



Domateste *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*'in ikincil enfeksiyonuna karşı endofitik bakterilerin biyokontrol kapasitesinin belirlenmesi

Determination of biocontrol capacity of endophytic bacteria to the secondary spread of *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* in tomato

Ceylan Pınar UÇAR¹ , Ahmet AKKÖPRÜ^{2*} 

¹ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Bölümü, Van, Türkiye

² Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Van, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0001-9056-9353>; ²<https://orcid.org/0000-0002-1526-6093>

To cite this article:

Uçar, C.P. & Akköprü, A. (2022). Domateste *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*'in ikincil enfeksiyonuna karşı endofitik bakterilerin biyokontrol kapasitesinin belirlenmesi. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 26(1): 50-59.
DOI:10.29050/harranziraat.1017880

*Address for Correspondence:

Ahmet AKKÖPRÜ

e-mail:

ahmetakkopru@yyu.edu.tr

Received Date:

02.11.2021

Accepted Date:

21.02.2022

Öz

Bitki gelişimini teşvik eden bakterilerin (PGPB) alt grubu olan Endofit bakteriler (EB) bitki dokuları içinde de bulunabilmeleri nedeniyle bitki hastalıkları ile savaşmada önemli bir potansiyele sahiptir. Bu çalışmada dört farklı endofit bakteri izolatının domateste *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (Cmm) patojeninin neden olduğu bakteriyel kanser ve solgunluk hastalığının kontrolü ve bitki gelişimi üzerine olan etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Torf/perlit karışımında yetiştirilen domates fidelerine 10^8 CFU/mL yoğunluğundaki EB süspansiyonları kotiledon yaprak aşaması ve dördüncü bileşik yaprak oluşum aşamasında olmak üzere iki defa içirme metodu ile uygulanmıştır. Cmm'nin 10^8 CFU/mL yoğunluğundaki süspansiyonu ise ikinci EB uygulamasından 48 saat sonra fidelerin üçüncü bileşik yaprağının alt ve üstüne inokule edilmiştir. Çalışmalar 24 ± 2 °C derecede, %40-60 nem ve 14 saat ışık/10 saat karanlık koşullarına sahip iklim odasında yürütülmüştür. Patojen inokulasyonundan 7 hafta sonra 0-4 skalası ile hastalık şiddeti, bitki gelişim parametreleri ve klorofil içeriği tespit edilmiştir. *In vitro* çalışmalarda dört endofit bakteri izolatından üçünün patojen gelişimini sınırlandırdığı gözlenmiştir. Bu izolatların aynı zamanda *in vivo* saksı çalışmalarında da Cmm'nin neden olduğu hastalık gelişimini sınırlandırdığı belirlenmiştir. EB T2K2-1 izolatı %40 etki ile en başarılı izolat olurken, bunu %17,5 ve 15,5 etki ile V30G2 ve T14K1-1 izolatları takip etmiştir. İzolatlar arasında farklılık olsa da bitki gelişim parametrelerine pozitif katkı sağladığı gözlenmiştir. Yaprak sayısında, T2K2-1 ve V35Y1 izolatlarının uygulandığı bitkilerde artış gözlemlenirken hastalık baskısı altında bu etki gözlenmemiştir. Bitki boyu ve klorofil içeriği bakımından uygulamalar arasında önemli bir fark belirlenmemiştir. Kullanılan EB, farklı biyolojik savaş mekanizması ile Cmm'nin hastalık gelişimini sınırlandırabilmesi ve bitki gelişimine pozitif katkı ortaya koymaları, bitkisel üretimde pestisit ve sentetik gübre kullanımının azaltılmasına yardımcı olabilecekleri hipotezimizi desteklemiştir.

Anahtar Kelimeler: Endofit bakteri, Bakteriyel kanser ve solgunluk, Biyolojik kontrol, Domates, PGPR

ABSTRACT

Endophyte bacteria (EB), is a subgroup of plant growth-promoting bacteria (PGPB) living in plant tissues, has an important potential in controlling plant diseases. In this study, it was aimed to determine the effects of four different EB isolates on controlling the bacterial cancer and wilt disease caused by the *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (Cmm), and on plant growth. EB suspensions with a density of 10^8 CFU/mL were applied to tomato seedlings grown in peat/perlite mixture by drenching method twice. The suspension of Cmm at a density of 10^8 CFU/mL was applied by rubbing with piece of cotton to the third compound leaf of the

© Copyright 2018 by Harran University Faculty of Agriculture. Available on-line at www.dergipark.gov.tr/harranziraat



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

seedlings 48-hours after the second EB application. The studies were carried out in a climate room with 40-60% humidity at 24±2°C and 14-hours of light/10 hours of darkness. The disease severity, which detection by 0-4 scale, plant growth parameters and chlorophyll content were determined on seven weeks after the pathogen inoculation. In *in vitro* studies, three of the four EB were observed to limit the growth of the pathogen. These isolates were also determined to limit the development of the disease caused by *Cmm* *in vivo* pot studies. T2K2-1 isolate was the most successful isolate with 40% effect, followed by V30G2 and T14K1 isolates with 17.5% and 15.5% effects, respectively. Although there were differences between EB, it was observed that they contributed positively to plant growth parameters. While an increase was observed in the number of leaves in seedlings treated with T2K2-1 and V35Y1, this effect was not observed under disease pressure. There was no significant difference between the treatments in terms of plant height and chlorophyll content. EB used in this study were limited to disease development caused by *Cmm* by different biocontrol mechanisms, and positively affected plant growth. Therefore, EB can help reduce the use of pesticides and synthetic fertilizers in tomato production.

Key Words: Endophytic bacteria, Bacterial cancer and wilt, Biological control, Tomato, PGPR

Giriş

Domates (*Solanum lycopersicum* L.) birçok farklı tüketim şekilleri nedeniyle tüm dünyada 180,766 m ton ile meyvesi yenen sebzeler içinde ilk sırada yer alan önemli bir ekonomik üründür (TUİK 2021). Ülkemizde ise tüm bölgelerde yetiştirilen ve toplam üretimi 12,8 m tona ulaşan iç tüketim ve ihracatımız için önemini korumaktadır. Domates üretimini sınırlandıran birçok viral, fungal ve bakteriyel etmenin neden olduğu hastalık mevcuttur (Belgüzar ve ark. 2016; Yazıcı ve ark. 2011). Bu hastalıklar içinde tüm Dünya’da ve Türkiye’de ön sırada yer alan *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (*Cmm*)’in neden olduğu “domateste bakteriyel kanser ve solgunluk hastalığı” önemli verim kayıplarına sebep olmaktadır (Chalupowicz ve ark., 2017; Agrios, 2005).

Cmm’nin primer inokulum kaynağı tohumdur (Özaktan 1991). Tohum kabuğunda bulunan patojen çimlenme ile ksileme kolonize olur. Bitkinin gelişmesiyle yapraklara doğru ilerler. İkincil enfeksiyon yolu ise yaralar, stomalar ve diğer bitki doğal açıklıklarıdır (Peritore-Galve ve ark., 2019). Hastalık belirtileri bitkinin tüm organlarında gözlenebilir. Hastalığın ilk aşamalarında yapraklarda solgunluk gözlenir, patojenin yayılma şiddeti arttıkça gövde ve yaprak saplarının formunu bozan yarılmalarda meydana gelir. Buralarda lokal kanserler oluşmaya başlar. Önlem alınmadığı takdirde hastalığın şiddetine bağlı olarak meyve üzerinde beyaz haleler şeklinde gözlenen (kuş gözü belirtisi) oluşmaktadır (Carlton ve ark., 1998).

Hastalık ile mücadele de başlangıç inokulumunu azaltmak en etkin yöntemdir. Patojen üretim yapılacak alanlara, tohum ve fideler yolu ile taşındığı için temiz üretim materyali kullanımı hayattır. Hastalıklı bitkiler üretim yapılan alanlardan uzaklaştırılmalı ve yakılmalıdır. İkincil enfeksiyonlara yönelik 5-7 gün aralıkla bakırlı pestisitlerin uygulaması önerilmektedir (Çetinkaya Yıldız, 2007). Ancak bu uygulama genellikle tam bir kontrol sağlamaz. Kimyasal uygulamaların çevre ve insan sağlığına olan olumsuz etkilerinin yanı sıra patojenin pestisitlere karşı direnç kazanması yeni yaklaşımları zorunlu kılmaktadır. Bu çerçevede bitki gelişimini teşvik eden bakteriler (PGPB) biyolojik mücadele çerçevesinde önemli olanaklar sağlamaktadır (Anith ve ark., 2004).

PGPB’lar bitkilere doğrudan ve dolaylı olarak katkı sağlayabilirler. Zararlı mikroorganizmaları antibiyosis, rekabet, hiper parazitizm ve bitki uyarılmış direncini aktive ederek kontrol etme yetenekleriyle dolaylı olarak fayda sağlayabilmektedirler (Glick ve ark., 1994). Doğrudan katkıyı ise, fitohormonların üretilmesi veya düzenlenmesi, fosfor, demir, çinko gibi besin elementlerinin çözündürülerek bitki bünyesine alınmasını sağlayarak yapabilirler (Grobek ve ark., 2015). PGPB’lar içinde bitkinin içi dokularında kolonize olan Endofit bakteriler (EB) özgün bir yere sahiptir. EB vasküler dokular ile bitkinin tamamına yayılabilen, konukçuya zarar vermeden yaşamının en azından bir bölümünü bitki iç dokularında geçiren mikroorganizmalar olarak tanımlanır (Hallmann 1997; Hardoim ve ark., 2008; Hardoim ve ark. 2011).

Epifitik PGPB'lardan farklı olarak endofitler iç dokularında yaşamalarından dolayı bitkiyle daha yakın bir ilişki kurabilir ve ürettikleri metabolitler bitki tarafından doğrudan algılanabilir. İletim sistemleri yoluyla diğer bitki dokularına ulaşmaları sayesinde uygulandığı bitki dokusu dışındaki alanlarda da birçok biyolojik savaş mekanizmasıyla patojenlerle mücadele edebilirler. (Hardoim ve ark., 2008; Hardoim 2011; Mercado-Blanco and Lugtenberg 2014; Romano ve ark. 2020; Akköprü ve ark. 2021).

Akat ve Özaktan (2011) bakteriyel antagonistlerin *in-vitro* ve *in-vivo* çalışmalar ile domates bakteriyel kanser ve solgunluk hastalığını engellediğini belirlemiştir. Yıldız ve Aysan (2014) fosforu çözme ve azotu bağlama özelliklerine göre seçmiş oldukları PGPB'in domates bakteriyel kanser ve solgunluk hastalığını %38-54 oranında engellediğini gözlemlemişlerdir. Fosforu çözme, siderofor üretme, indol asetik asit üretme ve hidrojen siyanür üretme yeteneğine sahip olan *Pseudomonas* sp. 23S izolatının belirli aralıklarla *Cmm* ile inokule edilmiş domates bitkilerine uygulanması, patojenin bitki içerisinde ilerlemesini büyük ölçüde geciktirmiş ve fidelerin gelişimini artırmıştır (Takishita ve ark. 2018). Anith ve ark. (2004) bitki büyümesini teşvik eden bakterilerin toprağa şaşırtılan domates fidelerinde bakteriyel patojenin neden olduğu solgunluk hastalığını azalttığını bildirmişlerdir. Yapılan çalışmada PGPR ve Acibenzolar-s-metil'in birlikte kullanımı hastalık yoğunluğunu önemli düzeyde azalttığı belirlenmiştir.

Yapılan çalışmalar ile tek veya diğer kimyasallar ile uygun kombinasyonda kullanılan PGPB'in başarılı sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu çerçevede iç dokularda kolonize olup farklı dokulara hareket eden EB'in *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (*Cmm*)'nin neden olduğu bakteriyel kanser ve solgunluk hastalığının kontrolü için önemli bir potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Bu çalışmada

önceden karakterize edilmiş olan (Olur 2019; Babier ve Akköprü 2020) endofit bakterilerin domatesteki *Cmm*'nin neden olduğu bakteriyel kanser ve solgunluk hastalığının kontrolü ve bitki gelişimi üzerine olan etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Test Bitkisi, Yetiştirme ortamı, EB uygulanması

Domates (*Solanum lycopersicum* L.) cv. "Falkon" tohumları 250 ml saksılara 2:1 oranında torf-perlit karışımından oluşan yetiştirme ortamına ekilmiştir. Ekilen tohumlar 24±2 °C derecede %40-60 neme ve 14 saat ışık/10 saat karanlık koşullara sahip iklim odasında gelişime bırakılmıştır. Kotiledon yapraklar çıktıktan sonra fidelerin besin ihtiyacını karşılamak amacıyla haftalık olarak Hoagland besin çözeltisi uygulaması yapılmıştır (Hoagland ve Arnon 1950).

EB Uygulaması: Bazı bitki patojenlerine karşı etkinlikleri *in vitro* ve *in vivo* olarak önceki çalışmalar ile belirlenmiş olan EB izolatları (*Bacillus pumilus* T2K2-1, *Bacillus* sp. T14K1-1, *Pseudomonas caspiana* V30G2, *B. megaterium* V35Y1) kullanılmıştır (Babier-Akköprü 2020, Olur, 2019 (Çizelge 1). EB izolatları T2K2-1 T14K1-1 ve V35Y1 bu çalışma kapsamında MALDI-TOF MS (Bruker Daltonik MALDI Biotyper) ile tanımlanmıştır.

EB izolatları domates fidelerine içirme yöntemiyle iki defa uygulanmıştır. Bu amaçla izolatların King's B (KB) besi ortamında (King ve ark. 1954) 48 saat geliştirilmiş olan kültürleri, su ile süspansiyon edilerek spektrofotometre yardımıyla yoğunluğu 10⁸ CFU/mL' ye ayarlanmıştır. İlk EB uygulaması kotiledon yaprakların yatay şekli aldığı aşamada 10 mL/fide oranında, ikinci uygulama ise dördüncü bileşik yaprağın oluştuğu aşamada 15 mL/fide oranında EB süspansiyonu içirme metodu ile yetiştirme ortamına uygulanmıştır.

Çizelge 1. *Cmm*'ye karşı kullanılan antagonist endofit bakteriler, izole edildikleri konukçu bitkiler ve bu bakterilerin özellikleri (Babier 2019, Olur 2019)

Table 1. Antagonist bacteria used against *Cmm*, the host plants from which they are isolated and the characteristics (Babier 2019, Olur 2019)

Isolate	Konukçu bitki* Host plant	Gram Reac.	HR	Sid. (mm)	ACCD	"P" sol.	IAA (ppm)	<i>Cmm</i> **	Diğer patojenler Other pathogen
<i>Bacillus sp.</i> T14K1-1	<i>Chenopodium sp.</i>	(-)	-	2	-	+	Nd	+	Psl
<i>B. pumilus</i> T2K2-1	<i>Eremopoa songarica</i>	(-)	-	1	-	+	Nd	+	Psl
<i>P. caspiana</i> V30G2	Patlıcan	(-)	-	4.5	-	+	-	+	Pss, Pst, Psl, Ea, Xe, Xph
<i>B. megaterium</i> V35Y1	Karpuz	(-)	-	1.5	+	+	+	-	-

* Host plant: EB'lerin izole edildiği konukçu bitkiler, Gram Reac.: %3'lük KOH ile gram reaksiyonu, Sid: Siderefor üretim yeteneği, HR: Tütünde hipersensitif reaksiyon, ACCD: 1-amino-siklopropan-1-karboksilik deaminaz, P sol.: fosfatı çözme yeteneği IAA: İndol asetik asit, Other pathogen *in vitro*: *In vitro* da etkili olduğu diğer patojenler *Cmm*: *Clavibacter michiganensis michiganensis*, Ea: *Erwinia amylovora* Psl: *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*, Pss: *P. syringae* pv. *syringae*, Pst: *P. syringae* pv. *tomato*, Xe: *Xanthomonas euvesicatoria*, Xph: *X. axanopodis* pv. *phaseoli*, Nd: belirlenmemiş, "-" tespit edilmemiş, "+" tespit edilmiş

** Bu çalışma kapsamında belirlenmiştir.

Patojen uygulaması ve hastalık şiddetinin belirlenmesi

Vangölü havzasından izole edilmiş ve Bakteriyoloji Laboratuvarı stoklarımızda bulunan patojenisite ve virulensliği önceden belirlenmiş olan *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (*Cmm*) izolatu çalışmamızda test patojeni olarak kullanılmıştır. Patojen uygulanması amacıyla KB ortamında 48 saat geliştirilmiş olan *Cmm* kültürü, su ile süspansiyon edilerek spektrofotometre yardımıyla 10^8 CFU/mL (OD: 600nm, 0,1) yoğunluğa ayarlanmış ve süspansiyona %0,05 oranında tween 80 ilave edilmiştir. Patojen bakteri uygulaması ikinci endofit uygulamasından 48 saat sonra yapılmıştır. Hazırlanan süspansiyon ile iyice ıslatılmış olan steril bir pamuk yardımıyla patojen her fidenin üçüncü bileşik yaprağının alt ve üstüne hafifçe

sürülerek uygulanmıştır. Patojen uygulamasından hemen sonra enfeksiyon şansını arttırmak için 48 saat boyunca yüksek nemi sağlamak amacıyla fideler polietilen kabinlere alınmıştır.

Hastalık belirtileri patojen inokulasyonundan 7 hafta sonra 0-4 skalası (0: hastalık hiç yok, 1: bitkide alttan üst kısma doğru bitkinin 1/4'ü solmuş veya kurumuş, 2: alttan üst kısma doğru 1/2'si solmuş veya kurumuş, 3: alttan üst kısma doğru 3/4'ü solmuş veya kurumuş, 4: bitkinin tamamı solmuş veya kurumuş) kullanılarak tespit edilmiştir (Kuşvuran ve ark., 2011). Skala değerleri aşağıda belirtilen formül 1 yardımıyla % hastalık şiddetine dönüştürülmüştür. Uygulamaların kontrol grubuna göre etkileri ise % etki formülü (formül 2) ile hesaplanmıştır (Akköprü ve ark 2021)

$$(1) \text{Hastalık Şiddeti} = \frac{\sum (\text{skala değeri} \times \text{skala değerindeki yaprak sayısı})}{\text{Bitkideki toplam yaprak sayısı} \times \text{En yüksek skala değeri}} \times 100$$

$$(2) \% \text{Etki} = \frac{\text{Kontrol Grubu değeri} - \text{Uygulamama grubu değeri}}{\text{Kontrol grubu değeri}} \times 100$$

Bitki gelişim parametrelerinin belirlenmesi

Endofit bakteri uygulamalarının bitki biyomasına etkisinin belirlenmesi için patojen inokulasyonundan 7 hafta sonra çalışma sonlandırılmış ve bitkiler kök boğazından kesilerek tartımları yapılmıştır. Kökler yıkanarak yetiştirme

ortamı materyallerinden arındırılmıştır. Oda sıcaklığında kurutma kağıtları arasında kurutularak yıkama suyunun uzaklaşması sağlanmıştır. Kök ve sürgünün yaş ağırlıkları tartılarak tespit edilmiştir. Daha sonra bitki materyalleri 60 °C' de 48 saat etüvde kurutulmuş

ve hassas terazi ile tartımı yapılarak kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Ayrıca yaprak sayısı, gövde uzunluğu tespit edilmiştir. İkinci deneme kapsamında her bitkide belirlenen aynı yaştaki yapraklarda klorofil ölçer (Konica Minolta SPAD-502) yardımıyla toplam klorofil içeriği tespit edilmiştir.

Verilerin analizi

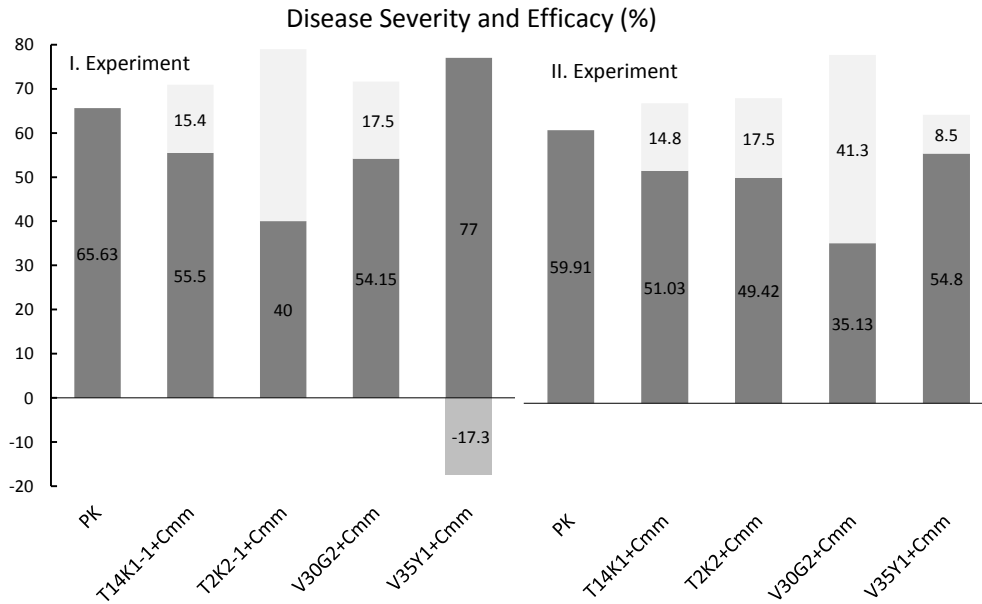
Çalışmalar en az iki kere denenmiştir. Elde edilen veriler SPSS (SPSS, Inc. 2007) paket programı yardımıyla ile varyans analizine tabi tutulmuş ve ortalamalar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir.

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Bu çalışma kapsamında domateste *Cmm*'nin neden olduğu bakteriyel kanser ve solgunluk hastalığının kontrolü için seçilmiş olan dört endofit bakterinin etkinliği araştırılmıştır. Ayrıca bu endofit bakterilerin, hastaliksız ve hastalık stresi altındaki domates bitkilerinin gelişim parametrelerine etkinlikleri saksı çalışmaları ile belirlenmiştir. *Cmm*

tohum ile taşınmasının ve sistemik olarak bitki içinde ilerlemesinin yanı sıra doğal açıklıklardan da girerek ikincil enfeksiyon yaratması ve hastalık belirtilerininin geç dönemde gözlenmesi nedeniyle önemli kayıplara neden olan kontrolü güç bir patojendir (de leon ve ark., 2011, Chalupowicz ve ark., 2017).

Rhizosferde kolonize olan bir epifit PGPB, fillofere yerleşerek hastalık yapan bir patojeni; bitki besin dengesine, bitkinin dayanıklılığına ve toleransına etki ederek baskılayabilecek iken, endofitik PGPB'ler bitki iç dokularında sistemik yayılımlarından dolayı bu mekanizmalara ek olarak antibiyosis, hiperparazitizm ve rekabet gibi diğer biyolojik savaş mekanizmalarını da kullanabilir (Rosenblueth ve Martínez-Romero, 2006; Hardoim ve ark., 2008; Hardoim 2011; Mercado-Blanco ve Lugtenberg 2014; Romano ve ark 2020; Akköprü ve ark 2021). Çalışmada hedef patojen olan *Cmm* bitki içinde sistemik hareketinden dolayı bitkinin farklı dokularında bulunur. Bu çerçevede endofit bakteriler hastalık ile mücadelede büyük bir potansiyele sahiptirler.



Şekil 1. Endofit bakteri T14K1-1, T2K2-1, V30G2 ve V35Y1 izolatları uygulanmış domates fidelerinde *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (*Cmm*)'in neden olduğu hastalık şiddeti üzerine etkileri. Ptojen uygulamasından 7 hafta sonra 0-4 skalasına göre değerlendirilen % hastalık şiddeti (koyu gri renkli sütunlar) ve EB uygulamaların pozitif kontrole göre hastalığı baskılamalarındaki % etki oranları (açık gri sütunlar) verilmiştir. Her gruptaki ortalama değerler en az 13 bitkiden elde edilmiştir. * Duncan çoklu karşılaştırma testine göre aynı sütundaki aynı harfler arasındaki fark önemsizdir ($p < 0.05$). ** öd.: istatistiki önem aralığında değil.

Figure 1. The effects on disease severity caused by *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (*Cmm*) in tomato seedlings treated with endophyte bacteria T14K1-1, T2K2-1, V30G2 and V35Y1 isolates. The disease severity (dark gray columns) evaluated according to the 0-4 scale 7 weeks after the Ptojen application and the % effect rates of EB applications in suppressing the disease compared to the positive control (light gray columns) are given. Average values in each group were obtained from at least 13 plants.

* According to Duncan multiple comparison test, the difference between the same letters in the same column is insignificant ($p < 0.05$).

** öd: not within the statistical significance range.

Çalışmamızda kullandığımız dört endofit bakterinin üçünün *Cmm*'nin oluşturduğu domates bakteriyel kanser ve solgunluk hastalığının gelişimini sınırlamada başarılı olduğu gözlenmiştir (Şekil 1). Birinci çalışmadaki en başarılı EB izolatı %40 etki ile T2K2-1 izolatı olmuştur. Bunu takiben sırasıyla %17,5 ve 15,5 ile V30G2 ve T14K1-1 izolatları gelmektedir. V35Y1 izolatı ise *Cmm*'nin neden olduğu hastalık belirtilerini 1. çalışmada arttırdığı ikincisinde ise etkisiz kaldığı belirlenmiştir. Bu sonuçlar genel anlamı ile her iki çalışmada da paralel olmakla birlikte ikinci çalışmadaki elde edilen etki düzeyleri istatistiki olarak önem aralığında bulunmamıştır.

Endofit bakterilerin çeşitli patosistemlerde etkinlikleri incelemiş ve patojen, konukçu ve bakterilere göre farklılık gösterebileceği belirlenmiştir (Kang ve ark., 2007; Aravind ve ark., 2012; Muthukumar ve ark., 2010; Özaktan ve ark., 2015; Akköprü ve ark., 2018; Akköprü ve ark., 2021). Çalışmada kullanılan endofit bakteriler de (T14K1-1, T2K2-1, V30G2, V35Y1) bazı *in vitro* ve

in vivo çalışmalarda sınanmış başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Babier ve Akköprü 2020; Olur 2019; Boyno ve ark., 2020).

Endofit bakterilerin hastalık oluşumu üzerine etkilerine paralel olarak bitki gelişimine de etkileri gözlenmiştir. EB uygulamalarının ilk çalışmada kök yaş ağırlığına hastalık baskısı altında önemli bir etkisi olmaz iken ikinci denemede T2K2-1, V30G2 ve V35Y1 izolatları önemli düzeyde arttırmıştır. Kök kuru ağırlığına ise hastalık baskısı altında T14K1-1 etkisiz kalırken diğer üç izolat her iki denemede de (I. denemede T2K2-1 hariç) istatistiki önem aralığında pozitif katkılar sağlamıştır. Sürgün yaş ağırlığına; EB uygulamaları hastalısız koşullarda önemli bir artışa neden olmamıştır. Buna karşılık I. denemede hastalık baskısı altında T2K2-1, V30G2 ve V35Y1 izolatları önemli azalışları sağlarken, II. denemede ise V30G2 izolatı artışa neden olmuştur. Sürgün kuru ağırlıkta ise her iki denemede de hastalısız ve hastalık baskısı altında kayda değer önemli bir fark oluşmamıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Endofit bakteri uygulamalarının *Cmm*'nin neden olduğu domates bakteriyel kanser ve solgunluk hastalığının baskısı altında kök yaş ve kuru, gövde yaş ve kuru ağırlıklarına etkisi

Table 2. The effect of endophyte bacteria applications on root fresh and dry, stem fresh and dry weights under the pressure of the disease caused by *Cmm*.

Uygulama izolatları	Kök yaş ağırlık <i>Root fresh weight</i> (g)		Kök kuru ağırlık <i>Root dry weight</i> (g)		Gövde yaş ağırlık <i>Shoot fresh weight</i> (g)		Gövde kuru ağırlık <i>Shoot dry weight</i> (g)	
	I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.
NK (-)	1.53abc	1.55bc	0.13ab	0.20ab	14.93a	9.7cd	1.39a	1.11b
T14K1-1	1.75a	2.11abc	0.18a	0.19ab	14.94a	12.08ab	1.00cd	1.22ab
T2K2-1	1.42abc	2.24ab	0.15ab	0.22a	13.65a	10.39abcd	1.45a	1.13a
V30G2	1.32bc	2.01abc	0.11ab	0.22a	9.57bc	11.45abc	1.44a	1.33ab
V35Y1	1.31bc	2.01abc	0.13ab	0.21a	13.07a	11.08abc	1.36ab	1.11b
PK (<i>Cmm</i>)	1.34abc	1.43c	0.13ab	0.14b	13.72a	8.47d	1.26bc	1.09b
T14K1-1+ <i>Cmm</i>	0.85d	1.94abc	0.08b	0.19ab	12.4ab	10.57abcd	1.06bcd	1.12b
T2K2-1+ <i>Cmm</i>	1.38abc	2.34a	0.12ab	0.22a	9.36bc	11.71abc	1.08bcd	1.23ab
V30G2+ <i>Cmm</i>	1.63ab	2.39a	0.18a	0.22a	9.39bc	12.65a	1.07bcd	1.43a
V35Y1+ <i>Cmm</i>	1.20cd	2.19ab	0.18a	0.21a	7.83c	10.07bcd	0.94d	1.62ab

**Cmm*, *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, PK: pozitif kontrol, yalnızca patojen uygulanmış. NK: negatif kontrol herhangi bir uygulama yapılmamış.

** : Aynı sütundaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($P < 0.05$).

Bitki toleransındaki ana unsur bitki gelişimi veya sağlığına yapılan katkı ile hastalık belirtilerinde görülen azalmadır. Akköprü ve ark., (2018) yaptıkları çalışmalarda gelişim parametrelerine etkinin EB izolatları ve bitki türlerine göre farklılık gösterdiğini belirlemiştir.

Bitki boyu üzerine EB'lerin domatestede önemli etkisinin olmadığı, buna karşılık biberde bazı izolatların önemli düzeyde bitki boyunda artış sağladığı görülmüştür (Akköprü ve ark., 2018). Kang ve ark., (2007) iki endofit bakterinin biber boy gelişimini %17 'ye varan oranlarda artırdığını

belirlemiştir. Benzer şekilde, Xia ve ark., (2015) domateste farklı EB'lerin bitki gelişim parametrelerini ortalama %25 oranında arttırdığını belirlemiştir. Akköprü ve ark., (2018) EB uygulanmış bitkilerde kök ve sürgün yaş ve kuru ağırlıklarının %28-128 aralığında arttığını gözlemlemiştir.

Diğer bitki gelişim parametrelerinden biri olan yaprak sayısında birinci denemede T2K2-1 ve V35Y1 izolatlarının uygulandığı bitkilerde artış gözlemlenirken diğer izolatlarda ve hastalık baskısı altında önemli bir fark gözlenmemiştir. Gövde uzunluğuna bakıldığında birinci denemede herhangi bir fark görülmemesine karşın ikinci

denemede V35Y1 hariç diğer üç izolat gövde uzunluğunda artış sağlamıştır. İkinci denemede yapılan klorofil ölçümleri sonucunda önemli bir fark tespit edilmemiştir (Çizelge 3). Buna benzer birçok çalışmada bitki boyundaki artış, PGPR etki belirteçlerinden biri olarak alınsa da (Muthukumar et al. 2010; Xia et al., 2015), Huang ve ark., (2017), bu parametrenin yalnız başına PGPR etkisinin değerlendirmesi için yeterli olmadığını ileri sürmüştür. Fakat çalışmamızda bu üç izolatın bitki boyuna olan etkileri bitki gelişimi ve hastalık şiddeti parametrelerinde de gözlenmiştir.

Çizelge 3. Endofit bakteri uygulamalarının domates bakteriyel kanser ve solgunluk hastalığının baskısı altında yaprak sayısı, gövde uzunluğu ve klorofil üzerine etkisi

Table 3. The effect of endophyte bacteria applications on leaf number, stem length and chlorophyll content under the pressure of tomato bacterial cancer and wilt disease

Uygulama izolatları <i>Isolates</i>	Yaprak sayısı <i>Number of leaves</i>		Gövde uzunluğu <i>Shoot length (cm)</i>		Klorofil <i>Chlorophyll</i>
	I.	II.	I.	II.	II.
Kontrol (-)	6.93c	7.58ab	35.33ab	17.64d	36.08
T14K1-1	7.00c	7.47ab	37.38a	24.93c	36.66
T2K2-1	8.00b	7.60ab	29.43cd	25.07c	38.38
V30G2	6.86c	7.80a	30.21cd	25.13c	37.30
V35Y1	9.00a	7.64ab	29.08dc	27.29c	36.17
Kontrol (+)	7.21bc	6.50bc	32.16bc	25.00c	37.43
T14K1-1+ <i>Cmm</i>	7.00c	7.36ab	23.69e	35.31a	34.59
T2K2-1 + <i>Cmm</i>	6.57c	7.33ab	27.71cde	37.54a	34.94
V30G2 + <i>Cmm</i>	7.31bc	7.13abc	27.46cde	33.40ab	34.15
V35Y1 + <i>Cmm</i>	6.50c	6.21c	25.60de	28.36bc	37.68

* *Cmm*, *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, Klorofil sütunundaki veriler SPAD metre ölçüm değerleridir.

** : Aynı sütundaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($P < 0.05$).

Ribaudo ve ark., (2016) Ddomates ve bibere uygulanmış EB'in bitki gelişimine olan etkilerinin ürettikleri IAA'ten kaynaklanabileceğini belirtmiştir. Khan ve ark., (2012) IAA üretimi ve azot fiksasyon yeteneklerine sahip EB'lerin biber ve domatesin aralarında bulunduğu birçok bitkinin gelişimini, çiçeklenmesini ve verimini artırdığını göstermişlerdir. Muthukumar ve ark., (2010) endofitik *Pseudomonas* spp., Amaresan ve ark., (2012) *Bacillus* spp. ve *Serratia* spp.'nin IAA, siderefor ve inorganik fosfat çözücü enzimler vb. ikincil metabolitler yoluyla kök ve sürgün gelişimi ile çimlenme oranını arttırdığını belirlemiştir. Çalışmamızda başarılı sonuçlar elde ettiğimiz izolatlarının IAA ve siderefor üretimi ile fosfatı çözme yetenekleri olduğu dikkate alındığında

(Çizelge 1), bitki gelişim parametrelerinde ve toleransında gözlenen artışın bu metabolitlerden kaynaklanabileceği de düşünülebilir. Benzer olarak Akat ve Özaktan (2011) *in vitro*'da *Cmm*'ye antagonistik etkisi olduğu belirlenen on bir izolattan dördünün saksı çalışmalarında pozitif kontrole göre hastalık belirtilerini %59-97 oranında baskıladığını belirlemiştir. Romero ve ark., (2016), bazı endofit bakterilerin *in vitro*'da *P. syringae* pv. *tomato*'ya karşı antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğunu ve bazılarının domates bitkisinde bu yolla hastalığı baskıladığını belirlemiştir. Bu çalışma kapsamında hastalığı baskılamada en başarılı izolatlar olan V30G2 ve T2K2-1'nin *in-vitro*'da *Cmm*'nin gelişimini sınırladığı belirlenmiştir. Bu çerçevede hastalık

oluşumuna karşı elde edilen korumada EB'lerin antibiyosis mekanizmasının etkisinin olabileceği düşünülebilir.

Romero ve ark., (2016) farklı endofitlerin domates gelişimi ve farklı fungal hastalıklara karşı etkinliğinin nötr veya farklı düzeylerde olduğunu belirlemiştir. Benzer şekilde; *Streptomyces*, *Bacillus* ve *Pseudomonas* cinsine ait bakterilerin domateste bakteriyel leke hastalığına ve bitki gelişimine değişen oranlarda etki ettikleri belirlenmiştir (Naue ve ark., 2014). Bilindiği gibi biyolojik savaş elemanları birden fazla mekanizma ile patojen ve hastalıklara karşı bitkiyi koruyabilirler. Bazen de *in vitro* da belirlenen antibiyosis etki aynı düzeyde *in vivo* da gözlenmeyebilir. Bu yönüyle patojen ve hastalık üzerine etkinin antibiyosise ek olarak rekabet ve hiperparazitizm gibi doğrudan biyolojik savaş mekanizmaları ile olabileceği gibi bitki besin dengesine yapılan katkı ve bitki toleransının artırılması veya bitki dayanıklılığının aktivasyonu ile sağlandığı da düşünülebilir. Bazı araştırmacılar bitki dayanıklılığının biberde endofit bakteriler *Bacillus pumilus* INR7 (Yi ve ark., 2013), *Pseudomonas rhodesiae* ve *Pantoea ananatis* (Kang ve ark., 2007) yardımıyla uyarılması sonucu *Xanthomonas axonopodis* pv. *vesicatoria*'nın neden olduğu hastalığın sırasıyla %52, 34.7 ve 26.3 oranında baskılanabildiğini belirlemiştir. Ribaud ve ark., (2016) ise EB uygulamasının domateslerde simptom azalmasının bitkideki etilen hormonu ve patojenite ile ilgili SI-ACS genlerinin aktivasyonu sonucu olduğunu tespit etmiştir.

Sonuç

Sonuç olarak çalışmada kullanılan endofit bakterilerin bazılarının, *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*'in sebep olduğu Domates Bakteriyel Kanser ve Solgunluk hastalığını kontrol potansiyeline sahip oldukları ve bitki gelişimine olumlu etkileri olduğu belirlenmiştir. EB izolatlarının hastalık baskısı altında dahi bitki gelişim parametrelerine pozitif etkileri gözlenmiştir. Özellikle EB T2K2-1 izolatının

Cmm'nin belirti oluşumunu önemli düzeyde baskıladığı tespit edilmiştir. Endofitik bakteriler birçok farklı biyolojik savaş mekanizması ile hastalık gelişimini sınırlandırması ve bitki gelişimine olan pozitif etkileri nedeniyle bitkisel üretimde pestisit ve sentetik gübre kullanımını azaltabilir. Bu yönüyle EB uygulamaları çevre dostu bir yaklaşım olmakla birlikte ekonomik fayda sağlayabilme potansiyeline de sahiptir.

Ekler

C.P. Uçar YÖK 100/2000 Doktora Burs Programı ile desteklenmektedir.

Çıkar çatışması: Makale yazarları, aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Yazar Katkısı: A. Akköprü ve C.P. Uçar, çalışmayı tasarlayarak denemeyi kurmuştur, C.P. Uçar çalışmayı yürütmüş, A. Akköprü ve C.P. Uçar verileri analiz etmiştir.

Kaynaklar

- Agrios, G. (2005). *Plant Pathology*. Fifty Ed. ed. Elsevier Academic Pres.
- Akköprü, A., Çakar, K., & Hussein, A. (2018). Effects of endophytic bacteria on disease and growth in plants under biotic stress. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 28(2), 200-208.
- Akköprü, A., Akat, Ş., Özaktan, H., Gül, A., & Akbaba, M. (2021). The long-term colonization dynamics of endophytic bacteria in cucumber plants, and their effects on yield, fruit quality and Angular Leaf Spot Disease. *Scientia Horticulturae*, 282, 110005.
- Amaresan, N., Jayakumar, V., Kumar, K., & Thajuddin, N. (2012). Isolation and characterization of plant growth promoting endophytic bacteria and their effect on tomato (*Lycopersicon esculentum*) and chilli (*Capsicum annum*) seedling growth. *Annals of microbiology*, 62(2), 805-810.
- Anith, K. N., Momol, M. T., Kloepper, J. W., Marois, J. J., Olson, S. M., & Jones, J. B. (2004). Efficacy of plant growth-promoting rhizobacteria, acibenzolar-S-methyl, and soil amendment for integrated management of bacterial wilt on tomato. *Plant disease*, 88(6), 669-673.
- Aravind, R., Kumar, A., & Eapen, S. J. (2012). Pre-plant bacterisation: A strategy for delivery of beneficial endophytic bacteria and production of disease-free plantlets of black pepper (*Piper nigrum* L.). *Archives*

- of *Phytopathology and Plant Protection*, 45(9), 1115-1126.
- Babier, Y., & Akköprü, A., (2020) Çeşitli Kültür Bitkilerinden İzole Edilen Endofitik Bakterilerin Karakterizasyonu ve Bitki Patojeni Bakterilere Karşı Antagonistik Etkilerinin Belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 30(3), 521-534.
- BELGÜZAR, S., YILAR, M., YANAR, Y., KADIOĞLU, İ., & DOĞAR, G. (2016). Antibacterial activities of *Thymus vulgaris* L.(Thyme) extract and essential oil against *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. *Turkish Journal of Weed Science*, 19(2), 20-27.
- Boyno, G., Demir, S., & Akköprü, A. (2020). Domateste *Alternaria solani* (Ell. & G. Martin) Sor.'ye Karşı Bazı Endofit Bakterilerin Etkisi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 6(3), 469-477.
- Carlton, W. M., Braun, E. J., & Gleason, M. L. (1998). Ingress of *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* into tomato leaves through hydathodes. *Phytopathology*, 88(6), 525-529.
- Chalupowicz, L., Barash, I., Reuven, M., Dror, O., Sharabani, G., Gartemann, K. H., & Manulis-Sasson, S. (2017). Differential contribution of *Clavibacter michiganensis* ssp. *michiganensis* virulence factors to systemic and local infection in tomato. *Molecular plant pathology*, 18(3), 336-346.
- Çetinkaya Yıldız, R. (2007). *Identification of tomato bacterial wilt diseases agent [Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis (Smith) Davis et. al.] and research on their biological control by using plant growth promoting rhizobacteria*. Adana, Turkey, Çukurova University, Graduate School of Natural and Applied Sciences,
- de León, L., Siverio, F., López, M. M., & Rodríguez, A. (2011). *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, a seedborne tomato pathogen: healthy seeds are still the goal. *Plant disease*, 95(11), 1328-1338.
- FAO, (2019). Food And Agriculture Organization Of The United Nations <http://www.Fao.Org/Faostat/En/#Data/Qc>.
- Glick, B. R., Jacobson, C. B., Schwarze, M. M., & Pasternak, J. J. (1994). 1-Aminocyclopropane-1-carboxylic acid deaminase mutants of the plant growth promoting rhizobacterium *Pseudomonas putida* GR12-2 do not stimulate canola root elongation. *Canadian Journal of Microbiology*, 40(11), 911-915.
- Grobelak, A., Napora, A., & Kacprzak, M. (2015). Using plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) to improve plant growth. *Ecological Engineering*, 84, 22-28.
- Hallman, J. M. (1997). The Seed of Fire: Divine Suffering in the Christology of Cyril of Alexandria and Nestorius of Constantinople. *Journal of Early Christian Studies*, 5(3), 369-391.
- Hardoim, P. R. (2011). *Bacterial endophytes of rice: Their diversity, characteristics and perspectives*. Groningen, Nederland, University of Groningen.
- Hardoim, P. R., van Overbeek, L. S., & van Elsas, J. D. (2008). Properties of bacterial endophytes and their proposed role in plant growth. *Trends in microbiology*, 16(10), 463-471.
- Hoagland DR, & Arnon DI 1950. The Water-Culture Method for Growing Plants without Soil. California College Agricultural Experiment Station Circ. Berkeley, Circular 347.
- Huang P, de-Bashan L, Crocker T, Kloepper J. W., & Bashan Y (2017). Evidence that fresh weight measurement is imprecise for reporting the effect of plant growth-promoting (rhizo) bacteria on growth promotion of crop plants. *Biol Fertil Soils*, 53,199–208
- Kang S H, Cho H, Cheong H, Ryu C, Kim J. F., & Park S. (2007). Two Bacterial Endophytes Eliciting Both Plant Growth Promotion and Plant Defense on Pepper (*Capsicum annuum* L.). *J. Microbiol. Biotechnol.*, 17(1), 96–103
- Khan, Z., Guelich, G., Phan, H., Redman, R., & Doty, S. L. (2012). Bacterial and yeast endophytes from poplar and willow promote growth in crop plants and grasses. *ISRN Agron*, doi:10.5402/2012/890280
- King, E. O., Ward, M. K., & Raney, D. E. (1954). Two simple media for the demonstration of pyocyanin and fluorescin. *The Journal of laboratory and clinical medicine*, 44(2), 301-307.
- Kuşvuran, Ş., Daşgan, H. Y., & Kazım, A. B. A. K. (2011). Farklı kavun genotiplerinin kuraklık stresine tepkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 21(3), 209-219
- Mercado-Blanco, J., & JJ Lugtenberg, B. (2014). Biotechnological applications of bacterial endophytes. *Current Biotechnology*, 3(1), 60-75.
- Muthukumar, A., Nakkeeran, S., Eswaran, A., & Sangeetha, G. (2010). In vitro efficacy of bacterial endophytes against the chilli damping-off pathogen *Pythium aphanidermatum*. *Phytopathologia Mediterranea*, 49(2), 179-186.
- Naue, C. R., Rocha, D. J., & Moura, A. B. (2014). Biological control of tomato bacterial spot by seed microbiolization. *Tropical Plant Pathology*, 39, 413-416.
- Olur G. (2019). *Tuzlu ortamda gelişen bitkilerden izole edilen endofit bakterilerin hıyar bitkisinde köşeli yaprak leke hastalığı (Pseudomonas syringae pv. lachrymans), tuzluluk stresi ve bitki gelişimine etkileri (yayımlanmamış yüksek lisans tezi)*. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Özaktan, H (1991). *Domates bakteriyel solgunluğu (Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis (Smith) Davis et al.) ile mücadele olanakları üzerinde Araştırmalar (Doktora Tezi)*. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Özaktan, H., Gül A., Çakır B., Yolageldi L., & Akköprü A (2015). Bakteriyel Endofitlerin Hıyar Yetiştiriciliğinde Biyogübre ve Biyopestisit Olarak Kullanılma Olanakları. Tubitak-COST 1110505 nolu Proje kesin raporu. (in Turkish) (COST Action FA1103: Endophytes in Biotechnology and Agriculture).
- Peritore-Galve, F. C., Schneider, D. J., Yang, Y., Thannhauser, T. W., Smart, C. D., & Stodghill, P. (2019). Proteome profile and genome refinement of the tomato-pathogenic bacterium *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. *Proteomics*, 19(7), e1800224-e1800224.
- Ribaudo, C. M., Riva, D. S., Gori, J. I., Zaballa, J. I., & Molina, C. (2016). Identification of endophytic bacteria and their characterization as biocontrol agents against tomato southern blight disease. *Appli Micro Open*

- Access, 2(1000123), 2.
- Rosenblueth, M., & Martínez-Romero, E. (2006). Bacterial endophytes and their interactions with hosts. *Molecular plant-microbe interactions*, 19(8), 827-837.
- Romano, I., Ventorino, V., & Pepe, O. (2020). Effectiveness of plant beneficial microbes: overview of the methodological approaches for the assessment of root colonization and persistence. *Frontiers in plant science*, 11, 6.
- Romero, F. M., Marina, M., & Pieckenstain, F. L. (2016). Novel components of leaf bacterial communities of field-grown tomato plants and their potential for plant growth promotion and biocontrol of tomato diseases. *Research in microbiology*, 167(3), 222-233.
- Akat, S., & Özaktan, H. (2011). Domates bakteriyel kanser ve solgunluk hastalığıyla [*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (Smith) Davis et. al] biyolojik mücadelede bakteriyel antagonistlerin etkinliğinin araştırılması. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 2(1), 3-18.
- Takishita, Y., Charron, J. B., & Smith, D. L. (2018). Biocontrol rhizobacterium *Pseudomonas* sp. 23S induces systemic resistance in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) against bacterial canker *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. *Frontiers in microbiology*, 9, 2119.
- TÜİK, (2021). Türkiye İstatistik Kurumu. <https://www.tuik.gov.tr>
- Xia, Y., DeBolt, S., Dreyer, J., Scott, D., & Williams, M. A. (2015). Characterization of culturable bacterial endophytes and their capacity to promote plant growth from plants grown using organic or conventional practices. *Frontiers in plant science*, 6, 490.
- Yazıcı S, Karamustafaoğlu İ, Aysan Y & Yanar Y (2011). Tokat yöresi domates alanlarında *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*'in neden olduğu domates bakteriyel kanser ve solgunluk hastalığı. *Türkiye IV. Bitki Koruma Kongresi*, 28-30 Haziran 2011, Kahramanmaraş, s 331.
- Yıldız, R. Ç., & AYSAN, Y. Domates bakteriyel solgunluk hastalığının bitki büyüme düzenleyici kökbakterileri ile biyolojik mücadelesi. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 5(1), 9-22.
- Yi, H. S., Yang, J. W., & Ryu, C. M. (2013). ISR meets SAR outside: additive action of the endophyte *Bacillus pumilus* INR7 and the chemical inducer, benzothiadiazole, on induced resistance against bacterial spot in field-grown pepper. *Frontiers in plant science*, 4, 122.