

Adana ve Osmaniye illerinde yetiştirilen mısır bitkilerinde bakteriyel gövde çürüklüğü hastalığının saptanması ve biyolojik mücadele olanaklarının araştırılması

Detection of bacterial stem rot disease in maize plants grown in Adana and Osmaniye provinces and investigation of biological control possibilities

Mizgin KESER¹, Raziye ÇETİNKAYA YILDIZ², Yeşim AYSAN¹

¹Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Adana, Türkiye.

²Biyolojik Mücadele Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Adana, Türkiye.

| ARTICLE INFO | ÖZET |
|---|---|
| <p>Article history: Recieved / Geliş: 24.07.2023 Accepted / Kabul: 13.09.2023</p> <p>Anahtar Kelimeler: <i>Dickeya zea</i> İzolasyon Toprak Sulama Suyu Biyolojik mücadele</p> <p>Keywords: <i>Dickeya zea</i> Isolation Soil Irrigation water Biological control</p> <p>✉Corresponding author/Sorumlu yazar: Yeşim AYSAN aysanys@gmail.com</p> | <p>Mısır bitkisinde bakteriyel gövde çürüklüğü hastalığı etmeni <i>Dickeya zea</i> yapraklarda sararma, kahverengileşme, gövdede yumuşama, nekroz ve kötü koku gibi hastalık belirtilerine neden olmaktadır. Bu çalışmada mısır Bakteriyel Gövde Çürüklüğü hastalığının Adana ve Osmaniye illerinde yaygınlığı ve biyolojik mücadele olanakları araştırılmıştır. Ceyhan, Kozan ve Kadirli ilçelerinde yapılan surveylerde hastalığın yaygınlık oranı %8, %9 ve %40 olarak tespit edilmiştir. Hastalığın görüldüğü tarlalarda, hastalığın bulunuş oranının %8-15 aralığında olduğu saptanmıştır. Hasta bitkilerden izole edilen bakteri izolatları geleneksel yöntemler, MALDI TOF MS ve PCR testleri kullanılarak <i>Dickeya sp.</i> olarak tanılanmıştır. Patojenin varlığı toprakta tespit edilemezken, sulama suyunda bulunduğu saptanmıştır. Patojenin sulama suyuyla sağlıklı tarlalara bulaşma riskinin olduğu bu çalışmayla ortaya konmuştur. Hastalığın biyolojik mücadelesinde 332 adet aday antagonist bakteri izolatu kullanılmış, 84 adet antagonist bakteri izolatının <i>Dickeya sp.</i>'ye karşı antibakteriyel etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Patates dilimlerinde yapılan yarı <i>in vivo</i> denemelerde 84 izolatin altısı pozitif kontrolden daha az çürüme oluşturmuştur. İki antagonist izolat (X77 ve OG/1-12 kodlu) çürümeyi sırasıyla %56 ve %27 oranında baskılamıştır. Bu antagonistlerin MALDI TOF MS analizi ile <i>Bacillus</i> cinsine ait türler olduğu belirlenmiştir. Kimyasal mücadelesi olmayan hastalık ile mücadelede etkili bölgesel antagonistin saptanması biyolojik mücadele açısından ümitvar bir sonuçtur.</p> |
| <p>Makale Uluslararası Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 Lisansı kapsamında yayınlanmaktadır. Bu, orijinal makaleye uygun şekilde atıf yapılması şartıyla, eserin herhangi bir ortam veya formatta kopyalanmasını ve dağıtılmasını sağlar. Ancak, eserler ticari amaçlar için kullanılamaz. © Copyright 2022 by Mustafa Kemal University. Available on-line at https://dergipark.org.tr/pub/mkutbd</p> <p>This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.</p> <p> </p> | <p>ABSTRACT</p> <p><i>Dickeya zea</i>, the causal agent of bacterial stem rot disease in maize plant, causes disease symptoms such as yellowing and browning of the leaves, softening of the stem, necrosis and bad odour. In this study, the prevalence and biological control possibilities of maize Bacterial Stem Rot disease in Adana and Osmaniye provinces were investigated. The prevalence rates of the disease were determined as 8%, 9% and 40% in Ceyhan, Kozan and Kadirli districts. The incidence rate of the disease was found to be between 8-15%. Bacterial isolates from infected plants were identified as <i>Dickeya sp.</i> using traditional methods, MALDI TOF MS and PCR tests. While the presence of the pathogen could not be detected in soil, it was found in irrigation water. The risk of transmission of the pathogen to healthy fields through irrigation water was revealed in this study. In the biological control of the disease, 332 candidate antagonist bacterial isolates were used and 84 antagonist bacterial isolates were found to have antibacterial activity against <i>Dickeya sp.</i> In semi-in vivo trials on potato slices, six of the 84 isolates caused less decay than the positive control. Two antagonist isolates (X77 and OG/1-12) suppressed decay by 56% and 27%, respectively. These antagonists were identified as species belonging to the genus <i>Bacillus</i> by MALDI TOF MS analysis. The identification of an effective representative antagonist for controlling of <i>Dickeya sp.</i>, which has no chemical control, is a promising result in terms of biological control.</p> |
| <p>Cite/Atıf</p> | <p>Keser, M., Çetinkaya Yıldız, R., & Aysan, Y. (2023). Adana ve Osmaniye illerinde mısırdaki bakteriyel gövde çürüklüğü hastalığının saptanması ve biyolojik mücadele olanaklarının araştırılması. <i>Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi</i>, 28 (3), 667-682. https://doi.org/10.37908/mkutbd.1331813</p> |

GİRİŞ

Buğdaygiller (*Poaceae*) familyasında yer alan mısır (*Zea mays* L.) tropik, subtropik ve ılıman iklim kuşaklarında üretilen tek yıllık ve yazlık bir bitkidir. Mısır bitkisinin anavatanı Orta Amerika'da Meksika-Guatemala olup, binlerce yıldır bölgenin ana ürünü olarak yetiştirilmektedir. Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Çin Halk Cumhuriyeti ve Brezilya dünya mısır üretiminde ilk üç sırada yer alırken, Türkiye yaklaşık 691 bin ha alanda 6.5 milyon ton mısır üretimiyle 23. sırada bulunmaktadır (Anonymous, 2022; Anonim, 2022). Çalışmamızda yer alan Adana ili, 866.983 dekar mısır üretim alanı ile Konya ve Şanlıurfa illerinin ardından üçüncü sırada yer alırken, Osmaniye ili 393.164 dekar üretim alanı ile altıncı sırada yer almaktadır (Anonim, 2022). Ülkemizde yılda iki kez yetiştirilen mısır bitkisi (birinci ve ikinci ürün); yağ, un, tatlandırıcı, işlenmiş gıda ve hayvan yemi gibi geniş bir kullanım alanına sahiptir. Mısır tanesinin yaklaşık %70'i nişasta %10'u protein, %5'i yağ, %2'si şeker, A vitamini ve pentozanlardan oluşmaktadır (Kırtok, 1998). Birçok biyotik ve abiyotik faktör mısır üretiminde ürün kaybına neden olurken, biyotik faktörler içerisinde yer alan bakteriyel ve fungal etmenler %8.5'e ulaşan verim kaybı ile ekonomik zarar oluşturmaktadır (Oerke, 2006). Mısırdaki hastalık oluşturan bakteriyel etmenlerden biri olan *Dickeya zea*, dünyanın en önemli bakteriyel bitki patojenlerinden olan *Dickeya* cinsine ait bir türdür (Samson ve ark., 2005). *Dickeya zea* (*Syn: Erwinia chrysanthemi* pv. *zea*)'nın mısır bitkisinde bakteriyel gövde çürüklüğü hastalığına neden olduğu ABD, Brezilya, Çin, Endonezya, Hindistan, Japonya, Kore, Meksika, Pakistan ve Sırbistan (Reifschneider, 1982; Thind & Payak, 1985; Lopes ve ark., 1986; Sah, 1991; Nishat & Mall, 2009; Myung ve ark., 2010; Martinez-Cisneros ve ark., 2014; Guan ve ark., 2019; Prokić, 2020; Suriani ve ark., 2021; Yanchang ve ark., 2021) gibi dünyanın bir çok ülkesinde rapor edilmiştir. Ülkemizde hastalık etmenin varlığı ilk defa 2021 yılında Güneydoğu Anadolu bölgesinde Diyarbakır ili, Bismil ilçesinde mısır üretim alanlarında rapor edilmiş (Caplık ve ark., 2022) ardından hastalığın Çukurova Bölgesindeki varlığı bildirilmiştir (Çetinkaya-Yıldız & Aysan, 2022). *Dickeya zea*, *Enterobacteriaceae* familyasında yer alan gram negatif, çubuk şeklinde, non floresan, patates yumrularında pektolitik aktivite oluşturma ve 37 °C'de gelişebilme yeteneğine sahip bir bakteridir (Kumar ve ark., 2017; Suriani ve ark., 2021). Patojen, fitotoksik zeaminler ve ekstraselüler enzimleri (pektinaz, proteaz, feruloyl esterez ve selüloz enzimler) içeren virülenslik faktörlerine sahiptir. Bu enzimler bitki hücre duvarının yıkılmasına, hücrelerin parçalanmasına ve bitki dokusunda çürümeye neden olmaktadır (Hugouvieux-Cotte-Pattat ve ark., 2019; Zhou ve ark., 2015). Mısırın yetiştiği sıcak iklim koşullarına uyum sağlayan *Dickeya zea*'nın optimum gelişme sıcaklığı 30°C'nin üzerindedir. Patojenin enfeksiyon oluşturmada ve hastalığın gelişiminde yüksek sıcaklık ve neme ihtiyaç duyulmaktadır. Bu hastalık etmeni tohum ve toprak kaynaklıdır. Yoğun yağış alan bölgeler, yağmurlama sistemi ile sulanan, yeşil aksamı tamamen ıslanan alanlar veya göl, gölet ya da yavaş akan derelerden pompa ile çekilen salma sulamanın kullanıldığı alanlar patojenin gelişimini teşvik etmekte ve hastalık yaygın olarak ortaya çıkmaktadır (Sah, 1991; Kumar ve ark., 2017). *Dickeya zea*'nın mısır, tütün, çeltik, şeker kamışı, muz, patates, ananas, süs bitkileri (krizantem, sümbül, Philodendron, Brachiaria) gibi çok sayıda bitki türünde yumuşak çürüklük hastalığı oluşturabilmesi patojenin önemini artırmaktadır (Jafra ve ark., 2008; Toth ve ark., 2011; Pu ve ark., 2012; Bertani ve ark., 2013; Zhang ve ark., 2014; Martinez-Cisneros ve ark., 2014; Ramachandran ve ark., 2015; Kumar ve ark., 2017; Hu ve ark., 2018; Yanchang ve ark., 2021). *Dickeya zea*'nın neden olduğu bakteriyel gövde çürüklüğü hastalığının kimyasal mücadelesinde kullanılabilecek etkin bir bitki koruma ürünü bulunmamaktadır. Tohum ve toprak kökenli olan bu hastalıkla mücadelede ilk şart, hastaliksız ve sertifikalı tohum kullanımı olmalıdır. Hindistan'da tohumlardaki bulaşıklık düzeyini azaltmak için kimyasal ve biyolojik tohum uygulamaları kullanılmıştır (Kumar ve ark., 2016). Ayrıca hastalık etmeni olan bakteri toprakta uzun süre yaşayabileceği için hasta bitkiler tarladan uzaklaştırılmalı ve ekim nöbeti uygulanmalıdır. Bakteri sulama suyuna da bulaşarak farklı tarlalara ulaşabileceğinden sulama suyunun temizliği de diğer bir önemli konudur. Bakteriyel Gövde Çürüklüğü Hastalığı etmeni *Dickeya zea* topraktaki mikrobiyal aktivitenin zayıf, bitki gelişimini teşvik eden rizobakteri (Plant Growth Promoting Rhizobacteria; PGPR) oranının düşük olduğu toprakları tercih etmektedir (Kumar ve ark., 2017). Dayanıklılık mekanizmalarını uyaran bitki aktivatörleri ile toprağın mikrobiyal

aktivitesini artıran biyolojik mücadele elemanlarının yani antagonistlerin kullanımı bitki hastalıklarının baskılanması açısından önemlidir (Aktepe, 2021; Bitgen & Mirik, 2021; Karnez ve ark., 2021).

Bu çalışmada *Dickeya sp.*'nin neden olduğu Bakteriyel Gövde Çürüklüğü Hastalığının Çukurova bölgesinde mısırın yoğun olarak yetiştirildiği Adana ve Osmaniye illerindeki yaygınlık oranları, etmenin hasta bitkilerden, sulama suyundan ve topraktan izolasyonu ile yaşama yeteneği ve yerel antagonistlerin hastalık üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma Adana ili Ceyhan ve Kozan ilçeleri ile Osmaniye ili Kadirli ilçesinde yer alan mısır tarlaları, King B, Nutrient Agar (NA), Tryptic Soy Agar (TSA) ve Yeast Dekstroz Kalsiyum Karbonat Agar (YDC) besi yerleri, steril kabin, otoklav, saf su cihazı, hassas terazi, sıcak su banyosu, erlen çalkalayıcı, inkübatör, buzdolabı, etüv, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümünde bulunan 16:8 saat aydınlatmalı, %75 nem, 25±2°C sıcaklık şartlarına sahip, klima ile ısıtılan/soğutulan iklim odası, karşılaştırma kültürü olarak Çetinkaya-Yıldız & Aysan (2022) tarafından tanımlanmış *Dickeya zae* kültürü ile GSPB 382 kodlu *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* izolatı kullanılmıştır. Hasta bitkiden, topraktan ve sulama suyundan izole edilen patojen ve aday antagonist bakteri izolatları da çalışmanın materyalinde yer almıştır.

Mısır üretim alanının hastalık yönünden incelenmesi

Çukurova Bölgesinde ilk ürün mısır yetiştiriciliğinde tohum ekimi şubat ayında yapılmakta ve hasat işlemleri ağustos ayında tamamlanmaktadır. Bu yetiştiricilik tarihleri göz önüne alınarak tarla surveylerine, 2022 yılının nisan ayında başlanmış ve 15 günde bir olmak üzere, aynı yılın temmuz ayına kadar devam edilmiştir. Arazi gözlemlerinde en az 50 dekar olan üretim yerleri incelenmiş, daha küçük alanlar değerlendirmeye alınmamıştır. Adana ili Ceyhan ve Kozan ilçelerinde toplam 457.854 dekar alanda mısır yetiştiriciliği yapılmakta olup bu üretim alanının %1.01'ini oluşturan 4.645 dekar mısır üretim alanı Bakteriyel Gövde Çürüklüğü Hastalığı açısından incelenmiştir. Osmaniye ili Kadirli ilçesinde ise 184.254 dekar alanda yetiştirilen mısır üretiminin %1.29'una karşılık gelen 2.385 dekar mısır üretim alanında surveyler yürütülmüştür. İncelemelerde, toplam üretim alanının en az %1'i değerlendirilmiştir (Bora & Karaca, 1970). Toplam incelenen tarla sayısı ve hasta tarla sayısı kaydedilmiş, hastalığın bölgedeki yaygınlığı hesaplanırken, hasta tarla sayısı incelenen tarla sayısına oranlanmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Adana ve Osmaniye illerinde mısır üretim alanları ve incelenen tarlalar

Table 1. Corn production areas and surveyed fields in Adana and Osmaniye provinces

| İl | İlçe | Toplam Mısır Üretim Alanı (da) | İncelenen Alan (da) | İncelenen Tarla Sayısı |
|----------|---------|--------------------------------|---------------------|------------------------|
| Adana | Ceyhan | 360.000 | 3.150 | 13 |
| | Kozan | 97.854 | 1.495 | 11 |
| Osmaniye | Kadirli | 184.254 | 2.385 | 10 |

Mısır tarlasında incelemeye başlamadan önce üreticiyle görüşülmüş ve hastalığın fotoğrafları gösterilerek mısır yapraklarında sararma, kahverengileşme, gövdede yumuşama, nekrozlar ve kötü koku gibi farklı tipte hastalık belirtisinin tarlalarında bulunup bulunmadığı, hatta geçmiş yıllarda görüp görmedikleri konusunda bilgi alınmıştır. Tarlaların sulama tipi, tarlada yetişen mısır çeşidi ve bir önceki sezonda yetiştirdiği kültür bitkileri not edilmiştir. Hastalığın olduğu tarlalara girildiğinde zik zak çizilerek tarlanın farklı yerlerindeki bitkiler incelenmiş ve tesadüfi olarak 100 bitki sayılarak hastalığın tarladaki oranı (%) hesaplanmıştır.

Mısır bitkilerinde, sulama suyunda ve toprakta patojen bakterinin varlığının saptanması

Çukurova Bölgesinde Adana ve Osmaniye illerinde 2022 yılının nisan ve temmuz ayları arasında yapılan tarla incelemelerinde, hastalığın tespit edildiği her bir tarladan en az dört adet hastalık belirtisi gösteren mısır bitkisi alınmıştır. Sulama suyu ve toprak örnekleri, hasta tarlalar ile o tarlaya komşu ancak hastalığın görülmediği tarlalardan alınmıştır. Hasta bitkilerden klasik bakteriyolojik yöntemlerle patojen izolasyonu (Lelliott & Stead, 1987) yapılırken, sulama suyu ve toprak örneklerinde patojenin varlığının saptanmasında santrifüj yöntemi (Schaad ve ark., 2001; Czajkowski ve ark., 2015) kullanılmıştır.

Hasta bitkiden patojen izolasyonu; Mısır yapraklarında sararma, gövdede kahverengileşme, su emmiş alanların oluşumu, yumuşama ve kötü koku belirtisine sahip, hasta mısır bitkileri kökten sökülmüştür. Kök bölgesi polietilen torba içine alınıp kök boğazından bağlanmış ve toprak partiküllerinin yeşil aksamla temas etmesi engellenmiştir. Örnekler kâğıt havluya sarılarak polietilen torbalar içerisine yerleştirilmiş ve torbaların ağzı açık bırakılmıştır. Her bir örnek etiketlenerek izolasyon işlemi için Çukurova Üniversitesi, Bitki Koruma Bölümü Bakteriyoloji laboratuvarına getirilmiştir. Laboratuvara getirilen örneklerden hastalıklı ve sağlıklı dokusunu içerecek şekilde 2-3 mm büyüklüğünde bitki dokuları kesilmiş ve %70'lik alkolle yüzeyden dezenfekte edildikten sonra steril havanlarda ezilmiştir. İçerisine iki ml Salin Buffer (%0.85'lik NaCl çözeltisi) eklenen örnekler, steril kabinde 15-20 dakika bekletildikten sonra TSA veya NA besi yerine ekimler yapılmıştır (Lelliott & Stead, 1987). Petriyer 28 °C'de inkübatörde 2-3 gün muhafaza edildikten sonra gelişen bakteri kolonileri incelenmiş, krem renkli ve parlak gelişen tek koloniler seçilerek TSA besi yerine saflaştırılmıştır.

Sulama suyunda patojen bakterinin varlığının saptanması; Adana ve Osmaniye illerinde sulama yapılan mısır tarlalarında üreticilerin yeraltı su kaynakları (kuyu suyu) veya kanal sularını kullandıkları gözlenmiştir. İncelenen tarlaların kullandığı sulama suyunun farklı yerlerinden alınan su örnekleri birleştirilerek her tarlaya özgü toplam 500 ml su örneği elde edilmiştir. Plastik şişelerde etiketlenerek laboratuvara getirilen su örnekleri buzdolabında muhafaza edilmiştir. Direk 500 ml sudan patojen bakteri izolasyonunda başarı oranı az olacağından tuzaklama yöntemi olarak santrifüj kullanılmış ve patojenin sulama suyunda varlığı araştırılmıştır (Schaad ve ark., 2001; Czajkowski ve ark., 2015). Her tarlaya ait su örnekleri 7.000 devirde dönen bir santrifüjde 30 dakika santrifüj edilmiş ve pellet toplanmıştır. Elde edilen pellet bir ml salin buffer ile sulandırılarak sağlıklı patates yumrularına steril bir enjektörle bulaştırılmıştır. Pozitif kontrol olarak Çetinkaya-Yıldız & Aysan (2022) tarafından daha önce tanısı yapılmış *Dickeya zae* izolatu, negatif kontrol olarak ise steril su kullanılmıştır. Bulaştırılan patates yumruları 32 °C'de inkübatörde 3-5 gün inkübe edildikten sonra inokulasyon noktasında renk değişimi, yumrular ikiye kesildiğinde yumuşama ve kötü koku varlığı yönünden incelenmiştir. Bu belirtileri gösteren patates yumrularından yeniden izolasyon yapılmış ve patojen bakteri izole edilip tanılanmış ise o sulama suyunda patojen bakteri *Dickeya sp.*'nin varlığı kanıtlanmıştır.

Topraktan patojen bakterinin varlığının saptanması; Adana ve Osmaniye illerinde inceleme yapılan 14 mısır tarlasında, mısır bitkisinin kök bölgesinden 5-20 cm derinlikten toprak örnekleri alınmıştır. Laboratuvarda oda ısısında 2-3 gün kuruması beklenen örnekler elek yardımı ile elenmiştir. Toprak örneklerinden 10 g tartılarak, 90 ml salin buffer içerisinde 2 saat çalkalanmıştır. Her bir toprak örneğinin çalkalama suyu 7.000 devirde dönen bir santrifüjde 30 dakika santrifüj edilmiş ve pellet toplanmıştır. Elde edilen pellet bir ml salin buffer ile tekrar sulandırılarak sağlıklı patates yumrularına steril bir enjektörle bulaştırılmıştır. Bulaştırılan patates yumruları 32 °C'de inkübatörde 3-5 gün inkübe edildikten sonra inokulasyon noktasında renk değişimi, yumrular ikiye kesildiğinde yumuşama ve kötü koku varlığı yönünden incelenmiştir (Schaad ve ark., 2001; Czajkowski ve ark., 2015). Pozitif kontrol olarak Çetinkaya-Yıldız & Aysan (2022) tarafından daha önce tanısı yapılmış *Dickeya zae* izolatu, negatif

kontrol olarak steril su kullanılmıştır. Belirtileri gösteren patates yumrularından yeniden izolasyon yapılmış ve patojen bakteri izole edilip tanılanmış ise o toprak örneğinde patojen bakteri *Dickeya* sp.'nin varlığı kanıtlanmıştır.

Patojen bakteri izolatlarının tanısı

Hasta bitkiden, sulama suyundan ve topraktan yapılan izolasyonlarda saflaştırılan bakterilerin tanısında, morfolojik ve biyokimyasal testler (Bozkurt & Soylu, 2019), mısır bitkisinde patojenite testi, MALDI-TOF MS analizi ve PCR testi (*Dickeya* cinsine spesifik primer seti) (Nassar, 1996) kullanılmıştır.

Morfolojik ve biyokimyasal tanı; Elde edilen izolatların morfolojik ve biyokimyasal yöntemlerle tanılanması gram reaksiyon (Sands, 1990), TSA ve King B besi yerlerindeki koloni morfolojisi (Schaad ve ark., 2001) ile patates dilimlerinde pektolitik aktivite testi (Lelliot & Schaad, 1987) ile yapılmıştır. Gram reaksiyonu testinde pozitif kontrol olarak *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (GSPB 382) izolatı kullanılmıştır.

Mısır bitkisinde patojenite testi; Pektolitik enzim üretme yeteneğine sahip olduğu belirlenen izolatlar 24 saat TSA besi yerinde geliştirildikten sonra spektrofotometre ($A_{600nm}:0.2$) yardımıyla 10^7 hücre/ml yoğunluğunda süspansiyonlar hazırlanmıştır. Steril enjektör kullanılarak Kale F1 çeşidi (3-5 gerçek yapraklı dönemde) sağlıklı mısır fidelerinin gövdelerine 100 µl bakteri süspansiyonu inokule edilmiştir. Pozitif kontrol olarak Çetinkaya-Yıldız & Aysan (2022) tarafından daha önce tanısı yapılmış *Dickeya zae* izolatı, negatif kontrol olarak steril su kullanılmıştır. İnokule edilen mısır fideleri Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümünde bulunan iklim odasında (26 ± 1 °C sıcaklık, %75 nem ve 16 saat aydınlık 8 saat karanlık) muhafaza edilmiştir. Bitkiler günlük olarak incelenmiş, hastalık belirtisi gösteren mısır fidelerinden re-izolasyonlar yapılmıştır (Schaad ve ark., 2001).

Bakteri izolatlarının MALDI-TOF MS ile tanısı; İzolatların tür tanısı Prof. Dr. Soner Soylu danışmanlığında MALDI-TOF MS (Matriks Assisted Lazer Desorption Ionization Time Of Flight Mass Spectrometry/ Matriks Destekli Lazer Desorpsiyon İyonizasyon Uçuş Süreli Kütle Spektroskopisi) (Bruker Daltonics GmbH, Bremen, Germany) kütle spektrofotometrisi ile gerçekleştirilmiştir (Soylu ve ark., 2020). MALDI-TOF MS mikroorganizmaların tanımlanmasında kullanılan hızlı ve doğru sonuç veren yeni bir sistemdir. Bu yöntemde mikroorganizmaların biyokütelleri (protein, peptid, şeker) iyonize edilmektedir. İyonizasyondan sonra TOF tüpü içerisinde manyetik alandan geçirilerek protein profilleri ortaya çıkarılmaktadır. Elde edilen veriler, sistemin veri tabanındaki referanslar ile karşılaştırılarak tür bazında tanımlanmaktadır. Teşhisler sonucunda firma beyanına göre ortaya çıkan skor değerleri 2.30-3.0 aralığında ise tür düzeyinde çok yüksek düzeyde güvenilir olarak; 2.00-2.299 aralığında ise cins düzeyinde oldukça güvenilir, tür düzeyinde yüksek güvenilir olarak; 1.70-1.999 arasında ise cins düzeyinde güvenilir, tür bazında muhtemel düzeyde olarak; 1.7 değerinden aşağı olan değerler ise güvensiz tanı olarak değerlendirilmektedir (Uysal ve ark., 2019).

Bakteri izolatlarının PCR testi ile tanısı; Bakteri izolatlarının DNA izolasyonu Genomik DNA prüfikasyon kiti (ThermoFisher firması GeneJET, ABD) kullanılarak yapılmıştır. DNA izolasyonunda üretici firmanın önerdiği izolasyon protokolü uygulanmıştır. Elde edilen genomik DNA'lar PCR çalışmalarında kullanılmak üzere -20 °C'de muhafaza edilmiştir. PCR testi ile tanılamada Nassar ve ark., (1996) tarafından geliştirilen ve bakterilerin pektolitik enzim üretiminden sorumlu pel genlerini kodlayan *Dickeya* cinsine spesifik ADE1 (5'-GAT CAG AAA GCC CGC AGC CAG AT-3') ve ADE2 (5'-CTG TGG CCG ATC AGG ATG GTT TTG TCG TGC-3') primer oligonükleotidleri kullanılmıştır. PCR ürünleri 80V elektrik akımında yaklaşık 1 saat yürütülmüş ardından transliminatörde bantlar incelenerek, fotoğflanmıştır (Sambrook ve ark., 1989).

Biyolojik Mücadele Çalışmaları

Aday antagonistlerin eldesi; Patojen bakteri ve antagonistin yaşam yerlerinin beraber olduğu düşüncesiyle, Çukurova Bölgesinde Adana ve Osmaniye illerinde mısır yetiştirilen 14 adet tarladan ve bu tarlaların sulandığı dokuz adet su kaynağından toplam 23 adet örnek alınmıştır. Toprak örneklerinden 10 gr, su örneklerinden ise 10 ml alınıp 90 ml saline buffer içeren 250 ml'lik erlenmayerlere eklenmiştir. Erlenmayer içinde bulunan örnekler 200 rpm hızla dönen bir erlen çalkalayıcıda iki saat oda sıcaklığında çalkalanmıştır. Buradan otomatik pipetle 1 ml alınarak 9 ml salin buffer içeren cam tüplere aktarılmış ve 1/10 oranında seyreltme yapılmıştır. Seyreltme işlemi toplamda 6 kez yapılmış ve her seyreltme işleminden sonra süspansiyonun homojen olması için tüpler, tüp karıştırıcıda iyice karıştırılmıştır. Her bir seyreltmeden 100 µl alınıp TSA besi yeri içeren petrilere aktarılmış ve steril cam bagetle yayma yapılarak tek koloni gelişimi sağlanmıştır. Petrilere 25 °C'de inkübatörde iki gün inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda gelişen koloniler incelenerek farklı koloni morfolojisine sahip bakteri ve maya kolonileri saflaştırılmış ve 28 °C'de inkübatörde iki gün inkübe edilmiştir. Ayrıca Bakteriyoloji Laboratuvarı kültür koleksiyonunda yer alan ve daha önceki araştırmalarda elde edilerek aday antagonist olarak muhafaza edilen 95 adet izolat da çalışmaya dahil edilmiştir.

Aday antagonistlerin in vitro koşullarda *Dickeya sp.*'ye karşı antibakteriyel etkisi; Aday antagonistlerin *Dickeya sp.* üzerine antibakteriyel etkisi *in vitro* koşullarda ikili kültür petri denemeleriyle araştırılmıştır (Mitchell, 1992). Taze geliştirilmiş (48 saatlik) aday antagonist izolatları TSA besi yerine üç nokta aşılama yöntemi ile bulaştırıldıktan sonra petrilere 24 saat 25±2 °C'deki inkübatörde gelişmeye bırakılmıştır. *Dickeya sp.* izolatı TSA besiyerinde 48 saat geliştirildikten sonra dansiyometre yardımıyla 10⁷ hücre/ml yoğunluğunda süspansiyon hazırlanmıştır. Hazırlanan süspansiyon, besi yerinde gelişmiş olan aday antagonistlerin üzerine 15 cm uzaklıktan el pülverizatörü yardımı ile püskürtülmüştür. Kontrol olarak, TSA besi yeri içeren petriye sadece patojen bakteri *Dickeya sp.* püskürtülmüştür. Her bir aday antagonist üç tekrarlı olarak denemeye alınmıştır. Petrilere 25 °C'deki inkübatörde 48 saat bekletilmiş ardından petrilere gelişen antagonist izolatların çapı ile çevresinde oluşan engelleme zonları mm olarak ölçülerek kaydedilmiştir. Daha sonra bakteri çapı ve engelleme zonu birbirine oranlanmış ve izolatların "Antagonistik İndeks Değerleri" belirlenmiştir (Jiang ve ark., 2015).

Aday antagonistlerin yarı in vivo koşullarda *Dickeya sp.*'ye karşı antibakteriyel etkisi; Aday antagonistlerin *Dickeya sp.* üzerine antibakteriyel etkisi yarı *in vivo* koşullarda petride patates dilimleri üzerinde araştırılmıştır (Aysan ve ark., 2003). Sağlıklı patates yumruları önce çeşme suyuyla yıkanmış, ardından patates yumruları %1'lik sodyum hipoklorit içinde iki dakika bekletilerek yüzeyden dezenfekte edilmiştir ve steril saf su ile durulanmıştır. Soyulan patates yumruları enine kesilerek (yaklaşık 1 cm) steril filtre kağıdı içeren petrilere yerleştirilmiştir. Mantar delici yardımı ile patates dilimleri üzerine, dilimi parçalamayacak şekilde yüzeysel bir çukur açılmıştır. TSA besi yerinde 48 saat geliştirilen aday antagonist süspansiyonları dansiyometrede 0.80 değerine ayarlanmış (yaklaşık 10⁸ hücre/ml) ve bu süspansiyonlardan 20'şer µl patates dilimleri üzerindeki çukurlara konulmuştur. Steril kabinde bir saat bekletilen patates dilimlerine aday antagonistlerin yerleşmesi sağlanmış ve ardından 10⁷ hücre/ml yoğunluğunda hazırlanan *Dickeya sp.* süspansiyonundan 20'er µl her çukura eklenmiştir. Pozitif kontrol olarak patates dilimleri sadece *Dickeya sp.* süspansiyonuyla bulaştırılırken, negatif kontrol olarak sadece steril su kullanılmıştır. Patates dilimlerini içeren petrilere 32 °C'deki inkübatörde 48 saat inkübe edilmiş ve yumuşamanın miktarı cm olarak ölçülmüştür. Pozitif kontrolde meydana gelen çürüme miktarı ortalaması, antagonistin yumrulara meydana getirdiği çürüme miktarı ortalamasına oranlanarak hastalığı engelleme oranı Abbott formülüyle (% etki) hesaplanmıştır. Uygulamalar arasındaki istatistiksel farklar Anova istatistik programında LSD çoklu karşılaştırma testinde p≤0.05 önem düzeyine göre yapılmıştır. Aynı istatistiksel grupta yer alan uygulamalar aynı harfle işaretlenmiş ve sonuçlar yorumlanmıştır.

Başarılı antagonist/lerin tanısı ve tütünde aşırı duyarlılık testi; Yarı *in vivo* denemelerde etkili bulunan antagonistlerin tanısı MALDI-TOF MS yöntemi kullanılmıştır (Soylu ve ark., 2020). Elde edilen antagonist izolatların bitki patojen olup olmadıklarını saptamak için tütünde aşırı duyarlılık testi yapılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Mısır üretim alanlarının hastalık yönünden incelenmesi

Çukurova Bölgesinde Adana ve Osmaniye illerinde 642.108 dekar ekiliş alanına sahip, ilk ürün mısır yetiştirilen tarlaların 7.030 dekarlık bölümünde 2022 yılı nisan ve temmuz ayları arasında surveyler yapılmıştır. İncelenen 34 adet tarlanın altısında Bakteriyel Gövde Çürüklüğü Hastalığı saptanmış ve mısır tarlalarının %17.65'inde hastalık belirtilerinin olduğu tespit edilmiştir. Çizelge 2'de görüldüğü gibi Adana ilinin Ceyhan ilçesinde incelenen 13 adet tarlanın birinde, Kozan ilçesinde incelenen 11 adet mısır tarlasının birinde hastalık tespit edilirken Osmaniye ilinin Kadirli ilçesinde survey yapılan 10 adet tarlanın dördünde hastalık saptanmıştır. Mısırdaki Bakteriyel Gövde Çürüklüğü Hastalığının Ceyhan, Kozan ve Kadirli ilçelerdeki yaygınlığı sırasıyla %7.69, %9.09 ve %40 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 2. Adana ve Osmaniye illerinde mısırdaki bakteriyel gövde çürüklüğü hastalığının yaygınlığı

Table 2. Prevalence of corn bacterial root rot disease in Adana and Osmaniye provinces

| İl | İlçe | İncelenen Tarla Sayısı | Hasta Tarla Sayısı | Hastalık Yaygınlığı (%) |
|----------|---------|------------------------|--------------------|-------------------------|
| Adana | Ceyhan | 13 | 1 | 7.69 |
| | Kozan | 11 | 1 | 9.09 |
| Osmaniye | Kadirli | 10 | 4 | 40.00 |

Adana ili Ceyhan ilçesinde hastalık belirtisi gözlenen tarladaki bitkilerin %10'unun hasta olduğu, Kozan ilçesinde ise %8'inin hastalıkla bulaşık olduğu belirlenmiştir. Osmaniye ilinin Kadirli ilçesinde hastalıkla bulaşık olduğu tespit edilen dört tarladaki hastalık oranı sırasıyla %10, 11, 15 ve 13 olarak saptanmıştır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Adana ve Osmaniye illerinde mısır tarlalarında bakteriyel gövde çürüklüğü hastalığının oranı (%)

Table 3. Rate of bacterial stem rot disease in corn fields in Adana and Osmaniye provinces (%)

| Hasta Tarla Kodu | İlçe | Tarla Alanı (dekar) | Tarladaki Hastalık Oranı (%) |
|------------------|---------|---------------------|------------------------------|
| Tarla-1 | Ceyhan | 150 | 10 |
| Tarla-2 | Kozan | 50 | 8 |
| Tarla-3 | Kadirli | 125 | 10 |
| Tarla-4 | Kadirli | 130 | 11 |
| Tarla-5 | Kadirli | 150 | 15 |
| Tarla-6 | Kadirli | 180 | 13 |

Mısır üretim alanlarında yapılan surveylerde, hasta tarlalar incelendiğinde mısır yapraklarında sararma, kahverengileşme, gövdede yumuşama, nekrozlar ve kötü koku gibi farklı tipte hastalık belirtileri tespit edilmiştir (Şekil 1). Üretim alanlarının tümünün salma sulamayla sulandığı belirlenmiştir. Mısır üreticisiyle yapılan sohbetlerin birinde bu hastalık belirtilerine 2015 yılında Adana'nın Yüreğir ilçesinde rastlandığı bildirilmiştir.



Şekil 1. *Dickeya* sp.'nin neden olduğu bakteriyel gövde çürüklüğü hastalığı belirtileri
Figure 1. Symptoms of bacterial stem rot disease caused by *Dickeya* sp.

Mısır bitkilerinde, sulama suyunda ve toprakta hastalık etmeninin saptanması

Çukurova Bölgesinde Adana ve Osmaniye illerinde, mısır üretim alanlarında 2022 yılının nisan ve temmuz ayları arasında yapılan incelemelerde, altı adet hastalıkla bulaşık tarladan toplam 24 hasta bitki toplanmış ve yapılan izolasyonlarda 72 adet bakteri izolatu saflaştırılmıştır. Elde edilen bakteri izolatlarının tümü King B besi yerinde non-floresan tipte kolonilere sahipken, TSA ve NA besi yerlerinde krem renkli, parlak ve yuvarlak koloniler oluşturmuşlardır. KOH ile yapılan gram reaksiyon testinde izolatların tamamının gram negatif bakteriler olduğu belirlenmiştir. İzolatların hepsi patates dilimlerinde yumuşamaya neden olmuş ve pektolitik aktivite testi pozitif olarak saptanmıştır. Saksıda yetiştirilen mısır fidelerinde yapılan patojenite testinde izolatların tamamı inokulasyon noktasında renk değişimine ve yumuşak çürüklüğe neden olmuştur. Seçilen bir adet izolat ile MALDI-TOF MS kullanılarak yapılan tanı testinde ise mısır izolatu 2.025 skor değerleriyle *Dickeya* sp. olarak tanılanmıştır. *Dickeya* cinsine spesifik ADE1 ve ADE2 primer setiyle yapılan PCR testinde, seçilen altı izolat 420 bp büyüklükte bant oluşturarak *Dickeya* sp. olarak tanılanmıştır.

Hastalıkla bulaşık mısır tarlaları ile onların yakınındaki tarlaların sulandığı su kaynaklarından alınan dokuz adet su örneğindeki bakteriler santrifüjlenerek pellet halinde patates yumrularına bulaştırıldığında, yumruların tamamında inokulasyon noktasında renk değişimi ve yumuşak çürüklük belirtileri saptanmıştır (Şekil 2). Pozitif kontrol olarak Çetinkaya-Yıldız & Aysan (2022) tarafından tanılanan *Dickeya zae* izolatu patates yumrularına aynı yöntemle inokule edildiğinde, benzer yumuşak çürüklük belirtileri gözlenmiştir. Negatif kontrol olarak steril suyla bulaştırılmış yumrulara, herhangi bir çürüme veya yumuşak çürüklük belirtisi gözlenmemiştir. Yumuşama belirtileri gösteren patates yumrularından yeniden izolasyon yapıp elde edilen dokuz izolatla PCR çalışmaları yapılmış ve sulama suyunda patojen bakteri *Dickeya* sp.'nin varlığı teyit edilmiştir (Çizelge 4). Patojenin sağlıklı tarlalara yayılmasında salma sulamanın önemli bir rol oynadığı yapılan bu araştırma ile ortaya konmuştur.

Adana ve Osmaniye illerinde incelenen 14 adet mısır tarlasında, mısır bitkisinin kök bölgesinden 5-20 cm derinlikten alınan toprak örneklerinden elde edilen pelletler patates yumrularına bulaştırıldığında yumruların hiçbirinde hastalık belirtisi tespit edilmemiştir (Çizelge 5). Sadece pozitif kontrol olarak kullanılan *Dickeya zae* izolatu ile bulaştırılan yumrulara çürüme ve yumuşak çürüklük belirtisi gözlenmiştir.

Çizelge 4. Mısır tarlalarının sulandığı kaynaklardan toplanan su örnekleri ve patojenle bulaşıklık durumu

Table 4. Water samples collected from the sources where the corn fields are irrigated and pathogen contamination status

| Su Örnekleri | İlçe | Hastalık Durumu | Sulama Tipi | Patojeni Saptama |
|--------------|---------|-----------------|------------------------------------|------------------|
| Su-1 | Ceyhan | Hasta tarla | İlki yağmurlama sonra salma sulama | + |
| Su-2 | Kozan | Hasta tarla | İlki yağmurlama sonra salma sulama | + |
| Su-3 | Kozan | Sağlıklı tarla | Salma sulama | + |
| Su-4 | Kozan | Sağlıklı tarla | Salma sulama | + |
| Su-5 | Kozan | Sağlıklı tarla | Salma sulama | + |
| Su-6 | Kozan | Sağlıklı tarla | Salma sulama | + |
| Su-7 | Kadirli | Hasta tarla | İlki yağmurlama sonra salma sulama | + |
| Su-8 | Kadirli | Hasta tarla | İlki yağmurlama sonra salma sulama | + |
| Su-9 | Kadirli | Sağlıklı tarla | Salma sulama | + |



Şekil 2. Sulama suyundan elde edilen bakterilerin patates yumrularında meydana getirdiği çürüklük

Figure 2. Potato tuber rot caused by bacteria obtained from irrigation water

Çizelge 5. Mısır tarlalarından alınan toprak örnekleri ve patojenle bulaşıklık durumu

Table 5. Soil samples taken from corn fields and pathogen contamination status

| Toprak Örnekleri | İlçe | Alan (da) | Hastalık Durumu | Patojeni Saptama |
|------------------|---------|-----------|-----------------|------------------|
| Toprak-1 | Ceyhan | 150 | Hasta tarla | - |
| Toprak-2 | Kozan | 140 | Sağlıklı tarla | - |
| Toprak-3 | Kozan | 170 | Sağlıklı tarla | - |
| Toprak-4 | Kozan | 50 | Sağlıklı tarla | - |
| Toprak-5 | Kozan | 120 | Sağlıklı tarla | - |
| Toprak-6 | Kozan | 50 | Hasta tarla | - |
| Toprak-7 | Kozan | 200 | Sağlıklı tarla | - |
| Toprak-8 | Kozan | 80 | Sağlıklı tarla | - |
| Toprak-9 | Kozan | 90 | Sağlıklı tarla | - |
| Toprak-10 | Kadirli | 125 | Hasta tarla | - |
| Toprak-11 | Kadirli | 150 | Hasta tarla | - |
| Toprak-12 | Kadirli | 180 | Hasta tarla | - |
| Toprak-13 | Kadirli | 130 | Hasta tarla | - |
| Toprak-14 | Kadirli | 100 | Sağlıklı tarla | - |

Biyolojik Mücadele Çalışmaları

Aday antagonistlerin eldesi; Çukurova Bölgesinde Adana ve Osmaniye illerinde mısır yetiştirilen 14 adet tarladan ve bu tarlaların sulandığı dokuz adet su kaynağından yapılan aday antagonist izolasyonu çalışması sonucu, 100 adet bakteri ile 137 adet maya izolatu saflaştırılmıştır. Ayrıca Bakteriyoloji Laboratuvarı kültür koleksiyonunda yer alan 95 adet izolat da çalışmaya dahil edilmiş ve toplam 332 adet aday antagonist bu araştırmada yer almıştır.

Aday antagonistlerin in vitro koşullarda *Dickeya sp'*ye karşı antibakteriyel etkisi; Aday antagonistlerin *Dickeya sp.* üzerine antibakteriyel etkisi *in vitro* koşullarda, ikili kültür petri denemeleriyle araştırılmış ve 332 adet aday antagonistin 84 adedinin *Dickeya sp.*'ye antibakteriyel etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. *In vitro* koşullarda antibakteriyel özellik gösteren 84 antagonisti izolatu tamamı bakteri izolatlarından oluşmaktadır. Patojen gelişimini petride engelleyen başarılı izolatların 11.7-50 arasında Antagonistik İndeks Değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Antagonist izolatların 65 adeti 11.7-29.2 indeks değerine sahipken, 19 adetinin 30-50 indeks değerine sahip olduğu saptanmıştır (Çizelge 6).

Aday antagonistlerin yarı in vivo koşullarda *Dickeya sp'*ye karşı antibakteriyel etkisi; *Dickeya sp.*'ye antibakteriyel etkiye sahip 84 adet antagonistin etkisi yarı *in vivo* koşullarda petride patates dilimleri üzerinde araştırıldığında, sadece 6 izolatu patates yumrularında çürümeyi %4 ile %56 arasında değişen oranlarda azalttığı belirlenmiştir. İstatistiksel olarak değerlendirildiğinde X77 ve OG/1-12 kodlu antagonistler patates dilimlerinde çürümeyi sırası ile % 55.77 ve 26.92 oranında baskılayarak en etkili antagonistler olarak saptanmıştır (Çizelge 6). X77 kodlu izolat yarı *in vivo* denemelerde %55.77'lik etki ile en başarılı izolat olurken, *in vitro* petri denemelerinde Antagonistik İndeks Değeri 2.73 olarak saptanmış ve orta düzeyde başarılı bulunmuştur. MALDI TOF MS ile yapılan tür tanısında X77 kodlu bakteri izolatu, 2.19 skor değeri ile *Bacillus amyloliquefaciens* olarak tanılanmıştır. Çukurova Üniversitesi Bakteriyoloji laboratuvarı kültür koleksiyonundan temin edilen ve *Bacillus sp.* olarak tanılanmış OG/1-12 kodlu izolat ise bu hastalığı %26.92 oranında engellemiş ve istatistiksel olarak ayrı bir grupta yer almıştır. OG/1-12 kodlu izolat, *in vitro* petri denemelerinde 5.0'lık antagonistik indeks değeriyle *Dickeya sp*'nin gelişimini en iyi baskılayan antagonistken, yarı *in vivo* denemelerde patates dilimlerindeki çürümeyi en iyi engelleyen izolat olamamıştır. Bu durum *in vitro* ve *in vivo* denemelerde farklı sonuçların alınabileceğinin göstergesidir. Daha önce yapılan pek çok çalışmada da benzer sonuçlar kaydedilmiştir (Aysan ve ark., 2003). Bu nedenle aday antagonistlerin seçiminde sadece petri denemeleri yerine, yarı *in vivo* denemeler ardından sera veya tarla çalışmalarının yapılması gereklidir. Denemeye alınan diğer dört izolat (MZ12, AY-10, X91 ve YL-4-3) istatistiksel olarak pozitif kontrolle aynı grupta yer aldığı için etkisiz izolatlar olarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 6. Etkili antagonistlerin *in vitro* ve yarı *in vivo* deneme sonuçları

Table 6. *In vitro* and semi-in vivo test results of effective antagonists

| Uygulamalar | Antagonistik İndeks Değeri | Patates Dilimlerinde Çürüme Çapı Ortalaması (mm) | Etki (%) |
|-----------------|----------------------------|--|----------|
| X77 | 2.73 | 5.75 ^c | 55.77 |
| OG/1-12 | 5.00 | 9.50 ^b | 26.92 |
| MZ12 | 3.33 | 10.00 ^{ab} | 23.08 |
| AY-10 | 2.71 | 10.50 ^{ab} | 19.23 |
| X91 | 3.60 | 12.00 ^{ab} | 7.69 |
| YL-4-3 | 2.63 | 12.50 ^{ab} | 3.85 |
| Pozitif Kontrol | - | 13.00 ^{a*} | - |
| Negatif Kontrol | - | 0.00 | - |

*: farklı harfi içeren ortalamalar LSD testine (%5 önem düzeyinde) göre istatistiksel olarak farklıdır.

Sonuç olarak, ülkemizde mısır üretim alanlarında ilk kez 2021 yılında saptanan *Dickeya zea* Asya, Amerika, Avustralya, Afrika ve Avrupa kıtalarında yetiştirilen 22 farklı monokotiledonlu ve 24 farklı dikotiledonlu bitkide hastalık oluşturabilmektedir (Hu ve ark., 2018; Li ve ark., 2020). *Dickeya zea*'nın Çin'in güneyinde yer alan çeltik üretim alanlarında %10-30 arasında değişen oranlarda verim kayıplarına sebep olduğu rapor edilmiştir (Li ve ark., 2020). Yine Çin'de muz yetiştirilen plantasyonlarda ise hastalığın yaygınlığının %20 ile %70 arasında değiştiği, ancak 2010-2012 yılları arasında Guangzhou bölgesindeki muz alanlarında hastalık oranının %90'a ulaştığı bildirilmiştir (Zhang ve ark., 2014; Lin ve ark., 2010). Hindistan'da 2019-2021 yılları arasında yapılan bir çalışmada mısırdaki bu hastalığın %13-38 bulunuş oranına sahip olduğu rapor edilmiştir (Jatoh ve ark., 2022). Bu çalışmada mısırdaki *Dickeya* sp.'nin neden olduğu Bakteriyel Gövde Çürüklüğü Hastalığının Çukurova Bölgesinde yaygınlığının sınırlı olduğu saptanmıştır. Ancak patojenin konukçu aralığının çok geniş olması, etmenin yayılma potansiyelini artırmaktadır. Bu hastalığa neden olan patojen bakteri sıcaklığı seven ve optimum gelişim sıcaklığı 30 °C'nin üzerinde olan bir türdür (Czajkowski ve ark., 2015; Kumar ve ark., 2017) ve küresel iklim değişikliklerine bağlı olarak bölgemizde sıcaklık artışı olduğu takdirde bu türün kolaylıkla yayılabileceği düşünülmektedir. *Dickeya* ve *Pectobacterium* cinsleri içinde yer alan ve farklı konukçu bitkilerde yumuşak çürüklük hastalıklarına neden olan patojenik bakteriyel türlerin uygun olmayan mevsimlerde yaşamlarını devam ettirmeleri ortamdaki sıcaklık, nem ve pH'a bağlıdır (Öztürk & Soylu, 2022a,b). Bu patojenler bir sonraki üretim mevsimine kadar toprakta oldukça düşük popülasyonda yaşarken, hasat sonrası tarlada kalan bitki artıklarında ve yabancı otlar üzerinde daha uzun süre yaşama yeteneğindedir (Perombelon & Kelman, 1980). Toprakta düşük popülasyonda bulunan *Pectobacterium* ve *Dickeya* cinsleri içinde yer alan patojenik bakteri popülasyonunu saptamak oldukça zordur (Czajkowski ve ark., 2012). Toprak örneklerinde patojen bakterilerin saptanmasında *Pectobacterium* ve *Dickeya* cinsinin popülasyonunu artırmak için zenginleştirilmiş çalkalama bufferları kullanmak, besi yerine ekimden önce santrifüjleme yaparak bakterileri toplamak (Perombelon & van der Wolf, 2002) ve ardından toplanan bakterilerin patates yumrusu gibi duyarlı bitki organlarına inokule ederek tuzaklama yöntemini tercih etmek başarı şansını artıracaktır (Czajkowski ve ark., 2012). Topraktaki yaşamın aksine, *Pectobacterium* ve *Dickeya* cinsleri içinde yer alan patojenik bakterilerin steril suda 200 gün yaşayabildiği (Cothier & Gilbert, 1990), ayrıca üretim alanlarındaki yüzey sularında da yaşamlarını devam ettirebildikleri bildirilmiştir (Quinn ve ark., 1980). Yapılan bu çalışmada patojenin toprakta ve sulama suyunda varlığı belirlenirken buffer ile zenginleştirme, santrifüjleme ve tuzaklama yöntemi kullanıldığında başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Üretim döneminde henüz hastalık belirtisi göstermeyen ancak patojenle epifitik veya latent olarak bulaşık bulunan bitki artıkları, sulama suyuna veya yüzey sularına bulaştığında; patojen bakteriler kolaylıkla bu suyla sulanan tarlalara bulaşabilmektedir (Cappaert ve ark., 1988; Czajkowski ve ark., 2012). Bitki hastalıklarının yönetiminde, sentetik kimyasalların kullanımına en iyi alternatif, çevre dostu olan biyolojik mücadeledir (Emmert & Handelsman, 1999). Diğer bakteriyel hastalıklarda olduğu gibi yumuşak çürüklük hastalıklarında da temel strateji bakteriyel, fungal veya viral (bakteriyofaj) antagonistleri kullanarak, bitkinin dayanıklılık mekanizmasını harekete geçirmek, bitki patojenlerinin bir araya gelerek koloni oluşturmasını engellemek veya antagonist mikroorganizmaların ürettiği antimikrobiyal maddelerle patojen bakteri popülasyonunu azaltmaktır (Czajkowski ve ark., 2015). Örneğin *Serratia plymuthica* A30 antagonist izolatıyla muamele edilen patates yumrularında depo koşullarında *Dickeya solani*'nin neden olduğu yumru çürüklüğünde azalma sağlanmıştır (Hadizadeh ve ark., 2019). Bu çalışmada elde edilen *Bacillus amyloliquefaciens* X77 adlı antagonist izolat %56'lık engelleme oranıyla en etkili antagonist olarak saptanmıştır. Chen ve ark., (2019)'nin yaptığı çalışmada *Dickeya chrysanthemi*'ye karşı aynı antagonist bakteri türü olan *B. amyloliquefaciens* benzer şekilde oldukça etkili bulunmuştur. Genel olarak *Bacillus* cinsine ait bakteri türleri toprakta ve bitki yüzeyinde baskın olarak bulunan mikroorganizmalardır ve son yıllarda pek çok bitki hastalığının biyolojik mücadelesinde etkili olarak kullanılmaktadırlar (Chen ve ark. 2003). Bu cins içinde yer alan *B. amyloliquefaciens* hem biyolojik gübre hem de başarılı bir biyokontrol etmeni olarak kullanılabilir (Chowdhury ve ark., 2015; Luo ve ark., 2022). Bu antagonist tür, "Fengycin, Surfactins, Bacillomycin D, Ituin A, Bacillaene, Difficidin, Macrolactin ve Bacilysin" gibi antimikrobiyal maddeler üreterek patojen mikroorganizmaların gelişimini sınırlandırmaktadır (Luo ve

ark., 2022). Bu araştırma kapsamında hastalığın görüldüğü mısır tarla toprağından izole edilen *B. amyloliquefaciens* X77 adlı antagonist izolat, yerel bir antagonist olması nedeniyle oldukça kıymetlidir ve ülkemiz ekolojik koşullarında yaşamaya adapte olmuş bir izolatır. Ülkemizde ilk defa yapılan bu çalışmada, antagonist bakteri *B. amyloliquefaciens* X77'nin, mısırdaki *Dickeya* sp.'nin neden olduğu yumuşak çürüklüğe etkisi ortaya konmuştur. Bu çalışmada elde edilen veriler küresel ısınmanın artmasıyla, yüksek sıcaklıklarda gelişebilme yeteneğinde olan patojenlerin bölgemize adapte olma potansiyelinin oluştuğuna işaret etmektedir. Geçmiş yıllarda bölgemizde görülmeyen veya üreticilerimizin dikkatini çekmeyecek düzeylerde olan Bakteriyele Gövde Çürüklüğü hastalığı son iki yılda fark edilir hale gelmiştir. Patojenin sulama suyundan elde edilmesi, özellikle sulama işlemi esnasında tarlalar arasında su geçişinin hastalığın yayılmasında potansiyel bir faktör olabileceğini ortaya koymaktadır. Üreticilerimizin bu konuda dikkatli olması hastalığın yayılmasını önlemek açısından önemlidir. Ayrıca hastalık ile mücadelede etkili bir bölgesel antagonistin saptanması biyolojik mücadele için ümitvar bir sonuçtur. Bu patojen mikrobiyal faaliyetlerin az olduğu topraklarda daha yoğun olarak gözlenmektedir. Bu nedenle ilerleyen zamanda yapılacak çalışmalarda hem patojenle mücadele edebilen, hemde toprağın mikrobiyal aktivitesini artırmada rol oynayan 'Bitki Gelişimini Artıran Rizobakterinlerin etkinliğinin araştırılması öncelikli konularımız arasındadır.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler. Bu çalışma birinci yazarın yüksek lisans tezinin bir bölümüdür.

ARAŞTIRMACILARIN KATKI ORANI BEYANI

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

ETİK ONAY BEYANI

Bu makalede insan veya hayvan deneklerle herhangi bir çalışma bulunmaması nedeniyle etik onaya gerek duyulmamaktadır.

KAYNAKLAR

- Aktepe, B.P. (2021). The effect of different plant activators and biological preparete on the biological control of bacterial speck disease in tomato. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26 (2), 355-364. <https://doi.org/10.37908/mkutbd.908921>
- Anonim (2022). Türkiye İstatistik Kurumu. <https://www.tuik.gov.tr> (Erişim tarihi 10.06.2023).
- Anonymous (2022). Food and Agriculture Organization of the united nations. <https://www.fao.org> (Erişim tarihi 10.06.2023).
- Aysan, Y., Karatas, A., & Cinar, O. (2003). Biological control of bacterial stem rot caused by *Erwinia chrysanthemi* on tomato. *Crop Protection*, 22 (6), 807-811. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(03\)00030-9](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(03)00030-9)
- Bertani, I., Passos da Silva, D., Abbruscato, P., Piffanelli, P., & Venturi, V. (2013). Draft genome sequence of the plant pathogen *Dickeya zea* DZ2Q, isolated from rice in Italy. *Genome Announcements*, 1 (6), <https://doi.org/10.1128/genomea.00905-13>
- Bitgen, E., & Mirik, M. (2021). Tekirdağ ilinde yetişen zeytin ağaçlarında dal kanseri hastalığı etmeni *Pseudomonas savastanoi* pv. *savastanoi*'nin tanısı ve antagonist bakteriyel izolatlar ile biyolojik mücadelesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26 (2), 326-336. <https://doi.org/10.37908/mkutbd.881977>
- Bora, T., & Karaca, I. (1970). *Kültür Bitkilerinde Hastalığın ve Zararın Ölçülmesi*. Ege Üniversitesi Ziraat Fak. Yardımcı Ders Kitabı, No:167, Ege Üniversitesi Matbaası, Bornova, 43 s.

- Bozkurt, İ.A., & Soylu S. (2019). Elma kök uru hastalığı etmeni *Rhizobium radiobacter*'e karşı epifit ve endofit bakterii izolatlarının antagonistik potansiyellerinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16, 348-361. <https://doi.org/10.33462/jotaf.556256>
- Caplik, D., Kusek, M., Kara, S., Seyrek, A., & Celik, Y. (2022). First report of bacterial stalk rot of maize caused by *Dickeya zae* in Turkey. *New Disease Reports*, 45 (1), e12070. <https://doi.org/10.1002/ndr2.12070>
- Cappaert, M.R., Powelson, M.L., Franc, G.D., & Harrison, M.D. (1988). Irrigation water as a source of inoculum of soft rot *Erwinias* for aerial stem rot of potatoes. *Phytopathology*, 78 (12), 1668-1672. <https://doi.org/10.1094/Phyto-78-1668>
- Çetinkaya-Yıldız, R., & Aysan, Y. (2022). Doğu Akdeniz bölgesinde yetişen mısır (*Zea mays*) bitkisinin yeni bir bakteriyel hastalığı: *Dickeya zae*'nin neden olduğu bakteriyel sap çürüklüğü. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27 (3), 493-501. <https://doi.org/10.37908/mkutbd.1119953>
- Chen, J., Liu, T., Wei, M., Zhu, Z., Liu, W., & Zhang, Z. (2019). Macrolactin a is the key antibacterial substance of *Bacillus amyloliquefaciens* D2WM against the pathogen *Dickeya chrysanthemi*. *European Journal of Plant Pathology*, 155, 393-404. <https://doi.org/10.1007/s10658-019-01774-3>
- Chen, Z., Zhang J., & Huang D. (2003). Research progress on antimicrobial mechanism and genetic engineering of *Bacillus* for plant diseases biocontrol. *Acta Phytopathologica Sinica*, 33 (2), 97-103.
- Chowdhury, S.P., Hartmann, A., Gao, X., & Borriss, R. (2015) Biocontrol mechanism by root-associated *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42- A review. *Frontiers in Microbiology*, 6, 780. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00780>
- Cother, E.J., & Gilbert, R.L. (1990). Presence of *Erwinia chrysanthemi* in 2 major river systems and their alpine sources in Australia. *Journal of Applied Bacteriology*, 69 (5), 729-738. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1990.tb01570.x>
- Czajkowski R., Pérombelon M.C.M., van Veen, J.A., & van der Wolf, J.M. (2012). Control of blackleg and tuber soft rot of potato caused by *Pectobacterium* and *Dickeya* species: A review. *Plant Pathology*, 60, 999-1013. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2011.02470.x>
- Czajkowski, R., Pérombelon, M., Jafra, S., Lojkowska, E., Potrykus, M., van Der Wolf, J., & Sledz, W. (2015). Detection, identification and differentiation of *Pectobacterium* and *Dickeya* species causing potato blackleg and tuber soft rot: A review. *The Annals of Applied Biology*, 166 (1), 18-38. <https://doi.org/10.1111/aab.12166>
- Emmert, E. A., & Handelsman, J. (1999). Biocontrol of plant disease: A (gram-) positive perspective. *FEMS Microbiol Letters*, 171 (1), 1-9. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.1999.tb13405.x>
- Guan, Y., Chen, W., Wu, Y., Hu, Y., Wang, H., He, Z., & Zheng, H. (2019). First report of corn stalk rot caused by *Dickeya zae* on sweet corn in Shanghai, China. *Journal of Plant Pathology*, 102, 557-558. <https://doi.org/10.1007/s42161-019-00447-8>
- Hadizadeh, I., Peivastegan, B., Hannukkala, A., van der Wolf, J.M., Nissinen, R., & Pirhonen, M. (2019). Biological control of potato soft rot caused by *Dickeya solani* and the survival of bacterial antagonists under cold storage conditions. *Plant Pathology*, 68, 297-311. <https://doi.org/10.1111/ppa.12956>
- Hu, M., Li, J., Chen, R., Li, W., Feng, L., Shi, L., Xue, Y., Feng, X., Zhang, L., & Zhou, J. (2018). *Dickeya zae* strains isolated from rice, banana and clivia rot plants show great virulence differentials. *BMC Microbiology*, 18 (1), 136. <https://doi.org/10.1186/s12866-018-1300-y>
- Hugouvieux-Cotte-Pattat, N., Jacot-Des-Combes, C., & Briolay, J. (2019). *Dickeya lacustris* sp. Nov., a water-living pectinolytic bacterium isolated from lakes in France. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 69 (3), 721-726. <https://doi.org/10.1099/ijsem.0.003208>
- Jafra, S., Przysowa, J., Gwizdek-Wiśniewska, A., & van der Wolf, J.M. (2008). Potential of bulb-associated bacteria for biocontrol of hyacinth soft rot caused by *Dickeya zae*. *Journal of Applied Microbiology*, 106 (1), 268-277. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2008.04000.x>

- Jatoth, R., Singh, D., Geat, N., Babu, P.L., & Kumar A. (2022). Distribution of bacterial stalk rot disease of maize in India and identification of causal agent using biochemical and *fliC* gene based marker and its sensitivity against chemicals and bacterial antagonist. *Indian Phytopathology*, 75, 517-525. <https://doi.org/10.1007/s42360-021-00455-8>
- Jiang, C.H., Wu, F., Yu, Z.Y., Xie, P., Ke, H.J., & Li, H.W. (2015). Study on screening and antagonistic mechanisms of *Bacillus amyloliquefaciens* 54 against bacterial fruit blotch (BFB) caused by *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*. *Microbiological Research*, 170, 95-104. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2014.08.009>
- Karnez, E., Güldoğan Ö., Ercan N., Korkmaz K., & Aysan Y. (2021) Domateste bakteriyel benek hastalığının mücadelesinde vermikompost uygulamasının etkisi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26 (3), 726-735. <https://doi.org/10.37908/mkutbd.986521>
- Kırtok, Y. (1998). *Mısır Üretimi ve Kullanımı*. Kocaoluk Basım ve Yayınevi. Sf. 446.
- Kumar, A., Hunjan, M.S., Kaur, H., Singh, P.P., & Kaur, R. (2016). Evaluation of management of bacterial stalk rot of maize (*Dickeya zae*) using bio-agents and chemical agents. *Journal of Applied and Natural Science*, 8 (3), 1146-1151. <https://doi.org/10.31018/jans.v8i3.932>
- Kumar, A., Singh, M., Kaur, H., Rawal, R., & Singh, P. (2017). A review on bacterial stalk rot disease of maize caused by *Dickeya zae*. *Journal of Applied and Natural Science*, 9 (2), 1214-1225.
- Lelliott, R.A., & Stead, D.E. (1987). *Methods for the diagnosis of bacterial diseases of plants*. TF Preece (Edt) Methods in Plant Pathology Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK, 219 pp.
- Li, J., Hu, M., Xue, Y., Chen, X., Lu, G., Zhang, L., & Zhou, J. (2020). Screening, identification and efficacy evaluation of antagonistic bacteria for biocontrol of soft rot disease caused by *Dickeya zae*. *Microorganisms*, 8, 697. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8050697>
- Lin, B.R., Shen, H.F., Pu, X.M, Tian, X.S., Zhao, W.J., Zhu, S.F., & Dong, M.M. (2010) First report of a soft rot of banana in Mainland China caused by a *Dickeya* sp. (*Pectobacterium chrysanthemi*). *Plant Diseases*, 94 (5), 640. <https://doi.org/10.1094/PDIS-94-5-0640C>
- Lopes, C.A., Stall R.E., & Bartz J.A. (1986). Bacterial stalk and top rot of maize in florida caused by *Erwinia chrysanthemi* pv. *zae*. *Plant Diseses*, 70, 259. <https://doi.org/10.1094/PD-70-259a>
- Luo, L., Zhao, C., Wang, E., Raza, A., & Yin, C. (2022). *Bacillus amyloliquefaciens* as an excellent agent for biofertilizer and biocontrol in agriculture: An overview for its mechanisms. *Microbiological Research*, 259, 127016. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2022.127016>
- Martinez-Cisneros, B.A., Juarez-Lopez, G., Valencia-Torres, N., Duran-Peralta, E., & Mezzalama, M. (2014). First report of bacterial stalk rot of maize caused by *Dickeya zae* in Mexico. *Plant Disease*, 98 (9), Article 9. <https://doi.org/10.1094/PDIS-02-14-0198-PDN>
- Mitchell, R.E. (1992). Metabolites from pseudomonads that inhibit the growth of *Erwinia amylovora*. *Acta Horticulture*, 338, 219-222. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1993.338.31>
- Myung, I., Jeong, I.H., Moon, S.Y., Kim, W.G., Lee, S.W., Lee, Y.H., Lee, Y., Shim, H.S., & Ra, D.S. (2010). First report of bacterial stalk rot of sweet corn caused by *Dickeya zae* in Korea. *New Disease Reports*, 22, 15. <https://doi.org/10.5197/j.2044-0588.2010.022.015>
- Nassar, A., Darrase, A., Lemattre, M., Kotoujansky, A., Dervin, C., Veldel, R., & Bertheau, Y. (1996). Characterization of *Erwinia chrysanthemi* by pectinolytic isozyme polymorphism and restriction fragment length polymorphism analysis of PCR-amplified fragments of *pel* genes. *Applied and Environmental Microbiology*, 62, 2228-2235. <https://doi.org/10.1128/aem.62.7.2228-2235.1996>
- Nishat, A., & Mall, T.P. (2009). Prevalence of maize diseases in Bahraich (U.P.). *Annals of Plant Protection Sciences*, 17 (2) 512-513.
- Oerke, E.C. (2006). Crop losses to pests. *Journal Agricultural Sciences*, 144, 31-43. <https://doi.org/10.1017/S0021859605005708>

- Öztürk, M., & Soylu, S. (2022a). Yozgat ve Kırşehir illerinde tüketime sunulmuş patates yumrularında bakteriyel yumuşak çürüklük hastalığı etmeni *Pectobacterium* izolatlarının izolasyonu ve tanınması. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19, 332-342. <https://doi.org/10.33462/jotaf.974350>
- Öztürk, M., & Soylu, S. (2022b). Yozgat ili beyaz baş lahana üretim alanlarında bakteriyel yumuşak çürüklük hastalığına neden olan *Pectobacterium* izolatlarının tanınması. *KSU Tarım ve Doğa Dergisi*, 25, 495-503. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.a.vi.943765>
- Perombelon M.C.M., & van der Wolf, J.M. (2002). Methods for the detection and quantification of *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* (*Pectobacterium carotovorum* subsp. *atrosepticum*) on potatoes: A laboratory manual. *Scottish Crop Research Institute Annual Report*, 10.
- Perombelon, M.C.M., & Kelman, A. (1980). Ecology of the soft rot Erwinias. *Annual Review of Phytopathology*, 18, 361-387.
- Prokić, A., Zlatković, N., Kuzmanović, N., Ivanović, M., Gašić, K., Pavlović, Ž., & Obradović, A. (2020). Identification and characterization of *Dickeya zae* strains associated with maize stalk soft-rot in northern Serbia. *European Journal of Plant Pathology*, 157 (3), 685-691. <https://doi.org/10.1007/s10658-020-02019-4>
- Pu, X. M., Zhou, J.N., Lin, B.R., & Shen, H.F. (2012). First report of bacterial foot rot of rice caused by a *Dickeya zae* in China. *Plant Disease*, 96 (12) 1818. <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-12-0315-PDN>
- Quinn, C. E., Sells, I. A., Graham, & D. C. (1980). Soft rot *Erwinia* bacteria in the atmospheric bacterial aerosol. *Journal of Applied Microbiology*, 49 (1), 175-181. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1980.tb01055.x>
- Ramachandran, K., Manaf, U.A., & Zakaria, L. (2015). Molecular characterization and pathogenicity of *Erwinia* spp. associated with pineapple *Ananas comosus* (L.) Merr.] and papaya (*Carica papaya* L.). *Journal of Plant Protection Research*, 55 (4), 396-404. <https://doi.org/10.1515/jppr-2015-0053>
- Reifschneider, F.J.B., & Lopes, C.A. (1982). Bacterial top and stalk rot of maize in Brazil. *Plant Disease*, 519-520. <https://doi.org/10.1094/PD-66-519>
- Sah, D.N. (1991). Influence of environmental factors on infection of maize (*Zea mays* L.) by *Erwinia chrysanthemi* pv.*zae*. *Journal of the Institute of Agriculture and Animal Science*, 12, 41-45.
- Sambrook, J.E., Fritsch, F., & Maniatis, T. (1989). *Molecular Cloning. A Laboratory Manual Appendixes, 2nd Edition*. Cold Spring Harbor Laboratory Press, p.6.4- 6.20 USA.
- Samson, R., Legendre, J.B., Christen, R., Fischer-Le Saux, M., Achouak, W., & Gardan, L. (2005). Transfer of *Pectobacterium chrysanthemi* (Burkholder et al. 1953) Brenner et al. 1973 and *Brenneria paradisiacato* the genus *Dickeya* gen. nov. As *Dickeya chrysanthemi* comb. nov. And *Dickeya paradisiaca* comb. nov. and delineation of four novel species, *Dickeya dadantii* sp. nov., *Dickeya dianthicola* sp. nov., *Dickeya dieffenbachiae* sp. nov. and *Dickeya zae* sp. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 55 (4), 1415-1427. <https://doi.org/10.1099/ijs.0.02791-0>
- Sands, D.C. (1990). Physiological criteria-determinate tests. Z Klements, K Rudolph, DC Sands (Edts), In: *Methods in Phytobacteriology* (pp 199-204). Acedemia Kiado, Budapest, Hungary.
- Schaad, N.W, Jones, J.B, & Lacy, G.H. (2001). Gram negative bacteria, *Xanthomonas*. NW Schaad, JB Jones, W Chun (Edts), In: *Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria* (3. Edition, pp. 175-193). APS Press, St. Paul Minnesota.
- Soylu, E.M., Soylu, S., Kara, M., & Kurt, Ş. (2020). Sebzelelerde sorun olan önemli bitki fungal hastalık etmenlerine karşı vermikomposttan izole edilen mikrobiyomların *in vitro* antagonistik etkilerinin belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23 (1), 7-18. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.a.vi.601936>
- Suriani, B.P., Junaid, M., & Muis, A. (2021). The presence of bacterial stalk rot disease on corn in Indonesia: A review. IOP Conference Series. *Earth and Environmental Science*, 911-012058. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/911/1/012058>

- Thind, B.S., & Payak, M.M. (1985). A review of bacterial stalk rot of maize in India. *Tropical Pest Management*, 31 (4), 311-316. <https://doi.org/10.1080/09670878509371007>
- Toth, I.K., van Der Wolf, J.M., Saddler, G., Lojkowska, E., Hélias, V., Pirhonen, M., Tsrör (Lahkim), L., & Elphinstone, J.G. (2011). *Dickeya* species: An emerging problem for potato production in Europe. *Plant Pathology*, 60 (3), 385–399. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2011.02427.x>
- Uysal, A., Kurt, Ş., Soylu, S., Soylu, E.M., & Kara, M. (2019). Yaprığı yenen sebzelerdeki mikroorganizma türlerinin MALDI-TOF MS (Matris Destekli Lazer Desorpsiyon/İyonizasyon Uçuş Süresi Kütle Spektrometresi) tekniği kullanılarak tanınması. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29, 595-603. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.627850>
- Yanchang, Y., Ziting, Y., Muqing, Z., Chengwu, Z., & Baoshan, C. (2021). First report of stalk bacterial soft rot of sugarcane caused by *Dickeya zea* in China. *Plant Disease*, 105 (4) 1188-1188. <https://doi.org/10.1094/PDIS-10-20-2234-PDN>
- Zhang, J.X., Shen, H.F., Pu, X.M., Lin, B.R., & Hu, J. (2014). Identification of *Dickeya zea* as a casual agent of bacterial soft rot in banana in China. *Plant Disease*, 98 (4), 436-442. <https://doi.org/10.1094/PDIS-07-13-0711-RE>
- Zhou, J.N., Liu, S.Y., Chen, Y.F., & Liao, L.S. (2015). First report of *Pantoea anthophila* causing soft rot disease in *Clausena lansium* (Wampee) in China. *Plant Disease*, 99 (3), 416. <https://doi.org/10.1094/PDIS-10-14-1025-PDN>