



Bursa Siyahı İncir Çeliklerinde Köklenme Başarısına IBA ve Rizobakteri

Uygulamalarının Etkileri

Araştırma Makalesi/Research Article

Atf İçin: Abay S., Eşitken A., Abay., Yener O., Çalışkan O., Tutmuş E., Ortaçay M. Ş. (2025). Bursa Siyahı İncir Çeliklerinde Köklenme Başarısına IBA ve Rizobakteri Uygulamalarının Etkileri Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi, 8(2):201-207

To Cite: Abay S., Eşitken A., Abay., Yener O., Çalışkan O., Tutmuş E., Ortaçay M. Ş. (2025). The Effects of IBA and Rhizobacteria Applications on Rooting Success in Bursa Siyahı Fig Cuttings. Journal of Erciyes Agriculture and Animal Science, 8(2):201-207

Sabahittin Abay^{1*}, Ahmet Eşitken², Emel Abay³, Osman Yener¹, Oğuzhan Çalışkan⁴, Eşref Tutmuş⁵, Mustafa Şamil Ortaçay²

¹Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Konya, Türkiye

²Selçuk Üniversite, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü Konya, Türkiye

³Toprak, Su ve Çölleşme ile Mücadele Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Konya, Türkiye

⁴Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Hatay, Türkiye

⁵İncir Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Aydın, Türkiye

*sorumlu yazar: abayziraat@hotmail.com

Sabahittin Abay, ORCID No: 0000-0002-7483-6957, Ahmet Eşitken, ORCID No: 0000-0002-6140-7782, Emel Abay, ORCID No: 0009-0005-4102-0766, Osman Yener, ORCID No: 0000-0002-0539-1467, Oğuzhan Çalışkan, ORCID No: 0000-0002-2583-9588, Eşref Tutmuş, ORCID No: 0000-0003-3085-2995, Mustafa Şamil Ortaçay, ORCID No: 0009-0002-1212-2921

Yayın Bilgisi

Geliş Tarihi: 24.11.2025

Revizyon Tarihi: 29.12.2025

Kabul Tarihi: 30.12.2025

doi: 10.55257/ethabd.1828080

Anahtar Kelimeler

Adventif köklenme, rizobakteri, IBA, incir çoğaltma, çelik

Keywords

Adventive rooting, rhizobacteria, IBA, fig propagation, cutting

Özet

Bu çalışma rizobakteri ve IBA uygulamalarının Bursa Siyahı incir çeliklerinin köklenmesi ve vejetatif gelişmesi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Çalışmada, 20-25 cm uzunluğundaki emzikli çeliklere *Aeromonas* AE 425 rizobakteri ve 1000 ppm IBA uygulanmıştır. Bu kapsamda çeliklerde köklenme yüzdesi (%), kök sayısı (adet) ve uzunluğu (cm), sürgün uzunluğu (cm), sürgün ve yaprak sayıları (adet) incelenmiştir. Çalışma sonucunda, Bursa Siyahı çeliklerinde rizobakteri+IBA uygulamasından en yüksek köklenme oranı (%90.00) elde edilmiştir. En yüksek kök sayısı IBA ve rizobakteri+IBA uygulamalarında (sırasıyla, 31.43 adet/çelik ve 28.00 adet/çelik) belirlenmiştir. En düşük köklenme yüzdesi ve kök sayısı kontrol (sırasıyla %56.66 ve 13.44 adet/çelik) ve rizobakteri (sırasıyla %55.00 ve 8.33 adet/çelik) uygulamalarından elde edilmiştir. Rizobakteri+IBA uygulanan çelikler en uzun sürgünlere (14.52 cm) sahip olurken, kontrol bitkilerinde sürgün uzunluğu en düşük (9.58 cm) olarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak, Bursa Siyahı incir çeliklerinde köklenme başarısını artırmada rizobakteri+IBA kombinasyonunun etkili bir uygulama olduğu ve özellikle köklenme oranı, kök sayısı ve sürgün gelişimi bakımından olumlu sonuçlar verdiği söylenebilir.

The Effects of IBA and Rhizobacteria Applications on Rooting Success in Bursa Siyahı Fig Cuttings

Abstract

This study was conducted to determine the effects of rhizobacteria and IBA applications on the rooting and vegetative growth of Bursa Siyahı fig cuttings. *Aeromonas* 425 rhizobacteria and 1000 ppm IBA were applied to 20-25 cm long cuttings. Rooting percentage (%), root number (number), root length (cm), shoot length (cm), and shoot and leaf numbers (number) were evaluated. The highest rooting percentage (90.00%) was observed in Bursa Siyahı cuttings treated with rhizobacteria+IBA. The highest root numbers were found in the IBA and rhizobacteria+IBA treatments (31.43 roots/cutting and 28.00 roots/cutting, respectively). The lowest rooting percentage and root number were recorded in the control (56.66% and 13.44 roots/cutting, respectively) and rhizobacteria (55.00% and 8.33 roots/cutting, respectively) treatments. Cuttings treated with rhizobacteria+IBA had the longest shoots (14.52 cm), while the control group had the shortest shoot length (9.58 cm). In conclusion, the combination of IBA and rhizobacteria is an effective treatment for enhancing rooting success in Bursa Siyahı fig cuttings, particularly improving rooting rate, root number, and shoot development.

1. GİRİŞ

İncir (*Ficus carica* L.), orijin merkezlerinden biri Anadolu olan ve bu topraklarda yüzyıllardır kültür yetiştiriciliği yapılan kadim meyve türlerinden biridir (Çalışkan ve Dalkılıç, 2022). İncirin taze ve kuru meyveleri, insan sağlığı üzerinde olumlu etkileri bulunan mineral besin elementleri, vitaminler ve antioksidan bileşenlerce zengindir (Çalışkan ve Polat, 2012). Özellikle sindirim sistemi sağlığını destekleyen lif içeriği, fenolik bileşenler ve kardiyovasküler hastalıklara karşı koruyucu etkisi, bu türün fonksiyonel gıda potansiyelini ve nihayetinde incir tüketimine olan ilgiyi artırmaktadır (Solomon ve ark., 2006). Türkiye'nin incir yetiştiriciliği için uygun ekolojik koşullara ve zengin genetik çeşitliliğe sahip olması incir yetiştiriciliği için potansiyelinin yüksek olduğunu göstermektedir (Aksoy ve ark., 2003; Caliskan ve ark., 2018; Simsek ve ark., 2020).

Kültür inciri yetiştiriciliğinde yeni fidanların elde edilmesi çoğunlukla vejetatif yöntemlerle gerçekleştirilmektedir. Bu amaçla en yaygın kullanılan yöntemlerden biri çelikle çoğaltmadır. Ülkemizde, her yıl yeni incir plantasyonlarının kurulması ile doğru orantılı bir şekilde fidan talebi de artmaktadır. İncirde fidan üretimi için kış dinlenme döneminin sonuna doğru bir ya da daha yaşlı dallardan hazırlanan odun çelikleri genel olarak tercih edilmektedir (Kılıç ve ark., 2021; Eroğlu, 1977). Bununla birlikte, Çobanoğlu ve ark. (2004) incirde tüplü fidan üretiminde maliyetin %44'ünü çelik temini ve %34'ünü işçilik masrafları oluşturduğunu ve buna karşın fidan randımanının %61 olarak elde edildiğini bildirmişlerdir. İncirde çelikle çoğaltma konusunda yapılan çalışmalarda köklenme başarısının çeşidin genetik yapısına, çeliğin alındığı dönem ve doku özelliklerine, büyümeyi düzenleyici maddelerin (BDM) uygulamalarına ve çevresel koşullara bağlı olarak değişkenlik gösterdiği ifade edilmiştir (Özeker ve İsfandiyoğlu, 2001; Mafrica ve ark., 2025). Daha önce yapılan çalışmalarda IBA (indol-3-bütirik asit) gibi köklenmeyi teşvik eden BDM farklı dozlarının incir çeliklerinde köklenme oranlarını artırdığı bildirilmiştir (Chander ve Kumar, 2023; Mafrica ve ark., 2025). Ayrıca, çeliğin alındığı sürgünün fizyolojik yaşı ve uygulanan kültürel işlemlerin de köklenme başarısını etkilediği belirtilmiştir (Antunes ve ark., 2003). İncir fidanı üretiminde en iyi köklendirme ortamının torf + perlit ve perlit ortamı olduğu Şirin ve ark. (2010) tarafından bildirilmiştir. Oksin grubunda yer alan IBA, dünyada çelik köklendirmede en etkin ve yaygın olarak kullanılan büyümeyi düzenleyici olup; incirde farklı dozlarının köklenmeyi teşvik ettiği, ancak genel olarak 1000 ppm IBA uygulamasının incir çeliklerinde köklenme üzerine başarılı olduğu ifade edilmektedir (Chander ve Kumar, 2023). Ayrıca, Kılıç ve ark. (2021) Bursa Siyahı incir çeşidinin çelikle çoğaltılmasında farklı BDM uygulamalarının etki düzeylerinin değişken olduğunu ve çeliğin dip kısmında kabukta çizme uygulamasının da köklenmeyi arttırdığını belirtmişlerdir.

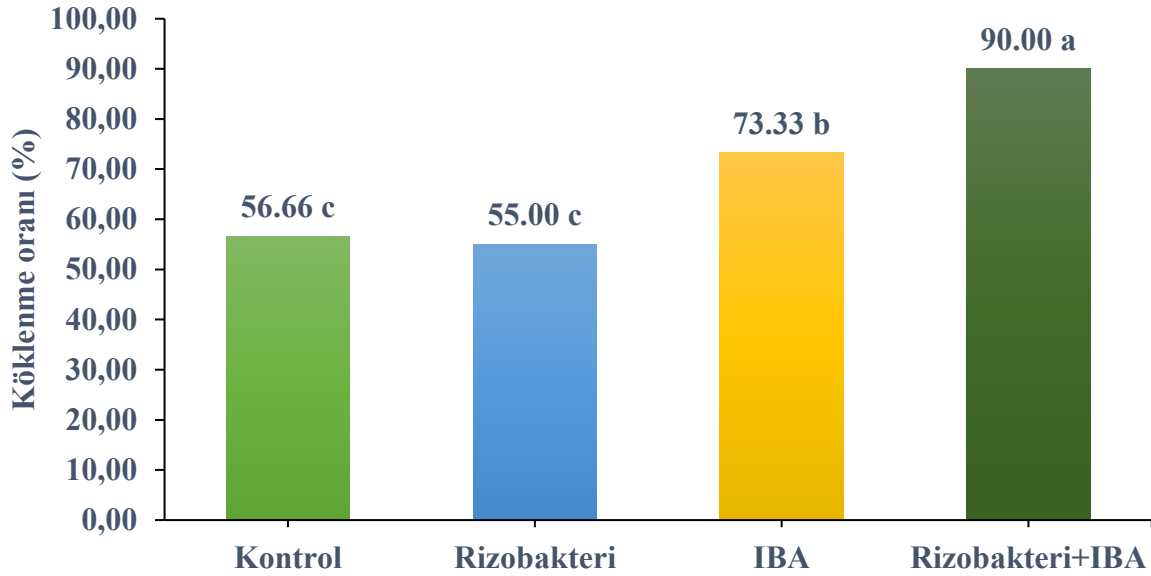
Son yıllarda bitki büyüme ve gelişmesinde yararlı mikroorganizmaların kullanımı, çevre dostu ve sürdürülebilir bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. Özellikle rizobakteriler (BBTR: Bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler), köklenmeyi teşvik eden hormonların sentezini artırmaları, besin elementlerinin alımını kolaylaştırmaları ve bitkileri abiyotik streslere karşı daha toleranslı hale getirmeleri nedeniyle önemli avantajlar sağlamaktadır (Basu ve ark., 2021; Hasan ve ark., 2024). Rizosfer toprağından izole edilen mikroorganizmaların %80'inin IAA sentezleyebildiği yapılan çalışmalarla tespit edilmiştir (Patten ve Glick, 2002; Yener, 2023). Bu durum bazı meyve türlerinin köklendirme çalışmalarında rizobakterilerin kullanımına yönelik araştırmaların yapılmasına olanak sağlamıştır. Nitekim, elma (Karakurt ve ark., 2009), armut (Nadal ve ark., 2022), asma (Köse ve ark., 2003), zeytin (Ritter ve ark., 2021; Dias ve ark., 2024) ve kivi bitkilerinde (Erturk ve ark., 2010) yapılan çalışmalarda PGPR uygulamalarının çeliklerde köklenme oranını artırdığı ve daha güçlü kök sistemleri oluşturduğu bildirilmiştir. Ancak incirde çelikle çoğaltmada bakteri uygulamalarının etkisini inceleyen herhangi bir çalışmaya şimdiye kadar rastlanmamıştır.

Bu çalışma, incir çeliklerinde köklenme başarısını artırmada bakteri uygulamasının potansiyel etkilerini araştırmayı amaçlamaktadır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, geleneksel IBA uygulamasına alternatif veya tamamlayıcı bir yöntemin ortaya çıkarılması yanında incir çoğaltımında biyolojik temelli yaklaşımların etkinliğinin değerlendirilmesine katkı sağlayacaktır.

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışma, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümüne ait köklendirme serasında yürütülmüştür. Çalışmanın materyalini oluşturan Bursa Siyahı incir çeşidine ait çelikler 20-25 cm uzunluğunda emzikli odun dallarından hazırlanmıştır. Bu çelikler, 25 Mart 2025 tarihinde perlit ortamının yer aldığı mistleme ünitesinin bulunduğu köklendirme kasalarına uygulamalar yapıldıktan sonra dikilmiştir. Bu kapsamda kontrol (çelikler saf suda bekletilmiştir), 1000 ppm IBA, Rizobakteri (*Aeoromonas* AE 425), 1000 ppm IBA + rizobakteri uygulamaları gerçekleştirilmiştir. IBA uygulaması için, çeliklerin dip kısımları 1000 ppm IBA içeren solüsyonda 5 saniye bekletildikten sonra çelikler köklendirme ünitesine dikilmiştir. Rizobakteri uygulaması için çelikler *Aeoromonas* AE 425 suşundan 109 cfu/ml konsantrasyonda steril suda hazırlanan bakteri süspansiyonunda 30 dakika boyunca bekletilmiş ve sonrasında dikimleri yapılmıştır (Eşitken ve ark., 2003). Rizobakteri+IBA uygulaması ise çelikler 1000 ppm IBA içeren solüsyonda 5 saniye süreyle daldırılıp bekletildikten sonra *Aeoromonas* AE 425 suşundan 109 cfu/ml konsantrasyonda steril suda hazırlanan bakteri süspansiyonunda 30 dakika boyunca daldırıldıktan sonra bir müddet bekletilip akabinde dikilmişlerdir.

Uygulama yapılan çeliklerde köklenme özelliklerini incelemek için köklendirme ünitesine dikildikten 60 gün sonra sökülüştür. Söküm sonrasında çeliklerde, köklenme oranı (köklenen çeliklerin toplam çelik sayısına oranı, %), kök sayısı (adet/çelik) ve uzunlukları (cm) incelenmiştir (Tekintaş ve Seferoğlu, 1998). Her bir uygulamadaki çeliklerde oluşan kökler tek tek sayılarak kök sayısı (adet/çelik) saptanmıştır. Köklenme durumları, Kılıç ve ark. (2021) tarafından oluşturulan skalada bazı değişiklikler yapılarak incelenmiştir. Bu amaçla oluşturulan skalada, hiç köklenmeyenlere 0; zayıf köklenenlere (kök sayısı, <10 adet) 1; orta düzeyde köklenenlere (kök sayısı, 11-20 adet) 2; iyi köklenenlere (kök sayısı, 21-30 adet) 3 ve çok iyi köklenenlere (kök sayısı, >31 adet) 4 skala değeri verilmiştir. Çelikler üzerindeki en uzun kökün çıkış noktası ile kök ucu arasındaki mesafe cetvelle ölçülerek kök uzunluğu (cm) belirlenmiştir. Her bir çelikte oluşan sürgünler tek tek sayılarak sürgün sayısını saptanmıştır. Sürgün uzunluğu (mm), çeliklerdeki sürgünlerin uzunlukları ölçülerek değerlendirilmiştir. Çeliklerdeki yaprak sayısı (adet), çelikteki yapraklar tek tek sayılarak belirlenmiştir.



Şekil 1. Bursa Siyahı çeliklerinde IBA ve rizobakteri uygulamalarının köklenme oranına etkileri

Rizobakteri uygulaması ile daha önce incirde köklendirme çalışmaları yapılmadığından diğer meyve türleriyle yapılan rizobakteri uygulaması içeren köklendirme çalışmaları ile ilgili sonuçlar tartışmada kullanılmıştır. Eşitken ve ark. (2003) IBA ve rizobakteri uygulamalarının yeşil ve yarı odunsu yabancı vişne çeliklerinde birlikte uygulamalarının köklenmeyi teşvik ettiğini belirlemişler ve en yüksek köklenme oranını yeşil çelikte %65 ve yarı odunsu çelikte %70 ile 250 ppm IBA+A16 (*Agrobacterium rubi*) uygulamasından elde etmişlerdir. Ertürk ve ark. (2010) Hayward kivi çeşidinde en yüksek köklenmenin şubat ayında alınan çeliklere 4000 ppm IBA+A18 (*Agrobacterium rubi*) uygulamasından elde edildiğini belirtmişlerdir.

Çalışmadaki uygulamalar üç yinelemeli ve her yinelemede 10 çelik olmak üzere toplam 30 çelik kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Uygulamalardan elde edilen verilerin varyans analizleri için SAS paket programı (SAS, 2005) kullanılmıştır. Ortalamalara ait farklılıklar LSD ($p < 0.05$) testi ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca, uygulamalar ve incelenen özellikler arasındaki ilişkilendirmeler için JMP Pro 16 programı kullanılarak temel bileşen analizi (TBA) yapılmıştır.

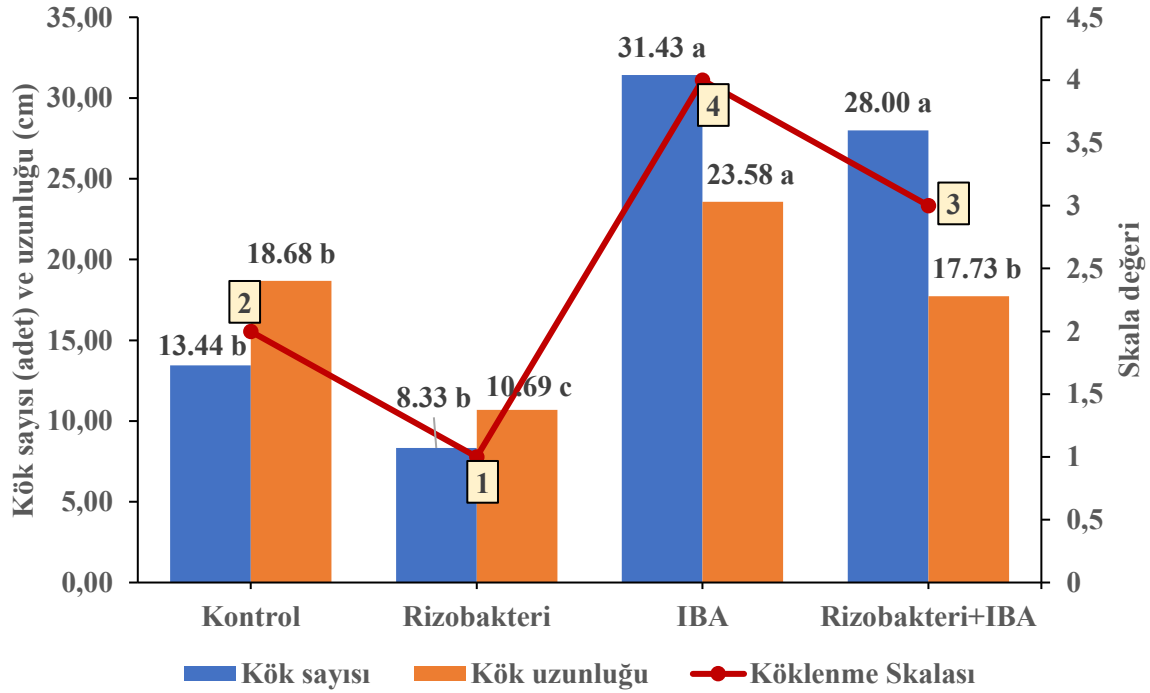
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada Bursa Siyahı çeşidinin çeliklerinde köklenme oranı üzerine uygulamaların etkileri Şekil 1'de gösterilmiştir. Buna göre, en yüksek köklenme oranına %90.00 ile rizobakteri + IBA uygulaması sahip olurken, bunu %73.33 oran ile IBA uygulaması izlemiştir. En düşük köklenme oranları kontrol (%56.66) ve rizobakteri (%55.00) uygulamalarından elde edilmiştir.

Ayrıca, Karakurt ve ark. (2009) MM106 elma anaçlarının odun çeliklerinin köklenme kapasitesine IBA, rizobakteri ve karbonhidratların ikili ve üçlü kombinasyonunun, kontrol grubu veya karbonhidrat, IBA ve bakterilerin tek başına kullanılmasına kıyasla köklenme kapasitesini arttırdığını ifade etmişlerdir. Benzer olarak, Alkaç ve ark. (2023) karadut (*Morus nigra* L.) odun çeliklerinde 6000 ppm IBA+0.3 Abs bakteri ve 6000 ppm IBA+1.2 Abs bakteri (%71.11) uygulamalarından en yüksek köklenme oranlarının elde edildiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar IBA+bakteri uygulamasının kontrole göre köklenmeyi %28 oranında arttırdığını belirtmişlerdir. Çalışmamızdaki köklenme oranının rizobakteri+IBA tarafından daha etkili olarak artırıldığına ait sonuçların, diğer araştırmacıların farklı meyve türlerinden elde ettikleri bulgularla uyumlu olduğu

söylenebilir. Ancak, sadece rizobakteri uygulamasına ait köklenme yüzdesine etki etmemesinin tür-bakteri suşu arasında sınırlı bir etkileşimden kaynaklandığı ifade edilebilir. Bununla birlikte, uygulamaların tamamında köklenmiş çeliklerde kallus oluşumu meydana gelmemiştir (sunulmamış veri). Bu sonuca benzer olarak, Dolgun ve Tekintaş (2009) ve Kılıç ve ark. (2021) incir çeliklerinde köklenme ile kallus oluşumu arasında bir ilişkilendirme yapmanın doğru olmadığını ve kök taslaklarının genellikle boğum aralarındaki lentisel hücrelerden oluştuğunu belirtmişlerdir.

Uygulamaların çeliklerin kök sayısı ve kök uzunluğu üzerine istatistiksel olarak önemli etkileri olduğu belirlenmiştir



Şekil 2. Bursa Siyahı çeliklerinde IBA ve rizobakteri uygulamalarının kök sayısı, kök uzunluğu ve köklenme skalasına etkileri

Bu çalışmadan elde edilen IBA ve IBA+rizobakteri uygulamalarının çeliklerin kök sayısını arttırdığına ait sonuçların diğer araştırmacıların bulgularıyla (Eşitken ve ark., 2003; Alkaç ve ark., 2023) benzerlik gösterdiği ifade edilebilir. Ayrıca, bu sonuç Aeromonas AE 425 rizobakterisinin incir çeliklerinde kök uzamasına doğrudan etki etmediğini, ancak kök sayısının artmasına katkı sağladığını göstermiştir. Nitekim Eşitken ve ark. (2003) rizobakteri ırklarının çeliklerde kök sayısı ve kök uzunluklarını farklı düzeylerde etkileyebildiğini belirtmişlerdir.

Uygulamaların çeliklerde sürgün oluşumuna etkileri incelendiğinde, sürgün sayısı ve yaprak sayısına etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 1). Bununla birlikte, sürgün sayısı 1.0 (IBA) adet ile 1.70 adet

(Şekil 2). Bursa Siyahı çeşidine ait çeliklerde kök sayısı en fazla 31.43 adet ile 1000 ppm IBA uygulamasından elde edilirken, bunu 28 adet kök sayısı ile rizobakteri+IBA uygulaması izlemiştir. En düşük kök sayısı rizobakteri (8.33 adet/çelik) uygulamasında tespit edilmiştir. Uygulamaların kök uzunluğuna etkisi değerlendirildiğinde, en uzun köklere IBA uygulanan çelikler sahip olurken (23.58 cm), en kısa kök uzunluğuna rizobakteri uygulanan çelikler (10.69) sahip olmuştur. Çeliklerde köklenme durumu için oluşturulan köklenme skalasında, en yüksek değere (4) IBA uygulaması sahip olurken, bunu 3 skala değeri ile rizobakteri+IBA uygulaması takip etmiştir. En düşük skala değeri (1) kontrol ve rizobakteri uygulamalarından elde edilmiştir.

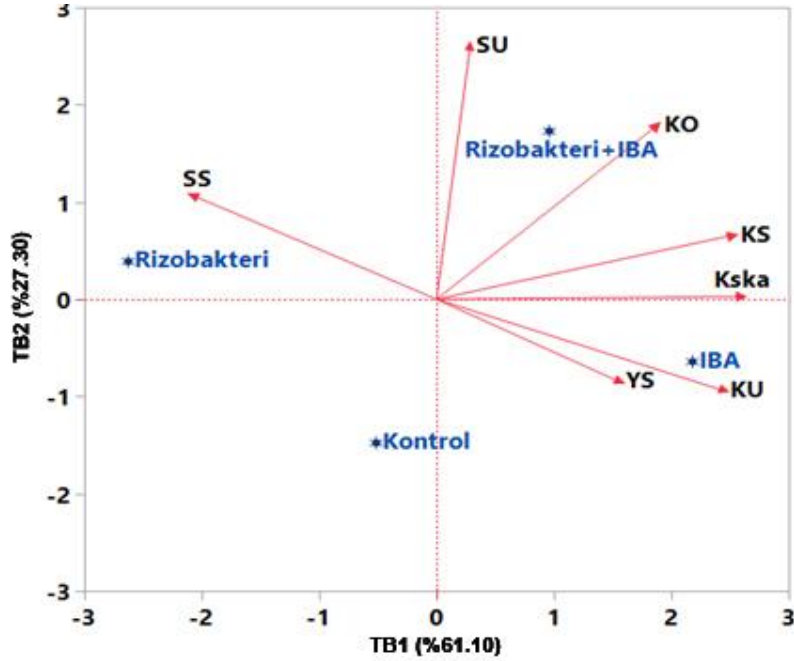
(rizobakteri) arasında ve yaprak sayısı 1.80 adet (rizobakteri) ile 2.33 adet (kontrol) arasında değişim göstermiştir. En fazla sürgün uzunluğu 14.52 cm ile rizobakteri+IBA uygulamasında belirlenmiştir. Bunu sırasıyla rizobakteri (12.19 cm), IBA (11.19 cm) ve kontrol (9.58 cm) uygulamaları izlemiştir. Bu sonuçlara göre, en uzun sürgünlerin rizobakteri+IBA uygulamasından elde edilmesi, bu kombinasyonun vejetatif gelişim üzerinde olumlu bir etkiye sahip olabileceğini göstermiştir. Bu bulgulara benzer olarak, bazı araştırmacılar (Vessey, 2003; Bashan ve de-Bashan, 2010) rizobakterilerin kök bölgesinde bitki büyümeyi düzenleyicileri (IAA, gibberellin ve sitokin gibi) sentezleyerek sürgün gelişimini teşvik edebildiğini belirtmişlerdir. Bu etkinin görülmesinde rizobakteri ile IBA'nın birlikte kullanılmasının daha etkili olabileceği ifade edilebilir.

Çizelge 1. Rizobakteri ve IBA uygulamalarının Bursa Siyahı çeliklerinin vejetatif gelişmeye etkileri

Uygulamalar	Sürgün Sayısı (adet)	Sürgün Uzunluğu (cm)	Yaprak Sayısı (adet)
Kontrol	1.53	9.58 b	2.33
Rizobakteri	1.70	12.19 ab	1.80
IBA	1.00	11.19 b	2.13
Rizobakteri+IBA	1.60	14.52 a	2.20
LSD (%5)	Ö.D.	3.33	Ö.D.

İncelenen kriterlerin etki düzeylerini belirlemek amacıyla yapılan temel bileşen analizi (TBA) sonuçlarına göre (Şekil 3), birinci bileşen (TB1) toplam varyansın %61.10'unu açıklarken, ikinci bileşen (TB2) ise varyansın %27.30'unu açıklamıştır. İlk temel bileşenin toplam varyansın %88.40'ını temsil ederek incelenen özellikler arasındaki ilişkiyi yüksek oranda temsil ettiği görülmüştür. TBA sonuçlarından elde edilen Biplot grafiğinde köklenme oranı (KO), kök sayısı (KS) ve köklenme skalası (Kska) ilk TB'nin pozitif bölümünde yer alırken, sürgün sayısı TB1'in negatif bölümünde yer almıştır. TB2 için pozitif bölümde

sürgün uzunluğu (SU) özelliği önemli değişken olarak belirlenmiştir. Kök uzunluğu (KU) ve yaprak sayısı (YS) özelliklerinin IBA uygulamasıyla ilişkili olduğu görülmüştür. Rizobakteri uygulaması, sürgün sayısı (SS) ile aynı eksende yer alarak sürgün gelişimi üzerine pozitif etki göstermiştir. En yüksek köklenme başarısı, köklenme oranı, kök sayısı ve köklenme skalasının rizobakteri + IBA kombinasyonunda olduğu belirlenmiştir. Kontrol grubu ise diğer uygulamalardan uzak konumlanarak tüm köklenme parametreleri açısından en düşük değerlere sahip olmuştur.



Şekil 3. Uygulamaların köklenme ve vejetatif gelişme üzerine etkileri gösteren TBA sonuçları

Bu sonuçlar, rizobakteri + IBA kombinasyonunun köklenme özellikleri üzerinde belirgin bir artış sağladığını ortaya koymuştur. Bu etkinin oluşmasında rizobakterilerin kök gelişimini etkileyen IAA üretimi yanında IBA ile sinerjik etki oluşturması ve bununda adventif kök oluşumunu uyarımasından kaynaklandığı ifade edilebilir (Vacheron ve ark., 2013). Ayrıca, IBA uygulamasının kök uzunluğu ve yaprak sayısını artırmasına ait sonuçlar oksijenin hücre uzamasını ve vasküler farklılaşmayı uyarıcı etkisinden kaynaklanmış olabilir (De Klerk ve ark., 1999). Bu sonuçlara benzer olarak, Karakurt ve ark. (2009) rizobakteri ve IBA'nın birlikte uygulanmasının elma anaçlarında

çeliklerin köklendirilmesinde başarı oranını arttırdığını bildirmişlerdir. Ayrıca, Çınar ve ark. (2019) turunç ve üç yapraklı anaçlarının çelikle köklenmesinde IBA ve bakteri uygulamalarının köklenme başarısını arttırmada etkili olduğunu belirtmişlerdir.

4. SONUÇ

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, Bursa Siyahı incir çeşidine ait odun çeliklerine IBA ve rizobakteri + IBA uygulamalarının köklenme başarısını arttırdığını göstermiştir. Kök sayısı, kök uzunluğu ve köklenme skalası

açısından en yüksek değerler IBA uygulamasından elde edilmiş olup, rizobakteri uygulaması ise tek başına düşük köklenme oranlarıyla sınırlı etkide bulunmuştur. Bununla birlikte, rizobakteri+IBA uygulaması en yüksek köklenme oranına ve sürgün uzunluğuna sahip olmuştur. Sonuç olarak, Bursa Siyahı incir çeliklerinde köklenme başarısını artırmada rizobakteri+IBA uygulamasının etkili bir uygulama olduğu ve özellikle köklenme oranı, kök sayısı ve sürgün gelişimi bakımından olumlu sonuçlar verdiği söylenebilir. Bu bulgular, incir çeliklerinde rizobakteri kullanımının etkinliğinin net olarak ortaya çıkarılması için farklı bakteri türleri, dozlar ve uygulama yöntemlerini kapsayan daha kapsamlı araştırmalara ihtiyaç olduğunu göstermiştir.

KAYNAKLAR

- Aksoy, U., Balci, B., Can, H.Z., ve Hepaksoy, S., 2003. Some significant results of the research-work in Turkey on fig. *Acta Horticulturae* 605: 173–181. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.605.26>
- Alkaç, O.S., Karadağ, H., Çekiç, Ç., ve İşbilir, M.E., 2023. Kök bakterisi ve oksin uygulamalarının karadut (*Morus nigra* L.) odun çeliklerinin kök gelişimi üzerine etkileri, *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 10(1): 8–14.
- Antunes, L.E.C., Chalfun, N.N.J., Pasqual, M., Dutra, L.F., ve Cavalcante-Alves, J.M., 2003. Factors affecting on rooting of figs (*Ficus carica* L.) cuttings. *Acta Horticulturae* 605: 141–146. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.605.22>
- Bashan, Y., ve de-Bashan, L. E., 2010. How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth—A critical assessment. *Advances in Agronomy* 108: 77–136.
- Basu, A., Prasad, P., Das, S.N., Kalam, S., Sayyed, R.Z., Reddy, M.S., ve El Enshasy, H., 2021. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) as green bioinoculants: Recent developments, constraints, and prospects. *Sustainability* 13: 1140. <https://doi.org/10.3390/su13031140>
- Caliskan, O., Bayazit, S., Ilgin, M., Karatas, N., ve Ergul, A., 2018. Genetic diversity and population structure in caprifigs (*Ficus carica* var. *caprificus*) using SSR markers. *Spanish Journal of Agricultural Research* 16(3): e0703. <https://doi.org/10.5424/sjar/2018163-11662>
- Chander, S., ve Kumar, K., 2023. Optimization of IBA dose for rooting in fig (*Ficus carica* L.) cuttings. *International Journal of Minor Fruits, Medicinal and Aromatic Plants* 9(1): 105–108.
- Çalışkan, O., ve Polat, A.A., 2012. Bazı incir çeşitlerinin fitokimyasal ve antioksidan özelliklerinin belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 49: 201–207.
- Çalışkan, O., ve Dalkılıç, Z., 2022. Ancient history and cultural heritage of *Ficus carica* in Turkey. (Ed: Z Dalkılıç), *Ficus carica: Production, Cultivation and Uses*, Nova Publishing, pp. 1-20.
- Çınar, M., Purlak, L., Kafa, G., ve Turan, M., 2019. Effects of bacteria and IBA on the rooting of bitter orange (*Citrus aurantium* L.) and trifoliate orange (*Poncirus trifoliata* Raf.) cuttings. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences* 33(2): 106–113. <https://doi.org/10.15316/SJAFS.2019.164>
- Çobanoğlu, F., Şahin, B., Kocataş, H., ve Özen, H., 2004. Tüplü incir fidanı üretiminde verimlilik ve kalite parametreleri. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 21: 1–8.
- De Klerk, G.J., Van der Krieken, W., ve De Jong, J.C., 1999. The formation of adventitious roots: New concepts, new possibilities. *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant* 35(3): 189–199. <https://doi.org/10.1007/s11627-999-0076-z>
- Dias, M.C., Silva, S., Galhano, C., ve Lorenzo, P., 2024. Olive tree below ground microbiota: plant growth-promoting bacteria and fungi. *Plants* 13: 1848. <https://doi.org/10.3390/plants13131848>
- Dolgun, O., ve Tekintas, F.E., 2009. Effective use of vegetative material in fig (*Ficus carica* L.) nursery plant production. *African Journal of Agricultural Research* 4: 701–706.
- Ercisli, S., Esitken, A., Cangı, R., ve Sahin, F., 2003. Adventitious root formation of kiwifruit in relation to sampling date, IBA and *Agrobacterium rubi* inoculation. *Plant Growth Regulation* 41: 133–137.
- Eroğlu, A.Ş., 1977. Sarılop ve Göklop incir çeşitlerinin çelikle üretilmesinde çelik alma zamanı, çelik tipleri ve hormonların etkisi üzerinde araştırmalar. Uzmanlık Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Basılmamış) İzmir.
- Erturk, Y., Ercisli, S., Haznedar, A., ve Cakmakçı, R., 2010. Effects of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on rooting and root growth of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) stem cuttings. *Biological Research* 43(1): 91–98. <https://dx.doi.org/10.4067/S0716-97602010000100011>
- Eşitken, A., Ercişli, S., Şevik, I., ve Sahin, F., 2003. Effect of indole-3-butyric acid and different strains of *Agrobacterium rubi* on adventive root formation from softwood and semi-hardwood wild sour cherry cuttings. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 27: 37–42.
- Hasan, A., Tabassum, B., Hashim, M., ve Khan, N., 2024. Role of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) as a plant growth enhancer for sustainable agriculture: A review. *Bacteria* 3: 59–75. <https://doi.org/10.3390/bacteria3020005>
- Karakurt, H., Aslantas, R., Ozkan, G., Guleryuz, M., 2009. Effects of indol-3-butyric acid (IBA), plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and carbohydrates on rooting of hardwood cutting of MM106 apple rootstock. *African Journal of Agricultural Research* 4(2): 060–064.
- Kılıç, D., Bayazit, S. ve Çalışkan, O., 2021. Bursa Siyahı incir çeşidinde odun çeliklerinin köklenmesi üzerine farklı uygulamaların etkileri. IV. International Agriculture Congress (UTAK 2021): 16–17 Aralık, Online, s.133-139.
- Köse, C., Güleriyüz, M., Şahin, F., ve Demirtaş, İ., 2003. Effects of some plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on rooting of grapevine rootstocks. *Acta Agrobotanica* 56: 47–52.
- Mafrica, R., Bruno, M., Fiozzo, V., Caridi, R., ve Sorgonà, A., 2025. Rooting, growth, and root morphology of the cuttings of *Ficus carica* L. (cv. "Dottato"): Cutting types and length and growth medium effects. *Plants* 14: 160. <https://doi.org/10.3390/plants14020160>
- Nadal, M.C., Ferreira, G.M.d.R., Andrade, G.V.S., Buttrós, V.H., Rodrigues, F.A., da Silva, C.M., Martins, A.D.,

- Rufato, L., Luz, J.M.Q., ve Dória, J., 2022. Endophytic bacteria can replace the need for synthetic auxin during in vitro rooting of *Pyrus communis*. *Agronomy* 12: 1226. <https://doi.org/10.3390/agronomy12051226>
- Özeker, E., ve İsfandiyaroğlu, M., 2001. Çeşme yarımadasında yellopu oluşturan bazı incir tiplerinin çelikle çoğaltılması. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 38:17–24.
- Patten, C. L., ve Glick, B. R., 2002. Role of *Pseudomonas putida* indoleacetic acid in development of the host plant root system, *Applied and Environmental Microbiology* 68(8): 3795–3801.
- Ritter, G., Villa, F., da Silva, D.F., Alberton, O., Menegusso, F.J., ve Eberling, T., 2021. Microbiological biostimulant promotes rooting of olive cuttings. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering* 14(6): 207–212.
- SAS, 2005. SAS online doc, version 9.1.3. SAS Inst., Cary, NC, USA.
- Simsek, E., Kilic, D., ve Caliskan, O., 2020. Phenotypic variation of fig genotypes (*Ficus carica* L.) in the eastern Mediterranean of Turkey. *Genetika* 52: 957–972. <https://doi.org/10.2298/GENSR2003957S>
- Şirin, U., Ertan, E., ve Ertan, B., 2010. Growth substrates and fig nursery tree production, *Scientia Agricola* 67(6): 633–638.
- Solomon, A., Golubowicz, S., Yablowicz, Z., Grossman, S., Bergman, M., Gottlieb, H.E., ve Kerem, Z., 2006. Antioxidant activities and anthocyanin content of fresh fruits of common fig (*Ficus carica* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54(20): 7717–7723.
- Tekintaş, F.E., ve Seferoğlu, G., 1998. Propagation of fig by hardwood cuttings in the field conditions (*Ficus carica* L.). *Acta Horticulturae* 480: 119–120.
- Vacheron, J., Desbrosses, G., Bouffaud, M. L., Touraine, B., Moëgne-Loccoz, Y., Muller, D., Legendre, L., Wisniewski-Dyé, F., ve Prigent-Combaret, C., 2013. Plant growth-promoting rhizobacteria and root system functioning. *Frontiers in Plant Science* 4: 356. <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00356>
- Vessey, J.K., 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil* 255(2): 571–586.
- Yener, O., 2023. Konya ve Karaman illerinden izole edilen rizobakterilerin elmada kuraklığa etkilerinin belirlenmesi. Doktora tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Basılmamış), Konya.