), köklenme oranı (%) ve kallüslenme oranı (%) parametreleri incelenmiş ve her tekerrürde 15 adet çelik kullanılmıştır. Çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Elde edilen verilerin istatistiksel analizleri SAS paket programında yapılmış ve varyans analizine tabi tutulmuştur. Varyans analizine göre, uygulamalar ve ortalamalar arasındaki farklılığın ($p<0.05$) belirlenmesinde Duncan testi uygulanmıştır.

BULGULAR

Karadut (*Morus nigra* L.) odun çeliklerinde, IBA uygulamalarından bağımsız olarak, farklı konsantrasyonlardaki bakteri uygulamalarının kök gelişimi üzerine etkileri incelendiğinde, kök sayısı, kök uzunluğu, kök çapı, çürüme oranı, köklenme oranı ve kallüslenme oranı parametrelerinde istatistiksel olarak önemli farklar bulunmazken, Bakteri x bakteri + IBA interaksiyonları da çeliklerin kök sayısı, kök uzunluğu, kök çapı, çürüme oranı ve köklenme oranı parametrelerinde istatistiksel olarak önemli farklılıklar göstermemiştir. Kallüslenme oranında ise istatistiksel olarak önemli farklılıklar ($p<0.05$) ortaya çıkmıştır (Tablo 2).

Tablo 2. Karadut (*Morus nigra* L.) çeşitlerine ait odun çeliklerinin kök gelişimi üzerine IBA ve bakteri dozlarının etkisi*

Hormon / Bakteri	Kök Sayısı (adet/çelik)					
	Kontrol	0.3 Abs	0.6 Abs	0.9 Abs	1.2 Abs	Ortalama
Kontrol	1.17 A b	2.33 A b	2.00 A b	1.50 A b	2.00 A b	1.64 b
6000 ppm IBA	12.33 A a	8.31 A a	11.13 A a	10.29 A a	11.60 A a	10.73 a
Ortalama	6.75 A	6.81 A	8.85 A	6.78 A	7.76 A	
	Kök Uzunluğu (cm)					
Kontrol	10.25 A a	6.93 A a	8.00 A a	4.33 A a	13.66 A a	9.56 a
6000 ppm IBA	7.72 A a	8.08 A a	7.72 A a	7.55 A a	6.60 A a	7.53 a
Ortalama	8.98 A	7.79 A	7.79 A	7.13 A	9.42 A	
	Kök Çapı (mm)					
Kontrol	1.58 A a	0.80 A a	0.69 A a	0.97 A a	1.07 A a	1.15 a
6000 ppm IBA	1.06 A a	1.03 A a	1.06 A a	1.03 A a	1.03 A a	1.05 a
Ortalama	1.32 A	0.97 A	0.97 A	1.01 A	1.05 A	
	Çürüme Oranı (%)					
Kontrol	20.00 A a	28.89 A a	24.44 A a	15.56 A a	26.67 A a	23.11 b
6000 ppm IBA	37.77 A a	33.33 A a	37.78 A a	37.78 A a	33.33 A a	36.00 a
Ortalama	28.88 A	31.11 A	31.10 A	26.67 A	30.00 A	
	Köklenme Oranı (%)					
Kontrol	11.11 A b	6.67 A b	2.22 A b	4.45 A b	4.45 A b	5.78 b
6000 ppm IBA	55.56 A a	71.11 A a	62.22 A a	64.44 A a	71.11 A a	64.89 a
Ortalama	33.33 A	38.89	32.22 A	34.44 A	37.78 A	
	Kallüslenme Oranı (%)					
Kontrol	82.22 A a	71.11 A a	73.33 A a	82.22 A a	80.00 A a	77.79 a
6000 ppm IBA	62.22 C b	68.89 BC a	71.11 ABC a	82.22 A a	75.56 AB a	72.00 a
Ortalama	72.22 B	70.00 B	72.22 B	82.22 A	77.78 AB	

*: Aynı sütun ve satırda, aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel açıdan ($p>0.05$) önemli değildir. Küçük harfler bakteri içi hormon uygulamalarını (sütun), büyük harfler ise hormon içi bakteri uygulamalarını (satır) ifade etmektedir.

Kök sayısı ve köklenme oranı parametreleri incelendiğinde, hormon uygulamalarından bağımsız olarak sadece bakteri uygulamaları ve bakteri x hormon + bakteri interaksiyonu kendi aralarında kıyaslandığında, istatistiksel açıdan önemli farklılıklar saptanmamıştır. Bakteri x Bakteri + Hormon interaksiyonu ve ortalamaları kıyaslandığında uygulamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan ($p<0.05$) önemli olmuştur. Bakteri x Bakteri + Hormon interaksiyonunun ortalamaları kıyaslandığında, bakteri uygulamasında kök sayısı 1.64

adet/çelik çıkarken, bakteri + hormon uygulamalarının kök sayısı 10.73 adet/çelik olarak ölçülmüştür. Köklenme oranında ise, bakteri uygulamasında köklenme oranı % 5.78 iken, bakteri + hormon uygulamalarının köklenme oranı %64.89 olarak belirlenmiştir (Tablo 2). Kök uzunluğu, kök çapı ve çürüme oranı parametreleri kıyaslandığında, hormon uygulamalarından bağımsız olarak sadece bakteri uygulamaları, bakteri x hormon + bakteri interaksyonu ve ortalamalar istatistiksel açıdan önemli farklılıklar saptanmamıştır. Çürüme oranında ise bakteri x bakteri + hormon interaksyonunun ortalaması istatistiksel açıdan ($p<0.05$) önemli çıkmıştır. Bakteri uygulamalarının ortalaması % 23.11 iken bakteri + hormon uygulamalarının ortalaması % 36 olarak saptanmıştır (Tablo 2). Kallüslenme oranı baktığımızda, hormon uygulamalarından bağımsız olarak, sadece bakteri uygulamaları arasında istatistiksel anlamda farklılıklar ortaya çıkmamıştır. Bakteri + Hormon uygulamaları kıyaslandığında istatistiksel açıdan ($p<0.05$) önemli farklılıklar belirlenmiş ve en yüksek kallüslenme oranı kontrol ve 6000 ppm IBA + 900 Abs bakteri uygulamasında (%82.22) tespit edilmiştir. Bakteri x bakteri + uygulama interaksyonu incelendiğinde sadece kontrol (%82.22) ve 6000 ppm IBA (%62.22) uygulaması arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar saptanmıştır. Sadece bakteri ve bakteri + hormon uygulamalarının ortalaması kıyaslandığında ise istatistiksel açıdan önemli farklılıklar saptanmıştır ve en yüksek köklenme oranı 6000 ppm IBA + 900 Abs bakteri uygulamasında (%82.22) belirlenmiştir (Tablo 2).

TARTIŞMA

Karadut çeliklerine standart uygulama dozlarından birisi olan 6000 ppm IBA uygulamanın köklendirmeyi teşvik ettiği ancak yeterli olmadığı bilinmektedir. Kök gelişimini özellikle de köklenme oranını artırmak amacıyla rizobakteriler tercih edilmiştir. Rizobakterilerin ise doğrudan kök gelişimini teşvik ettiği ve köklenme oranını yaklaşık olarak %28 oranında artırdığı görülmektedir. Bakterilerin bu teşvik edici etkisi incelendiğinde literatürde de benzer sonuçların yer aldığı görülmektedir. Güneş (2015), 2 yaşlı Syrah/110R üzüm çeşidi fidanları üzerinde yapmış oldukları çalışmada 4 doz (%2, %4, %8, %0) *Bacillus subtilis* uyguladığı ve %8' lik dozunun kök sayısını artırdığı ve bakteri uygulamalarının tüm dozlarının, kontrol parsellerine göre kök sayısı parametresi üzerine pozitif yönde katkı sağladığını bildirmişlerdir. Kaymak ve ark. (2021), rizobakterilerin kök gelişimindeki bu olumlu etkilerinin oksin gibi bitki büyümesini teşvik eden bitki büyüme düzenleyicilerin senteziyle sağlandığını rapor etmişlerdir. Özellikle çalışmada da kullanılan *Bacillus* türünün oksin üretimini teşvike ederek kontrole kıyasla daha iyi sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir. Diğer bir deyişle, rizobakteriler kantitatif olarak önemli bir bitki büyüme düzenleyicisi olan oksini sentezleyebilir ve üretebilir dolayısıyla oksin üreten rizobakteri türlerinin aşılama bitki büyümesinin ve veriminin artmasına neden olur (Vessey, 2003). Nordstedt ve ark. (2020) çalışmalarında *Pseudomonas* türünü kullanmışlar ve bu rizobakterilerin bitki büyümesini teşvik ettiği, çeliklerin kök kısmında hızlı bir şekilde kolonize olduğunu ve kök gelişimini teşvik eden faydalı bakteriler olduğunu rapor etmişlerdir. Benzer şekilde, *Bacillus cereus* UPMLH24 suşu da çeliklerin köklenme yüzdesini (%96) arttırmış ve bu, 1000 ppm IBA (%88 köklenme) ile hormonal uygulamadan daha iyi olduğu bildirilmiştir (Aziz ve ark., 2015). Sezen ve ark. (2014), *Bacillus subtilis* BA-142 ve *Agrobacterium rubi* A-18 ile aşılama *Ficus benjamina* L. çeliklerinin kök uzunluğunun kontrolden daha uzun olduğunu bildirmiştir. Yapmış olduğumuz çalışmanın bulgularıyla benzer şekilde olumlu etkiler yaptığı görülmüştür. Kınık ve Çelikel (2017) yapmış oldukları çalışmada, *Rosa canina* L. çeliklerinin kök gelişimi üzerine 10 farklı rizobakterinin ve IBA'nın (1000 ppm) etkisini araştırmışlar ve çalışma sonunda bakteri uygulamalarının köklenme oranı dışında, köklenme kalitesini (kök yumağı eni, kök boyu ve ana kök sayısı) artırdığını bildirmişlerdir. Yapmış olduğumuz çalışmada ise tek başına bakterinin etkili olmadığı ancak bakteri + IBA'nın (6000 ppm) birlikte uygulanmasının kontrole göre köklenme oranını ve kallüslenme oranını artırdığı ortaya çıkmıştır. Değişik bitki türlerinde daha önce yapılan çelikle çoğaltma çalışmalarında, bakteri uygulamalarının IBA ile kombinesinde daha iyi sonuçların ortaya çıktığı belirtilmiştir (Eşitgen ve ark., 2003; Kır, 2010). Karadut bitkisinde yapılan bu çalışmada ise, özellikle köklenme oranında bakteri + IBA uygulamasının sadece 6000 ppm IBA uygulamasına kıyasla köklenmeyi %28 oranında artırdığı saptanmıştır. Farklı türler üzerinde çalışılan rizobakteri ile önceki çalışmalarda, mevcut çalışmadaki verilerimizi destekleyen doğrulayıcı bulgular bildirilmiştir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Sonuç olarak, köklenme sorunu olan karadut bitkisinde yüksek IBA uygulamalarının tercih edildiği fakat bu uygulamalarında sınırlı kaldığı bilinmektedir. Ancak hormon uygulamasının yanı sıra farklı konsantrasyonlardaki bakterilerinin kombine uygulanmasının özellikle köklenme oranını kısmi olarak artırdığı ortaya çıkmıştır. Bunun yanı sıra tek başlarına bakteri uygulamalarının kontrole kıyasla kök sayısını artırdığı da saptanmıştır. Kallüs oluşumunda ise hormon uygulamalarının bakteri uygulamalarına kıyasla daha az





kallüslenme oluşturduğu ve bakterinin yara dokusu oluşturmada etkili olduğu görülmüştür. Çürüme oranında ise yalnızca bakteri uygulamalarının, bakteri ile hormonun kombine edilmesine kıyasla çeliklerde çürümeyi azalttığı saptanmıştır. Yalnızca bakteri uygulamalarının, hormon ile kombinelerinin kök uzunluğu ve kök çapı parametreleri üzerinde belirgin farklılıklar ortaya çıkarmamıştır. Bakterilerin çevreyle barışık ve sürdürülebilir uygulamalar olmasının yanı sıra köklenmeyi de teşvik ettiği bu çalışma ile ortaya çıkmıştır. Özellikle çalışmada kullanılan bakterilerin yanı sıra diğer bitkilere ve canlılara yararlı olan bakterilerin de bitkilerin gelişim ve kalitelerine etkilerinin belirlenebilmesi için araştırma çalışmalarının artarak devam ettirilmesi önerilmektedir. Diğer yandan, kullanılan ve etkisinin olumlu olduğu belirlenen bakteri türlerinin ticarileştirilmesi ve üreticilerin hizmetine açılması, gerekli teşviklerin sağlanması, sürdürülebilir tarım açısından son derece önem taşımaktadır.

Teşekkür: Çalışmada kullanılan bitki gelişimini teşvik edici rizobakterilerin temini için Dr. Zeliha KAYAASLAN (Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü)'a teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması Beyanı: Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti: Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

YAZAR ORCID NUMARALARI

Onur Sefa ALKAÇ  <http://orcid.org/0000-0002-1948-7627> Hakan KARADAĞ  <http://orcid.org/0000-0002-1458-7645>
Çetin ÇEKİÇ  <http://orcid.org/0000-0003-1691-8361> Mehmet Emin İŞBİLİR  <http://orcid.org/0000-0002-9022-3624>

KAYNAKLAR

- Arıkan, S., Ipek, M. ve Pirlak, L. 2013 Effects of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Yield and Fruit Quality of Quince. 2013 International Conference on Agriculture and Biotechnology/PCBEE 60. IACSIT Press, Singapore.
- Aslantas, R., Cakmakci, R. ve Sahin, F. 2007. Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria on Young Apples Trees Growth and Fruit Yield Under Orchard Conditions. Scientia Horticulture 4: 371-377
- Aziz, Z.F.A., Halimi, M.S., Kundat, F.R., Jiwan, M. ve Wong, S.K. 2015. Rhizobacterium Bacillus cereus induces root formation of pepper (Piper nigrum L.) stem cuttings. Res. Biotechnol. 6(2): 23-30.
- Beyeler, M., Keel, C., Michaux, P. ve Haas, D. 1999 Enhanced production of indole-3-acetic acid by a genetically modified strain of Pseudomonas fluorescens CHAO affects root growth of cucumber, but does not improve protection of the plant against Pythium rootrot. FEMS Microbiology Ecology 28, 225–233.
- Bloemberg, G.V. ve Lugtenberg, B.J.J. 2001. Molecular basis of plant growth promotion and biocontrol by rhizobacteria. Current Opinion in Plant Biology 4, 343–350.
- Campagnolo, M.A. ve Pio, R. 2012. Rooting of stems and root cutting of blackberry cultivars collected in different times, cold storage and treatment with IBA. Ciência Rural 42: 232-237.
- Chen, J. 2006. The Combined of Chemical and Organic Fertilizers and/or Biofertilizer for Crop Growth and Salt Fertility. International Workshop on Sustained Management of the Soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use. (Bangkok) 10900: 16-20.
- Cooper, W.C. 1936 Transport of Root-Forming Hormone in Woody cuttings. Plant Physiology 11: 779-793.
- De Silva, A., Petterson, K., Rothrock, C. ve Moore, J. 2000. Growth promotion of highbush blueberry by fungal and bacterial inoculants. HortScience 35, 1228–1230.
- Debner, A.R., Hatterman-Valenti, H. ve Takeda, F. 2019. Blackberry propagation limitations when using florican cuttings. HortTechnology 29: 276-282.
- Edizer, A.S. 2011. Jumbo böğürtlen (Rubus fruticosus L.) çeşidinde vejetatif çoğaltma potansiyelinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Esitken, A., Karlıdag, H., Ercisli, S., Turan, M. ve Sahin, F. 2003. The effect of spraying a growth promoting bacterium on the yield, growth and nutrient element composition of leaves of apricot (Prunus armeniaca L. cv. Hacihaliloglu). Australian Journal of Agricultural Research, 54(4), 377-380.
- Eşitken, A., Ercişli, S., Şevik, İ. ve Şahin, F. 2003. Effect of Indole 3 Butric Acid and different strains of Agrobacterium rubi on adventitious root formation from softwood and semi-hardwood wild sour cherry cuttings. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 27: 37-42.
- Gerasopoulos, D. ve Stavroulakis, G. 1997. Quality characteristics of four mulberry (Morus sp) cultivars in the area of Chania, Greece. J Sci Food Agric; 73(2):261-4.
- Güneş, M. ve Çekiç, Ç. 2003. Bazı dut çeşitlerine ait çöğürlerde yıllık gelişimlerin belirlenmesi. Ulusal kivi ve üzümü meyveler sempozyumu (23-25 Ekim 2003, Ordu), s: pp. 433-436.
- Güneş, N. 2015. Organik bağcılıkta siyah üzüm çeşidi fidanlarına farklı dozlarda uygulanan Trichoderma harzianum ve Bacillus subtilis' in tutma ve gelişme üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.

- Hartmann, H.T., Kester, D. ve Davies, F.T. 1990. Plant Propagation.-Principles and Practices. Prentice Hall Inc., USA. Fifth edition.
- Kamiloglu, S., Serali, O., Unal, N. ve Capanoglu, E. 2013. Antioxidant activity and polyphenol composition of black mulberry (*Morus nigra* L.) products. *Journal of Berry Research*, 3(1), 41-51.
- Kayaaslan, Z. 2021. Tokat ili biber üretim alanlarında bakteriyel leke hastalığı etmeni (*Xanthomonas euvesicatoria*)'nin tanınması, epidemiyolojisi ve biyolojik mücadelesi. Doktora Tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tokat, Türkiye.
- Kaymak, H.C., Irmak, M.A., Aksoy, A. ve Tekiner, N. 2021. Auxin-Producing Plant Growth-Promoting Rhizobacteria Promote Root Formation Of *Epipremnum Aureum* Cuttings. *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*, 31(5).
- Kınık, E. ve Çelikel, F.G. 2017. Bakteri ve oksin uygulamalarının kuşburnu bitkisinin çelikle çoğaltılması üzerine etkileri. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 13, 1714-1719.
- Lim, S. H. ve Choi, C. I. 2019. Pharmacological properties of *Morus nigra* L. (black mulberry) as a promising nutraceutical resource. *Nutrients*, 11(2), 437.
- Lo Bianco, R. ve Mirabella, F.2018. Use of leaf and fruit morphometric analysis to identify and classify white mulberry (*Morus alba* L.) genotypes, *Agriculture*, vol. 8, no. 10, p. 157, 13;3(1):41-51.
- McGuire, J.J. ve Sorensen, D.C. 1966. Effect of terminal applications of IBA on rooting of woody ornamental plants. *Proceedings of the International Plant Propagator's Society* 16: 257-260.
- Nordstedt, N.P., Chapin, L.J., Taylor, C.G. ve Jones, M.L. 2020. Identification of *Pseudomonas* Spp. that increase ornamental crop quality during abiotic stress. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1754.
- Oki, T., Kobayashi, M., Nakamura, T., Okuyama, A., Masuda, M. ve Shiratsuchi, H. 2006. Changes in radical-scavenging activity and components of mulberry fruit during maturation. *J Food Sci*;71(1):C18–C22.
- Öz, S., Çekiç, Ç. ve Yıldız, K. 2021. Farklı IBA uygulama şekillerinin karadut odun çeliklerinin köklenmesi üzerine etkileri. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 11 (1), 64-72.
- Özgen, M., Serçe, S. ve Kaya C. 2009. Phytochemical and antioxidant properties of anthocyanin-rich *Morus nigra* and *Morus rubra* fruits. *Sci Hort*;119(3):275–9.
- Pan, B., Bai, Y.M., Leibovitch, S. ve Smith, D.L. 1999. Plant-growth-promoting rhizobacteria and kinetin as ways to promote corn growth and yield in a short-growing-season area. *European Journal of Agronomy* 11, 179–186.
- Rodriguez, H. ve Fraga, R. 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotechnology Advances* 17, 319–339.
- Sabir, A., Yazici, M.A., Kara, Z. ve Sahin, F. 2012. Growth and Mineral Acquisition Response of Grapevine Rootstocks (*Vitis* spp.) to Inoculation with Different Strains of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR). *Journal of Science Food and Agriculture* 92(10): 2148-215
- Sánchez, E.M., Calín-Sánchez, Á., Carbonell-Barrachina, Á.A., Melgarejo, P., Hernández, F. ve Martínez-Nicolás, J.J. 2014. Physicochemical characterisation of eight Spanish mulberry clones: processing and fresh market aptitudes. *Intern J Food Sci & Techn.*;49(2):477–83.
- Saraçoğlu, O., Oğuz, H.İ., Yıldız, K. ve Çekiç, Ç. 2016. Gf 677 ve Rootpac R anaçlarına ait odun çeliklerinin köklenmesi üzerine farklı IBA dozlarının etkisi. *Bahçe* 45: 623-656.
- Sezen, I., Kaymak, H.Ç., Aytatlı, B., Dönmez, M.F. ve Ercişli, S. 2014. Inoculations with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) stimulate adventitious root formation on semi-hardwood stem cuttings of *Ficus benjamina* L. *Propagation of Ornamental Plants*, 14(4), 152-157.
- Sturz, A.V. ve Nowak, J. 2000. Endophytic communities of rhizobacteria and the strategies required to create yield enhancing associations with crops. *Applied Soil Ecology* 15, 183–190.
- Sudhakar, P., Chattopadhyay, G.N., Gangwar, S.K. ve Ghosh, J.K. 2000. Effect of foliar application of *Azotobacter*, *Azospirillum* and *Beijerinckia* on leaf yield and quality of mulberry (*Morus alba*). *Journal of Agricultural Science* 134, 227–234.
- Vessey, J.K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant Soil*. 255(2):571-586.
- Yıldız, Çetinkaya, R. ve Aysan, Y. 2014. Domates bakteriyel solgunluk hastalığının bitki büyüme düzenleyici kök bakterileri ile biyolojik mücadelesi. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 5(1), 9-22.
- Zenginbal, H., Özcan, M. ve Haznedar, A. 2006. Kivi (*Actinidia Deliciosa*, A. Chev.) odun çeliklerinin köklenmesi üzerine IBA uygulamalarının etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi* 21: 40-43.
- Zhou, T. ve Paulitz, C. 1993. In-vitro and In-vivo effects of *Pseudomonas* spp. on *Pythium aphanidermatum*: Zoospores Behavior in Exudates and on the Rhizoplane of Bacteria Treated Cucumber Roots. *Phytopathology* 84(8): 872-876