



The Effects of *Bacillus cereus*, *Pseudomonas putida* and Mycorrhiza Applications on Root Growth of Softwood Rose Cuttings[#]

Onur Sefa Alkaç^{1,a,*}, Zeliha Kayaaslan^{1,b}, Fulya Okatar^{1,c}

¹Horticulture, Faculty of Agriculture, Tokat Gaziosmanpaşa University, Tokat, Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>[#]This study was presented at the 6th International Anatolian Agriculture, Food, Environment and Biology Congress (Kütahya, TARGID 2022)</p> <p>Research Article</p> <p>Received : 27.10.2022 Accepted : 01.12.2022</p> <p>Keywords: <i>Bacillus cereus</i> <i>Pseudomonas putida</i> Mycorrhiza Rose Rooting</p>	<p>Growth regulators such as Indole-3-Butyric Acid (IBA) are generally used to promote root formation of rose cuttings. However, today, within the scope of sustainable agricultural practices, research studies of new materials and methods alternative to synthetic chemicals in the plant production process are gaining momentum. At the beginning of such alternative applications are plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) and mycorrhizal fungi, which are increasingly used today, promoting plant growth. In this study, <i>Bacillus cereus</i> (ZE-7), <i>Pseudomonas putida</i> (ZE-12) rhizobacteria and mycorrhiza (6000 ppm) were applied to 12-15 cm long softwood rose cuttings. The softwood cuttings were kept in the mycorrhiza suspension for 10 seconds and in the rhizobacteria suspension for 30 minutes and then planted in the rooting medium. In the study, in order to determine the effects of applications on steel root development; rooting rate (%), callus rate (%), decay rate (%), root number (number) and root length (cm) parameters were examined. In the results of working; the highest rooting rate (19.44%), the highest callus rate (38.89%) and the highest number of roots (8.64 units) were obtained in ZE-12 treated cuttings. In particular, rhizobacteria application showed a high effect on reducing the rate of decay in steels. The lowest decay rate in the steels was obtained from the ZE-7 bacterial strain application (8.33%) compared to the control (38.89%). As a result, it was concluded that mycorrhiza and rhizobacteria applications can be applied to rose cuttings and these applications as an alternative to IBA in rooting.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 11(3): 447-453, 2023

Bacillus cereus, *Pseudomonas putida* ve Mikoriza Uygulamalarının Yeşil Gül Çeliklerinde Kök Gelişimine Etkisi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p>Araştırma Makalesi</p> <p>Geliş : 27.10.2022 Kabul : 01.12.2022</p> <p>Anahtar Kelimeler: <i>Bacillus cereus</i> <i>Pseudomonas putida</i> Mikoriza Gül Köklendirme</p>	<p>Gül çeliklerinin kök oluşumunu teşvik etmek amacıyla genellikle Indol-3-Bütirik Asit (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 bitki gelişimini teşvik eden rizobakteriler (PGPR) ve mikoriza mantarları yer almaktadır. Bu çalışmada, 12-15 cm uzunluğunda hazırlanan yeşil gül çeliklerine <i>Bacillus cereus</i> (ZE-7), <i>Pseudomonas putida</i> (ZE-12) rizobakterileri ve mikoriza (6000 ppm) uygulanmıştır. Çelikler mikoriza süspansiyonunda 10 saniye, rizobakteri süspansiyonunda 30 dakika bekletildikten sonra köklendirme ortamına dikilmiştir. Çalışmada, uygulamaların çelik kök gelişimine etkilerini belirlemek amacıyla; köklenme oranı (%), kallüslenme oranı (%), çürüme oranı (%), kök sayısı (adet) ve kök uzunluğu (cm) parametrelerine bakılmıştır. Çalışma sonucunda; en yüksek köklenme oranı (%19,44), en yüksek kallüslenme oranı (%38,89) ve en fazla kök sayısı (8,64 adet) ZE-12 uygulanmış çeliklerde elde edilmiştir. Özellikle rizobakteri uygulaması çeliklerdeki çürüme oranını azaltmada yüksek etki göstermiştir. Çeliklerdeki en düşük çürüme oranı, kontrole (%38,89) kıyasla ZE-7 (%8,33) uygulamasından elde edilmiştir. Sonuç olarak, mikoriza ve rizobakteri uygulamalarının gül çeliklerinde uygulanabileceği ve bu uygulamaların köklendirmede IBA'ya alternatif olarak tercih edilebileceği sonucuna varılmıştır.</p>

^a onursefa.alkac5018@gop.edu.tr

^b <https://orcid.org/0000-0002-1948-7627>

^c zeliha.kayaaslan@bozok.edu.tr <https://orcid.org/0000-0001-7063-0073>

^c fulya.okatar2417@gop.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0002-7105-9208>



Giriş

Gül (*Rosa sp. L.*) Asya, Avrupa, Orta Doğu, Kuzey Amerika ve Kuzey Yarımküre’de doğal olarak yayılış gösteren bir türdür. Bu tür *Rosaceae* familyası ve *Rosa* cinsi içerisinde yer almakta olup süs bitkileri sektörü, kozmetik sanayi, gıda ve tıp alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Gudin, 2000; Liorzou ve ark., 2016). Dünya’da yaklaşık 200’ün üzerinde farklı gül türü bulunmakta olup bu türlerin büyük çoğunluğunun Asya kökenli olduğu bilinmektedir (Fougère-Danezan ve ark., 2015; Żuraw ve ark., 2015). Oldukça fazla bir yayılış alanına sahip olan gül; estetik değeri, hoş kokuya sahip olması ve sembolik anlamları sayesinde eski çağlardan beri yetiştiriciliği yapılmakta ve günümüze kadar hemen hemen tüm ülkelerde kültüre alınmaktadır (Bhattacharjee ve Banerji, 2010).

Gülün çoğaltımı generatif ve vejetatif yöntemlerle yapılmaktadır. Generatif üretim yöntemlerinden tohumla üretim yöntemi ancak yeni çeşitlerin ıslahında veya anaçlık materyal üretmek için tercih edilmektedir. Vejetatif üretim yöntemlerinden çelikle çoğaltma ise süs bitkilerinin çoğaltılmasında oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bunun sebebi, çeliklerde basit ve kolay uygulanabilir olması, birim alandan çok sayıda yeni fidan elde edilmesine katkıda bulunması, üreticiler için fazla işgücü gerektirmemesi gibi avantajlara sahip olmasıdır. Ancak bu avantajların yanı sıra bazı bitki türlerinde ve çeşitlerinde istenen köklenme başarısının sağlanamaması, bazı türlerin çelikle çoğaltılması dışında farklı yöntemlerin yaygın olarak kullanılması gibi dezavantajları da mevcuttur. Ancak köklenme başarısı, alınan çeliğin zamanına, çelik alınan ana bitkinin durumuna, uygulaması yapılan bazı teşvik edici hormonların uygulama dozuna bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu sebeple, herhangi bir tür veya çeşidin çelikle çoğaltılmasında, o bitkinin istekleri ayrıntılı bir şekilde analiz edilerek yerine getirilmesi gerekmektedir (Kaşka ve Yılmaz, 1990; Hartmann ve ark., 1997).

Çevremizi kirleten kimyasallara alternatif olarak yapılan uygulamaların başında, günümüzde kullanımı gittikçe yaygınlaşan bitki büyüme ve gelişimini teşvik eden rizobakteriler (Plant Growth-Promoting Rhizobacteria-PGPR) ve kök mantarları (mikorizalar) gelmektedir. PGPR’lar toprak ve bitki rizosferinde bulunurlar. Bu bakteriler bitkilerin kök gelişimini teşvik etmekte ve bitki patojenlerini kontrol altında tutmada önemli rol oynamaktadır. Bu mikroorganizmalar yeni üretim yöntemlerinden birisi olan sürdürülebilir tarım için yenilikçi ve potansiyeli yüksek bir araçtır (Antoun ve Prevost, 2006). Bu bakteriler, kök ile birleşmiş halde ve kök yüzeylerinde bulunurlar ve bitki üzerine etkilerini direkt veya indirek olarak gösterirler ve hem biyotik hem de abiyotik bitki stres faktörlerinin azaltılmasında bitkiye patojen özellik göstermeden fayda sağlayabilirler. Özellikle bu bakteriler patojenlerin infekte edici özelliklerinin giderilmesi sonucu üründe verim artışı sağlarlar (Barriuso ve ark., 2005; Welbaum ve ark., 2004; Van Loon ve Bakker, 2005; Lugtenberg ve Kamilova, 2009). Kök mantarları olarak bilinen mikorizalar ise, bitki kökleri ile belirli mantar türleri arasında karşılıklı olarak yaşamlarını devam ettiren biyoajanlardır. Bu biyoajanlardan mikoriza, köklerde çok miktarda hif

üretirken bitki kök yüzey alanının artmasında önemli rol oynamakta ve kökten çok uzak bölgelerde bulunan besin elementlerinin hifleri aracılığıyla bitkiye taşınımını sağlamaktadır. Bu konuyla alakalı yapılan çalışmalarda da, bitki besin elementlerinin alınabilirliğini teşvik etmesinin yanı sıra, hastalık, zararlı ve strese karşı toleransı artırdığı da bildirilmektedir (Li ve ark., 1991; Ortaş, 1994; Smith ve Read, 1997; Demir ve Onoğur, 1999; Grabowski ve ark., 1999; Ozcan ve ark., 2000; Sharma ve Adholeya, 2004; Castellanos-Morales ve ark., 2010). Belirtilen bu avantajlar, bitkilerde büyük ölçüde verim ve kalite artışını sağlamaktadır. Bazı üzümü meyvelerin çelikle çoğaltılmasının güç olduğu bilinmekte ve köklenme başarısını artırmak amacıyla köklenme ortamına mikorizal mantar aşılama yapılarak mikorizalar sayesinde bitkilerin kök hacmi artmaktadır.

Çelikle çoğaltılan bazı bitkilerde, farklı PGPR veya mikorizaların uygulanmasına yönelik çeşitli araştırmalar tarafından yapılan çalışmalar mevcuttur (Linderman ve Call, 1977; Güneş, 1997; Jansa ve Vosatka, 2000; Scagel ve ark., 2003; Mishra ve ark., 2010; Parlakova, 2014; Kımk, 2014; Toprak ve ark., 2014; Yörük, 2004; Pulatkan, 2010). Ancak yapılan literatür taramalarında bu tür uygulamaların gül çeliklerinin bitki-kök gelişimine etkisine yönelik yapılan az sayıda çalışmaya rastlanılmıştır (Scagel, 2001; Susek ve ark., 2010; Chen ve ark., 2020). Bu kapsamda, bu çalışma ile, yeşil gül çeliklerinin köklendirilmesinde standart olarak kullanılan Indol-3 Bütirik Asit (IBA) hormonunun yerine alternatif, çevreye dost, sürdürülebilir ve üretimi kolay olan PGPR ve mikorizaların gül çeliklerinde kök gelişimine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışma, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi içerisinde yer alan köklendirme ünitesine sahip polikarbon serada yürütülmüştür. *Rosa sp.* çelikleri, Tokat ili Erbaa ilçesinde gül yetiştiriciliği yapılan alanlardan temin edilmiştir. Çalışmada, yeni sürgünlerden alınan ve yaklaşık 15 cm uzunluğundaki yeşil çelikler tercih edilmiştir. Çelikler kesildikten sonra 12 saat boyunca su çektirme işlemi yapılmıştır. Su çektirme işlemi tamamlanan çeliklerin en alttaki gözün arka tarafından bıçak yardımıyla çizik atılarak yara dokusu oluşturulmuştur. Hazırlanan çelikler, köklendirme ünitesi içerisinde yer alan alttan ısıtma (20±2°C) ve sisleme ünitesine sahip köklendirme masalarına dikilmiş ve 10 dakikada 10 saniye olacak şekilde düzenli bir şekilde sulaması yapılmıştır. Köklendirme ortamı olarak perlit tercih edilmiştir.

Rizobakteri Solüsyonlarının Hazırlanması ve Uygulanması

Çalışmada *Bacillus cereus* (ZE-7) ve *Pseudomonas putida* (ZE-12) rizobakterileri kullanılmıştır (Kayaaslan, 2021). Stok kültür olarak bulunan bakteriler Nutrient Agar besi yerine çizilmiş ve 25±2°C’de 24 saat geliştirilmiştir. Gelişen bakteriler saf su ile besi yerinden alınarak süspansiyonlar hazırlanmıştır. Hazırlanan bakteri süspansiyonları steril saf su ile seyreltilerek

spektrofotometrede (PG Instruments T60 UV-Vis Spectrophotometer) 600 nm dalga boyunda son konsantrasyon 10^8 hücre/ml olacak şekilde 0,3 absorbans (abs) değerine ayarlanmıştır. Hazırlanan bakteri süspansiyonları 500 ml'lik beher içerisine konulmuş ve çelikler bakteri süspansiyonlarına daldırılarak 30 dakika boyunca bekletilmiştir (Kayaaslan, 2021). Rizobakteriler ayrı ayrı ve ikili kombinasyon halinde uygulanmıştır. Uygulama yapılan çelikler daha sonra köklendirme ortamına dikilmiştir.

Mikoriza Solüsyonlarının Hazırlanması ve Uygulanması

Çalışmada özel bir firmadan temin edilen 'ERS' (Endo Roots Soluble) adlı suda çözünebilir toz formülasyondaki ticari preparat kullanılmıştır. Ticari preparat %23,5 oranında 8 farklı *Glomus* türüne ait canlı organizma içermektedir. Kınık ve Çelikel (2020)'in yapmış olduğu çalışmaya uyarlanarak 6000 ppm'lik mikoriza süspansiyonu hazırlanmış ve gül çelikleri süspansiyon içerisinde 10 saniye bekletildikten sonra köklendirme ortamına dikilmiştir.

Ölçümler ve İstatistiksel Analiz

Araştırmada köklenme oranı (%), kallüslenme oranı (%), çürüme oranı (%), kök sayısı (adet/çelik) ve kök uzunluğu (cm) parametreleri incelenmiş ve her tekerrürde 15 adet çelik kullanılmıştır. Çalışma tesadüf parselleri deneme deseninde kurgulanmış olup, 3 tekerrürlü olacak şekilde yürütülmüştür. Kontrol grubu çelikleri ise saf su ile muamele edildikten sonra perlit ortamına dikilmiştir. Çalışma sonunda elde edilen bulguların istatistiksel analizleri SPSS paket programında yapılmış ve varyans analizine tabi tutulmuştur. Varyans analizine göre, uygulamalar ve ortalamalar arasındaki farklılığın ($P < 0,05$) belirlenmesinde Duncan testi uygulanmıştır.

Bulgular

Çalışmada kullanılan mikoriza, *Bacillus cereus* ve *Pseudomonas putida* bakteri türlerinin yeşil gül çeliklerinde köklenme oranı, kallüslenme oranı, çürüme oranı, kök sayısı ve kök uzunluğu üzerine etkileri

incelenmiştir. Elde edilen verilere göre, çürüme oranı parametresi istatistiksel olarak önemli bulunurken diğer parametreler %5 önem seviyesine göre istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır.

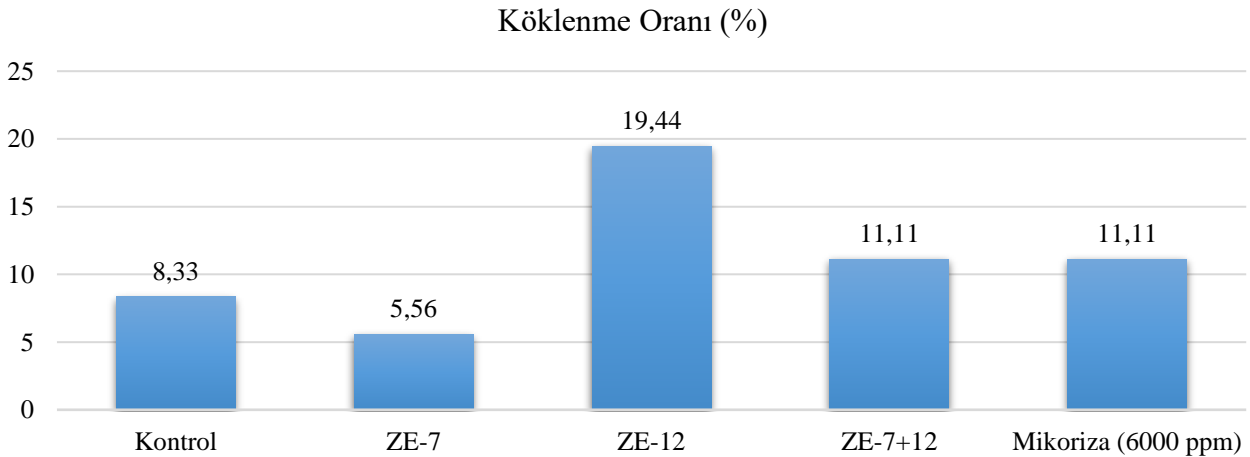
B. cereus, *P. putida* ve mikorizanın gül çeliklerinde köklenme oranına etkisi incelendiğinde, kontrol grubu çeliklerde köklenme oranı %8,33 olarak belirlenirken, en yüksek köklenme oranı *P. putida* (ZE-12) (%19,44) uygulanmış çeliklerde belirlenmiştir. En düşük köklenme ise *B. cereus* (ZE-7) türünde (%5,56) ölçülmüştür (Şekil 1). İkili kombinasyon ve mikoriza uygulanmış çeliklerde ise köklenme oranı aynı seviyede (%11,11) olmuştur.

Yeşil gül çeliklerinde yapılan uygulamalar sonucu kallüslenme oranı %11,11-38,89 arasında değişmiştir. En fazla kallüs oluşumu %38,89 ile *P. putida* (ZE-12), en düşük kallüs oluşumu ise %11,11 ile *B. cereus* (ZE-7) uygulanmış çeliklerde ölçülmüştür. Kontrol grubunda ise bu oran %19,44 olarak belirlenmiştir (Şekil 2). İkili bakteri uygulaması (ZE-7+12) ve mikoriza uygulamalarında da kallüslenme oranında sırasıyla %30,56 ve %25,00 olarak belirlenmiştir.

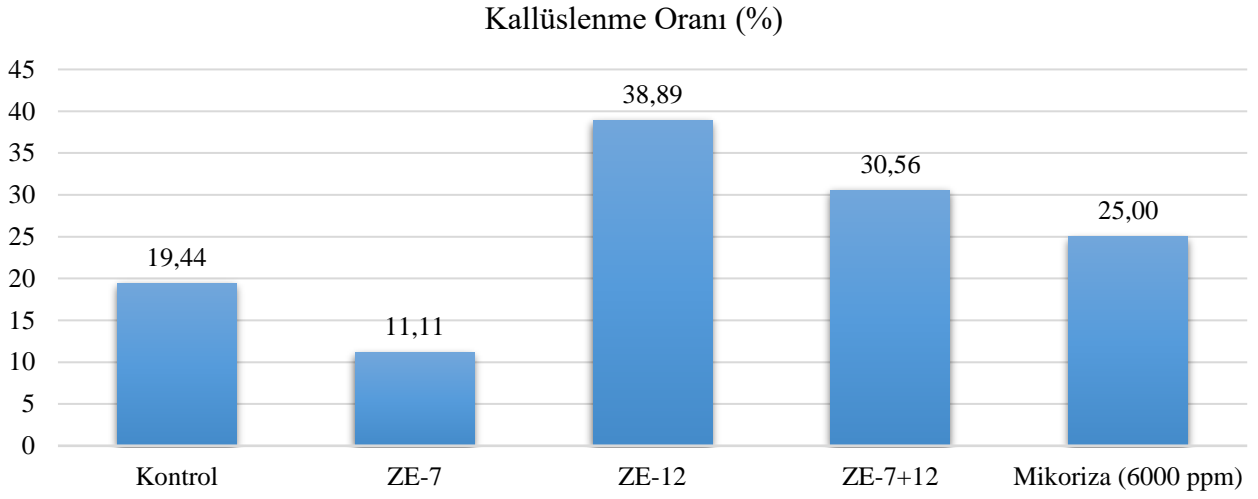
Yapılan uygulamalar özellikle çürüme üzerinde yüksek etki göstermiştir. En yüksek çürüme kontrol grubunda (%38,89) belirlenirken, en düşük çürüme *B. cereus* (%8,33) uygulanmış çeliklerde ölçülmüştür (Şekil 3). Kontrol grubu ile kıyaslandığında, ZE-7 uygulamasının yapıldığı çeliklerde yaklaşık 4,5 kat daha az çürüme tespit edilmiştir. ZE-12, ikili kombinasyon ve mikoriza uygulanmış çeliklerde sırasıyla %11,11, %25 ve %22,22 oranında kontrolden daha düşük çürüme tespit edilmiştir.

Yeşil gül çeliklerinde rizobakteri ve mikoriza uygulamaları sonucu kök sayısı 4,50-8,64 adet arasında değişmiştir. Kontrol grubunda düşük oranda kök (4,33 adet) belirlenmiştir. En fazla kök sayısı (8,64 adet) ZE-12 uygulaması yapılmış çeliklerde saptanmıştır (Şekil 4).

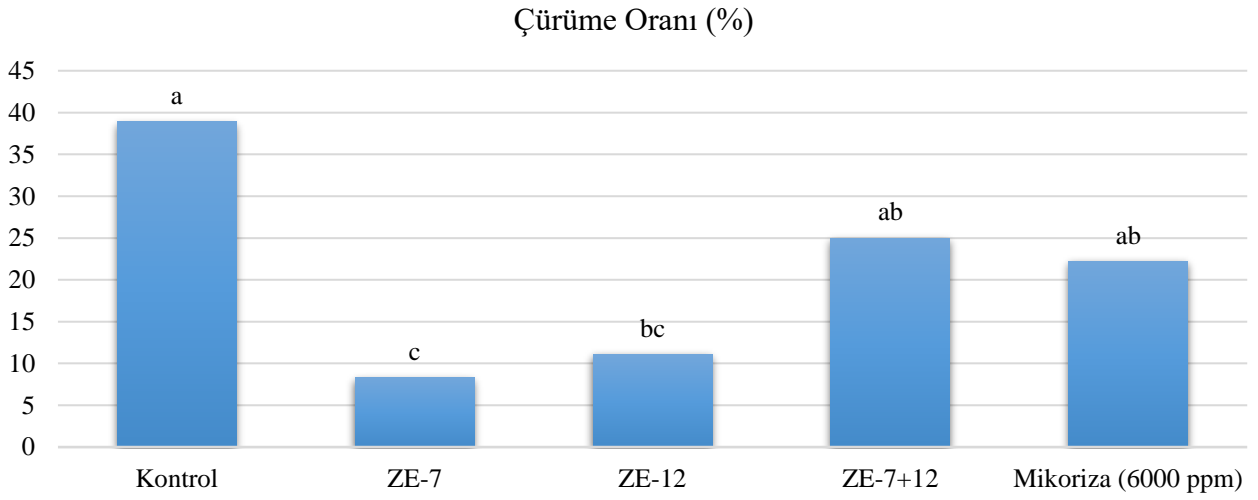
Çalışmada yapılan tüm uygulamalar sonucu güllerde 3,05-11,87 cm arasında değişen kök uzunluğu tespit edilmiştir. En uzun kök uzunluğu kontrol grubu bitkilerinde (11,87 cm) belirlenirken, en düşük kök uzunluğu ise ZE-7 uygulanmış çeliklerde (3,05 cm) belirlenmiştir. ZE-12, ikili kombinasyon ve mikoriza uygulamalarında sırasıyla 5,21 cm, 5,16 cm ve 6,15 cm uzunluğunda kök yapısı belirlenmiştir (Şekil 5).



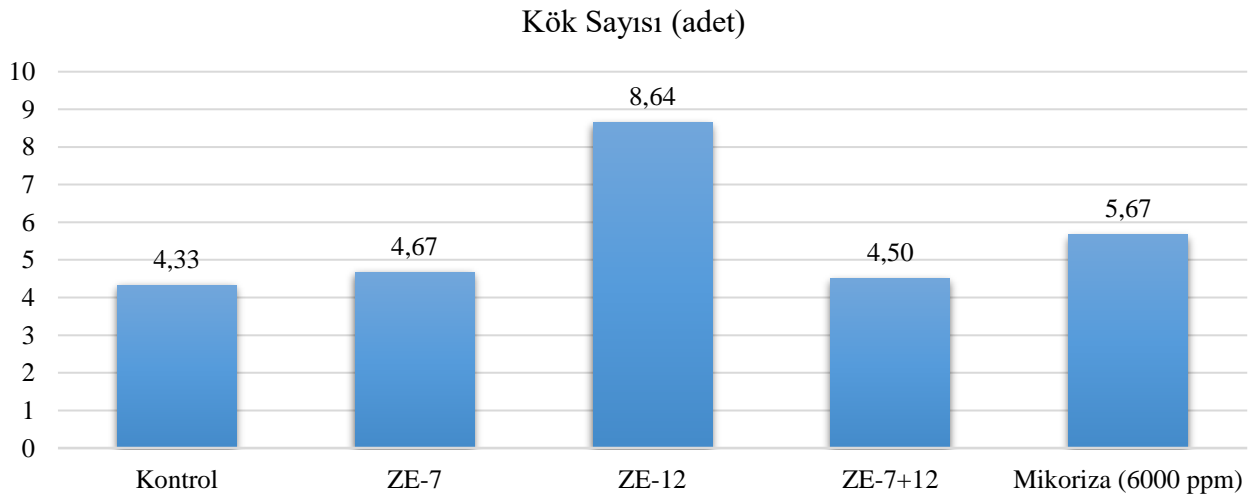
Şekil 1. *B. cereus* (ZE-7), *P. putida* (ZE-12) ve mikoriza uygulanmış gül çeliklerinde köklenme oranı
Figure 1. Rooting rate of *B. cereus* (ZE-7), *P. putida* (ZE-12) and mycorrhizal rose cuttings



Şekil 2. *B. cereus* (ZE-7), *P. putida* (ZE-12) ve mikoriza uygulanmış gül çeliklerinde kallüslenme oranı
Figure 2. Callus rate in *B. cereus* (ZE-7), *P. putida* (ZE-12) and mycorrhizal rose cuttings

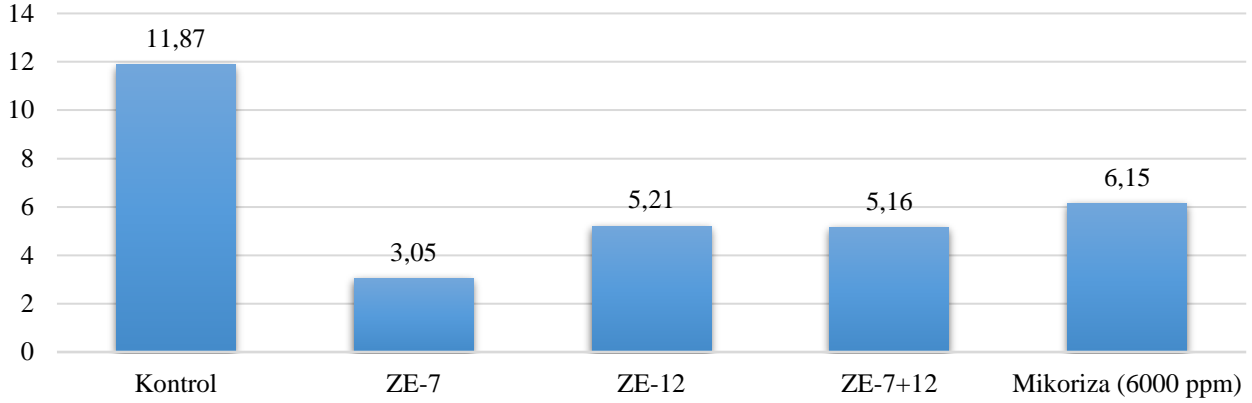


Şekil 3. *B. cereus* (ZE-7), *P. putida* (ZE-12) ve mikorizanın uygulandığı gül çeliklerinde çürüme oranı
Figure 3. Rotting rate of rose cuttings treated with *B. cereus* (ZE-7), *P. putida* (ZE-12) and mycorrhiza



Şekil 4. *B. cereus* (ZE-7), *P. putida* (ZE-12) ve mikoriza uygulanmış gül çeliklerinde kök sayısı
Figure 4. Root count in *B. cereus* (ZE-7), *P. putida* (ZE-12) and mycorrhizal rose cuttings

Kök Uzunluğu (cm)



Şekil 5. *B. cereus* (ZE-7), *P. putida* (ZE-12) ve mikoriza uygulanmış gül çeliklerinde kök uzunluğu
Figure 5. Root length of *B. cereus* (ZE-7), *P. putida* (ZE-12) and mycorrhizal rose cuttings

Tartışma

Çalışmada, *B. cereus*, *P. putida* ve mikoriza uygulamalarının gül çeliklerinde köklenme oranı, kallüslenme oranı, çürüme oranı, kök uzunluğu ve kök sayısı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Araştırma sonucunda, rizobakteri ve mikoriza uygulamalarının yapıldığı güllerde kök gelişiminin daha iyi olduğu görülmüştür. Yapılan daha önceki çalışmalarda farklı PGPR ve mikoriza uygulamalarının bitkilerde kök gelişiminde olumlu etkiler yaptığı belirlenmiştir. Susek ve ark. (2010) tarafından yürütülen çalışmada Christmas roses (*Helleborus niger* L.) olarak bilinen gül çeşidinde endomikorizal mantar ve *Agrobacterium radiobacter* uygulaması yapılarak kök gelişimine etkisi araştırılmıştır. Endomikoriza uygulanan bütün bitkilerde enfeksiyon oranı düşük olmuştur. Buna ilaveten bakteri uygulaması da tüm bitki oranını en çok artıran, bitki kuru ağırlığında artış sağlayan ve bitkilerin hayatta kalma süresi açısından değerlendirildiğinde en etkili uygulama olarak belirlenmiştir. Çalışmamızda da PGPR türlerinden *P. putida* uygulanan güllerde köklenme oranı, kallüslenme oranı ve kök sayısı diğer uygulamalara göre daha yüksek olmuştur. Yine çalışmamızda elde edilen sonuçlara göre, özellikle *B. cereus* uygulanan çeliklerde kontrole kıyasla 4,5 kat daha az çürüme görülmüş olup, yapılan uygulama çeliklerin daha uzun süre hayatta kalmasını sağlamıştır. Chen ve ark. (2020) tarafından yürütülen başka bir çalışmada da PGPR'ların bitkilerin indüklenmiş sistemik direncini (ISR) aktive edebileceği ortaya koyulmuştur. *Rosa multiflora* bitkisinde *Agrobacterium tumefaciens* C58 etmenine karşı bitkinin kök rizosfer bölgesinden elde edilen *Bacillus velezensis* CLA178 bakterisi kullanılmıştır. Uygulanan PGPR'ın bitkide hastalık şiddetini önemli ölçüde azalttığı ve ISR'yi artırdığı belirlenmiştir. Yürüttüğümüz bu çalışmada da yapılan tüm uygulamaların özellikle çürümede başarılı sonuç vermesi oldukça önemlidir. Bu noktada özellikle *B. cereus* uygulamasının bitkide dayanıklılığı artırdığı düşünülmektedir. Bundan dolayı da çeliklerde kök gelişimi kontrole göre daha kuvvetli olmuştur. *Pseudomonas* ve *Bacillus* türlerinin oksin sentezini sağladığı (Kaymak ve ark., 2021), *Pseudomonas*'ların hızlı çoğalabildiği, özellikle

Bacillus'ların bakteriyotoksin üreterek, sistemik dayanıklılığı aktive ettiği ve ikincil metabolit üretimi özelliklerinden dolayı bitkilerin gelişimleri açısından olumlu yönde etki ettiği düşünülmektedir (Kayaaslan 2021). Diğer bir deyişle, *Bacillus* ve *Pseudomonas* gibi PGPR'lar kantitatif olarak önemli bir bitki büyüme düzenleyicisi olan oksini sentezleyebilir ve üretebilir dolayısıyla oksin üreten rizobakteri türlerinin aşılınması bitki büyümesini ve verimini artırır (Vessey, 2003). Çalışmamızda elde edilen sonuçlar da bu bilgileri destekler niteliktedir. Çalışmamızda mikoriza uygulanan güllerde de kök gelişiminde farklı etkiler görülmüştür. Mikoriza mantarlarının beş farklı gül çeşidinde köklendirme ortamına ilave edilmesi ile yürütülen başka bir çalışmada da, köklendirme miktarı ve kök kalitesi belirlenmeye çalışılmıştır. Köklendirme ortamına mikorizal mantar uygulaması her zaman kök başlangıcını artırmasa da, bazı çeşitlerde mikorizal mantar inokulumu ve köklendirme hormonlarının kombinasyonunun kök başlangıcını ve potansiyel olarak üretilen köklü çeliklerin kalitesini artırabileceği ortaya koyulmuştur. Ayrıca özellikle IBA ile birlikte mikoriza uygulaması yapılmasının IBA'nın etkinliğini artırdığı da yapılan çalışma ile bildirilmiştir (Scagel, 2012).

Mevcut çalışmada elde edilen sonuçlara benzer şekilde, gül dışında farklı bitki çelikleri ile yapılan çalışmalarda da mikoriza ve PGPR'ların köklenmede etkili olduğu görülmüştür. *Piper nigrum* L. çelikleri ile yapılan bir çalışmada, *Bacillus cereus* UPMLH24 suşu *Piper nigrum* L. çeliklerinin köklenme yüzdesini (%96) arttırmış ve yapılan bu uygulamanın 1000 ppm IBA (%88 köklenme) ile hormonal uygulamadan daha iyi sonuç verdiği bildirilmiştir (Aziz ve ark., 2015). Nordstedt ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışmada da, *Pseudomonas* türleri kullanılmış ve bu rizobakterilerin petunya bitkisinde bitki büyümesini teşvik ettiği, bitkilerin kök kısmında hızlı bir şekilde kolonize olarak kök gelişimini teşvik eden faydalı bakteriler olduğu rapor edilmiştir. Güneş (2015) tarafından 2 yaşlı Syrah/110R üzüm çeşidi fidanları üzerinde yapılan bir çalışmada da, *Bacillus*'un farklı bir türü olan *Bacillus subtilis* uygulanmış (%0, %2, %4, %8) ve en yüksek doz

olan %8'lik dozun kök sayısını artırdığı ve bakteri uygulamalarının tüm dozlarının kontrol parsellerine göre kök sayısı parametresi üzerine pozitif yönde katkı sağladığı bildirilmiştir. *Rosa canina* üzerine yapılan bir çalışmada ise en yüksek köklenme başarısının *Bacillus megaterium* ve *Pseudomonas fluorescens* bakteri uygulamalarında ölçüldüğü rapor edilmiştir (Kınık, 2014).

Literatür çalışmalarında bitkileri köklendirme amacıyla çeşitli türlerde ait PGPR ve mikorizaların kullanıldığı, kök gelişiminde ve böylelikle bitki gelişiminde olumlu sonuçların elde edildiği, hatta bazı uygulamaların IBA ile kombine edilerek uygulandığı belirlenmiştir. Aynı doğrultuda yürütülen bu çalışma kapsamında elde edilen bulgular daha önceki çalışmalar ile paralellik göstermektedir. Özellikle elde ettiğimiz sonuçlara göre mikoriza uygulamalarına kıyasla *Bacillus cereus* ve *Pseudomonas putida* uygulamalarının gül çeliklerinin kök gelişiminde daha olumlu sonuçlar verdiği görülmüştür.

Sonuç

Bitkisel üretimde verim ve kaliteyi artırmak için çevre dostu, sürdürülebilir tarıma elverişli biyo-preperatların geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması, kimyasal uygulamaların aza indirilmesi önem arz etmektedir. Çevre dostu ve sürdürülebilir uygulamalar içerisinde yer alan rizobakteri ve mikorizaların bitki gelişim parametreleri üzerinde olumlu etkileri bulunmaktadır. Mikoriza ve bakteri uygulamaları ile organik bitkisel üretimde sorunlara çözüm getirmek mümkün olabilir. Bu çalışma ile *Bacillus cereus*, *Pseudomonas putida* ve mikoriza uygulamalarının gül çeliklerinde kök gelişimine etkisi incelenmiştir. Çalışma sonucunda; en yüksek köklenme oranı, en yüksek kallüslenme oranı ve en fazla kök sayısı *P. putida* uygulaması yapılmış çeliklerde elde edilmiştir. Özellikle çürüme üzerinde *B. cereus* uygulaması en etkili uygulama olarak belirlenmiştir. En fazla çürüme oranı kontrol grubunda (%38,89) görülürken, en az çürüme *B. cereus* (%8,33) uygulamasında saptanmıştır. Mikoriza uygulaması yapılan güllerde de çürüme oranında düşüş görülmüştür. Çalışmada yapılan tüm uygulamaların kök uzunluğunda etkili olmadığı, kontrol grubu güllerde daha uzun bir kök oluşumu belirlenmiştir. Sonuç olarak bu çalışma ile, özellikle çelikle çoğaltmada PGPR'ların ve mikorizanın kullanılabilmesi ve köklenme başarısını artırmak amacıyla IBA gibi mevcut uygulamalara alternatif olarak tercih edilebileceği sonucuna varılmıştır.

Kaynaklar

- Antoun H, Prevost D. 2006. Rizobakterileri Teşvik Eden Bitki Büyümesinin Ekolojisi. In: Siddiqui, ZA, Ed., PGPR: Biocontrol and Biofertilization, Springer, Dordrecht, 1-38. http://dx.doi.org/10.1007/1-4020-4152-7_1
- Aziz Z, Saud H, Kundat F, Jiwan M. 2015. Rhizobacterium *Bacillus cereus* induces root formation of pepper (*Piper nigrum* L.) stem cuttings. Research in Biotechnology ISSN : 2229-791X
- Barriuso J, Pereyra MT, Lucas Garcia JA, Megías M, Gutiérrez M, FJ ve Ramos B. 2005. Simbiyoz *Lactarius deliciosus* – *Pinus* sp. Mikrob. ekol. 50 (1), 82 – 89 .
- Bhattacharjee SK, Banerji PK. 2010. The complete book of roses. Aavishkar, 531, Hindistan.

- Castellanos Morales V, Villegas J, Wendelin S, Vierheilig H, Eder R, Cárdenas-Navarro R. 2010. Root colonisation by the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* alters the quality of strawberry fruits (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) at different nitrogen levels, Journal of the Science of Food and Agriculture, 90 (11), 1774- 1782.
- Chen L, Wang XH, Ma QH, Bian LS, Liu X, Xu Y, Zhang HH, Shao JH, Liu YP. 2020. *Bacillus velezensis* CLA178-induced systemic resistance of rosa multiflora against crown gall disease. Frontiers in Microbiology. doi: 10.3389/fmicb.2020.587667
- Demir S, Onoğur E. 1999. *Glomus intraradices* schenck & smith: Türkiye topraklarında saptanan umut verici veziküller - arbusküler mikoriza (VAM) mantarı. Türk Fitopatoloji Dergisi, 28(1), S:33-34.
- Fougère-Danezan M, joly S, Bruneau A, Gao XF, Zhang LB. 2015. Phylogeny and biogeography of wild roses with specific attention to polyploids. Annals of Botany, 115, 275-291.
- Grabowski M, Louws F, Fernandez G. 1999. Use of VA mycorrhizae in annual strawberry production systems, Phytopathology, 88, S29
- Gudin S. 2000. Rose: genetics and breeding, In: plant breeding reviews Volume 17. Janick, J. (eds), John Wiley & Sons. Inc., Hoboken, 159-189, New jersey.
- Güneş M. 1997. Tokat yöresinde doğal olarak yetişen kuşburnuların seleksiyon yoluyla ıslahı ve çelikle çoğaltılması üzerine bir araştırma. Doktora Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Güneş N. 2015. Organik Bağcılıkta Syrah 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. 134s.
- Hartmann HT, Kester DE, Davies F, Geneve YR. 1997. Plant Propagation: Principles and Practices. 6th ed. S.770, Prentice-Hall, Upper Saddle River. New Jersey
- Jansa J, Vosatka M. 2000. In vitro and post vitro inoculation of micropropagated Rhododendrons with ericoid mycorrhizal fungi, Applied Soil Ecology, 15, 125–136.
- Kaşka N, Yılmaz M. 1990. Bahçe Bitkileri Yetiştirme Tekniği. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı
- Kayaaslan Z. 2021. Tokat ili biber üretim alanlarında bakteriyel leke hastalığı etmeni (*Xanthomonas euvesicatoria*)'nin tanılanması, epidemiyolojisi ve biyolojik mücadelesi. Doktora Tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Ens., Bitki Koruma ABD, 126 s.
- Kaymak G, Gülümser E, Can M, Acar Z, Ayan İ. 2021. Yapraklı ve Yarı Yapraklı Yem Bezelyesi Çeşitleri ile Tek Yıllık Çim Karışımlarının Silaj Kalitesinin Belirlenmesi. Journal of the Institute of Science and Technology, 11(2): 1595-1602
- Kınık E. 2014. Bazı Odunsu Süs Bitkilerinin Çelikle Çoğaltılmaları Üzerine Oksin, Mikoriza ve Bakteri Uygulamalarının Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Kınık ED, Çelikel FG. 2020. Mikoriza ve Oksin Uygulamalarının Kuşburnu (*Rosa canina* L.) Çeliklerinin Çoğaltılması Üzerine Etkisi. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi.
- Li XL, Marschner H, George E. 1991. Phosphorus depletion and pH decrease at the root-soil and hyphae-soil interfaces of VA mycorrhizal white clover fertilized with ammonium, New Phytologist, 119, 397-404, 1991.
- Linderman RG, Call CA. 1977. Enhanced rooting of woody plant cuttings by mycorrhizal fungi. Journal of the American Society for Horticultural Science, 102, 629-632.
- Liorzou M, Pernet A, Li S, Chastellier A, Thouroude T, Michel G, Malécot V, Gaillard S, Briée C, Foucher F, Oghina-Pavie C, Clotault J, Grapin A. 2016. Nineteenth century French rose (*Rosa* sp.) germplasm shows a shift over time from a European to an Asian genetic background, Journal of Experimental Botany, 67(15):4711-4725

- Lugtenberg B, Kamilova F. 2009. Plant-Browth-Promoting Rhizobacteria. Yıllık Mikrobiyoloji İncelemesi,63,541-556. doi: 10.1146/annurev.micro.62.081307.162918
- Mishra RK, Prakash O, Alam M, Dikshit A. 2010. Influence of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on the productivity of Pelargonium graveolens L. Herit. Recent Research in Science and Technology, 2 (5), 53–57.
- Nordstedt NP, Chapin LJ, Taylor, CG, Jones ML. 2020. Identification of *Pseudomonas* spp. that increase ornamental crop Quality During Abiotic Stress. Frontiers, 10:1754. doi: 10.3389/fpls.2019.01754
- Ortaş İ, 1994. Mikoriza nedir? TUBİTAK, Bilim ve Teknik, Popüler Bilim Dergisi. Sayı 351; S.92-95, Ankara.
- Ozcan H, Turan MA, Koc O, Cikili Y, Taban S. 2000. Growth and Variations in Proline, Sodium, Chloride, Phosphorus and Potassium Concentration of Chickpea (*Cicer arietinum* L. cvs.) Varieties under Salinity Stress. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 24, 649-654.
- Parlakova F. 2014. Azot Fikseri Ve Fosfat Çözücü Bakterilerin Lale Çeşitlerinin Bitkisel Gelişimi, Soğan Sayısı, Kalitesi Ve Mineral Madde İçeriğine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Pulatkan M. 2010. Mikorizanın farklı iklim ve ortam koşullarında Forsythia x intermedia ZAB. ve Cotoneaster franchetti BOIS. Bitkilerinin gelişimi üzerine etkileri. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Scagel CF, Reddy K, Armstrong JM. 2003. Mycorrhizal fungi in rooting substrate influences the quantity and quality of roots on stem cuttings of Hick's Yew, HortTechnology, 13, 62-66.
- Scagel CF. 2001. Cultivar specific effects of mycorrhizal fungi on the rooting of miniature rose cuttings, Journal of Environmental Horticulture, 19, 15–20.
- Scagel CF. 2012. Effects of mycorrhizal fungi on rooting in woody horticultural crop. <http://www.eastofedenplants.co.uk/images/db/rootgrow/Better%20quality%20cuttings>. Access date: June 16 2014.
- Sharma MP, Adholeya A. 2004. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus fertilization on the post vitro growth and yield of micropropagated strawberry grown in a sandy loam soil, Canadian Journal of Botany, 82 (3), 322-328.
- Smith SE, Read DJ. 1997. Mikorhizal Simbiyoz. 2. Baskı, Academic Press, Londra.
- Susek A, Guillemin JP, Lemoine MC, Gollotte A, Ivancic A, Caneill J, Gianinazzi S. 2010. Effect of rhizosphere bacteria and endomycorrhiza fungi on the growth of christams rose (*Helleborus niger* L.). European Journal Horticultural Science 72 (2): 85-88.
- Toprak B, Yıldız O, Altundağ E, Güner T, Sargıncı M, Pekşen A, Mutlu Ö. 2014. Ektomikoriza ve endomikoriza aşılmasının Toros Sediri, Karaçam ve Saçlı Meşe fidanlarının büyümeleri üzerine etkileri. Ekoloji Sempozyumu Özetleri, Gazimağusa.
- Van Loon LC, Bakker, PAHM. 2005. Induced systemic resistance as a mechanism of disease suppression by rhizobacteria. In PGPR: Biocontrol and Biofertilization (Siddiqui, Z. A., ed.), Dordrecht, The Netherlands: Springer, pp.39–66.
- Vessey JK. 2003. Plant Growth Promoting Rhizobacteria as Biofertilizers. Plant and Soil, 255, 571-586. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1026037216893>
- Welbaum GE, Sturz AV, Dong Z, Nowak J. 2004. Managing Soil Microorganisms to Improve Productivity of Agro-Ecosystems. Critical Reviews in Plant Sciences, 23 (2): 175-193. doi:10.1080/07352680490433295
- Yörük E. 2004. Van yöresinde doğal olarak yetişen kuşburnuların (*Rosa canina* L.) çelikle çoğaltılması üzerine IBA'nın etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van
- Zuraw B, Sulborska A, Stawiarz E, Weryszko-Chmielewska E. 2015. Flowering biology and pollen production of four species of the genus Rosa L. Acta Agrobotanica, 68 (3):267-278.