

Orijinal araştırma (Original article)

Bitki gelişimini teşvik eden bakterilerin domateste bitki gelişim parametreleri, verim ve bitki sağlığı üzerine etkisi¹

Serap Fırat ORAL², Recep KOTAN^{3*}

The effect of plant growth promoting bacteria on tomato plant growth parameters, yield and plant health

Abstract: A total of six bacterial strains (*Bacillus megaterium* TV-60D, TV-87A, TV-91C and KBA-10; *Pantoea agglomerans* RK-92; and *Hafnia alvei* TV-34A) that are known to promote plant growth and/or have antifungal properties against certain plant pathogenic fungi were used in this study. These bacterial strains were tested for their antifungal activities against some plant pathogenic fungi. In addition, these bacterial strains were applied to the root and above ground parts of the tomato plant under greenhouse conditions to investigate their effects on some vegetative plant growth parameters, including yield, fruit cracking and general plant health. Some of the bacterial applications caused statistically significant increases in plant height, number of flowers, fruit number, fruit weight, fruit diameter, fruit depth, wet and dry root weight and stem weight of the plant. In addition, the application of *B. megaterium* KBA-10 caused a substantial decrease in the rate of cracking of the fruit and overall disease severity. In terms of plant growth parameters, applications of *P. agglomerans* RK-92 and *B. megaterium* TV-91C, and in terms of general disease control, *B. megaterium* KBA-10, could be used in tomato growing.

Keywords: Biological control, tomato, PGPB

Öz: Bu çalışmada; bitki gelişimini teşvik ettikleri ve/veya bazı bitki patojeni funguslara karşı antifungal özelliğe sahip oldukları bilinen toplam 6 bakteri izolatu (*Bacillus megaterium* TV-60D, TV-87A, TV-91C ve KBA-10; *Pantoea agglomerans* RK-92 ve *Hafnia alvei* TV-34A) kullanılmıştır. Bu bakteri izolatları bazı bitki patojeni funguslara karşı antifungal aktiviteleri için in vitroda test edilmiştir. Ayrıca bu bakteriler sera koşullarında domates bitkisinin kök ve toprak üstü aksamına uygulanarak bazı vejetatif bitki gelişim parametreleri, verim, meyvede çatlama ve bitki sağlığı üzerine etkileri de araştırılmıştır. Bazı bakteri uygulamalarının kontrole göre bitki boyu, çiçek sayısı, meyve sayısı, meyve ağırlığı, meyve çapı, meyve yüksekliği, bitkinin yaş ve kuru kök ve gövde ağırlığı gibi parametrelerde istatistikî olarak önemli bulunan artışlara sebep olduğu

¹ Bu makale birinci yazarın yüksek lisans tez çalışmasından üretilmiştir.

² Erzurum İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, 25240-Erzurum

³ Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Koruma Bölümü, 25240-Erzurum
ORCID ID (Yazar sırasıyla): 0000-0001-6493-8936, 0000-0001-1061-1772

* Sorumlu yazar (Corresponding author) e-mail: rkotan@atauni.edu.tr

Alınış (Received): 1 Şubat 2021

Kabul Ediliş (Accepted): 11 Mayıs 2021

gözlenmiştir. Ayrıca *Bacillus megaterium* KBA-10 uygulamasının meyvede çatlama oranında ve genel hastalık şiddetinde ciddi bir azalmaya sebep olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak; bu çalışmada kullanılan bakteri formülasyonlarından bitki gelişim parametreleri açısından *Pantoea agglomerans* RK-92 ve *Bacillus megaterium* TV-91C'nin, genel hastalık kontrolü açısından ise *Bacillus megaterium* KBA-10 uygulamalarının domates yetiştiriciliğinde kullanılabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Biyolojik mücadele, domates, PGPB

Giriş

Domates (*Solanum lycopersicum* L.), Solanales takımının Solanaceae familyasından *Lycopersicon* cinsine bağlı bir bitki olup Dünyada en çok üretilen, tüketilen ve ticareti yapılan sebzelerin başında gelmektedir (Seniz, 1992). Bugün Türkiye'nin çoğu bölgesinde hem açık alanda hem de örtüaltı yetiştiriciliği ile sofralık ve sanayi domatesi üretimi yapılmakla birlikte özellikle Akdeniz, Marmara ve Ege Bölgelerinde çok geniş alanlarda üretilmektedir. Türkiye; Dünya domates üretiminde Çin, Hindistan ve ABD'den sonra dördüncü sırada ve %8'lik bir paya sahiptir (Anonymous, 2018).

Tarımsal ürünlerde verim kaybına sebep olan bazı biyotik ve abiyotik etmenler mevcuttur. Her yıl dünyadaki tarım ürünlerinin %20'lik kısmının böceklerden ve en az %12'lik bir bölümünün de tarla ve depo şartlarında patojen mikroorganizmaların neden olduğu bitki hastalıkları yüzünden kaybedildiği Dünya Gıda ve Tarım Teşkilatı (FAO) tarafından yayınlanan istatistiklerde açıklanmıştır (Agrios, 1997). Tarımsal ürünlerde verim ve kalite kaybına neden olabilecek biyotik faktörlere; funguslar, bakteriler, vasküler bakteriler, virüsler ve viroidler gibi hastalık etmeni olan patojenler; böcekler, akarlar, nematodlar, salyangozlar, sümüklü böcekler, kemirgenler, memeliler ve kuşlar gibi zararlılar olarak bilinen hayvansal organizmalar ve yabancı otlar örnek verilebilir (Karaca & Saygılı, 1982).

Domates yetiştiriciliğinde sorun olan fungal hastalıklar; domateste külleme hastalığı (*Leveillula taurica* (Lev.) G. Arnaud), domates erken yanıklık hastalığı (*Alternaria solani* Sorauer), kök boğazı yanıklığı hastalığı (*Phytophthora capsici* Leonian), domateste kurşuni küf hastalığı (*Botrytis cinerea* Fr.), domates mildiyösü hastalığı (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary), domates yaprak küfü hastalığı (*Cladosporium fulvum*) ve domateste kök çürüklüğü (çökerten) hastalığı (*Phythium* spp., *Rhizoctonia solani* Kühn, *Fusarium* spp., *Alternaria alternata* (Fries) Keissler ve *Sclerotinia* spp.)'dir (Scortichini, 1992).

Erzurum ili Uzundere ilçesi iklimi özelliği göstermektedir. Uzundere'de ilk defa 1994 yılında örtü altı sebze yetiştiriciliğine başlanmış ve yaygınlaşarak çiftçiler için önemli bir gelir kaynağına dönüşmüştür. Buradaki seraların yapımında genellikle plastik ve ahşap malzeme kullanıldığından sıcaklık ve nem kontrolü gerekli oranda sağlanamamakta bu durum hastalık etmenlerinin gelişmesi için uygun şartları ortaya çıkarmaktadır. Uzundere'de bitki hastalıkları, sebze üretimini özellikle domates üretimini sınırlayan önemli bir faktördür. Eken & Demirci (1998) yaptığı bir çalışmada Uzundere'deki seraların birkaçındaki hıyar ve

domateslerin toprak üstü aksamalarının *Pseudoperenospora cubensis* (Berk&Curt) Rostow, *Ulocladium atrum* Preuss, *A. alternata*, *A. solani*, *C. fulvum* ve *Phytophthora* sp. etmenlerle bulaşık olduğunu tespit etmişlerdir.

Tarımsal ürünlerde üretimi arttırmak ve verim kayıplarını önlemek ya da en az seviyeye indirmek için yasal ve kültürel önlemler yanında biyolojik, kimyasal ve entegre mücadele olmak üzere çeşitli teknikler uygulanmaktadır (Kotan, 2020). Tarımsal alanlarda ve tarım ürünlerinde bilinçsiz uygulanan pestisitler ve gübreler toprağa, suya ve havaya oradanda ortamdaki diğer canlılara geçebilmektedir. Bunların bazıları toksik açıdan bir zarar oluşturmazken, bazıları ise kanser, sinir sisteminde hasar, doğum anormallikleri ve hatta mutasyon gibi istenmeyen sorunlara yol açabildiği belirtilmektedir (Tiryaki et al. 2010; Kotan, 2020).

TÜBİTAK'ın 2003 tarihli Tarım ve Gıda Paneli Son Raporunda; bazı yörelerde aşırı sulama, gübreleme, kimyasal madde ve tarımsal savaş ilaçlarının kullanımının önemli çevre ve sağlık sorunları ortaya çıkardığı belirtilmiştir. Çözüm olarak da tarımda kullanılan kimyasal gübre ve ilaçların çevreye ve insan sağlığına olumsuz etkilerini azaltacak biyolojik ürünlerin geliştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır (Certel et al. 2003; Kotan, 2020).

Bakterilerin tarımsal ürünlerde biyolojik gübre ve kontrol ajanı olarak kullanımı 1990'lı yıllardan sonra yaygınlaşmaya başlanmıştır (Kotan, 2014). Doğrudan veya dolaylı olarak bitki gelişimine olumlu katkıları olan, serbest yaşayan, biyolojik gübreleme veya biyolojik mücadele amaçlı kullanılan bakteriler "Bitki Gelişimini Teşvik Eden Bakteriler (PGPB=Plant Growth Promoting Bacteria)" olarak tanımlanabilir (Kotan, 2020). Bu bakterilerin sitokin (Aslantaş et al. 2007), giberallin (Joo et al. 2005), oksin (Egamberdiyeva, 2005) ve etilen (Glick et al. 1995) gibi çeşitli bitkisel hormonları üretebildiği; atmosferdeki azotu fikse ettiği (Dobbelaere et al. 2003); fiks edilmiş haldeki toprak fosforunu alınabilir hale dönüştürdüğü (Canbolat et al. 2006); antibiyotik, enzim, siderefor ve fungusit bileşikler sentezleyerek ya da rekabet gibi mekanizmalarla patojenlere karşı antagonistik etki gösterdiği yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur (Kotan, 2020). Dünyada bu bakterilerin bitkisel üretimde kullanımı her geçen gün yaygınlaşmakta olup son yıllarda Türkiye'de bu bilincin önemli düzeyde arttığı görülmektedir.

Yapılan bu çalışma ile bitki gelişimini teşvik edici bakteri uygulamalarının domates bitkisinde görülen özellikle bazı fungal hastalıklara karşı etkili olabilecek, domatesin gelişme ve verim parametrelerini artıracak, ekolojik dengeyi bozmayan, çevreye ve doğal düşmanlara zarar vermeyen, toprak yapısını düzelten, insan ve hayvan sağlığı üzerinde olumsuz etkisi olmayan bakteri içerikli biyolojik formülasyonların geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve yöntem

Çalışmada kullanılan PGPR bakteriler, patojen funguslar ve bitki çeşidi

Bu çalışmada; ülkemizdeki çeşitli kültür ve yabani bitkilerin toprak üstü aksamı veya kök rizosferinden izole edilmiş ve biyolojik mücadele ve/vaya bitki büyüme ajanı özelliğine sahip 7 bine yakın bakteri izolatları içerisinde daha önce yürütülen çalışmaların (Kotan, 1998; Kotan, 2002; Kotan & Sahin, 2006; Karagöz, 2009; Kotan et al. 2009; Turan et al., 2014; Kotan, 2020) sonuçları da değerlendirilerek toplam 6 bakteri izolatu seçilmiş ve kullanılmıştır (Çizelge 1). Patojen fungus olarak; çeşitli kültür bitkilerinden Koch Postulatlarına göre izole edilmiş *Alternaria alternata* (Fr.:Fr.) Keissl., *Fusarium solani* (Mart.) Sacc., *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, *Pythium debaryanum* Hesse, *Penicillium digitatum* (Pers.) Sacc ve *Penicillium italicum* Stoll. fungus izolatları kullanılmıştır (Tozlu et al. 2016; Mohammadi et al. 2017; Tozlu et al. 2018; Tekiner et al. 2019; Kotan, 2020). Bakteri strainleri klasik sistemler ve moleküler sistemlerden MIS sistemi kullanılarak tanılanmıştır. Patojen fungus izolatlarının tanısı ise klasik sistemler kullanılarak yapılmıştır. Bütün mikroorganizmalar Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü'nde Mikroorganizma Kültür Koleksiyonu'nda muhafaza edilmektedir. Bakteriler içerisinde 500 µl %30'luk glycerol ve 500 µl LB Broth bulunan eppendorf tüplerde -80°C'de, funguslar ise yatık agarda buzdolabında muhafaza edilmiştir. Çalışmada Bursa Tohum firmasına ait BT 987 F1 Hibrit Oturak RN Tolerant isimli domates (*Lycopersicon esculentum* L.) çeşidi kullanılmıştır.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan PGPR bakterileri ve bazı özellikleri
Table 1. PGPR bacteria used in the study and some of their properties

PGPR Bakterileri	Strain No	İzole Edildiği Yer	Benzerlik İndeksi	Azot	Fosfat
<i>Pantoea agglomerans</i>	RK-92	Elma	0.889	+	K+
<i>Hafnia alvei</i>	TV 34A	Toprak	0.810	K+	K+
<i>Bacillus megaterium</i>	TV 87A	Toprak	0.467	+	-
<i>Bacillus megaterium</i>	TV 60D	Toprak	0.575	+	-
<i>Bacillus megaterium</i>	KBA-10	Toprak	0.490	+	K+
<i>Bacillus megaterium</i>	TV 91C	Toprak	0.474	+	Z+

+: Pozitif, K+: Kuvvetli pozitif, Z+: Zayıf pozitif, -: Negatif

Denemenin yürütüldüğü seranın toprak özellikleri

Deneme; Erzurum'un Uzundere İlçesinde yer alan bir serada yürütülmüştür. Deneme alanına ait toprakta fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre; denemenin yürütüldüğü topraklar tın bünyeli, hafif alkali reaksiyonlu ve orta kireçlidir. Organik madde yüksek düzeyde, fosfat oranı çok fazladır.

Denemenin yürütüldüğü yıla ait iklim verileri

Uzundere ilçesinde sıcak ve ılıman iklim ve belirgin yağış görülmektedir. En kurak aylarda bile yağış miktarı oldukça fazladır. Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Cfa olarak adlandırılabilir. Uzundere ilçesinin yıllık ortalama sıcaklığı 9,6'dır. Yıllık ortalama yağış miktarı: 592 mm'dir. Erzurum iline ait bazı meteorolojik veriler Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 2. Deneme alanı toprak analiz sonuçları

Table 2. Soil analysis results for the trial area

Toprak Analizleri	Sonuç	Değerlendirme
Kil (%)	54	Killi Tınlı
Bünye	Tınlı	-
EC dS/m)	0.04	Tuzsuz
pH	7.62	Hafif alkali
Kireç (%)	13.60	Orta
Organik madde (%)	4.93	Yüksek
P ₂ O ₅ (kg/da)	48.72	Çok fazla

Bakteri formülasyonlarında kullanılan sıvı taşıyıcı ve sulama suyu

Bakteriyel biyofarmülasyonlarda sıvı taşıyıcı olarak; Prof. Dr. Recep Kotan tarafından Tarım ve Orman Bakanlığı'ndan tescillendirilen BM-MegaFlu (2013 tarih ve 5943 tescil nolu) isimli ticari karışım mikrobiyal gübrenin sıvı taşıyıcısı kullanılmıştır (Kotan, 2014). Bu taşıyıcı formülasyonun içeriği; su, çeşitli organik maddeler (deniz yosunu, peynir altı suyu ve bitkisel özütler) ve içeriğindeki bakteri izolatını koruyucu ve homojenizasyonunu sağlayıcı çeşitli maddelerden (carboxymethylcellülose, kalsiyum karbonat, glyserin, magnezyum sülfat) oluşmaktadır. Bu taşıyıcıda kullanılan maddelerin oranları ürünün gizliliği açısından verilmemiştir. Araştırmada kullanılan sulama suyu, şebeke suyu olup, sulama damlama sulama şeklinde yapılmıştır.

Çizelge 3. Erzurum iline ait 2017 yılı iklim verileri

Table 3. Climate data for Erzurum Province, Turkey for 2017

Parametreler	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ortalama Nispi Nem (%)	78.2	78.0	76.1	67.3	63.7	58.8	53.0	50.8	52.6	64.7	73.5	78.8
Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)	2.26	2.39	2.81	3.33	3.06	3.01	3.22	2.97	2.55	2.51	2.21	2.16
Ortalama Sıcaklık (°C)	-0.1	1.3	4.3	8.8	12.8	15.7	18.1	18	15.6	11.4	6.7	2.4
Yağış Miktarı (mm)	58	47	53	72	68	52	19	16	31	49	58	69

Petri denemelerinde antifungal aktivite testleri

Çalışmada kullanılan toplam 6 bakteri izolatının patojen funguslara karşı antifungal özelliklerinin belirlenmesi için Potato Dextrose Agar (PDA) besi yeri içeren petri kâğıtları kullanılmıştır. Bunun için patojen funguslar PDA besi ortamında 24°C'de 15 sa aydınlık 9 sa karanlık şartlarda geliştirilmiştir. Potansiyel biyoajan bakteri

kültürleri ise dondurucudan çıkarılarak Nutrient Agar (NA) besi ortamı içeren petrilere ekilmiş, 27 °C'de inkübasyona bırakılarak 24 saatlik taze kültürleri elde edilmiştir. Gelişen taze bakteri kültürleri steril swap ile alınarak sdH₂O ile süspansiyon edilmiş ve hücre konsantrasyonu 1x10⁸ hücre/ml'ye ayarlanmıştır. Patojen fungusun 6 mm'lik diskleri alınarak PDA besi ortamının tam ortasına aktarılmış ve bakteriler ise steril swap ile Petri kenarına daire şeklinde çizilmiştir. Kültürler parafilmle kaplanarak 24 °C'de 15 sa aydınlık 9 sa karanlık şartlarda 7 gün geliştirilmiştir. Patojen fungusun gelişme çapı bakteri inokule edilmeyen ve sadece patojen diski konulan kontrol uygulamalarındaki fungal diskin gelişiminin tüm petriyi kapladığı zamanda ölçülmüştür. Her bakteri 3 petride test edilmiş ve bu 3 petriden elde edilen değerler yardımıyla patojen fungusun oluşturduğu ortalama gelişme çapı belirlenmiştir.

Sera denemeleri

Çalışmada; bakterilerin bitkilerin kök gelişimi ve bitkinin sistemik dayanıklılık mekanizmaları üzerine etkilerinin araştırılması için kök daldırma şeklinde; hem de biyoajan bakterilerin bitkinin toprak üstü aksamına sprey edilerek bitkileri doğal inokulasyonlardan kaynaklanabilecek özellikle fungal hastalıklara karşı koruyabilme potansiyeli araştırılmıştır. Kök daldırmada 6 farklı bakteri ve kontrol olarak da sadece sıvı taşıyıcı kullanılmıştır. PGPR bakteri kültürleri TSB besi ortamında ayrı ayrı geliştirilerek, bakteri konsantrasyonları 1x10⁸ kob/ml'ye ayarlanmış ve daha sonra her bir bakteri kültüründen eşit hacimlerde alınarak oluşturulan bakteri karışımından 1/100 oranında sıvı taşıyıcıya aktarılmış ve ardından 48 sa biyoreaktörde inkübasyona bırakılmıştır. Geliştirilen bakteri kültürleri 1/100 oranında musluk suyu ile seyreltilerek sera çalışmasında kullanılmıştır. Bakterilerde tutunmayı kolaylaştırmak amacı ile sıvı kültürlerin içerisine sukroz (0.01 g/ml) ilave edilmiş ve 1 aylık domates fidelerinin kökleri bu karışıma daldırılarak 15 dk bekletilmiştir. Ardından fideler seraya şaşırtılmıştır. Dikimden 20 gün sonra üstten ikinci uygulama yapılmış ve üstten yapılan bu uygulama 7 gün arayla 3 kez tekrar edilmiştir. Deneme, bölünmüş parseller deneme planına göre 2 parselde yürütülmüştür. Her parselde 3 sıra ve her sırada 21 bitki olmak üzere toplamda 1 parselde 63 bitki sıra arası 60 cm ve sıra üzeri 50 cm olacak şekilde dikilmiştir. Toplam 6 bakteri ve 1'de kontrol uygulaması her sırada 3 bitki ve toplamda her parselde 9 bitkiye olacak şekilde şansa bağlı olarak dağıtılmıştır. Parseller arasında bir sıra ve parsel kenarlarındaki bir sıra kenar tesiri olarak düşünülmüş ve bu bitkilere uygulama yapılmamış ve değerlendirmeye alınmamıştır.

Değerlendirilen parametreler

Uygulamaların bitki boyu (cm), bitkinin gelişme sürecindeki (32, 42, 72 ve 98. günde) çiçek sayısı (adet/bitki); meyve sayısı, meyve ağırlığı, meyve çapı ve meyve yüksekliği gibi bazı meyve gelişim parametreleri; bitkinin gelişme

sürecinde (42, 72, 87 ve 98. günde) çiçeklerin meyveye dönüşme hızına; bitkilerde yaş ve kuru kök ve gövde ağırlığına (gr/bitki), meyvede çatlama oranına (%), bitki sağlığı indeksine ve klorofil miktarı (SPAD) üzerine etkilerine bakılmıştır. Her bir uygulamanın test edildiği 18 bitkinin 40 gün sonra 3'er âdeti kökten sökülerek kök ve gövde yaş ağırlıkları tartılmıştır. Daha sonra bitki materyalleri 60 °C'ye ayarlanmış etüvde 48 sa kurutularak kök ve gövde kuru ağırlıkları ölçülmüştür. Klorofil metre yardımıyla (SPAD değeri) bitkilerde tepe noktasına yakın sağlam yapraklardan klorofil içeriği indeksi ölçümleri yapılmıştır. Bitki sağlık indeksi değerlendirmesinde ise mevcut deneme alanındaki bitkilerden en sağlıklı bitki ile en hastalıklı bitki arasında 1'den 5'e kadar bir skala değeri oluşturulmuştur. Bu bitkilerden resim alınarak bir skala oluşturulmuş ve her bir bitki sağlık açısından değerlendirilirken bu resimli skalaya göre puanlama yapılmıştır. Bu skalaya göre; 1: Bitkiler çok sağlıklı, 2: Bitkilerde %25 oranında pörsüme var, 3: Bitkilerde %50 oranında pörsüme var, 4: Bitkilerde %75 oranında pörsüme var, 5: Bitkiler tamamen ölmüştür (Şekil 1).



Şekil 1. Bitki sağlık indeksi skala değerlendirmesi
Figure 1. Plant health index scale evaluation

Sonuçların analiz edilmesi

Saksı çalışmalarından elde edilen sonuçlar SPSS (Statistical Package for Social Sciences, Version 9.0)'de analiz edilmiş, aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları hesaplanmıştır. Uygulamalar arasındaki farklılığın önem derecesini belirlemek için Duncan testi yapılmıştır (IBM, SPSS Version 20, Duncan, Anova, p=0.05).

Bulgular

Bakterilerin antifungal etkileri

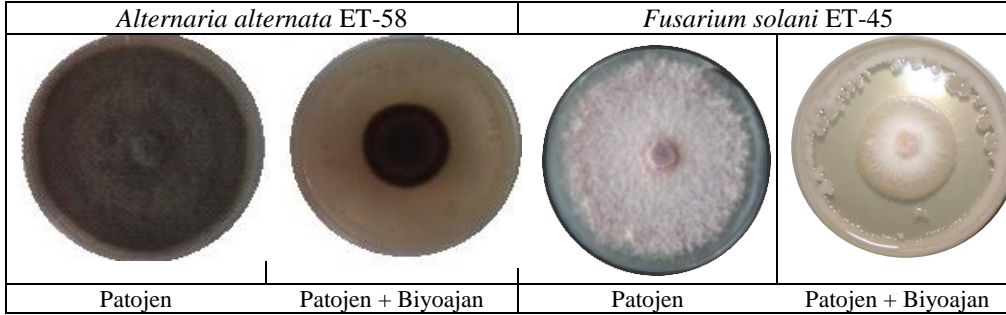
Petri denemelerinde test edilen toplam 6 bakteri izolatının patojen fungusların disk gelişimi üzerine etkilerini gösteren sonuçlar Çizelge 4'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre; test edilen tüm bakteriler *A. alternata*'nın gelişimini önemli ölçüde

engellerken, *F. solani*'ye karşı sadece dört bakteri etkili bulunmuştur. Kontrollerde fungal diskin gelişim çapı 85 mm olurken bu değer bakteri uygulamalarında *A. alternata* için 11 ile 30 mm arasında değişmiştir. *F. solani*'de ise bakteri uygulamalarında fungal diskin gelişim çapı 16 ile 37 mm arasında değişmiştir.

Çizelge 4. Bakteri strainlerinin bazı patojen funguslara karşı antifungal etkisi
Table 4. Antifungal effects of five bacterial strains against six pathogenic fungi

Patojen Funguslar	Fungal Diskin Büyüme Çapı (mm)						Kontrol
	TV-91C	RK-92	KBA-10	TV 34A	TV 87A	TV 60D	
<i>A. alternata</i> ET-58	20	16	27	11	29	30	85
<i>F. solani</i> ET-45	37	32	27	16	85	85	85
<i>S. sclerotiorum</i> ET-30	85	85	70	85	85	85	85
<i>P. debaryanum</i> PD-1	70	85	85	85	85	85	85
<i>P. digitatum</i> DP-2	23	46	85	85	85	85	85
<i>P. italicum</i> DP-3	37	55	85	85	85	85	85

B. megaterium TV-91C bakteri izolatının özellikle *A. alternata*, *F. solani*, *P. digitatum* ve *P. italicum* patojenlerine karşı fungal disk gelişiminde oldukça önemli derecede etkili olduğu görülmüştür. Bakteri izolatlarının tümü *A. alternata* üzerinde çok etkili bulunmuştur. Petri denemelerine ait bir görsel Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Bazı bakteri uygulamalarının Petri denemelerindeki antifungal aktiviteleri
Figure 2. Anti-fungal activities of some bacterial applications in Petri dish trials

Bakteri uygulamalarının bitki gelişimi üzerine etkileri

Uygulamaların bitki boyu üzerine etkileri Çizelge 5'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre; bazı bakteri uygulamalarının kontrole göre genelde boyda önemli artışlara sebep olduğu ve bu artışların birçoğunun da istatistiki olarak da önemli bulunduğu görülmüştür. 15. gündeki maksimum boy 29.72 cm ile *B. megaterium* TV-91C uygulamasından elde edilirken bunu 27.66 cm ile *B. megaterium* KBA-10 uygulaması ve 26.77 cm ile *P. agglomerans* RK-92 uygulaması takip etmiştir. 25. gündeki maksimum boy 52.11 cm ile *P. agglomerans* RK-92 uygulamasından elde edilirken bunu 50.50 cm ile *B. megaterium* KBA-10 uygulaması ve 49.00 cm ile *B. megaterium* TV-87A uygulaması takip etmiştir. 35. ve 52. gündeki maksimum boy

Bitki gelişimini teşvik eden bakterilerin domates yetiştiriciliğinde kullanımı

sırası ile 85.33 cm ve 122.50 cm ile yine *P. agglomerans* RK-92 uygulamasından elde edilmiştir. *B. megaterium* KBA-10 bakteri uygulamasında 52. gündeki bitki boyu ise 122.05 cm olmuştur. Bazı bakteri uygulamaları bitki boylarında bariz artışlara sebep olsa da bu artışların hiçbirisi kontrol uygulaması ile karşılaştırıldığında istatistiki olarak önemli bulunmamıştır.

Çizelge 5. Uygulamaların bitki boyu (cm) üzerine etkileri (Ort. ±SH)

Table 5. Effects of the applications of five bacterial strains on tomato plant height (cm) (Mean±SE)

Uygulamalar	Bitki Boyu (cm)			
	15. günde	25. günde	35. günde	52. günde
Kontrol	24.00±3.72 ^{ab}	47.50±7.32 ^{ab}	83.44±8.42 ^b	111.94±10.45
RK-92	26.77±6.49 ^{bc}	52.11±7.37 ^b	85.33±11.01 ^b	122.50±11.91
TV- 34A	21.88±8.13 ^a	46.44±6.21 ^a	74.94±8.69 ^a	111.11±9.32
TV- 91C	29.72±4.56 ^c	46.94±6.30 ^{ab}	79.27±6.21 ^{ab}	113.77±11.59
TV- 60D	22.77±3.84 ^a	45.61±5.72 ^a	83.55±6.74 ^b	110.38±27.78
TV- 87A	24.77±4.59 ^{ab}	49.00±7.52 ^{ab}	83.61±11.01 ^b	118.05±17.41
KBA-10	27.66±4.61 ^{bc}	50.50±10.80 ^{ab}	80.72±8.55 ^{ab}	122.05±21.64
Ortalama	25.37±5.83	48.30±7.62	81.55±9.23	115.69±17.23
F	4.959	1.766	2.907	1.658

Uygulamaların domates bitkisinde çiçek sayısı üzerine etkisini gösteren sonuçlar Çizelge 6'da verilmiştir. Bu sonuçlara göre; bütün bakteri uygulamalarında kontrole göre çiçek sayısında istatistiki olarak da önemli bulunan artış ya da azalışlar görülmüştür. 32, 42, 72 ve 98. gündeki maksimum çiçek sayıları sırası ile *B. megaterium* TV-87A, *B. megaterium* TV60-D, Kontrol ve *B. megaterium* KBA-10 uygulamasından elde edilmiştir. 98. günde yapılan değerlendirmede *B. megaterium* KBA-10 uygulaması hariç diğer bakteri uygulamalarındaki çiçek sayılarında bir miktar azalışlar görülmüştür. Kontroldeki çiçek sayısı 16.11 olurken *B. megaterium* KBA-10 uygulamasında bu değer 18.66 olarak sayılmış ancak aralarındaki fark istatistiki olarak önemli çıkmamıştır.

Çizelge 6. Uygulamaların çiçek sayısı üzerine etkileri (Ort. ±SH)

Table 6. Effects of the applications of five bacterial strains on the number of tomato flowers (Mean±SE)

Uygulamalar	Çiçek Sayıları (adet/bitki)			
	32. gün	42. gün	72. gün	98. gün
Kontrol	7.05±4.56 ^{b-d}	13.77±6.31 ^{ab}	15.94±9.19 ^b	16.11±9.76 ^{bc}
RK-92	7.83±3.03 ^{cd}	12.55±3.48 ^a	10.11±5.36 ^a	10.66±5.31 ^a
TV- 34A	5.38±2.78 ^{ab}	13.00±5.07 ^{ab}	10.72±5.21 ^a	9.16±4.24 ^a
TV- 91C	4.44±2.43 ^a	10.88±6.20 ^a	10.00±5.22 ^a	9.61±4.75 ^a
TV- 60D	6.27±3.08 ^{a-c}	16.61±6.86 ^b	8.55±4.76 ^a	12.22±7.25 ^{ab}
TV- 87A	9.11±3.32 ^d	13.00±2.93 ^{ab}	10.38±5.56 ^a	11.83±3.32 ^{ab}
KBA-10	6.88±2.74 ^{b-d}	11.72±5.28 ^a	9.94±5.45 ^a	18.66±10.00 ^c
Ortalama	6.71±3.43	13.07±5.48	1.80±6.24	12.61±7.43
F	4.163	2.089	2.803	4.758

Uygulamaların domates meyve sayısı, meyve ağırlığı, meyve çapı ve meyve yüksekliği üzerine etkisini gösteren sonuçlar Çizelge 7’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre; bakteri uygulamalarının değerlendirilen bazı meyve gelişim ve verim parametrelerinde bir miktar artış veya azalışlara sebep olduğu ve bu artış ve azalışların da kontrole göre istatistiki olarak önemli bulunduğu görülmüştür. Bitki başına meyve sayısında maksimum değer 34.00 adet meyve ile *B. megaterium* KBA-10 uygulamasından elde edilmiş olup kontrolde bu sayı 31,11 adet/bitki olmuştur. *B. megaterium* KBA-10 uygulaması bir miktar artışa sebep olmuş ancak bu artış istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. *B. megaterium* TV-91C uygulaması ortalama meyve ağırlığı, toplam meyve ağırlığı, meyve çapı ve meyve yüksekliğinde çok belirgin artışlara sebep olmuştur. Bu artışların tamamı kontrol ile kıyaslandığında istatistiki olarak önemli çıkmıştır. Kontrolde meyve ağırlığı 31.07 gr/meyve, bitkide meyve ağırlığı 966.58 gr/bitki, meyve çapı 1.30 cm/meyve ve meyve yüksekliği 1.13 cm/meyve iken *B. megaterium* TV-91C uygulamasında bu değerler sırası ile 123.93 gr/meyve, 1948.17 gr/bitki, 5.29 cm/meyve ve 2.34 cm/meyve olmuştur.

Çizelge 7. Uygulamaların bazı meyve gelişim parametreleri üzerine etkileri (Ort. \pm SH)
Table 7. Effects of the applications of five bacterial strains on some tomato fruit growth parameters (Mean \pm SE)

Uygulamalar	Meyve Sayısı (adet/bitki)	Meyve Ağırlığı (gr/meyve)	Meyve Ağırlığı (gr/bitki)	Meyve Çapı (cm/meyve)	Meyve Yüksekliği (cm/meyve)
Kontrol	31.11 \pm 10.08 ^{cd}	31.07 \pm 10.40 ^a	966.58	1.30 \pm 0.44 ^a	1.13 \pm 0.37 ^a
RK-92	26.05 \pm 5.17 ^{bc}	36.30 \pm 10.89 ^a	945.61	1.60 \pm 0.45 ^a	1.38 \pm 0.39 ^{ab}
TV 34-A	21.55 \pm 8.49 ^{ab}	75.60 \pm 47.82 ^b	1628.19	2.34 \pm 1.07 ^a	1.77 \pm 0.67 ^b
TV 91-C	15.72 \pm 4.41 ^a	123.93 \pm 67.63 ^c	1948.17	5.29 \pm 8.91 ^b	2.34 \pm 0.86 ^c
TV 60-D	28.38 \pm 11.76 ^{cd}	44.94 \pm 26.93 ^a	1275.39	1.71 \pm 0.81 ^a	1.46 \pm 0.61 ^{ab}
TV 87-A	27.11 \pm 8.20 ^{bc}	35.20 \pm 10.53 ^a	954.27	1.55 \pm 0.46 ^a	1.34 \pm 0.34 ^a
KBA-10	34.00 \pm 14.30 ^d	28.61 \pm 14.31 ^a	972.74	1.28 \pm 0.53 ^a	1.12 \pm 0.45 ^a
Ortalama	26.27 \pm 10.84	53.66 \pm 46.40		2.15 \pm 3.59	1.51 \pm 0.67
F	7.390	18.789		3.132	10.460

Uygulamaların domates çiçeklerinin meyveye dönüşme hızına etkisini gösteren sonuçlar Çizelge 8’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre; uygulamaların çiçeklerinin meyveye dönüşme hızında bir miktar artış veya azalışlara sebep olduğu bu artış ve azalışların da kontrole göre bazı bakteri uygulamalarında istatistiki olarak önemli çıktığı görülmüştür. Yapılan dört farklı zamandaki sayımlarda da çiçeklerin meyveye dönüşme hızında maksimum sonuç *B. megaterium* KBA-10 uygulamasından elde edilmiştir.

Uygulamaların bitkilerde yaş ve kuru kök ve yaş ve kuru gövde ağırlığına etkisini gösteren sonuçlar Çizelge 9’da verilmiştir. Bu sonuçlara göre; uygulamaların değerlendirilen parametrelerde bir miktar artış veya azalışlara sebep olduğu bu artış ve azalışların da kontrole göre bazı bakteri uygulamalarında istatistiki olarak önemli çıktığı görülmüştür. Yaş gövde ve kuru gövde ağırlığında maksimum değer kontrol uygulamasından elde edilirken; yaş kök ağırlığındaki

maksimum değer *B. megaterium* KBA-10 uygulamasından, kuru kök ağırlığındaki maksimum değer ise *B. megaterium* TV-60D uygulamasından elde edilmiştir. Ancak yaş ve kuru gövde ağırlığındaki bu artışlar kontrole göre istatistiki olarak önemli bulunmamıştır.

Çizelge 8. Uygulamaların çiçeklerin meyveye dönüşme hızına etkileri (Ort. ±SH)
Table 8. Effects of the application of five bacterial strains on the speed of tomato flowers turning into fruit (Mean±SE)

Uygulamalar	Meyveye Dönüşen Çiçek Sayıları (adet/bitki)			
	42. günde	72. günde	87. günde	98.günde
Kontrol	6.44±3.38 ^{a-c}	14.00±6.29 ^{bc}	15.50±6.80 ^{bc}	19.77±8.69 ^b
RK-92	8.00±2.32 ^{cd}	15.27±3.65 ^{bc}	13.44±3.64 ^{bc}	18.22±5.17 ^b
TV 34-A	5.61±2.14 ^{ab}	11.72±5.86 ^{ab}	12.16±5.53 ^{ab}	15.88±6.61 ^{ab}
TV 91-C	4.66±1.68 ^a	9.72±3.02 ^a	9.27±2.92 ^a	12.72±3.78 ^a
TV 60-D	7.11±2.72 ^{b-d}	13.66±4.39 ^{bc}	13.77±6.55 ^{bc}	18.05±7.18 ^b
TV 87-A	8.66±3.37 ^{de}	15.22±6.05 ^{bc}	15.00±5.37 ^{bc}	18.11±7.58 ^b
KBA-10	10.05±3.73 ^e	16.11±6.11 ^c	16.61±6.74 ^c	21.22±9.66 ^b
Ortalama	7.22±3.27	13.67±5.49	13.68±5.87	17.71±7.47
F	7.536	3.365	3.438	2.623

Uygulamaların meyvede çatlama oranı, bitki sağlığı ve klorofil üzerine etkilerini gösteren sonuçlar Çizelge 10'da verilmiştir. Bu sonuçlara göre; özellikle *B. megaterium* KBA-10 uygulaması meyvede çatlama oranında ciddi bir azalmaya, genel hastalık şiddetinde ciddi bir azalmaya ve bitkideki klorofil oranında da ciddi bir artışa sebep olduğu görülmüştür.

Çizelge 9. Uygulamaların bitkilerde yaş ve kuru kök ve gövde ağırlığına (gr/bitki) etkileri (Ort. ±SH)
Table 9. Effects of the applications of five bacterial strains on the wet and dry root and stem weights of tomato plants (Mean±SE)

Uygulamalar	Yaş Gövde	Yaş Kök	Kuru Gövde	Kuru Kök
	Ağırlığı	Ağırlığı	Ağırlığı	Ağırlığı
Kontrol	472.22±208.08 ^b	123.33±49.58 ^{bc}	244.22±100.72 ^b	22.27±10.91 ^{ab}
RK-92	366.66±128.33 ^{ab}	101.11±49.45 ^{ab}	185.11±56.10 ^a	19.18±11.86 ^{ab}
TV 34-A	394.44±93.75 ^{ab}	103.88±37.43 ^{ab}	196.16±56.69 ^{ab}	19.00±10.04 ^{ab}
TV 91-C	350.00±98.51 ^a	81.66±20.07 ^a	185.66±56.52 ^a	15.78±5.64 ^a
TV 60-D	433.33±171.49 ^{ab}	117.22±46.50 ^{bc}	206.33±67.95 ^{ab}	24.05±10.82 ^b
TV 87-A	388.88±145.07 ^{ab}	103.33±24.97 ^{ab}	211.94±78.42 ^{ab}	21.36±7.17 ^{ab}
KBA-10	455.55±175.64 ^{ab}	143.33±69.28 ^c	226.94±87.37 ^{ab}	23.66±13.57 ^b
Ortalama	408.73±153.37	110.55±47.70	208.05±74.78	20.75±10.43
F	1.664	3.382	1.572	1.471

Tartışma

Domates Dünyada olduğu gibi Türkiye'de de üretimi yapılan ve ihracatımızda önemli bir yeri olan bitkisel ürünlerimizdendir. Erzurum'un Uzundere İlçesi de

Doğu Anadolu ile Karadeniz Bölgesi arasındaki geçiş güzergâhında yer alan mikroklima alanlarından birisi olup son yıllarda artan seracılık faaliyetleri ile domates yetiştiriciliği pek çok aile işletmesinin geçim kaynağı haline gelmiştir. Yoğun tarım yapılan alanlarda yıllardır aşırı ve bilinçsizce kullanılan kimyasal gübreler ve tarım ilaçları sağlık ve çevreye olan olumsuz etkilerinin yanısıra sürdürülebilir tarım açısından da önemli tehditlerden birisi haline gelmiştir. Dünya nüfusundaki hızlı artışa paralel olarak kuraklık, iklim değişiklikleri ve küresel ısınma sonucunda gıda ihtiyacı gitgide artmakta fakat sağlıklı gıdaya ulaşmak ise bir o kadar zorlaşmaktadır. İşte bu yüzden son yıllarda mevcut bitki besleme ve bitki koruma stratejisinde önemli bir değişikliğe gidilmektedir. Kimyasal gübre ve pestisit uygulamalarından çok daha etkili, insan ve hayvan sağlığını tehdit etmeyen, doğal düşmanlara ve çevreye zararı olmayan, toprak yapısını bozmayan aksine düzelteren, tarımsal ürünlerde verim ve kaliteyi artıran doğal ve biyolojik çözümler üzerinde durulmaktadır. Bu çözümlerin önemli bir parçasını faydalı bakterilerin tarımda kullanımı oluşturmaktadır (Kotan, 2020).

Çizelge 10. Uygulamaların meyvede çatlama oranı (%), bitki sağlığı indeksi ve klorofil üzerine etkileri (Ort. ±SH)

Table 10. The effects of the application of five bacterial strains on the tomato fruit cracking rate (%), phytosanitary index and chlorophyll content of leaves (Mean±SE)

Uygulamalar	Çatlama Oranı (%)	Bitki Sağlığı İndeksi	Klorofil (SPAD)
Kontrol	47.02±20.62 ^b	3.29±0.93 ^d	44.78±3.17 ^{bc}
RK-92	36.22±25.16 ^{ab}	2.79±0.75 ^{cd}	42.50±2.31 ^a
TV 34-A	45.45±21.68 ^b	2.29±0.77 ^{a-c}	46.24±3.21 ^c
TV 91-C	37.92±19.16 ^b	2.51±1.14 ^{bc}	42.77±1.87 ^a
TV 60-D	44.26±16.75 ^b	2.41±0.87 ^{bc}	44.02±1.17 ^{ab}
TV 87-A	31.67±25.18 ^{ab}	2.15±0.75 ^{ab}	44.81±2.98 ^{bc}
KBA-10	22.42±14.68 ^a	1.72±0.65 ^a	46.57±3.47 ^c
Ortalama	37.92±21.86	2.45±0.95	44.53±3.02
F	3.194	6.026	5.982

Bu bakterilerin bitkilerin kök bölgesine veya toprak üstü aksamına uygulamalarının azot fiksasyonu, hormon üretimi, aminoasit üretimi, organik asit üretimi, fosfat ve kalsiyumu çözebilme, siderofor üretimi gibi etki mekanizmaları ile bitkilerin gelişimine önemli katkılar sundukları; antibiyosis, hiperparazitik etki, rekabetik etki ve bitkideki sistemik dayanıklılık mekanizmasının uyarılması ile de hastalık, zararlı ve stres koşullarına karşı bitkiyi koruyabildikleri ile ilgili ülkemizde de çok sayıda çalışma vardır (Kotan, 1998; Kotan, 2002; Yıldız et al. 2007; Mirik et al. 2008; Karagöz, 2009; Kotan et al. 2009; Tan et al. 2012; Karagöz et al. 2014; Aktaş, 2015; Mohammadi, 2018; Karagöz et al. 2019; Kaymak et al. 2020; Kotan, 2020; Kotan et al. 2021). Bu konudaki çalışmaların uygulamaya aktarılması noktasındaki çabalar Dünyada olduğu gibi Türkiye’de de özellikle son on yılda artmıştır. Bu faydalı organizmaların mikrobiyal gübre, toprak

düzenleyici veya biyopestisit olarak tarımda kullanımı giderek yaygınlaşmakta, patentler ve tesciller alınarak piyasaya sürülmektedir (Kotan, 2020).

Mikrobiyal gübre veya toprak düzenleyici olarak kullanılan mikrobiyal ürünlerin bitki beslemedeki katkıları vasıtasıyla verim ve kalitede önemli artışlara sebep olmalarının yanısıra bitki sağlığı açısından katkılarının da gözden kaçırılmaması gerekmektedir. Yapılan bu çalışmada ile de kullanılan bakteri uygulamalarının hem bitki gelişim parametreleri, hem verim hem de doğal patojen inokulasyonlarına karşı bitki sağlığı açısından etkileri araştırılmıştır. Toplam 6 yerli bakteri izolatu sera koşullarında domates bitkisinin kök bölgesine ve toprak üstüne uygulanmıştır. Uygulamaların domates bitkisinde bitki boyu, çiçek sayısı; meyve sayısı, meyve ağırlığı, meyve çapı, meyve yüksekliği, çiçeklerin meyveye dönüşme hızı, yaş ve kuru kök ve gövde ağırlığı, meyvede çatlama oranı, bitki sağlık indeksi ve klorofil miktarı (SPAD) gibi parametrelerde istatistikî olarak da önemli bulunan artışlara sebep olduğu görülmüştür. Öne çıkan bakteri izolatları arasında *B. megaterium* KBA-10, *P. agglomerans* RK-92 ve *B. megaterium* TV-91C yer almaktadır. Özellikle *B. megaterium* KBA-10 uygulamasının meyvede çatlama oranında ve doğal enfeksiyonlara karşı bitkilerde oluşan hastalık şiddetinde ciddi bir azalmaya da sebep olduğu tespit edilmiştir.

Bu bakteri izolatlarının; bitki gelişim ve verim parametreleri, yapay veya doğal patojen inokulasyonlarına karşı bitkileri koruyabilme potansiyelleri açısından olumlu sonuçların alındığı değişik bitkilerde yürütülmüş çok sayıda araştırmalar da mevcuttur (Karagöz & Kotan, 2010; Karakurt et al. 2010; Gökçe & Kotan, 2016; Ekinci et al. 2014; Ekinci et al. 2015; Karagöz et al. 2017). Aynı bakteri uygulamalarının değişik bitki gruplarında, farklı lokasyonlarda benzer olumlu etkilerinin görülmesi bu bakteri izolatlarının oldukça geniş spektrumlu olduklarını göstermesi, tarımda hem bitki besleme hem de bitki koruma açısından önemli bir potansiyel oluşturması açısından çok büyük önem arz etmektedir.

Karagöz & Kotan (2010) *B. megaterium* KBA-10 izolatının sera koşullarında saksıda hem *Xanthomonas axonopodis* pv. *vitians*'in sebep olduğu marul yaprak lekesi hastalığının hastalık şiddetini önemli oranda azalttığını hem de bitki gelişim parametrelerinde önemli artışlara sebep olduğunu belirtmişlerdir. Karakurt et al. (2010) *B. megaterium* KBA-10 uygulamasının şekerpare kayısı çöğürlerinde sürgün boyu gelişiminde önemli derecede etki ettiğini göstermişlerdir. Gökçe & Kotan (2016) *P. agglomerans* RK-92, *B. megaterium* TV-87A, *B. megaterium* KBA-10 ve *B. megaterium* TV-91C bakteri uygulamalarının buğdayda hem kök çürüklüğüne neden olan *Bipolaris sorokiniana*'nın kontrolünde önemli derecede rol oynadığını hem de bitki gelişim parametrelerinde de önemli artışlara sebep olduğunu belirtmişlerdir. Karagöz et al. (2017) *B. megaterium* KBA-10, *P. agglomerans* RK-92 ve *B. megaterium* TV-91C izolatlarının arazi koşullarında doğal inokulasyon kaynaklı patatestte uyuz hastalığının yumrularda oluşturduğu hastalık şiddeti üzerinde sırası ile %29, %20 ve %15 oranında etkili olduğunu bildirmişlerdir. Ekinci et al. (2015) yaptıkları bir araştırmada; bitki gelişimini teşvik eden rizobakterilerin brokoli fidelerine yapılan uygulamalarında mineral

madde, aminoasit, organik asit ve hormon içeriklerini etkileyerek fide gelişimi ve kalitesini olumlu etkilediğini bildirmişlerdir. Bunun yanında bitkideki hormon düzeylerinde en yüksek giberallik asit, salisilik asit ve absisik asit (ABA) içeriği *P. agglomerans* RK-92 uygulamasından elde edilmiştir. Bir diğer çalışmada ise *B. megaterium* KBA-10 ve *P. agglomerans* RK-92 bakteri izolatlarının karnabaharda yine giberallik asit, salisilik asit ve indol asetik asit düzeylerinde % 23 ile % 64 arasında değişen artışlara sebep olduğu tespit edilmiştir (Ekinci et al. 2014).

Bu çalışmada bazı bakteri uygulamalarının bitki gelişim parametrelerindeki artışlara sebep olmasının temelinde azot fiksasyonu ve fosfatı çözebilme özelliklerine sebep olmalarının yanı sıra hormon, amino asit ve organik asit üretme özelliklerinin de dikkate alınması gerektiği düşünülmektedir. Daha önce yürütülen ve yukarıda özetlenen çalışmaların sonuçları da bu çalışma sonuçlarını destekler niteliktedir. *P. agglomerans* RK-92, *B. megaterium* TV-87A, *B. megaterium* KBA-10 ve *B. megaterium* TV-91C bakteri izolatları bu çalışmada geniş spektrumlu özellikleri bakımından hem bitki gelişimine önemli katkı sunmaları hem bitki sağlığı açısından olumlu katkılarının olması bakımından önemlidir.

Özellikle domateste meyve çatlamaları en çok görülen fizyolojik sorunların başında gelmektedir ve yüksek miktarda verim kaybına neden olmaktadır. Bu çatlamaların nedenleri arasında bazı çeşitlerin çatlamaya karşı daha hassas olması, geç hasat sonucu meyvelerin irileşmesi, düzensiz sulama, kabuktaki fiziksel yaralanmalar, olumsuz iklim koşulları ve özellikle de yetersiz potasyum, fosfor ve kalsiyum noksanlığı gelmektedir. Yapılan bu çalışmada özellikle *B. megaterium* KBA-10 straini uygulamasında meyvedeki çatlama oranında çok ciddi bir azalma olduğu gözlenmiştir. Deneme alanındaki toprakta toplam fosforun çok fazla olması, *B. megaterium* KBA-10 straininin kuvvetli derecede fosfatı çözmesinin toprakta alınabilir fosfor oranında önemli katkılarının olması ile ilişkilendirilebileceği düşünülmektedir.

Suda ve toprakta çözünemeyen formdaki demir bütün canlılar için çok önemli bir büyüme elemanıdır (Idris et al. 2007). Demirin eksik olduğu şartlarda birçok organizma demir içeren ve demirin taşınmasında görevli olan, büyüme ve çimlenmede etkili, antibiyotik etki gösteren sideroforları üretmektedir. PGPR'lar tarafından üretilen bu sideroforlar bitkide klorofil oluşumunda da önemli rol oynamaktadırlar (Kotan et al. 2021). Yürütülen bu çalışmada kullanılan bitki gelişimini teşvik eden bakteri uygulamalarının bitkideki klorofil oluşumuna etkisine bakıldığında özellikle *B. megaterium* KBA-10 straininin siderofor üretme potansiyeliyle klorofil oranında ciddi bir artışa neden olduğu gözlenmiştir. Benzer bir çalışmada Deng et al. (2013) *Paenibacillus polymyxa* bakteri izolatının domates bitkilerinde klorofil oranında önemli artışlara sebep olduğunu bildirerek bununda bakterilerin siderofor üretme kapasiteleriyle ilişkili olduğunu rapor etmişlerdir. Yine Aktaş (2015), gövde (öz) nekrozu hastalığına karşı biyoajan bakterileri kullanarak sera şartlarında hastalığın kontrolü, bitkideki klorofil miktarı ve bazı bitki gelişim parametrelerine bakmış ve bu çalışmaya benzer olarak kullandığı bakterilerin çoğunun bitkideki gelişimi ve klorofil miktarını artırdığını bildirmiştir.

Bakterilerin son yıllarda tarımda kullanım alanlarından bir diğeri ise toprak düzenleyici olmalarının yanı sıra topraktaki toksik kimyasalların bakteriler tarafından parçalanmasıdır. *P. agglomerans* RK-92 ve *B. megaterium* KBA-10 izolatları bitki besleme ve bitki koruma açısından daha önce yürütülen birçok çalışmada ve bu çalışmada da etkili izolatlar olarak belirlendiği görülmektedir. Karagöz et al. (2016) yaptıkları bir çalışmada; *P. agglomerans* RK-92 ve *B. megaterium* KBA-10 bakteri uygulamalarının organochlorine pestisitlerden α -HCH, Hexaclorobenzene, γ -HCH, Heptaclor, Aldrin, α -Endosulfan, Dieldrin ve o'p DDD'de yapılan *in vitro* testlerde bu pestisitlerin parçalanmasında önemli rol oynadıklarını tespit etmişlerdir. Yoğun kimyasal kullanımının olduğu domates yetiştiriciliğinin yapıldığı alanlarda topraktaki toksik kimyasal madde birikimi kaçınılmaz olup bunların başında da bitki koruma ilaçları aktif maddeleri gelmektedir. Bu yüzden *P. agglomerans* RK-92 ve *B. megaterium* KBA-10 bakteri uygulamalarının topraktaki toksik kimyasalların temizlenmesi açısından ayrı bir önem kazandığı düşünülmektedir.

Türkiye'de fungal hastalıkların domates üretimini sınırlandıran fitopatolojik sorunların başında geldiği ve fungal patojenlerin özellikle de yüksek nemin olduğu durumlarda domates verim ve kalitesinde önemli düşüslere sebep olabileceğini belirten pek çok çalışma vardır (Delen et al. 1991; Eken & Demirci, 1998; Yanar et al. 2002; Can et al. 2004; Ozan & Maden, 2004; Ozan & Maden, 2005; Ozan & Aşkın, 2006; Çolak & Biçici, 2013). Domates bitkisinde görülen en önemli fungal hastalıklardan birisinin erken yaprak yanıklığı olduğu ve bu hastalığın özellikle yüksek nemin olduğu dönemlerde yaygınlaştı ve domates üretimini tehdit eder boyutlara geldiği bilinmektedir. Bu çalışmanın yapıldığı Uzundere İlçesinde de fungal hastalıkların zaman zaman sorun olduğu bilinmekte olup yapılan uygulamaların yapraktaki fungal patojenlerin gelişmesini baskılayarak bitki sağlık indeksinde önemli artışlara sebep olmasının oldukça önemli olduğu değerlendirilmektedir. PGPR uygulamalarının domateste bakteriyel hastalıklara karşı da başarıyla kullanılabilceğini gösteren çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Kotan, 1998; Aysan & Çınar, 2002; Aysan et al. 2003; Çetinkaya-Yıldız, 2007; Baysal et al. 2008; Akat & Özaktan, 2011; Aktaş, 2015). Bu çalışmada etkili bulunan bakterilerin fungal patojenlerin yanı sıra bakteriyel patojenlerin gelişimini de sınırlandıracakları, sistemik dayanıklılık mekanizması ile virüs hastalıklarının kontrolüne de katkılar sunacakları hatta stres koşullarına karşı da bitkilerin dayanımını artıracakları düşünülmektedir.

Sonuç olarak; bu çalışma kullanılan bakteri formülasyonlarından bitki gelişim parametreleri açısından *P. agglomerans* RK-92 ve *B. megaterium* TV-91C; genel hastalık kontrolü açısından ise *B. megaterium* KBA-10 uygulamalarının domates yetiştiriciliğinde kullanılabilceğini düşündürmektedir. İleride yapılacak çalışmalarda; raf ömrü uzun ikili ya da üçlü kombinasyonlar ile serada ve arazide yapılacak çalışmalarda hem mikrobiyal gübre özelliğine hem de biyopestisit özelliğine sahip ticari bir biyofarmülasyonun geliştirilebileceği düşünülmektedir.

Kaynaklar

- Agrios G.N., 1997. Plant Pathology. Department of Plant Pathology. University of Florida, Academic Press, 635 p, Florida, USA.
- Akad S. & H. Özaktan, 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.
- Aktaş S., 2015. Domates öz nekrozuna neden olan etmenlere karşı PGPR ve biyoajan bakterileri kullanılarak kontrollü koşullarda biyolojik mücadele imkanlarının araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 73 s.
- Anonymous 2018. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), <http://www.faostat.fao.org/site/339/default.aspx> (Erişim Tarihi: 18.07.2019).
- Aslantaş R., R. Çakmakçı & F. Şahin, 2007. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on young apple tree growth and fruit yield under orchard conditions. *Scientia Horticulturae*, 111 (4): 371-377.
- Aysan Y. & Ö. Çınar, 2002. Tohum kökenli *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*'ya karşı antagonistlerin etkisi. Türkiye 5. Biyolojik Mücadele Kongresi Bildirileri, 5-7 Eylül 2002, Erzurum, 409-416.
- Aysan Y., A. Karatas & O. Cinar, 2003. Biological control of bacterial stem rot caused by *Erwinia chrysanthemi* on tomato. *Crop Protection*, 22 (6): 807-811.
- Baysal, O., M. Caliskan & O. Yesilova, 2008. An inhibitory effect of a new *Bacillus subtilis* strain (EU07) against *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 73 (1-3): 25-32.
- Can C., S. Yucel, N. Korolev & T. Katan, 2004. First report of fusarium crown and root rot of tomato caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* in Turkey. *Bitki Patolojisi*, 53 (6): 814.
- Canbolat M., S. Bilen, R. Çakmakçı, F. Şahin & A. Aydın, 2006. Effect of plant growth promoting rhizobacteria and soil compaction on barley seedling growth, nutrient uptake, soil properties and rhizosphere microflora. *Biology and Fertility of Soils*, 42 (4): 350-357.
- Certel M., M. Sarıca & V. Eser, 2003. Tarım ve Gıda Paneli Son Rapor. Vizyon 2023 Bilim ve Teknoloji Öngörüsü Projesi, Tarım-Gıda Paneli, Ankara. 57 s.
- Çetinkaya-Yıldız R., 2007. Domates bakteriyel solgunluk hastalığı etmeni (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (Smith) Davis et. al.)'nın tanılanması ve bitki büyümeyi düzenleyici Rizobakteriler ile biyolojik mücadele olanaklarının araştırılması. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 173 s.
- Çolak A. & M. Biçici, 2013. Türkiye'nin Doğu Akdeniz Bölgesi örtü altı domates yetiştiriciliğinde *Fusarium* kök ve kök boğazı çürüklüğü hastalığının entegre mücadelesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 19 : 89-100.
- Delen N., M. Yıldız & F. Yıldız, 1991. Türkiye'de sera domateslerinde kök hastalıkları etmenlerinin saptanmasına yönelik çalışmalar. VI. Türkiye Fitopatoloji Kongresi, 7-11 Ekim 1991, İzmir, 183-186.
- Deng X., E.H. Cao, C.Y. Wu, J.K. Liu & Q.F. Li, 2013. Study on the effects of 8 strains on growth promotion and disease resistance of tomato (*Solanum lycopersicum*). *Advanced Materials Research*, 807-809: 1042-1045.
- Dobbelaere S., J. Vanderleyden & Y. Okon, 2003. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 22 (2): 107-149.

- Egamberdiyeva D., 2005. Plant-growth-promoting rhizobacteria isolated from a Calcisol in a semi-arid region of Uzbekistan: Biochemical characterization and effectiveness. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168 (1): 94-99.
- Eken C. & E. Demirci, 1998. Yusufeli (Artvin) ve Uzundere (Erzurum) ilçelerinde seralarda yetiştirilen domates ve hıyarlarda görülen fungal etmenler. II. Sebze Tarımı Sempozyumu, 28-30 Eylül 1998, Tokat. 325-329.
- Ekinci M., M. Turan, E. Yıldırım, A. Güneş, R. Kotan & A. Dursun, 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., E. Yıldırım & R. Kotan, 2015. Effects of different plant growth promoting rhizobacteria on growth and quality of broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) seedling. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28 (2): 53-59.
- Glick B.R., D.M. Karaturovic & P.C. Newell, 1995. A novel procedure for rapid isolation of plant growth promoting Pseudomonads. *Canadian Journal of Microbiology*, 41 (6): 533-536.
- Gökçe A.Y. & R. Kotan, 2016. Buğday kök çürüklüğüne neden olan *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.)'ya karşı PGPR ve biyoajan bakterileri kullanılarak kontrollü koşullarda biyolojik mücadele imkânlarının araştırılması. *Bitki Koruma Bülteni*, 56 (1): 49-75.
- Idris E.E., D.J. Iglesias, M. Talon & R. Borriss, 2007. Tryptophan-dependent production of indole-3-acetic acid (IAA) affects level of plant growth promotion by *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42. *Molecular Plant-Microbe Interaction*, 20 (6): 619- 626.
- Joo G.J., Y.M. Kim, J.T. Kim, I.K. Rhee, J.H. Kim & I.J. Lee, 2005. Gibberellins-producing rhizobacteria increase endogenous gibberellins content and promote growth of red peppers. *The Journal of Microbiology*, 43 (6): 510-515.
- Karaca İ., & H. Saygılı, 1982. Batı Anadolu'nun bazı illerinde domates ve biberde görülen bakteriyel hastalıkların oranı, etmenleri, belirtileri ve konukçu çeşitlerinin duyarlılığı üzerine araştırmalar. III. Türkiye Fitopatoloji Kongresi, 12-15 Ekim 1982, Adana. 182-192.
- Karagöz F.P., A. Dursun, N. Tekiner, R. Kul & R. Kotan, 2019. Efficacy of vermicompost and/or plant growth promoting bacteria on the plant growth and development in gladiolus. *Ornamental Horticulture*, 25 (2): 280-286.
- Karagöz K. & R. Kotan, 2017. Identification and characterization of some *Streptomyces* species isolated from symptomatic potatoes in Erzurum province of Turkey. *Eastern Anatolian Journal of Science*, 3 (1): 27-37.
- Karagöz K. & R. Kotan, 2010. Bitki gelişimini teşvik eden bazı bakterilerin marulun gelişimi ve bakteriyel yaprak lekesi hastalığı üzerine etkileri. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 1 (2): 165-179.
- Karagöz K., 2009. Bazı PGPR bakterilerin marulun gelişimi ve marul yaprak leke hastalığı üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 95 s.
- Karagöz K., F. Dadaşoğlu & R. Kotan, 2016. Effect of some plant growth promoting and bioagent bacteria on degradation of organochlorine pesticides. *Fresenius Environmental Bulletin*. 25 (5): 1348-1353.
- Karagöz K., F. Dadaşoğlu, P. Mohammadi & R. Kotan, 2014. Patates uyuzu hastalığına sebep olan *Streptomyces scabies*'in antagonistik bakterilerle kontrolü. Türkiye V. Bitki Koruma Kongresi, 3-5 Şubat 2014, Antalya. 186.

- Karakurt H., R. Kotan, R. Aslantaş, F. Dadaşoğlu, K. Karagöz & F. Şahin, 2010. Bitki büyümesini teşvik eden bazı bakteri strainlerinin 'Şekerpare' kayısı çöğürlerinin bitki gelişimi üzerine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 41 (1), 7-12.
- Kaymak H.Ç., A. Aksoy & R. Kotan, 2020. Inoculation with N₂-fixing plant growth promoting Rhizobacteria to reduce nitrogen fertilizer requirement of lettuce. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 19 (5): 23-35.
- Kotan R. & F. Sahin, 2006. Biological control of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* and nutritional similarity in carbon source utilization of pathogen and its potential biocontrol agents. *Journal of Turkish Phytopathology*, 35 (1-3): 1-13.
- Kotan R., 1998. Biber ve domatesteki bakteriyel leke hastalığı (*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* (Doidge) Dye.)'nın biyolojik ve kimyasal kontrolü. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 47 s.
- Kotan R., 2002. Doğu Anadolu Bölgesi'nde yetiştirilen yumuşak çekirdekli meyve ağaçlarından izole edilen patojen ve saprofitik bakteriyel organizmaların klasik ve moleküler metotlar ile tanısı ve biyolojik mücadele imkânlarının araştırılması. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 217 s.
- Kotan R., 2014. Faydalı bakterilerin tarımda kullanımı. *Harman Time*, 11: 44-48.
- Kotan R., 2020. Tarımda Biyolojik Çözümler. Harman Yayıncılık, İstanbul, ISBN: 978-605-68060-4-9. 158 s.
- Kotan R., F. Sahin, E. Demirci & C. Eken, 2009. Biological control of the potato dry rot caused by *Fusarium* species using PGPR strains. *Biological Control*, 50 (2), 194-198.
- Kotan R., E. Tozlu, A. Güneş & F. Dadaşoğlu, 2021. Investigation of possibilities of using *Bacillus subtilis* microbial fertilizer in apple sapling growing. *Atatürk University Journal of Agricultural Faculty*, 52 (1): 46-55.
- Mirik M., Y. Aysan & O. Cinar, 2008. Biological control of bacterial spot disease of pepper with *Bacillus* Strains. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32: 369-379.
- Mohammadi P., 2018. Domates bakteriyel solgunluk ve kanser hastalığı etmeni (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (Smith) Davis *et al.*)'nin biyoajan kullanılarak mücadele imkanlarının araştırılması. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 125 s.
- Mohammadi P., E. Tozlu, R. Kotan, & M.Ş. Kotan, 2017. Potential of some bacteria for biological control of postharvest citrus green mould caused by *Penicillium digitatum*. *Plant Protection Science*, 53 (3): 134-143.
- Ozan S. & A. Aşkın, 2006. Orta Anadolu Bölgesi örtü altı sebze alanlarında görülen fungal hastalıklar üzerine çalışmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 46 (1-4): 65-75.
- Ozan S. & S. Maden, 2004. Ankara ili domates ekiliş alanlarında solgunluk ve kök ve kökboğazı çürüklüğüne neden olan fungal hastalık etmenleri. *Bitki Koruma Bülteni*, 44 (1-4): 105-120.
- Ozan S. & S. Maden, 2005. Ankara ili domates ekiliş alanlarında yapraklarda hastalık oluşturan fungal etmenler, yaygınlıkları ve çıkış zamanları. *Bitki Koruma Bülteni*, 45 (1-4): 45-54.
- Scortichini M., 1992. Consideration on the appearance of *Pseudomonas corrugata* as a new plant pathogen. Plant Pathogenic Bacteria, Versailles (France), June 9-12, Ed: INRA Paris 1994 (Les Colloques, no: 66), 149- 154.
- Seniz V., 1992. Domates, Biber ve Patlıcan Yetistirciliği. Tarımsal Araştırmaları Destekleme ve Geliştirme Vakfı. Yayın No:26, Yalova. 174 s.

- Tan S.Y., Y. Jiang, S. Song, J.F. Huang, N. Ling, Y.C. Xu & Q.R. Shen, 2012. Two *Bacillus amyloliquefaciens* strains isolated using the competitive tomato root enrichment method and their effects on suppressing *Ralstonia solanacearum* and promoting tomato plant growth. *Crop Protection*, 43: 134-140.
- Tekiner N., E. Tozlu & R. Kotan, 2019. Domateste *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl'nın bazı bakteriler ile biyolojik mücadelesi, *Bitki Koruma Bülteni*, 59 (4): 57-68.
- Tiryaki O., R. Canhilal & S. Horuz, 2010. Tarım ilaçları kullanımı ve riskleri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26 (2): 154-169.
- Tozlu E., P. Mohammadi, M.S. Kotan, H. Nadaroglu & R. Kotan, 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., N. Tekiner, R. Kotan & E. Örtücü, 2018. Investigation on the biological control of *Alternaria alternata*. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 88 (8): 1241-1247.
- Turan M., M. Ekinçi, E. Yildirim, A. Güneş, K. Karagöz, R. Kotan & A. Dursun, 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.
- Yanar Y., M. Sırma & İ. Kadioğlu, 2002. Tokat Yöresinde Domates Üretim Alanlarında Sorun Olan Fungal Etmenlerin Belirlenmesi. *Gazi Osman Paşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (1): 5-8.
- Yıldız F., M. Yıldız, N. Delen & A. Coşkuntuna, 2007. The effects of biological and chemical treatment on gray mold disease in tomatoes grown under greenhouse conditions. *Turkish Journal of Agriculture Forestry*, 31: 319-325.