



Elma Fidan Yetiştiriciliğinde *Bacillus subtilis* İçerikli Bir Mikrobiyal Gübrenin Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi

Recep KOTAN^{1,a}  Elif TOZLU^{1,*b}  Adem GÜNEŞ^{2,c}  Fatih DADAŞOĞLU^{1,d} 

¹Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Erzurum, Türkiye

²Erciyes Üniversitesi, Seyrani Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Kayseri, Türkiye

*Sorumlu yazar e-mail: elifalpertzozlu@atauni.edu.tr

doi: 10.17097/ataunizfd.762325

Geliş Tarihi (Received): 01.07.2020 Kabul Tarihi (Accepted): 10.09.2020 Yayın Tarihi (Published): 26.01.2021

ÖZ: Tarımda yoğun kimyasal gübre ve pestisit kullanımına bağlı olarak insan ve hayvan sağlığı ile çevresel sorunlar gibi riskler giderek artmaktadır. Bu yüzden özellikle bitki besleme ve bitki koruma ürünlerinde alternatif yöntemlere olan talep her geçen gün artış göstermektedir. Bu alternatif yöntemlerden birisi organik ve biyolojik çözümlerin tarımda kullanılmasıdır. Biyolojik çözümlerden birisi olan faydalı bakterilerin tarımda kullanımının önemi gittikçe çok daha iyi anlaşılmaktadır. Bu çalışmada; azotu fikse eden, fosfat çözen, kalsiyum çözen, amino asit ve organik asit üreten ve hormon üreten *Bacillus subtilis* TV-17C bakteri izolatu organik bir sıvı taşıyıcı ile formülasyon haline getirilerek elma fidanı yetiştiriciliğinde kullanılmıştır. Çalışmada bu bakteri uygulamasının bazı bitki gelişim parametreleri, bitkide hormon düzeyleri ile bitkide ve toprakta makro ve mikro besin elementleri düzeyleri ile bazı toprak özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Araştırma sonucunda; bu bakteri içerikli mikrobiyal gübre formülasyonunun, elma fidanlarında bütün bitki gelişim parametrelerinde bitkideki hormon düzeyleri ile bitkide ve toprakta makro ve mikro besin elementleri düzeylerinde artışlara sebep olduğu görülmüştür. *Bacillus subtilis* TV-17C bakteri izolatının çok yönlü etkileri dikkate alınarak bu formülasyonun Stoma Fix ticari ismi ile tescillendirilmesi için gerekli başvuruların yapılması planlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Bacillus subtilis*, Elma, Fidan, Azot, PGPR, Mikrobiyal gübre

Investigation of Possibilities of Using *Bacillus subtilis* Microbial Fertilizer in Apple Sapling Growing

ABSTRACT: Due to the use of intensive chemical fertilizers and pesticides in agriculture are increasing risks related to human and animal health and environmental problems. Therefore, interest in alternative methods is increasing day by day. Therefore, the demand in alternative methods especially in plant nutrition and plant protection products is increasing day by day. The use of organic and biological solutions in agriculture is one of these alternative methods. The importance of the use of beneficial bacteria in agriculture, which are one of the biological solutions, is increasingly understood. In this study, *Bacillus subtilis* TV-17C bacterial isolate, which fixes nitrogen, dissolves phosphate, dissolves calcium, produces amino acids and organic acids and produces hormones, was formulated with an organic liquid carrier and used in apple sapling cultivation. The effect of this bacterial application on some plant growth parameters, hormone levels in the plant, macro and micro nutrient levels in the plant and soil and some soil properties were investigated in this study. As a result of the research; this bacterial microbial fertilizer formulation has been shown to cause increases in all plant growth parameters and hormone levels in plants, macro and micro nutrients levels in plants and soil. Considering all these versatile effects of *B. subtilis* TV-17C bacterial strain, it is planned to make the necessary applications for the registration of this formulation under the trade name Stoma Fix.

Keywords: *Bacillus subtilis*, Apple, Sapling, Nitrate, PGPR, Microbial fertilizer

Bu makaleye atıfta bulunmak için / To cite this article: Kotan, R., Tozlu, E., Güneş, A., Dadaşoğlu, F., 2021. Elma Fidan Yetiştiriciliğinde *Bacillus subtilis* İçerikli Bir Mikrobiyal Gübrenin Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg., 52 (1): 46-55. doi: 10.17097/ataunizfd.762325

^aORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6493-8936> ^bORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0016-9696>

^cORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0411-6134> ^dORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9331-1913>



GİRİŞ

Türkiye, dünya meyve endüstrisinde lider ülkelerden birisi olup, birçok meyve türünün anavatanı konumundadır (Özbek, 1977). Sahip olduğu bu potansiyeli yüksek üretim kapasitesine dönüştüren Türkiye yaklaşık 3 milyon ton elma üretimi ile dünyada dördüncü sırada yer almaktadır (Arısoy vd., 2019). Meyvecilik sektöründeki bu durum modern fidancılık sektöründeki gelişmelere de önemli katkılar sağlamaktadır (Gençtan vd., 2005). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre; 2019 yılında Türkiye’de toplam 54 meyve türüne ait 1406 çeşitte fidan üretimi yapılmış ve yapılan ihracattan 97 milyon dolar gelir elde edilmiştir (TÜİK, 2019).

Meyve fidanı üreten özel sektör ve kamu kuruluşlarının fidancılıkta karşılaştıkları öncelikli sorunlar arasında girdi temini yer almaktadır (Karamürsel vd., 2018, 2019). Gübreleme de fidancılıkta önemli girdiler arasında yer almaktadır. Gübre uygulaması yeterli olmadığında verim ve kalitede önemli kayıplara, fazla uygulandığında ise özellikle azot ve fosforlu gübrelerin yıkanması sonucu yüzey ve taban sularında kirliliğe ve azot oksit emisyonu ile de hava kirliliğine neden olmaktadır (Güler, 2004; Atılğan vd., 2007). Özellikle içme suyu havzalarında yapılan tarımsal faaliyetler sonucu oluşan kirlenmelerin başında nitrat kirliliği gelmektedir (Orhan ve Ataseven, 2009). Tarımda özellikle de nitratlı gübrelerin yaygın ve yoğun bir şekilde kullanımı sonucu yer altı sularında gittikçe artan nitrat kirliliği hem dünyada hem de Türkiye’de insan ve hayvan sağlığını ve çevreyi ciddi şekilde tehdit eder bir boyuta gelmiştir. Bunun için de, tarımda kullanılan kimyasal gübre ve pestisitlere alternatif sağlık ve çevre açısından risk içermeyen ürünlere ve çevre dostu tarım yöntemlerine ihtiyaç bulunmaktadır (Orhan ve Ataseven, 2009). Bu yöntemler arasında %78’i azot olan atmosferdeki elementel azotun mikroorganizmalar tarafından fiksasyonu denilmektedir. Biyolojik azot fiksasyonunun fotosentezden sonra en önemli olay olduğu kabul edilmektedir (Döbereiner, 1997; Sarıoğlu et al., 1993). Prokaryotlar tarafından gerçekleştirilen biyolojik azot fiksasyonu ile dünya ekosistemine yılda yaklaşık 175 ile 200 milyon ton arasında azot sağlandığı belirtilmektedir (Rascio and La Rocca, 2008; Peoples et al., 2009). Bu prokaryotlar arasında bulunan ve “Bitki Gelişimini Teşvik Eden Bakteriler (PGPR)” olarak isimlendirilen bakterilerin; atmosferdeki serbest azotu bağlamalarının yanı sıra, fosforu çözmeleri, fitohormon ve enzim üretmeleri gibi direkt etkileriyle bitki gelişimini olumlu etkiledikleri; bitkide sistemik dayanıklılığı artırmaları, yer ve besin rekabeti ile patojen gelişimini baskılamaları ve ürettikleri bazı

sekonder metabolitler ile patojenlerin gelişimini engellemeleri gibi dolaylı etkileriyle de bitki gelişimini destekledikleri belirtilmektedir (İmriz vd., 2014).

Yapılan bu çalışmada; daha önce yürütülen çalışmalarda kültür bitkileri ve yabancı bitkilerin köklerinden veya toprak üstü aksamından izole edilen çok sayıdaki bakteri izolatu azot fiksasyonu, fosfatı çözme, hormon üretimi, amino asit ve organik asit üretimi özellikleri yönünden karakterize edilerek, indikatör bitki olarak seçilen buğday ve mısırdaki sera koşullarında bitki gelişimi üzerine etkileri bakımından değerlendirilmiş, öne çıkan bakteri izolatları arasından seçilen *Bacillus subtilis* TV-17C izolatının formülasyon haline getirilerek, başta elma fidanı olmak üzere tüm fidan yetiştiriciliğinde kimyasal gübre kullanımını azaltacak bakteri içerikli ve çok yönlü etkileri olan bir mikrobiyal gübrenin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Kültür bitkisi çeşidi

Çalışmada yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan M9 elma anacının 2 yaşında fidanları kullanılmıştır.

Çalışma yeri ve özellikleri

Çalışma, Çanakkale’nin Lapseki İlçesi, Çeşmecikler Mevkiinde yer alan bir fidan üretim alanında 2019 yılında yürütülmüştür. Çalışmanın yapıldığı arazinin koordinatları 40°33’-93°94’ kuzey enlemleri, 26° 69’-40°52’ doğu boylamları olup denizden yüksekliği ise 123 m’dir. Çalışma alanına ait toprak; tınlı tekstüre sahip, hafif alkali reaksiyonlu ve kireçlidir. Organik madde orta (%2.42), bitki tarafından alınabilir fosfor (10.8 ppm), potasyum (60 ppm) ve magnezyum (24 ppm) miktarları az, kalsiyum miktarı ise yeterli (320 ppm) düzeydedir. Çalışmanın yürütülmesi sırasında ekstrem iklim olayları yaşanmamış, yıllık ortalama sıcaklığı (15 °C) ve yağış miktarı (41.18 mm) gibi değerler uzun yıllar ortalaması değerleriyle uyumluluk göstermiştir.

Çalışmada kullanılan sulama suyu

Çalışmada; pH’sı 7,5 olan ve hafif alkali durumundaki artezyen kuyusundan temin edilen sulama suyu kullanılmıştır. Kullanılan sulama suyunun EC değeri 426 µmhos/cm olup, iyi sınıfta yer almaktadır.

Çalışmada kullanılan bakteri

Çalışmada, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Mikroorganizma Kültür Koleksiyonu’ndan temin edilen *B. subtilis* TV-17C bakteri izolatu kullanılmıştır. Doğu Anadolu Bölgesi’nde yetişen yabancı bir çilek kökünden izole

edilmiş olan bu bakterinin MIS ve BIOLOG sistem kullanılarak tanısı yapılmıştır. Bakterinin azot fiksasyonu, fosfatı çözebilme, bazı bitki büyüme hormonu üretimi, amino asit ve/veya organik asit üretimi ve kitinaz üretimi ile ilgili bilgiler Çizelge

1'de verilmiştir (Tozlu et al., 2016; Güneş et al., 2015). Bakteri izolatu %30 gliserol ve Lauryl Broth içeren stok besiyerinde -86 °C'de muhafaza edilmiştir

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan *Bacillus subtilis* TV-17C bakteri izolatının bazı özellikleri

Table 1. Some properties of *Bacillus subtilis* TV-17C bacterial strain used in this study

Özellikler	Değerlendirme
Azot fiksasyonu	Kuvvetli pozitif
Fosfatı çözebilme	Pozitif
Kitinaz enzimi üretimi	Pozitif
Giberallik asit üretimi	Kuvvetli pozitif
İndol asetik asit üretimi	Pozitif
Amino asit üretimi	Glutamine, histidine, cystine, tryptopane, proline
Organik asit üretimi	Oxalic acid, tartaric acid, lactic acid, maleic acid

Metot

Bakteriyel biyoformülasyonun hazırlanması

Dondurulmuş *B. subtilis* TV-17C bakteri kültürü, Nutrient Agar (NA, Difco) besiyeri içeren petrilere 3 fazlı ekilmiş, 30°C'de inkübasyona bırakılarak 24 saatlik taze kültürü elde edilmiştir. Gelişen bu kültürden bir öze dolusu bakteri hücresi alınarak 500 ml'lik Tryptic Soy Broth (TSB, Difco) içeren besiyerine aktarılmıştır. Bakteri kültürü yatay çalkalayıcı inkübatörde 24 saat geliştirilmiştir. Su, deniz yosunu, melas, bitkisel özütler ve peynir altı suyu gibi organik maddeler ile içeriğindeki bakteri izolatını korumak ve homojeniteyi sağlamak için kullanılan kalsiyum karbonat, magnezyum sülfat, glyserinden oluşan sıvı taşıyıcı 121°C'de 15 dakika süreyle otoklavda sterilize edilmiştir. TSB'de geliştirilen bakteri kültüründen sıvı taşıyıcıya 1/10 oranında aşılama yapılmıştır. Fermantörde 30°C'de inkübasyona bırakılmıştır. Fermantör ürününden günlük numune alınarak mililitredeki canlı bakteri sayımları (kob) yapılmıştır. Bakteri konsantrasyonunun 1×10^{10} kob/ml'yi geçtiği süre olan 72 saatin sonunda bakteriyel biyoformülasyonlar tamamen steril koşullarda steril plastik bidonlara alınarak uygulama yapılincaya kadar sıcaklığı 5°C olan soğuk odada muhafaza edilmiştir.

Mikrobiyal gübre uygulaması

B. subtilis TV-17C bakteri biyoformülasyonundan 1 L alınarak 1 L melas ile karıştırılmış, üzerine 98 L klorsuz kuyu suyu ilave edilerek toplam hacim 100 L'ye tamamlanmıştır. Fidan başına 1000 ml bakteri süspansiyonu olacak şekilde uygulama yapılmıştır. Karıştırıcı ve 2 atmosfer basınçta çalışan bir sırt pülverizatörü ile ilk uygulama fidanlarda tomurcuklar patlamaya başladığında, ikinci uygulama birinci uygulamadan 12 gün sonra ve üçüncü uygulama ise ikinci uygulamadan 15 gün sonra yapılmıştır.

Uygulamalarda toprak yüzeyi ve fidanların toprak üstü kısmının iyice ıslanmasına dikkat edilmiştir. Kontrol olarak kullanılan fidanlarda toprak analiz sonuçları da dikkate alınarak her bir uygulamada 25 kg/da amonyum nitrat (%33 N) ve 12 kg/da triple süper fosfat (%42 P₂O₅) uygulanmıştır. Uygulamalardan hemen sonra damla sulama sistemi 1 saat çalıştırılarak bakterilerin ve kimyasal gübrelerin bitkinin kök bölgesine iyice inmesi sağlanmıştır. Damlatıcılar lateral hatlar üzerinden her fidana 0.5 L/saat olarak tesis edilmiştir. Bakteri uygulamasında hiçbir kimyasal gübreleme yapılmamıştır. Denemede herhangi bir pestisit uygulaması yapılmamış, yabancı ot kontrolü ise ara çapalama ile yapılmıştır.

Uygulamaların toprak mikroflorası üzerine etkisi

Uygulamadan üç ay sonra kontrol ve bakteri uygulamalarının yapıldığı parsellerde her uygulamadan rastgele seçilen 9 fidanın kök bölgelerinden toprak örnekleri alınmıştır. Örnekler ayrı ayrı küçük çaplı elekten (2 mm) geçirilerek büyük partiküllerinden ayrılmış, numunelerin her birisinden ayrı ayrı tartılan 1 gr toprak örneği salina tampon çözeltisi (%0.85'lik NaCl) içerisinde süspanse edilmiştir. Numuneler 500 rpm'de santrüfuj edilerek büyük partiküller tekrar çöktürülmüş, oluşan süspanسیون 130 µl olacak şekilde BIOLOG ECO-PLATE'in her bir çukurcuğuna koyulmuş ve 12 saat 30°C'de inkübasyona bırakılmıştır. Daha sonra mikroplateler üzerinde gelişen renklenmeler gözlenmiş ve metabolik reaksiyon profilleri BIOLOG kinetik (Program: BIOLOG MicroLog3 4.20, $\lambda_1=405$ nm $\lambda_2=750$ nm) okuyucuda okutulmuştur. Kontrol ile mikrobiyal gübre uygulaması yapılan parsellere ait toprak örneklerinin eklendiği mikroplate üzerindeki pozitif reaksiyonlar not edilerek karşılaştırmaları yapılmıştır. Renkli çukurcukların fazla olması mikrobiyal faunanın zenginliğinin ifadesi olarak

değerlendirilmiştir (Stefanowicz, 2006; Xu et al., 2015).

Uygulamaların bitki gelişimi üzerine etkisinin değerlendirilmesi

Bitki gelişim parametreleri, yaprakta makro-mikro besin elementi ve hormon düzeyleri ile ilgili değerlendirmeler; ilk uygulamadan 3 ay sonra her parselde en dışta kalan sıralar değerlendirme dışı tutularak diğer sıralardan rastgele seçilen 30 bitkide yapılmıştır. Bitki boyu (cm), gövde çapı (mm), yıllık sürgün boyu (cm), yıllık sürgün sayısı (adet) ve yıllık sürgün çapı (mm) ölçülmüştür.

Uygulamaların bitkide makro-mikro besin element içeriği ve hormon düzeylerine etkisi

Yaprak örnekleri Kacar (1994)'ın belirttiği şekilde temizleme, kurutma ve öğütme işlemlerine tabii tutulmuş ve analize hazır hale getirilmiştir. Azot elementi hariç yapılan analizler yaş yakma yöntemiyle elde edilen bitki örneklerinde gerçekleştirilmiştir. Azot analizi, bitki örneklerinde yüzde toplam N Kjeldahl yöntemi ile yapılmıştır. Fosfor miktarı Spektrofotometrede vanodomolibdo fosforik sarı renk yöntemiyle (Lott et al., 1956), potasyum, kalsiyum ve magnezyum miktarları ise Atomik Absorbsiyon Spektrometrede ölçülerek sonuçları yüzde olarak verilmiştir (Kaçar, 1962). Demir, mangan, çinko ve bakır miktarları da Atomik Absorbsiyon Spektrometrede yapılan ölçümler sonucunda mg/kg⁻¹ (ppm) olarak verilmiştir (Lindsay and Norwell, 1978). Hormon analizlerinde ekstraksiyon ve saflaştırma işlemleri Kuraishi et al. (1991) ve Battal and Tileklioğlu (2001)'nin önerdikleri metotlara göre yürütülmüştür.

Uygulamaların toprakta makro-mikro besin element içeriğine etkisi

Uygulamaların toprak mikroflorasına etkisinin değerlendirilmesi için toprak örnekleri hava kurusu haline getirilmiş, 2 mm'lik elekten geçirilerek analizleri yapılmıştır. Toprak örneklerinin CaCO₃ içerikleri Scheibler kalsimetresi ile ölçülerek sonuçlar % CaCO₃ olarak hesaplanmıştır (Sağlam, 2012). Toprakta % toplam eriyebilir tuz, toprak saturasyon çamurunda elektriksel konduktivite aleti ile elektriksel iletkenlik mmhos/cm olarak ölçüldükten sonra % tuz miktarına çevrilmiş ve Staff

(1951)'a göre sınıflandırma yapılmıştır. Toprakta % organik madde, toprak örneklerinin içerikleri modifiye edilmiş Walkley-Black metoduna göre belirlenerek ve sonuçlar % olarak ifade edilmiştir. Toprak pH'sı, havada kurutulmuş ve 2 mm'lik elekten elenmiş olan toprak örneğinin toprak saturasyon çamurunda cam elektrotlu pH metreyle ölçümü yapılmıştır (Güneş et al., 2015). Toprak örneklerinde Kjeldahl yöntemiyle yüzde total azot belirlenmiştir. Toprak içerisindeki bitkiye yararlı fosfor miktarını tespit etmek için, örnekler pH'sı 8.5'e ayarlı 0.5 M Sodyum Bikarbonat çözeltisi ile ekstrakte edilmiş, sonuçlar spektrofotometrede okunmuş ve mg/kg cinsinden kaydedilmiştir. Toprakta değişebilir K, Ca, Mg (ppm)'u belirlemek için ise, örnekler pH'sı 7.0'ye ayarlı 1 N amonyum asetat çözeltisi ile ekstrakte edilmiş, Atomik Absorbsiyon Spektrometrede okunmuş ve mg/kg⁻¹ cinsinden sonuçlar elde edilmiştir. Toprakta bitkiye faydalı Fe, Cu, Zn ve Mn miktarlarını tespit etmek için de, toprak örneklerinin mikro besin element içerikleri DTPA yöntemi ile belirlenmiştir. Atomik Absorbsiyon Spektrometrede okunarak sonuçlar mg/kg cinsinden verilmiştir (Güneş et al., 2015).

Deneme planı

Deneme "Tesadüf Parselleri Deneme" desenine göre 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 10 elma fidanı olacak şekilde planlanmıştır. Parseller arasında 5 m mesafe bırakılmış, denemede bir adet mikrobiyal gübre ve 1 adet kontrol olmak üzere 2 uygulama yer almıştır.

İstatistik Analizler

Denemede mikrobiyal gübrenin etkinliği ölçüm yapılan bütün parametrelerde ortalama ve standart sapma olarak verilmiştir. Kontrole kıyasla bakteri uygulamasının etkinliği ise artış ya da azalış olarak yüzde (%) etkinlik şeklinde değerlendirilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Uygulamaların toprak mikroflorası üzerine etkisinin belirlenmesi amacı ile alınan toprak örneklerindeki mikrobiyal aktivite sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre; kontrol uygulamasında mikroorganizmaların karbon kullanım oranı %71 olurken, bu oranın bakteri uygulamasında %75 olduğu görülmüştür.

Çizelge 2. BIOLOG Eco Plate'de % karbon kullanım oranları

Table 2. % Carbon usage rate in BIOLOG Eco Plate

Uygulamalar	Karbon kullanım oranı (%)
Kimyasal Gübre	71
Bakteri	75

Uygulamaların fidanlardaki bitki gelişim parametreleri üzerine olan etkileri incelendiğinde ise, bakteri uygulamasının kontrole göre bütün bitki gelişim parametrelerinde ortalama %7.77 ile %65.09 arasında değişen artışa sebep olduğu görülmüştür (Çizelge 3). Bu artış oranları sırası ile yıllık sürgün boyunda %65.09, yıllık sürgün sayısında %47.90,

gövde çapında %24.03, yıllık sürgün çapında %22.66 ve bitki boyunda %7.77 olmuştur (Çizelge 3). Yapılan gözlemsel değerlendirmede bakteri uygulamasının fidanlardaki kılcal kök oluşumunda da çok önemli artışlara sebep olduğu görülmüştür (Çizelge 3).

Çizelge 3. Uygulamaların fidanlarda bazı bitki gelişim parametreleri üzerine etkileri
Table 3. Effects of applications on some plant growth parameters in seedlings

Parametreler	Kontrol	Bakteri	% Etkinlik
Bitki boyu (cm)	143.20±20.16	154.34±32.43	7.77
Gövde çapı (mm)	8.82±2.24	10.94±3.56	24.03
Yıllık sürgün sayısı (adet)	7.64±2.68	11.30±4.34	47.90
Yıllık sürgün çapı (mm)	2.78±0.86	3.41±1.21	22.66
Yıllık sürgün boyu (cm)	11.46±2.56	18.92±4.44	65.09

Uygulamaların fidanlardaki bazı bitki büyüme hormon düzeyleri üzerine olan etkileri Çizelge 4’de verilmiştir. Bakteri uygulamasının kontrole göre fidanlarda bütün hormon düzeylerinde ortalama olarak %15.55 ile %62.98 arasında değişen artışlara

sebebi olduğu görülmüştür. Bu artışlar sırası ile salisilik asitte %62.98, giberallik asitte %25.64, absisik asitte %21.05 ve indol asetik asitte %15.55 oranında bulunmuştur.

Çizelge 4. Uygulamaların fidanların hormon düzeyleri (ng/µl) üzerine etkileri
Table 4. Effects of applications on seedlings’ hormone levels (ng/µl)

Hormonlar	Kontrol	Bakteri	% Etkinlik
Giberallik asit	187.79±4.52	235.95±6.27	25.64
Salisilik asit	51.31±2.11	83.63±3.15	62.98
Absisik asit	0.19±0.02	0.23±0.03	21.05
İndol asetik asit	7.78±0.76	8.99±0.92	15.55

Yapraktaki bazı makro ve mikro besin elementleri üzerine etkilere bakıldığında, bakteri uygulaması kontrole göre Cu hariç yapraktaki tüm parametrelerde artışa sebep olmuştur (Çizelge 5). Bu artışların en düşüğü %0.33 ile yapraktaki Zn

miktarında olurken, en yüksek artış %69.69 oranı ile yapraktaki Mg’da görülmüştür. Bunu sırası ile yapraktaki P (%36.54), N (%27.74), K (%23.64), Mn (%20.52), Ca (%15.17), F (%6.99) ve Zn (%0.33) izlemiştir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Uygulamaların yapraklarda bazı besin maddeleri üzerine etkileri
Table 5. Effects of applications on some nutrients in leaves

Değerlendirilen parametreler	Kontrol	Bakteri	% Etkinlik
N (%)	1.730±0.130	2.210±0.320	27.74
P (%)	1.223±0.060	1.670±0.210	36.54
K (%)	2.360±0.220	2.918±0.410	23.64
Ca (%)	1.450±0.140	1.670±0.240	15.17
Mg (%)	0.132±0.020	0.224±0.080	69.69
Na (%)	0.046±0.008	0.068±0.009	47.82
Fe (mg kg ⁻¹)	123.15±7.44	131.76±4.56	6.99
Zn (mg kg ⁻¹)	92.84±3.12	93.15±3.50	0.33
Mn (mg kg ⁻¹)	53.99±2.23	65.07±2.65	20.52
Cu (mg kg ⁻¹)	23.37±1.78	18.70±1.74	19.91*

*: Azalışa sebep olmuştur.

Uygulamaların topraktaki satürasyon, toplam tuz içeriği, pH, organik madde ve bazı makro ve

mikro besin elementlerine etkileri Çizelge 6’da verilmiştir. Bu sonuçlara göre; bakteri uygulaması

kontrole göre topraktaki toplam tuz içeriğinde %34.67, toprak pH'sında %9.31 oranında bir azalmaya sebep olurken: geri kalan tüm parametrelerde ise artışlar görülmüştür. Bu artışlar

%0.32 ile en düşük oranda Cu'da ve %41.32 ile en yüksek oranda topraktaki Fe miktarında görülmüştür. Bunu sırası ile; N (%36.36) ve organik madde (%18.03), izlemiştir (Çizelge 6).

Çizelge 6. Uygulamaların bazı toprak özellikleri ve besin maddeleri üzerine etkileri
Table 6. Effects of applications on some soil properties and nutrients

Değerlendirilen Parametreler	Uygulamalar		% Etkinlik
	Kontrol	Bakteri	
Toplam tuz içeriği (%)	0.150	0.098	34.67*
pH'sı	7.95	7.21	9.31*
Organik madde (%)	1.22	1.30	6.56
Toplam N içeriği (%)	0.22	0.30	36.36
P (ppm)	93.22	100.56	7.87
K (ppm)	72.47	77.00	6.25
Ca (ppm)	377.15	389.6	3.30
Mg (ppm)	20.45	22.60	10.51
Fe (ppm)	10.09	14.26	41.32
Zn (ppm)	2.20	2.38	8.18
Mn (ppm)	11.43	12.86	12.51
Cu (ppm)	3.05	3.06	0.32

*: Azalışa sebep olmuştur

Yoğun tarım yapılan alanlarda bilinçsizce yapılan kimyasal gübre ve pestisit uygulamaları; sürdürülebilir bir tarımı neredeyse imkansız hale getirmiş, özellikle de üretim alanlarına yakın yerlerde tüm canlılar ve ekosistem üzerindeki olumsuz etkileri de ciddi boyutlara ulaşmıştır (Parlakay vd., 2015; Yalçın vd., 2016). Bütün bu olumsuzluklar, tarımda kullanılan kimyasallara alternatif daha çevreci yöntemlerin geliştirilmesini zorunlu hale getirmiştir. Bu alternatif yöntemlerin başında gelen tarımda biyolojik çözümlere olan ilgi her geçen gün artmaktadır. Biyolojik çözümlerin başında da tarımda faydalı mikroorganizmaların kullanımı gelmekte, bakteriler bunlar içerisinde önemli bir yer tutmaktadır (Sarioğlu et al., 1993; Çakmakçı, 2005; Kotan, 2014). Dünyada bakteri içeren çok sayıda mikrobiyal gübre ve biyopestisit ruhsatlandırılarak tarımda üreticilerin kullanımına sunulmuştur. Ayrıca, yerli bakteri izolatları ile daha önce yürütülen birçok çalışmada biyopestisit kullanım potansiyeli olan ve mikrobiyal gübre olarak kullanılabilen çok sayıda bakteri izolatı elde edilerek muhafaza altına alınmıştır (Karakurt et al., 2010, 2011; Ateş vd., 2011; Karagöz et al., 2012; Çığ et al., 2014; Turan et al., 2014; Güneş et al., 2015; Ekinci et al., 2014, 2017; Sahin et al., 2015; Karagöz et al., 2016; Samancıoğlu et al., 2016).

Türkiye'de yoğun tarım yapılan ve özellikle de monokültür alanlarda toprakların çok önemli bir bölümü azotça fakirdir ve bu da veriminin azalmasına neden olmaktadır (Sarioğlu et al., 1993; Karaca ve Uyanöz, 2011). Fidancılık monokültür

tarım alanlarının tipik bir örneği olup, ülkemizde son yıllarda hızla büyüyen bir sektör haline gelmiştir. Bu tarım alanlarında yüksek verim artışı sağlamak için uygulanan aşırı gübrelemenin maliyetleri artırdığı, toprağın biyolojik verimliliğini olumsuz yönde etkilediği, ayrıca da bitkilerde depolanarak ve içme sularına karışarak insan ve hayvan sağlığı açısından önemli sorunlara neden olduğu belirtilmektedir (Karlıdağ vd., 2018).

Bu nedenlerden dolayı, bitkilerin azot ihtiyaçlarının bir kısmını biyolojik azot fiksasyonu ile karşılamalarının önemi her geçen gün daha da artmaktadır (Haktanır ve Arcaç, 1997; Graham and Vance, 2002). Baklagil harici bitkilerde azot fikse eden bakterilerin önemi 1970'li yıllarda ilk olarak Döbereiner ve arkadaşları tarafından yarı katı azotsuz besi ortamının keşfedilmesiyle başlamış, şeker kamışından birçok endofitik bakteri izole edilerek, bunların azot fiksasyonu özellikleri ortaya konulmuştur (Oliveira et al., 2002).

Bu çalışmada da; *B. subtilis* TV-17C içerikli bakteriyel biyoförmülasyon uygulamasının kimyasal gübre uygulamasına göre toprak mikroflorası aktivitesi, elma fidanlarında değerlendirilen bazı bitki gelişme parametreleri ve bazı hormon düzeylerinde önemli artışlara sebep olduğu tespit edilmiştir. Bunlara ilave olarak bakteri uygulamasının toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine, yaprakta ve topraktaki makro ve mikro besin elementleri düzeylerine de önemli katkılarının olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, yapılan gözlemsel incelemelerde bakteri uygulamasının bitkilerin kök

gelişiminde ve bitki sağlığında da etkili olduğu gözlenmiştir. Bu çalışmada kullanılan *B. subtilis* TV-17C bakteri izolatının bitki gelişimi üzerine etkinliğinde özellikle yüksek azot fikse etme özelliğinin çok önemli rol oynadığı düşünülmektedir.

Topraktaki mikrobiyal aktivitenin yüksek olması toprağın verimliliğinin de dolaylı bir göstergesidir. Bu aktivitenin başta sıcaklık olmak üzere bir çok çevresel koşullara bağlı olarak toprakta değişebileceği belirtilmektedir (Rutgers et al., 2016). Bu çalışmada; kimyasal gübre uygulamasına kıyasla bakteri uygulamasının BIOLOG Eco Plate testlerinden elde edilen sonuçlara göre topraktaki bakteri aktivitesinde bir miktar artışa sebep olması, mikrobiyal gübre uygulamalarının toprak verimliliği üzerine de olumlu etkilerinin olduğunu göstermektedir. Ayrıca, fidan yapraklarındaki makro ve mikro elemen düzeylerindeki artışların da toprak verimliliğinin artmasının bir sonucu olduğu düşünülmektedir.

Tarımda mikrobiyal gübre uygulamaları ile özellikle azotlu gübre kullanımında ciddi bir düşüşün olacağı ve bunun da özellikle yer altı sularındaki nitrat birikiminde önemli azalmalara sebep olacağı düşünülmektedir. Yine bu çalışmada elde edilen verilere göre, bakteri uygulamasının topraktaki toplam tuz içeriği (%) ve toprak pH'sında azalmalara sebep olduğu tespit edilmiştir.

Bitkilerin büyüme ve gelişmesinde büyüme düzenleyicilerinin kullanımı oldukça önemlidir. Bu amaçla oksin, giberellinler, sitokinin, etilen ve absisik asit yanında salisilik asit, brassinosteroidler, poliaminler ve jasmonatlar gibi çeşitli büyüme düzenleyicilerinin tarımda kullanımı gittikçe artmaktadır (Algül vd., 2016). Ancak, bilinçsiz bir şekilde büyüme düzenleyicilerinin kullanılmaları, toprakta ve yer altı sularında birikerek canlılarda toksik etkiler meydana getirebilmektedir. Sentetik büyüme düzenleyicilerin canlıları olumsuz etkilemesi ve maliyetlerinin fazla olması, çevre dostu alternatif metotları akla getirmektedir (Algül vd., 2016). Bu çalışmada bakteri uygulamalarında başta salisilik asit olmak üzere bitki gelişme hormonları üzerinde artışların olduğu tespit edilmiştir. Salisilik asitin bitkideki fenolik bileşiklerden birisi olduğu, bitkinin büyümesini hızlandırdığı, uyarılmış dayanıklılık ve bitkinin diğer organizmalarla interaksyonunda önemli bir rol oynadığı belirtilmektedir (Aricı ve Yardımcı, 2001). Bakteri uygulamasının absisik asit miktarında da bir miktar artışa (%21.05) sebep olduğu tespit edilmiş, bunun bitkide büyümeyi teşvik edici hormonlar olarak bilinen oksin, giberellinler ve sitokininlerin doğal antagonisti olduğu da ortaya konulmuştur (Kumlay ve Eryiğit, 2011).

Bir bakteri izolatının çok yönlü etkinliğe sahip olması tarımda kullanımında büyük avantajlar sağlamaktadır. Nitekim yapılan bir çalışmada;

Azospirillum bakterilerinin azotu fikse etme yeteneğine ek olarak, erken fide gelişimi üzerine sitokinin ve oksin hormon üretimi yoluyla da etkili olduğu belirlenmiştir (Shantharam and Mattoo, 1997). Bu çalışmada da kullanılan bakteri izolatının giberallik asit ve indol asetik asit üretimi ile bitki gelişimi üzerine pozitif etki sağladığı tespit edilmiştir.

Ayrıca, yaprak salgularının iyi bir gıda kaynağı olması stomalara yerleşen bitki gelişimini teşvik eden bakterilerin toprak, kök veya tohum aşılamlarına oranla diğer mikroflora ile daha az rekabetle karşılaşmasına (Sudhakar et al., 2000) dolayısıyla toprak üstünde rekabetik gücü yüksek olan azot fikseri bakteriler için yaprak patojenlerinin kontrolünde de önemli üstünlükler sağlamasına neden olmaktadır. Fidelicikte üreticilerin en çok karşılaştıkları ve mücadele etmek zorunda oldukları zararlı grubu kırmızı örümcekler ve yaprak bitleri, hastalıklar ise kök çürüklüğü ve küllemedir (Karamürsel vd., 2019). *Bacillus* izolatlarının yüksek antagonistik özelliklerinden dolayı organik ve sürdürülebilir tarımı teşvik etmek için toprak kökenli hastalıklarla mücadelede kimyasallara alternatif etkili biyokontrol ajanlar olarak kullanılabilenliği belirtilmiştir (Soylu vd., 2020). Nitekim bu çalışmada yapılan gözlemsel incelemelerde de bakteri uygulanan fidanlarda toprak altı ve toprak üstü bitki sağlığı açısından kimyasal gübre uygulamasına nazaran önemli katkılarının olduğu görülmüştür. Bu çalışmada kullanılan *B. subtilis* TV-17C izolatı ile daha önce yapılan çalışmalarda bu izolatın biyopestisit özelliğinin de çok güçlü olduğu tespit edilmiştir. Sera koşullarında yürütülen çalışmalarda bu izolatın *Alternaria solani*'ye karşı %69 (Çamlıca and Tozlu, 2019) ve *Sclerotinia sclerotiorum*'a karşı %100 (Tozlu et al., 2016) etkinlik sağladığı, depo koşullarında yürütülen çalışmalarda ise mandalınada depo hastalıklarına karşı %73 (Tozlu et al., 2018) ve *Penicillium digitatum*'a karşı %95 (Mohammadi et al., 2017) etkinliğinin olduğu belirlenmiştir. Bu veriler de göstermektedir ki bu biyoformülasyonun bitki beslemedeki katkılarının yanında, toprak kaynaklı veya birçok yaprak fungal hastalıklarının da mücadelesinde ciddi bir etkinliğinin olacağı düşünülmektedir.

SONUÇ

Yapılan bu çalışmada; *B. subtilis* TV-17C bakteri uygulamasının fidanlarda sürgün boyu (%65.09), yıllık sürgün sayısı (%47.90), gövde çapı (%24.03), yıllık sürgün çapı (%22.66) ve bitki boyundaki (%7.77) sağladığı artışların fidan kalitesi ve erkencilik açısından çok önemli olduğu ve üreticiye önemli avantajlar sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca, bakteri uygulamasının sorunlu topraklarda bile topraktaki besin

maddelerinin yarayışlılığı ve bitkideki hormon düzeyleri ile topraktaki mikrobiyal aktivite üzerine çok olumlu katkılar sağladığı görülmüştür. *B. subtilis* TV-17C içerikli bu biyofarmülasyonun gerek fidan/fide üretiminde, gerek meyvecilikte ve gerekse de süs bitkisi yetiştiriciliğinde çok başarılı bir şekilde kullanılabilceği düşünülmektedir. Bütün bu çok yönlü etkileri dikkate alınarak bu formülasyonun Stoma Fix ticari ismi ile tescillendirilmesi için gerekli başvuruların yapılması planlanmaktadır.

TEŞEKKÜR

Çalışmanın yürütülmesinde büyük katkıları olan ve laboratuvar alt yapısının kullanılmasına ve bütün analizlerin laboratuvarlarında yapılmasına imkan sağlayan Süpersol Biyoteknoloji Anonim Şirketi (İzmir)'ne ve bütün çalışanlarına teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar, herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Yazar Katkıları

Çalışmanın laboratuvar aşamasında RK, ET ve FD; arazi aşamasında RK ve AG; yazım ve dergiye sunum aşamalarında ise RK ve ET katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

KAYNAKLAR

Algül, B.E., Tekintaş, F.E., Dalkılıç, G.G., 2016. Bitki büyüme düzenleyicilerinin kullanımı ve içsel hormonların biyosentezini artırıcı uygulamalar. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 13 (2): 87-95.

Arıcı, Ş.E., Yardımcı, N., 2001. Bitkilerde uyarılmış dayanıklılık. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 32 (1): 83-86.

Arısoy, H., Aras, İ., Kaya, M.F., 2019. Türkiye'nin elma dış ticaretindeki bölgesel yoğunlaşma durumu. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 29 (2): 242-252.

Ateş, F., Karagöz, K., Karagöz, H., Kotan, R., Ateş, B., Kutlu, M., Çakmakçı, R., 2011. Bağcılıkta biyolojik gübre olarak kullanılabilcek bitki gelişimini teşvik edici azot fikseri ve fosfat çözücü bakteri izolasyonu. Uluslararası Katılımlı 1. Ali Numan Kırac Tarım Kongresi ve Fuarı, 27-30 Nisan 2011, Eskişehir, s: 2599-2606.

Atılğan, A., Coşkan, A., Saltuk, B., Erkan, M., 2007. Antalya yöresindeki seralarda kimyasal ve organik gübre kullanım düzeyleri ve olası çevre etkileri. Ekoloji, 15 (62): 37-47.

Battal, P., Tileklioğlu, B., 2001. The effects of different mineral nutrients on the levels of cytokinins in Maize (*Zea mays* L.). Turkish Journal of Botany, 25: 123-130.

Çakmakçı, R., 2005. Bitki gelişimini teşvik eden Rizobakterilerin tarımda kullanımı Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 36 (1): 97-107.

Çamlıca, E., Tozlu, E., 2019. Biological control of *Alternaria solani* (Ell. & Mart.) L.R. Jones and Grout in tomato. Fresenius Environmental Bulletin, 28 (10): 7092-7100.

Çığ, F., Sönmez, F., Karagöz, K., Erman, M., Çakmakçı, R., Kotan, R., Amak, Z., 2014. Investigation of the impacts of nitrogen fixing and phosphate dissolving bacteria isolated in Lake Van Basin on the development of Kirik Wheat within the context of sustainable agriculture. International Congress on Green Infrastructure and Sustainable Societies/Cities, 8-10 May 2014, Izmir, Turkey, p: 205.

Döbereiner, J., 1997. Biological nitrogen fixation in the tropics: Social and economic contributions. Soil Biology and Biochemistry, 29: 771-774.

Ekinci, M., Turan, M., Yıldırım, E., Güneş, A., Kotan, R., Dursun, A., 2014. Effect of plant growth promoting Rhizobacteria on growth, nutrient, organic acid, amino acid and hormone content of cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis*) transplants. Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus, 13 (6): 71-85.

Ekinci, M., Dursun, A., Kotan, R., Karagöz, F.P., Soner, K., Güneş, A., 2017. Determination of effects of bacteria, mineral fertilizer and their combination on the plant growth of tulip (*Tulipa gesneriana* L.). International Journal of Sustainable Agricultural Management and Informatics, 3 (3): 233-253.

Gençtan, T., Tuğay, M.E., Geçit, H.H., Bozkurt, B., Ergün, E., Ekiz, H., Yalvaç, K., Gevrek, M.N., Elçi, A., Balkan, A., 2005. Türkiye'de tohumluk, fide ve fidan üretimi ve kullanımı. Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi, 3-7 Ocak 2005, Ankara, s: 803-823.

Graham, P.H., Vance, C.P., 2002. Nitrogen fixation in perspective: an overview of research and extension needs. Field Crop Research, 65: 93-106.

Güler, S., 2004. Dünya'da ve Türkiye'de gübre tüketiminde yaşanan gelişmeler. In: Karaman, M.R., Brohi, A.R. (eds.) Türkiye 3. Ulusal Gübre Kongresi, Tarım-Sanayi Çevre, 11-13 Ekim 2004, Tokat, s: 47-54.

Güneş, A., Karagöz, K., Turan, M., Kotan, R., Yıldırım, E., Çakmakçı, R., Sahin, F., 2015. Fertilizer efficiency of some plant growth promoting rhizobacteria for plant growth. Research Journal of Soil Biology, 7 (2): 28-45.

Haktanır, K., Arcak, S., 1997. Toprak Biyolojisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 1486, Ankara, 447 s.

- İmriz, G., Özdemir, F., Topal, İ., Ercan, B., Taş, M.N., Yakışır, E., Okur, O., 2014. Bitkisel üretimde bitki gelişimini teşvik eden Rizobakteri (PGPR)'ler ve etki mekanizmaları. Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi, 12 (2): 1-19.
- Kacar, B., 1994. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, No: 3, Ankara, 705 s.
- Kaçar, B., 1962. Sulfur Determination Methods in Soils. University of Nebraska, College of 792 Agriculture, Dept. of Agronomy, Lincoln, Nebraska, 1-27 p.
- Karaca, Ç.K., Uyanöz, R., 2011. Konya yöresinde yetiştirilen fasulye bitkisinin kökünde etkili Rhizobiumların belirlenmesi. Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 25 (3): 17-24.
- Karagöz, F.P., Dursun, A., Kotan, R., Ekinci, M., Yıldırım, E., Mohammadi, P., 2016. Assessment of the effects of some bacterial isolates and hormones on corm formation and some plant properties in saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Agricultural Science, 22: 500-511.
- Karagöz, K., Ateş, F., Karagöz, H., Kotan, R., Çakmakçı, R., 2012. Characterization of plant growth-promoting traits of bacteria isolated from the rhizosphere of grapevine grown in alkaline and acidic soils. European Journal of Soil Biology, 50: 144-150.
- Karakurt, H., Kotan, R., Aslantaş, R., Dadaşoğlu, F., Karagöz, K., 2010. Inoculation effects of *Pantoea agglomerans* strains on growth and chemical composition of Plum. Journal of Plant Nutrition, 33 (13): 1998-2009.
- Karakurt, H., Kotan, R., Dadaşoğlu, F., Aslantaş, R., Sahin, F., 2011. Effects of plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR) on fruit set, pomological and chemical characteristics, color values, and vegetative growth of sour cherry (*Prunus cerasus* cv. *kutahya*). Turkish Journal of Biology, 35: 283-291.
- Karamürsel, D., Öztürk, F.P., Kaçal, E., Bayav, A., Emre, M., Oğuz, C., Karamürsel, Ö.F., Akol, S., Sarısu, A., Altındal, M., 2018. Meyve fidanı üreten işletmelerin sektöre bakış ve beklentileri. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 21 (Özel Sayı): 86-94.
- Karamürsel, D., Öztürk, F.P., Kaçal, E., Bayav, A., Emre, M., Oğuz, C., 2019. Türkiye'de meyve fidanı üreten kamu kuruluşlarının durum analizi. Meyve Bilimi, 6 (1): 7-14.
- Karlıdağ, H., Atay, S., Karaat, F.E., Kan, T., Yıldırım, H., 2018. Malatya'da meyve fidanı yetiştiriciliğinin durumu, sorunları ve çözüm önerileri. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 8 (2): 29-36.
- Kotan, R., 2014. Faydalı bakterilerin tarımda kullanımı. Harman Time, 11: 44-48.
- Kumlay, A.M., Eryiğit, T., 2011. Bitkilerde büyüme ve gelişmeyi düzenleyici maddeler: Bitki Hormonları. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 1 (2): 47-56.
- Kuraishi, S., Tasaki, K., Sakurai, N., Sadatoku, K., 1991. Changes in levels of cytokinins in etiolated squash seedlings after illumination. Plant Cell Physiology, 32: 585-591.
- Lindsay, W.L. Norwell, W.A., 1978. Development of a DTPA Test For Zinc, Iron, 829 Manganese and Copper. Soil Science Society of America, 42: 421-428.
- Lott, W.L., Nery, J.P., Gallp, J.R., Medcaff, J.C. 1956. Leaf Analysis Technique in Coffee 841 Research. Instituto Brasileiro de Engenharia de Custos Research Inst. Bulletin, No:9, Rio de Janeiro, 842 p.
- Mohammadi, P., Tozlu, E., Kotan, R., Kotan Şenol, M., 2017. Potential of some bacteria for biological control of postharvest citrus green mould caused by *Penicillium digitatum*. Plant Protection Science, 53 (3): 134-143.
- Orhan, E., Ataseven, Y., 2009. Türkiye'de içme suyu havza alanlarında tarımsal faaliyetlerden kaynaklanabilecek kirliliği önleme ile ilgili yasal düzenlemeler. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 6 (2): 161-169.
- Oliveira, A.L.M., Urquiaga, S., Döbereiner, J., Baldani, J.I., 2002. The effect of inoculating endophytic N₂-fixing bacteria on micropropagated sugarcane plants. Plant Soil, 242: 205-215.
- Özbek, S., 1977. Genel Meyvecilik. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No:31, Adana, 386 s.
- Parlakay, O., Çelik, A.D., Kızıltuğ, T., 2015. Hatay ilinde tarımsal üretimden kaynaklanan çevre sorunları ve çözüm önerileri. Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 20 (2): 17-26.
- Peoples, M.B., Brockwell, J., Herridge, D.F., Rochester, I.J., Alves, B.J.R., Urquiaga, S., Boddey, R.M., Dakora, F.D., Bhattarai, S., Maskey, S.L., Sampet, C., Rerkasem, B., Khans, D.F., Hauggaard-Nielsen, H., Jensen, B.S., 2009. The contributions of nitrogen-fixing crop legumes to the productivity of agricultural systems. Symbiosis, 48: 1-17.
- Rascio, N., La Rocca, N., 2008. Biological nitrogen fixation. Encyclopedia of Ecology, 412-419.
- Rutgers, M., Wouterse, M., Drost, S.M., Breure, A.M., Mulder, C., Stone, D., Creamer, R.E., Winding, A., Bloem, J., 2016. Monitoring soil bacteria with community-level physiological profiles using Biolog ECO-plates in the

- Netherlands and Europe. *Applied Soil Ecology*, 97: 23-35.
- Sahin, U., Ekinci, M., Yıldırım, E., Kızıloğlu, M.F., Turan, M., Kotan, R., Ors, S., 2015. Ameliorative effects of plant growth promoting bacteria on water-yield relationships, growth and nutrient uptake of lettuce plants under different irrigation levels. *HortScience*, 50 (9): 1379-1386.
- Sağlam, M.T., 2012. Toprak ve Suyun Kimyasal Analiz Yöntemleri. Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 2, Ders Kitabı No: 2, Tekirdağ, 154 s.
- Samancıoğlu, A., Yıldırım, E., Turan, M., Kotan, R., Sahin, U., Kul, R., 2016. Amelioration of drought stress adverse effect and mediating biochemical content of cabbage seedlings by plant growth promoting rhizobacteria. *International Journal of Agriculture and Biology*, 18: 948-956.
- Sarıoğlu, G., Özçelik, S., Kaymaz, S., 1993. Selection of effective nodosity bacteria (*Rhizobium leguminosarum* biovar. *viceae*) from lentil grown in Elazığ. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 17: 569-573.
- Shanthaam, S., Mattoo, A.K., 1997. Enhancing biological nitrogen fixation: An appraisal of current and alternative technologies for N input into plants. *Plant Soil*, 194: 205-216.
- Soylu, E.M., Soylu, S., Kara, M., Kurt, Ş., 2020. Sebzelelerde sorun olan önemli bitki fungal hastalık etmenlerine karşı vermikomposttan izole edilen mikrobiyomların *in vitro* antagonistik etkilerinin belirlenmesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 23 (1): 7-18.
- Stefanowicz, A., 2006. The Biolog Plates Technique as a tool in ecological studies of microbial communities. *Polish Journal of Environmental Studies*, 15 (5): 669-676.
- Sudhakar, P., Chattopadhyay, G.N., Gangwar, S.K., 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.
- Tozlu, E., Mohammadi, P., Kotan Şenol M., Nadaroğlu, H., Kotan, R., 2016. Biological control of *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de bary, the causal agent of white mold disease in red cabbage by some bacteria. *Plant Protection Science*, 52 (3): 188-198.
- Tozlu, E., Kotan Şenol, M., Tekiner, N., Dikbaş, N., Kotan, R., 2018. Biological control of postharvest spoilage in fresh Mandarins (*Citrus reticulata* Blanco) fruits using bacteria during storage. *Erwerbs-Obstbau*, 61: 157-164.
- Turan, M., Ekinci, M., Yıldırım, E., Güneş, A., Karagöz, K., Kotan, R., Dursun, A., 2014. Plant growth-promoting Rhizobacteria improved growth, nutrient, and hormone content of cabbage (*Brassica oleracea*) seedlings. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38: 327-333.
- TÜİK, 2019. Tarımsal Ürünler İstatistiği, İstatistiklerle Türkiye. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara. <http://www.tuik.gov.tr> (Erişim Tarihi: 3 Mart 2019).
- Xu, G., Ge, Z., Poudel, D.R., 2015. Application and optimization of Biolog EcoPlates in functional diversity studies of soil microbial communities. *MATEC Web of Conferences*, January 2015, EDP Sciences. 22: 04015, 1-6.
- Yalçın, G.E., Kara, F.Ö., İpekçioğlu, Ş., Yazıcı, E., 2016. Hatalı tarımsal uygulamaların toprak ve su kirliliği üzerine etkileri ve çözüm önerileri, 12. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi, 25-27 Mayıs 2016, Isparta, Türkiye, s: 2235-2240.