

Elma (*Malus domestica* L.) Çeşitlerinin Ateş Yanıklığı Hastalığına Karşı Duyarlılık Düzeylerinin Araştırılması*

Aydın KAYA¹, Mesude Figen DÖNMEZ^{1**}, İrfan ÇORUH²

¹İğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, İğdır, TÜRKİYE

²Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Erzurum, TÜRKİYE

Geliş Tarihi/Received: 19.01.2023

Kabul Tarihi/Accepted: 19.03.2023

ORCID ID (Yazar sırasına göre / by author order)

 orcid.org/0000-0002-5004-1455 orcid.org/0000-0002-7992-8252 orcid.org/0000-0002-6569-6163

**Sorumlu Yazar/Corresponding Author: sudefigen@hotmail.com

Öz: Bu çalışma, *Erwinia amylovora*'ya karşı 11 farklı elma (*Malus domestica* L.) çeşidinin duyarlılık reaksiyonlarını belirlemek amacıyla yapılmıştır. Çalışmada, 2014 ve 2015 yıllarında, İğdir ilinden alınan hastalıklı bitki örneklerinden 79 bakteri straini izole edilmiş, bunlardan 58 tanesi yağ asit metil ester analizi ile *E. amylovora* olarak tanımlanmıştır. Strainlerin koloni rengi, gram reaksiyon, katalaz, oksidaz, floresan pigment, levan koloni oluşumu ve 36 °C'de gelişme özellikleri belirlenmiştir. Ateş yanıklığı hastalığına karşı duyarlılık denemesinde Stark Crimson, Joremini, Williams Pride, Red Chief, Scarlet Spur, Fuji Zhen Aztec, Granny Smith, Mondial Gala, Amasya, Golden Reinders ve Pink Lady elma çeşitleri kullanılmıştır. Çeşitlerin duyarlılıkları yaprak ve sürgün inokulasyonuna bağlı olarak değerlendirilmiştir. Çeşitlerin patojene karşı gösterdikleri yaprak reaksiyonu sonucunda bir tanesinin çok duyarlı (Pink Lady), 4 tanesinin duyarlı (Jeromine, Granny Smith, Mondial Gala ve Amasya) ve 6 tanesinin orta derecede duyarlı (Stark Crimson, Williams Pride, Red Chief, Scarlet Spur, Fuji Zhen Astec ve Golden Reinders) olduğu saptanmıştır. Sürgün reaksiyonu sonucunda elde edilen çeşit duyarlılığına göre 8 çeşit (Stark Crimson, Jeromine, Williams Pride, Red Chief, Scarlet Spur, Fuji Zhen Astec, Granny Smith ve Mondial Gala) az duyarlı, 3 çeşit (Amasya, Golden Reinders ve Pink Lady) orta derecede duyarlı olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Erwinia amylovora*, yaprak dayanıklılığı, sürgün dayanıklılığı, *Malus domestica* L., yağ asit metil ester

Determination of Susceptibility Levels of Apple (*Malus domestica* L.) Varieties to Fire Blight Disease

Abstract: This study was carried out to determine the sensitivity reactions of 11 different apple (*Malus domestica* L.) varieties against *Erwinia amylovora*. In 2014 and 2015, 79 bacterial strains were isolated from diseased plant samples taken from İğdir province, 58 of them were identified as *E. amylovora* by fatty acid methyl ester analysis. Colony color, gram reaction, catalase, oxidase, fluorescent pigment, levan colony formation, and growth characteristics at 36 °C of the strains were determined. Stark Crimson, Joremini, Williams Pride, Red Chief, Scarlet Spur, Fuji Zhen Aztec, Granny Smith, Mondial Gala, Amasya, Golden Reinders, and Pink Lady apple cultivars were used in the susceptibility test against fire blight disease. The susceptibility of the cultivars was evaluated depending on the leaf and shoot inoculation. As a result of leaf reaction; Pink Lady was highly susceptible, 4 varieties (Jeromine, Granny Smith, Mondial Gala, and Amasya) were susceptible and 6 varieties (Stark Crimson, Williams Pride, Red Chief, Scarlet Spur, Fuji Zhen Astec, and Golden Reinders) were moderately susceptible. According to evaluations of shoot reaction; 8 varieties (Stark Crimson, Jeromine, Williams Pride, Red Chief, Scarlet Spur, Fuji Zhen Astec, Granny Smith, and Mondial Gala) were less susceptible and 3 varieties (Amasya, Golden Reinders, and Pink Lady) were moderately susceptible.

Keywords: *Erwinia amylovora*, leaf resistance, shoot resistance, *Malus domestica* L., fatty acid methyl ester

1. Giriş

Elma (*Malus domestica* L.) yumuşak çekirdekli meyve türleri arasında en eski kültüre alınan meyvelerden birisidir. Yüksek adaptasyon kabiliyeti ve çeşit sayısının fazlalığı sayesinde ılıman iklim meyve türleri içerisinde en fazla üretilen ve tüketilen tür olarak yer almaktadır (Beer, 1991). Bununla birlikte elma yetiştiriciliğinde karşılaşılan çeşitli bakteriyel, fungal ve viral etmenler önemli verim ve kalite kayıplarına neden olarak üretimi kısıtlamaktadır. Bu hastalıklar içerisinde bulunan *Erwinia amylovora*'nın neden olduğu ateş yanıklığı, yumuşak çekirdekli meyvelerin en tahripkâr bakteriyel hastalığı olarak dikkat çekmektedir (Baştaş ve Saygılı, 2008). Patojen, bu bitkilerde endofitik ve epifitik olarak yaşamını sürdürebilmekte, ilkbaharda primer inokulum üretimiyle birlikte çiçek enfeksiyonuna neden olmakta, bunu yaz aylarında sürgün ve meyve enfeksiyonları takip etmekte ve nihayet sonbaharda kanserlerin oluşumuyla dönem sonlanmaktadır. Patojen, elverişli şartlarda, bitkide çok hızlı ilerlemekte ve kısa bir sürede yüksek epidemiyoloji yapmaktadır. Etmenin yayılmasında rüzgâr, yağmur, böcekler, kuşlar ve insan en önemli faktörler olarak sıralanmaktadır (Thomson, 2000). Yapılan çeşitli çalışmalarda farklı ülkelerde *E. amylovora*'nın ciddi enfeksiyonu sonucu çok sayıda elma (Longstroth, 2001) armut (Cvjetkovic ve ark., 1999) ve ayva (Severin ve ark., 1999) ağaçlarının eradike edildiği ve ağır ekonomik kayba neden olduğu rapor edilmiştir (Mertoğlu ve Evrenesoğlu, 2017).

Ateş yanıklığı hastalığının yayılmasını önlemede ve mücadelesinde karantina, temiz üretim materyali kullanımı (Baştaş ve Saygılı, 2008), hastalıklı kısımların budanması, budama makaslarının dezenfeksiyonu (Sobiczewski ve ark., 1997) ve böceklerle mücadele (Baştaş ve Saygılı, 2008) alınacak ilk tedbirleri oluşturmaktadır. Bunların yanı sıra inokulum miktarının kontrolü için hastalığın yayılmasında önemli olan yabancı konukçu bitkiler üretim alanından sökülerek uzaklaştırılmalıdır. Ateş yanıklığı hastalığına karşı bakırlı bileşiklerle yapılan kimyasal mücadele önemli bir yer tutmuştur (Van der Zwet ve ark., 2012). Ancak bakırlı bileşiklerin mücadelede yetersiz kalması ve bitkilerde fitotoksiteye neden olması karşılaşılan zorluklar olmuştur (Fried ve ark., 2014). Ayrıca *E. amylovora*'nın biyolojik mücadelesinde bazı bakteri strainlerinin ve bitki uçucu yağlarının kullanıldığı çalışmalar da mevcuttur (Geramini ve ark., 2013; Mikicinski ve ark., 2016; Sharifazizi ve ark., 2017).

Patojen enfeksiyonu sonucu meydana gelen hastalık düzeyinin, patojenin saldırganlığı, konukçunun duyarlılığı ve çevre koşullarına bağlı olarak değiştiği; kültürel uygulamaların, genetik toleransın, ağacın olgunluğunun, ekim sıklığı ve dormansi periyodunun epidemiyolojisi oluşturmada anahtar rol oynadığı belirtilmektedir. Ateş yanıklığına dayanıklılık açısından konukçular ve türler arasında farklılıklar olduğu bilindiğinden (Van der Zwet ve ark., 2012), dayanıklı çeşit ve anaç kullanımı hastalığın kontrolünde birinci derecede önem kazanmaktadır. Bu hastalığın sorun olduğu yerlerde, yeterli dayanıklılığa sahip ve çeşit özellikleri iyi olan bitkileri yetiştirmek hastalıkla mücadelede önemli bir basamaktır. Bu konuda özellikle konukçu bitkiyi ön planda tutan ve çeşit reaksiyonlarını ortaya çıkarmayı amaçlayan bazı araştırmalar yapılmıştır (Hevesi ve ark., 2004; Korba ve ark., 2013; Alexandrova ve Dzhuvinov, 2017; Sklodowska ve ark., 2018).

Iğdır yöresinde yapılan survey çalışmalarında ve üreticiler tarafından getirilen numunelerde *E. amylovora* ile enfekteli çok sayıda elma örnekleri saptanmıştır. Hastalığın epidemiyolojisi ve oluşturduğu ekonomik kayıp göz önüne alındığında, mücadelesinde en etkili ve kalıcı yöntem olan dayanıklı çeşit tespitinin bir zorunluluk olduğu görülmektedir. Bu nedenle artarak yaygınlık gösteren ateş yanıklığı hastalığına karşı mevcut meyve çeşitlerini korumak, hastalığın yayılmasını ve oluşturacağı ekonomik kayıpları önlemek için dayanıklı gen kaynaklarının tespiti, dayanıklı çeşit geliştirilmesine yönelik çalışmalar çok büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmanın amacını, Iğdır ili elma (*M. domestica* L.) bahçelerinde ateş yanıklığı hastalığı semptomu gösteren örneklerden patojenin izole edilerek tanımlanması ve elde edilen *E. amylovora* strainlerine karşı farklı elma çeşitlerinin duyarlılık reaksiyonlarının tespiti oluşturmaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Bitki materyali ve patojen strainleri

Erwinia amylovora'ya karşı dayanıklılık reaksiyonunu değerlendirmek için Stark Crimson, Joremini, Williams Pride, Red Chief, Scarlet Spur, Fuji Zhen Aztec, Granny Smith, Mondial Gala, Amasya, Golden Reinders ve Pink Lady olmak üzere 11 farklı elma (*M. domestica* L.) çeşidi kullanılmıştır. Çeşitler 2 yaşında fidanlar olarak İnegöl Ergene Fidancılık'tan temin edilmiştir. Yüksek virülent özelliğe sahip olduğu tespit edilen 7 *E. amylovora* straini (AK7, AK15, AK25, AK 42, AK 48, AK 52 ve AK 76) patojen olarak kullanılmıştır.

2.2. Hastalıklı bitki örneklerinin toplanması

Sürvey çalışması; Iğdır merkezde yer alan Melekli Beldesi, Halfeli Beldesi, Alikamerli Mahallesi, Küllük, Yaycı, Bayraktutan, Çalpala, Aşağı Çarıklı, Kuzugüden, Hakmemet, Necefali, Kadıkışlak, Kasımcı, Evcı, Kazancı ve Enginalan köylerinde ve Tuzluca merkeze bağlı Gaziler ve Ağabey köylerinde bulunan elma bahçelerinde 2014 ve 2015 yılı Mayıs ve Haziran aylarında yapılmıştır. Tipik ateş yanıklığı semptomlarını gösteren ağaçlardan yaprak, sürgün ve meyve örnekleri alınmıştır.

2.3. Bakteri strainlerinin izolasyonu ve stok kültürlerin hazırlanması

Hastalıklı yaprak ve bakteriyel akıntıya sahip meyvelerden izolasyon yapılmıştır. Nutrient Sukroz Agar (NAS) besiyerinde gelişen kabarık, mukoid kolonilerden saf kültürler elde edilmiştir. Stok kültürler içerisinde 500 µl % 30'luk gliserol ve 500 µl Nutrient Broth (NB) bulunan karışım içerisinde hazırlanmış ve -80 °C'de saklanmıştır.

2.4. Bakteri strainlerinin yağ asit metil ester analizi ile tanısı

Bakteri strainleri yağ asit metil ester ekstraksiyonu, izolasyonu ve saflaştırılması için Tryptic Soy Agar besiyerinde 24-48 saat geliştirilmiştir. Gelişen bakteri strainlerine ait koloniler steril bir öze ile alınarak teflon kapaklı cam tüplere konulmuş ve her bir tüpe hücre parçalama çözeltisinden [150 ml metil alkol (HPLC Grade, 45 g NaOH (ACS Grade), 150 ml sdH₂O) 1 ml eklenerek yağ asitlerinin serbest kalması sağlanmıştır. Ardından test tüplerine metilleştirme çözeltisinden [325 ml HCl (6 N), 275 ml metil alkol (HPLC Grade)] 2 ml ilave edilerek serbest yağ asitlerine ester bağları ile metil eklenmiştir. Bu işlemden sonra tüpler hızlı bir şekilde soğutulmuş ve saflaştırma çözeltisinden [200 ml metil-tert-butil-eter (HPLC Grade) 200 ml hexan (HPLC Grade)] 2.5 ml eklenmiştir. Bu esnada tüpte oluşan organik faz muhafaza edilmiş; altta kalan asidik faz, pastör pipetle atılmıştır. En son aşamada test tüplere bazik yıkama çözeltisinden [10.8 g NaOH (ACS Grade) 900 ml sdH₂O] 3 ml ilave edilmiş ve saf halde serbest yağ asit metil esterleri elde edilmiştir. Bu aşamada tüpün üst kısmında toplanan ve yağ asit metil esterleri içeren faz pastör pipeti ile alınarak 2 ml'lik gaz kromatografisi tüplerine transfer edilmiş; ardından ağızları sıkıca kapatılarak, cihaz üzerindeki bölmeye yerleştirilmiştir. Bilgisayar kontrollü gaz kromatografisi sistemi olan Mikrobiyal Tanı Sistemi (Agilent 7890A GC System, MIDI, Inc., Newark, DE, Sherlock Software Version 6.1, RTSBA 6 Library) kullanılarak strainlerin tür ve alt tür seviyesinde tanısı yapılmıştır (Sasser, 1990).

2.5. Bakteri strainlerinin patojenik özelliklerinin belirlenmesi

Bakteri strainlerinin hastalık oluşturma özelliklerinin tespiti için Pink Lady elma çeşidine ait sürgünler kullanılmıştır. Her bir *E. amylovora* straini YDC (Yeast Dekstrose Carbonate) agar besiyerinde 24 saat geliştirilmiş ve spektrofotometrede 660 nm'de 0.060 ölçüm değerinde (10⁸ hücre ml⁻¹ bakteri yoğunluğu) süspansiyonları hazırlanmıştır. İnokulasyon işleminden önce sürgün ucundaki yaprakların uçları patojen süspansiyonuna batırılmış makasla kesilmiş ve elde edilen strainlerin süspansiyonları bir el pülverizatörüyle bitkilere püskürtülmüştür. Negatif kontrol grubunda yer alan bitkilere steril su uygulanmıştır. İnokulasyondan 15 gün sonra tipik hastalık belirtilerine neden olan strainlerin patojenik özellikte olduğu tespit edilmiştir. Yapraklarda meydana gelen semptomlar 0-4 skalasına (0: hastalık yok; 1: yaprakların % 1-10'unu kaplayan yanıklık; 2: yaprakların % 11-45'ini kaplayan yanıklık; 3: yaprakların % 46-85'ini kaplayan yanıklık; 4: yaprakların % 86-100'ünü kaplayan yanıklık) göre değerlendirilmiştir. Çalışma 3 tekerrürlü olarak aynı şartlarda 2 kez tekrarlanmıştır (Korba ve ark., 2008). Tütünde aşırı duyarlılık testi ise Lelliot ve Stead (1987)'a göre yapılmıştır.

2.6. Bakteri strainlerinin morfolojik ve biyokimyasal özelliklerinin belirlenmesi

İzole edilen bakteriyel strainlerin koloni morfolojisi % 5 sakkaroz içeren Nutrient Agar (NA) besiyerinde belirlenmiştir. Strainlerin hareket özelliği litrede 10 g tryptone, 5 g NaCl ve 5 g agar (pH= 6.8-7.2) içeren besiyerinde tespit edilmiştir. Besi yerine *E. amylovora* strainleri kültür delme şeklinde inokule edildikten sonra 25 °C'de inkübe edilmiştir. İnkübasyondan 8, 24 ve 48 saat sonra değerlendirme yapılmıştır. İnkübasyon bölgesinden çevreye doğru yayılan koloni gelişimi pozitif sonuç olarak kaydedilmiştir. Bakteri strainlerinin hücre duvarlarındaki farklılığı belirleyebilmek için % 3'lük KOH (potasyum hidroksit) çözeltisi kullanılmıştır. Yeast Dextrose Carbonate Agar besiyerinde geliştirilen 24-48 saatlik bakteri kültüründen alınan koloniler lam üzerine bırakılmış ve üzerine KOH çözeltisi ilave edilerek 5-10 saniye karıştırıldıktan sonra öze yukarıya doğru kaldırılmıştır. Karışımın uzaması gram negatif özellik olarak değerlendirilmiştir. Katalaz enzimin varlığını belirlemek için YDC ortamında 24-48 saat geliştirilen bakteri kültüründen alınmış ve üzerine 1 damla H₂O₂ (hidrojen peroksit) ilave edilmiştir. Kabarcık oluşumu pozitif olarak kaydedilmiştir. Oksidaz testi için % 1 tetramethyl-p-phenylendiamine dihydrochloride içeren diskler

kullanılmıştır. Bu diskler 1 damla sdH_2O_2 ile doyurulmuş ve sonra üzerleri 24-48 saat geliştirilen bakteri kültürü ile kaplanmıştır. Diskte gözlemlenen mavimsi-mor renk oluşumu pozitif sonuç olarak kabul edilmiştir. Strainlerin levan koloni özelliği NAS, floresan pigment üretimi King B, 36 °C'de gelişim testi ise NA besiyeri kullanılarak belirlenmiştir. Ham armut testi ile bakteriyel akıntı oluşturan strainler tespit edilmiştir.

2.7. Ateş yanıklığı hastalığına karşı elma çeşitlerinin reaksiyonu

Elma çeşitlerinin ateş yanıklığı hastalığına karşı reaksiyonu 2015-2016 yıllarında Halfeli beldesinde kurulan deneme alanında test edilmiştir. Her bir çeşit için 3 uygulama, 3 kontrol olacak şekilde fidanlar 16.03.2015 tarihinde deneme alanına dikilmiştir. *Erwinia amylovora* strainlerinin karışımından hazırlanan yoğunluğu 10^8 hücre ml^{-1} olan süspansiyon denemenin birinci yılında 25.05.2015 tarihinde, ikinci yılında ise 27.05.2016 tarihinde bitkilerin yapraklarına bir el pülverizatörü ile inokule edilmiştir (Mazzucchi ve Brunelli, 2008). Kontrol grubundaki fidanlara ise su sprey edilmiştir. Su ve patojen inokulasyonu öncesinde fidanların yaprakları uç kısmından kesilmiştir. İnokulasyondan 17 gün sonra yapraklarda meydana gelen semptomlar 0-4 skalasına göre değerlendirilmiştir (Korba ve ark., 2008). Ancak denemenin yürütüldüğü her iki yılda da oluşan semptomların kaybolduğu görülmüş ve çalışmaya laboratuvar şartlarında devam edilmiştir. Elma çeşitlerine ait sürgünler kesilerek laboratuvara getirilmiş ve inokulasyon gerçekleştirilmiştir. İnokulasyon sonrası yaprak ve sürgündeki hastalık şiddeti Eşitlik 1'de belirtilen şekilde değerlendirilmiştir. Tanımsal skalaya göre belirlenen değerlerle hastalık şiddeti indeksi (HŞİ) (%) Townsend-Heuberger formülüne göre hesaplanmıştır (Eşitlik 1).

$$H\dot{S}\dot{I} = [(SD \times BS)] \times 100 / ESD \times TB \quad (1)$$

Eşitlikte *SD*, skala değerini; *BS*, aynı skala değerindeki bitki sayısını; *ESD*, en yüksek skala değerini; *TB*, toplam bitki sayısını ifade etmektedir.

Elma fidanlarının yapraklarında patojene karşı oluşan reaksiyon Thibault ve ark. (1986)'na göre Tablo 1'de belirtilen şekilde gruplandırılmıştır.

Elma fidanlarının sürgün reaksiyonunu değerlendirmek için karışım şeklinde hazırlanan patojen inokulumundan sürgünün üstten 3. yaprak axiline 100 μl inokule edilmiştir (Lepinasse ve Paulin, 1990). Sürgünlerin hastalığa karşı duyarlılığı enfekteli sürgünlerde oluşan lezyon gelişiminin derecesine göre değerlendirilmiştir. İnokulasyondan 40 gün sonra, sürgünlerin toplam uzunluğu ve sürgünlerde oluşan lezyon uzunluğu kaydedilmiş ve sürgünlerin ateş yanıklığı hastalığına karşı duyarlılıkları Eşitlik 2'ye göre belirlenmiştir.

$$\dot{C}D = [EU \text{ (cm)} / TSU \text{ (cm)}] \times 100 \quad (2)$$

Eşitlikte *CD*, çeşit duyarlılığını; *EU*, enfekteli kısmın uzunluğunu; *TSU*, toplam sürgün uzunluğunu ifade etmektedir.

Elma fidanlarının sürgünlerinde patojene karşı oluşan reaksiyon Le Lezec ve ark. (1997)'na göre Tablo 2'de belirtilen şekilde gruplandırılmıştır.

2.8. İstatistiksel değerlendirme

Elde edilen hastalık şiddeti verilerine SPSS (Statistical Package for Social Sciences, Version 17.0) istatistik programında varyans analizi yapılmış ve Duncan çoklu karşılaştırma testi ($p \leq 0.01$) kullanılarak sonuçlar değerlendirilmiştir (Anonymous, 2010).

Tablo 1. Çeşitlerin yaprak reaksiyonuna ait duyarlılık sınıfları ve karakterleri

Table 1. Susceptibility classes and characters of the leaf reaction of varieties

Hastalık şiddeti (%)	0	1-10	11-20	21-40	41-60	61-100
Duyarlılık sınıfı	A	B	C	D	E	F
Duyarlılık karakteri	Dayanıklı	Çok az duyarlı	Az duyarlı	Orta duyarlı	Duyarlı	Çok duyarlı

Tablo 2. Çeşitlerin sürgün reaksiyonuna ait duyarlılık sınıfları ve karakterleri

Table 2. Susceptibility classes and characters of shoot reaction of varieties

Hastalık şiddeti (%)	0	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
Duyarlılık sınıfı	A	B	C	D	E	F
Duyarlılık karakteri	Dayanıklı	Çok az duyarlı	Az duyarlı	Orta duyarlı	Duyarlı	Çok duyarlı

3. Bulgular ve Tartışma

Sürvey çalışması kapsamında ziyaret edilen merkeze bağlı Yaycı, Alikamerli, Bayraktutan, Oba ve Kadıkışlak köyleri ile Tuzluca ilçesine bağlı

Gaziler ve Ağabey köylerinde tipik ateş yanıklığı semptomu sergileyen elma ağaçları tespit edilmiştir. Genellikle küçük meyvelerde bakteriyel akıntı, yanıklık ve yaprak ve yaprak saplarında kahverengi

lekeler gözlenmiştir. Merkeze bağlı Melekli ve Halfeli beldeleri ile Küllük, Çalpala, Aşağı Çarıklı, Kuzugüden, Hakmemet, Necefali, Kazancı, Enginalan, Erhacı ve Tacirli köylerinde ise ateş yanıklığı belirtisi gösteren hasta ağaçlara rastlanılmamıştır. Tipik hastalık belirtileri sergileyen bitki aksamlarından yapılan izolasyon çalışması sonucunda 79 bakteri straini elde edilmiştir. Strainlerinden 58'i hücrelerinde bulunan yağ asiti çeşitleri ve % miktarlarına göre bir gaz kromatografisi olan Mikrobiyal Tanı Sistemi ile % 48-88 benzerlik indeksi oranı ile *E. amylovora* olarak tanılanmıştır. *Erwinia amylovora* straininden 57 tanesinin tütünde tipik aşırı duyarlılık reaksiyonuna neden olduğu gözlenmiş, bir tanesinin (AK22) ise patojen olmadığını tespit edilmiştir. Pink Lady elma çeşidinin yapraklarında yapılan patojenite testi sonucunda strainlerden 13 tanesinin (AK9, AK17, AK20, AK 21, AK 28, AK 29, AK37, AK41, AK47, AK49, AK60, AK61, AK68) inokule edildikleri yaprakların % 1-10'unu kaplayan yanıklık belirtisine neden olduğu ve 1 skala değeri içerisinde yer aldığı belirlenmiştir. Bakteri strainlerinden 21 tanesinin (AK2, AK4, AK5, AK6, AK8, AK11, AK18, AK19, AK35, AK38, AK40, AK45, AK46, AK49, AK50, AK54, AK69, AK71, AK74, AK75, AK78) yaprakların % 11-45'ini kaplayan yanıklık semptomuna sebep olduğu ve 2 skala değerinin içerisinde bulunduğu tespit edilmiştir. Strainlerden 13 tanesinin (AK1, AK3, AK12, AK23, AK26, AK27, AK34, AK43, AK56, AK57, AK62, AK63, AK65) yaprakların % 46-85 kaplayan yanıklık belirtisi oluşturduğu ve 3 skala değerine sahip olduğu saptanmıştır. Strainlerden 10 tanesinin ise (AK7, AK15, AK25, AK32, AK33, AK42, AK48, AK52, AK55, AK76) yaprakların % 86-100 kaplayan yanıklık semptomuna neden olduğu ve bu hastalık şiddeti ile 4 skalası içerisinde yer aldığı belirlenmiştir. Tütünde HR negatif sonuç veren AK22 straininin elma yapraklarında herhangi bir hastalık semptomu oluşturmadığı gözlenmiştir.

İzole edilen patojen bakterilerin hepsinin NA besisi yerinde krem renkli koloniler oluşturdukları, hareketli, gram negatif, katalaz pozitif, oksidaz negatif özellikte oldukları, floresan pigment üretmedikleri, levan koloni oluşturdukları, armut meyvesinde bakteriyel akıntıya sebep oldukları ve 36 °C sıcaklıkta gelişme göstermedikleri tespit edilmiştir (Tablo 3).

Elma çeşitlerinin patojene karşı gösterdikleri yaprak reaksiyonu Tablo 4'te verilmiştir. Çeşitlerin yapraklarında ortaya çıkan yanıklık semptomunun derecesine göre hastalık şiddeti belirlenmiştir. Çeşitlerden Pink Lady'nin çok duyarlı (F duyarlılık sınıfı), Jeromine, Granny Smith, Mondial Gala ve Amasya çeşitlerinin duyarlı (E duyarlılık sınıfı), Stark Crimson, Williams Pride, Red Chief, Scarlet

Spur, Fuji Zehn Astec ve Golden Reinders çeşitlerinin ise orta derecede duyarlı (D duyarlılık sınıfı) olduğu saptanmıştır (Tablo 4).

Elma çeşitlerinin patojene karşı gösterdikleri sürgün reaksiyonu sonuçları Tablo 5'te belirtilmiştir. Çeşitlerin sürgünlerinde meydana gelen yanıklık semptomunun büyüklüğüne göre çeşit duyarlılığı değeri (%) hesaplanmıştır. Çeşitlerden Stark Crimson, Jeromine, Williams Pride, Red Chief, Scarlet Spur, Fuji Zhen Astec, Granny Smith ve Mondial Gala'nın az duyarlı (C duyarlılık sınıfı), Amasya, Golden Reinders ve Pink Lady'nin orta derecede duyarlı (D duyarlılık sınıfı) oldukları saptanmıştır (Tablo 5).

Yapılan bu çalışma sonucunda 11 elma çeşidinin patojene karşı duyarlılık reaksiyonunun yaprak ve sürgün inokulasyonuna bağlı olarak değişiklik gösterdiği saptanmıştır. Yaprak inokulasyonu sonucunda çeşitlerde % 25-83 oranında hastalık şiddeti belirlenirken, sürgün inokulasyonunda bu değer % 22-45 olduğu tespit edilmiştir. Örneğin Pink Lady çeşidinin yaprak reaksiyonu çok duyarlı olarak bulunmuşken, sürgün reaksiyonu orta duyarlı olarak belirlenmiştir. Aynı şekilde Stark Crimson, Williams Pride, Red Chief, Scarlet Spur, Fuji Zhen Astec ve Golden Reinders çeşitleri yaprak enfeksiyonuna göre orta duyarlı olarak tespit edilmişken, sürgün enfeksiyonu sonucunda az duyarlı çeşitler olarak saptanmıştır. Elde edilen bu sonuçlara benzer olarak *E. amylovora*'nın konukçusu olan armut, elma, ayva ve yenedünya gibi yumuşak çekirdekli meyve türlerinin patojene karşı çeşit reaksiyonlarının belirlenmesinin amaçlandığı çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Farklı çeşitlerle yürütülen bu çalışmalarda çeşitlerin ateş yanıklığı enfeksiyonuna gösterdikleri reaksiyonlar arasında belirgin farklılıkların ortaya çıktığı vurgulanmıştır (Van der Zwet, 2012; Sobiczewski ve ark., 2015; Silva ve ark., 2019). Bu konuda Mirik (2000) Amasya ilinde yürüttüğü bir çalışmada Golden Delicious ve Starking Delicious çeşitlerinin ateş yanıklığına karşı diğer çeşitlere kıyasla daha dayanıklı olduklarını belirlerken, Tokat ilinde aynı çeşitlerin bu hastalığa karşı dayanıklı olduğunu bulmuştur. Amasya'da olduğu gibi Tokat'ta da Yaz Elması ile Stark Earlist çeşitleri hastalığa en hassas elma çeşitleri olarak tespit edilmiştir. *Erwinia amylovora*'ya karşı elma çeşitlerinin test edildiği diğer çalışmalarda Kordona, Golden Smoothee, Julia, HL 323, Melodie, HL 421 ve S 634/3 orta derecede dayanıklı (Korba ve ark., 2008), Royal Gala, Golden Mor Spur ve Fuji hassas (Al-Dahmashi ve Khlaif, 2004), Vesna, Topas ve Vanda çeşitleri ise çok duyarlı (Korba ve ark., 2008) olarak belirlenmiştir. Armut çeşitleri ile yapılan çalışmalarda Batı Akdeniz Bölgesi'nde Santa Maria

Tablo 3. *Erwinia* strainlerinin morfolojik ve biyokimyasal test sonuçları
 Table 3. Morphological and biochemical test results of *Erwinia* strains

Strain no	KR	H	36 °C'de gelişme	L	O	HA	A	FP	K	GR
AK1	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-
AK2	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-
AK3	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-
AK4	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	+	-
AK5	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-
AK6	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-
AK7	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-
AK8	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-
AK9	Krem	Hareketli	-	+	-	+	-	-	K+	-
AK11	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-
AK12	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-
AK15	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	+	-
AK17	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-
AK18	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-
AK19	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-
AK20	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	+	-
AK21	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	+	-
AK23	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-
AK25	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-
AK26	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-
AK27	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-
AK28	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-
AK29	Krem	Hareketli	-	+	-	+	-	-	K+	-
AK32	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-
AK33	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	+	-
AK34	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-
AK35	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	+	-
AK37	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-
AK38	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-
AK40	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-
AK41	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-
AK42	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	+	-
AK43	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-
AK45	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-
AK46	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-
AK47	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-
AK48	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-
AK49	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-
AK50	Krem	Hareketli	-	+	-	+	-	-	K+	-
AK52	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-
AK54	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-
AK55	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-
AK56	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	+	-
AK57	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-
AK60	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-
AK61	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-
AK62	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-
AK63	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-
AK65	Krem	Hareketli	-	+	-	+	-	-	K+	-
AK68	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-
AK69	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-
AK71	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-
AK74	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-
AK75	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-
AK76	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-
AK78	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	+	-
AK79	Krem	Hareketli	-	K+	-	+	-	-	K+	-

KR: Koloni rengi, H: Hareketlilik özelliği, L: Levan koloni oluşumu, O: Oksidaz, HA: Ham armut testi, A: Amilaz, FP: Floresan pigment üretimi, K: Katalaz, GR: Gram reaksiyonu, K+: Kuvvetli pozitif

Tablo 4. Çeşitlerin yaprak reaksiyonuna ait hastalık şiddeti indeksi, duyarlılık sınıfları ve karakterleri
Table 4. Disease severity index, susceptibility classes, and characters of leaf reaction of varieties

Elma çeşitleri	Hastalık şiddeti indeksi (%)*	Duyarlılık sınıfı	Duyarlılık karakteri
Stark Crimson	33±0.57 d	D	Orta Duyarlı
Jeromine	50±0.00 b	E	Duyarlı
Williams Pride	33±1.73 d	D	Orta Duyarlı
Red Chief	33±2.30 d	D	Orta Duyarlı
Scarlet Spur	33±0.86 d	D	Orta Duyarlı
Fuji Zehn Astec	25±0.00 e	D	Orta Duyarlı
Granny Smith	41.7±0.52 c	E	Duyarlı
Mondial Gala	50±2.88 b	E	Duyarlı
Amasya	50±0.57 b	E	Duyarlı
Golden Reinders	33±0.00 d	D	Orta Duyarlı
Pink Lady (PK)	83±1.73 a	F	Çok Duyarlı

*: Aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında önemli farklılık yoktur, ortalamalar arasındaki farklar $p \leq 0.001$ önem seviyesinde belirlenmiştir.

Tablo 5. Çeşitlerin sürgün reaksiyonuna ait hastalık şiddeti indeksi, duyarlılık sınıfları ve karakterleri
Table 5. Disease severity index, susceptibility classes, and characters of shoot reaction of varieties

Elma çeşitleri	Hastalık şiddeti indeksi (%)*	Duyarlılık sınıfı	Duyarlılık karakteri
Stark Crimson	24±1.73 ef	C	Az duyarlı
Jeromine	28±2.30 de	C	Az duyarlı
Williams Pride	22±0.00 f	C	Az duyarlı
Red Chief	30±0.57 cd	C	Az duyarlı
Scarlet Spur	32±0.28 cd	C	Az duyarlı
Fuji Zhen Astec	24±1.15 ef	C	Az duyarlı
Granny Smith	34±2.30 bc	C	Az duyarlı
Mondial Gala	38±1.73 b	C	Az duyarlı
Amasya	44.2±0.00 a	D	Orta duyarlı
Golden Reinders	44.7±1.27 a	D	Orta duyarlı
Pink Lady (PK)	45±0.57 a	D	Orta duyarlı

*: Aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında önemli farklılık yoktur, ortalamalar arasındaki farklar $p \leq 0.001$ önem seviyesinde belirlenmiştir.

(Momol ve ark., 1991), Doğu Akdeniz Bölgesi'nde Migirik, Williams, Çermai ve Lalelie (Aysan ve ark., 1994), Macaristan'da Skulai ve Szemes Alma (Hevesi ve ark., 2004), Vonka, Karina, Bona, Decora, Elektra, Milka, Regina, Alice ve TE 4763 çeşitlerinin (Korba ve ark., 2013) çok duyarlı oldukları tespit edilmiştir. Lemon, Kieffer ve Hacı Hamza çeşitlerinin az duyarlı, Williams, Coscia, Akça, Mustafa Bey, Ankara, Hacı Hamza (Demir ve Gündoğdu, 1993), Ankara, Mustafa Bey ve Akça çeşitlerinin duyarlı (Aysan ve ark., 1994), Çermai, Migrik, Tezeren (Demir ve Gündoğdu, 1993), Alexander Lucas, Alfa, Bohemica ve HL 31-50-3 armut çeşitlerinin (Korba ve ark., 2013) ise orta derecede dayanıklı oldukları belirlenmiştir. Armut çeşitlerinden US 625-63-10 patojene karşı yüksek derecede dayanıklı, US 625-63-4 ise dayanıklı olarak saptanmış, organik yetiştiriciliğin yapıldığı bahçelerde ve ıslah programlarında ateş yanıklığına dayanıklılıkta kaynak olarak kullanılması önerilmiştir (Korba ve ark., 2013). Yunanistan'da tarla şartlarında *E. amylovora*'ya karşı reaksiyonu test edilen yenidoğru çeşitlerinin hepsinin çok duyarlı olduğu, elma ve armut çeşitlerinin ise duyarlılık seviyelerinin farklılık gösterdiği saptanmıştır (Tsiantos ve Psallidas, 2004). Türkiye'deki elma, armut ve ayva gen kaynaklarının

E. amylovora'ya karşı dayanıklılıklarının değerlendirildiği çalışmada; tüm ayva gen kaynaklarının hassas olduğu, elma ve armut gen kaynaklarının ise duyarlılığında farklılıklar olduğu tespit edilmiştir (Basım ve ark., 2007).

Çeşitlerin hastalıklara karşı dayanıklılığı konusunda yapılan çalışmalarda sonuçları etkileyen çeşitli faktörler saptanmıştır (Evrenosoğlu ve ark., 2017; Wöhner ve ark., 2018; Emeriewen ve ark., 2019). Hastalık gelişiminde; inokulum konsantrasyonunun, patojenin konukçuyu penetrasyon kabiliyetinin veya penetrasyon sonrası aktivitesinin engellenmesinin, konukçunun yaşı, sağlığı ve besin içeriğinin, nem, sıcaklık gibi çevresel faktörlerin, deneme alanının lokasyonu, toprak tipi ve yetiştiricilikteki kültürel uygulamaların birinin veya kombinasyonlarının son derece etkili olduğunu ileri sürülmüştür (Korba ve ark., 2008). Ayrıca bu tür çalışmalarda inokulumun tek bir strainden mi yoksa strainlerin karışımından mı oluşması gerektiğinin önemli olduğu vurgulanmıştır (Lespinasse ve Aldwinckle, 2000). Bununla birlikte bitkinin patojen enfeksiyonuna tepkisinde savunmayla ilişkili enzimlerin, flavonoidlerin, phenolaminlerin, flavonoid phytoalexinlerin, lignin ve salisilik asit (SA) gibi fenolik bileşiklerin önemli rol oynadığı ve

sentezlerinin arttığı bildirilmiştir (Fischer ve ark., 2007; Erfani-Moghadam ve Zarei, 2022). Patojen ile tetiklenen SA yolağının aktivasyonunda patojen ve elma çeşitleri arasındaki interaksyonun belirleyici olduğu saptanmıştır (Milcevicova ve ark., 2010). Elma çeşitleri ve *E. amylovora* patosisteminde savunma proseslerinin jasmonik asit, absisik asit ve SA ile ilişkili olduğu, hassas elma çeşitlerinde SA birikiminin düşük olduğu bulunmuştur. Elma yapraklarında ateş yanıklığı hastalığına karşı dayanıklılığın göstergesi olarak fenolik bileşiklerin içeriğinin ve türünün önemli olduğu, yüksek fenolik içeren elma çeşitlerinin patojene karşı daha az hassas olduğu belirtilmiştir (Sklodowska ve ark., 2018). Çeşitler arasındaki farklılığın bileşiklerin içeriği ve glukositlerden fenollerin serbest kalması ile ilişkili olduğu ifade edilmiştir. Hassas çeşitlerde SA miktarının dayanıklı çeşitlere göre daha düşük olduğu, dayanıklı çeşitlerde ise glukositlerin, 4-hydroxbenzoic asit ve gentisic asitin daha yüksek seviyede bulunduğu tespit edilmiştir. *In vitro* koşullarda fenolik bileşiklerden gallic asit, phloroglucinol, hydroquinone ve phloretin'in *E. amylovora*'nın gelişimini engellediği belirlenmiştir.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada 58 *E. amylovora* straini tanımlanmıştır. Patojenin neden olduğu ateş yanıklığı hastalığına karşı 11 elma çeşidinin test edildiği deneme sonucunda ise sadece Golden Reinders'in hem yaprak hem de sürgün inokulasyonu sonucunda orta derecede duyarlı olduğu belirlenmiştir. Yaprak inokulasyonu sonucunda orta duyarlı bulunan diğer 5 çeşidin (Stark Crimson, Williams Pride, Red Chief, Scarlet Spur ve Fuji Zhen Astec) sürgün reaksiyonu az duyarlı olarak saptanmıştır. Hastalığın mücadelesinde etkin bir çözümün bulunmaması ve son zamanlarda tüketici eğiliminin organik ürünlere doğru kayması sebebiyle dayanıklı çeşitlerin yetiştirilmesi ve kullanılması çok önemlidir. Bu nedenle dayanıklı çeşit çalışmalarında hastalığı etkileyen ağacın çeşidi, yaşı, içerdiği fenolik bileşiklerinin türü ve oranı, meyve bahçesinin topoğrafyası, patojenin virülanslığındaki farklılıklar, inokulum yoğunluğu, iklim ve toprak faktörleri dikkate alınmalıdır. Özellikle hastalığa dayanıklılıkla ilgili moleküler markörlerin kullanımı, kısa sürede hedeflenen özellikte çeşitlerin/genotiplerin tespitine olanak sağlaması ile büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle *E. amylovora*'ya karşı dayanıklı elma çeşitlerinin/genotiplerinin belirlenmesinde markör destekli seleksiyon çalışmalarına ağırlık verilmeli, moleküler belirteçler tespit edilmelidir. Böylece DNA esaslı moleküler belirteçler ile erken

seleksiyon sağlanacak, morfolojik ve fenotipik değerlendirmelere göre daha doğru bilgi alınacaktır.

Yazarların Katkı Beyanı

Materyal, Yöntem, Araştırma, Veri İşleme, Yazma-İnceleme ve Düzenleme, A. KAYA; Fikir/Hipotez, Veri Analizi, Danışman, Yazma-İnceleme ve Düzenleme, M.F. DÖNMEZ; Ortak Danışman, Yazma-İnceleme ve Düzenleme, İ. ÇORUH. Tüm yazarlar makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

Finansman

Bu araştırma, hiçbir dış finansman almamıştır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Kaynaklar

- Al-Dahmashi, M.S., Khlaif, H., 2004. Fire blight of pome fruits in Jordan: disease development and response of different fruit cultivars to the disease. *Scientia Horticulturae*, 101(1-2): 81-93.
- Alexandrova, D., Dzhuvinov, V., 2017. First results of five pear cultivars after artificial inoculation with *Erwinia amylovora* (Burrill). *Journal of BioScience and Biotechnology*, Special Edition, 31-33.
- Anonymous, 2010. SPSS 17.0 for windows evaluation version, SPSS Inc., Illinois, USA.
- Aysan, Y., Tokgönül, S., Çınar, Ö., Küden, A., 1994. Research of resistant reactions of pears against *Erwinia amylovora* (Burrill) Winslow et al. *9th. Congress of the Mediterranean Phytopathological Union*, September 18-24, Kuşadası, Aydın, Türkiye, pp. 311-313.
- Basım, E., Basım, H., Öztürk, G., 2007. *Erwinia amylovora*'nın farklı strainlerine karşı Türkiye'deki elma, armut ve ayva gen kaynaklarının dayanıklılıklarının değerlendirilmesi. *II. Bitki Koruma Kongresi*, Bildiriler Kitabı, 27-29 Ağustos, Isparta, s.105.
- Baştaş, K.K., Saygılı, H., 2008. Ateş yanıklığı hastalığı, *Erwinia amylovora*. In: H. Saygılı, F. Şahin ve Y. Aysan (Editörler), *Bitki Bakteri Hastalıkları Kitabı*, Beta Basım, İzmir, s. 61-68.
- Beer, S.V., 1991. Fire blight. In: A.L. Jones and H.S. Aldwinckle (Eds.), *Compendium of Apple and Pear Diseases*, APS Press, Second Printing, Minnesota, USA, pp. 61-63.
- Cvijetković, B., Halupecki, E., Špoljarić, J., 1999. The occurrence and control of fire blight in Croatia. *Acta Horticulturae*, 489: 71-76.
- Demir, G., Gündoğdu, M., 1993. Fire blight of pome fruit areas in Turkey. Distribution of the disease, chemical

- control of blossom infections and susceptibility of some cultivars. *Acta Horticulturae*, 338: 67-74.
- Emeriewen, O.F., Wöhner, T., Flachowsky, H., Peil, A., 2019. Malus hosts-*Erwinia amylovora* interactions: strain pathogenicity and resistance mechanisms. *Frontiers in Plant Science*, 10: 551.
- Erfani-Moghadam, J., Zarei, A., 2022. Differential responses of pear cultivars to *Erwinia amylovora* infection; evidences of involvement the hypersensitivity response in pear resistance to fire blight. *European Journal of Plant Pathology*, 162(4): 927-943.
- Evrenosoğlu, Y., Mısırlı, A., Aysan, Y., Saygılı, H., Boztepe, Ö., Horuz, S., Acarsoy Bilgin, N., Bilen, E., Baykul, A., 2017. Evaluation of fire blight (*Erwinia amylovora*) disease action of pear hybrid combinations. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 23: 177-184.
- Fischer, T.C., Gosch, C., Pfeiffer, J., Thilo, C., Gosch, C., Pfeiffer, J., Halbwirth, H., Halle, C., Stich, K., Forkmann, G., 2007. Flavonoid genes of pear (*Pyrus communis*). *Trees*, 21: 521-529.
- Fried, A., Schell, E., Moltman, E., Wensing, A., 2014. Control of fire blight in Baden-Württemberg at the end of the Streptomycin Era. *Acta Horticulturae*, 1056: 55-56.
- Geramini, E., Hassanzadeh, N., Abdollahi, H., Ghasemi A., Heydari, A., 2013. Evaluation of some bacterial antagonists for biological control of fire blight disease. *Journal of Plant Pathology*, 95(1): 127-134.
- Hevesi, M., Göndör, M., Kasa, K., Honty, K., Toth, M.G., 2004. Traditional and commercial apple and pear cultivars as sources of resistance to fire blight. *European and Mediterranean Plant Protection Organization Bulletin*, 34(3): 377-380.
- Korba, J., Sillerova, J., Kudela, V., 2008. Resistance of apple varieties and selections to *Erwinia amylovora* in the Czech Republic. *Plant Protection Science*, 44(3): 91-96.
- Korba, J., Sillerova, J., Paprstein, F., Sedlak, J., Prokinova, E., Hoskova, P., 2013. Evaluation of susceptibility level of pear cultivars to fire blight (*Erwinia amylovora*) in the Czech Republic. *Horticultural Science*, 40(2): 58-64.
- Lelliot, R.A., Stead, D.E., 1987. Methods for the Diagnosis of Bacterial Diseases of Plants. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Lespinasse, Y., Aldwinckle, H.S., 2000. Breeding for resistance to fire blight. In: J.L. Vanneste (Ed.), *Fire Blight: The Disease and its Causative Agent, Erwinia amylovora*, CABI Publishing, Wallingford, pp. 253-273.
- Longstroth, M., 2001. The 2000 fire blight epidemic in southwest Michigan apple orchards. *Compact Fruit Tree*, 34(1): 16-19.
- Mazzucchi, A., Brunelli, A., 2008. Resistance to *Erwinia amylovora* in immature pears induced by acibenzolar-s-methyl in the orchard. *Phytopathologia Mediterranea*, 47(3): 272-276.
- Mertoğlu, K., Evrenosoğlu, Y., 2017. Ateş yanıklığı (*Erwinia amylovora*) hastalığına dayanıklılık
 ıslahında, hastalığa karşı testlenmiş F1 melez armut popülasyonunun fenolojik ve meyve özellikleri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14(3): 104-115.
- Mikicinski, A., Sobiczewski, P., Puławska, J., Maciorowski, R., 2016. Control of fire blight (*Erwinia amylovora*) by a novel strain 49M of *Pseudomonas graminis* from the phyllosphere of apple (*Malus* spp.). *European Journal Plant Pathology*, 145: 265-276.
- Milcevicova, R., Gosch, C., Halbwirth, H., Stich, K., Hanke, M. V., Peil, A., Flachowsky, H., Rozhon, W., Jonak, C., Oufir, M., Hausman, J.F., 2010. *Erwinia amylovora*-induced defense mechanisms of two apple species that differ in susceptibility to fire blight. *Plant Science*, 179(1-2): 60-67.
- Mirik, M., 2000. Amasya ve Tokat illerinde yumuşak çekirdekli meyve ağaçlarındaki ateş yanıklığı (*Erwinia amylovora* (Burr.) Winslow et al.) hastalığının oranı, duyarlı ve dayanıklı çeşitlerin tespiti. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Momol, M.T., Yeğen, O., Basım, H., Rudolp, K., Zachowski, M.A., 1991. Batı Akdenizde *Erwinia amylovora*'nın neden olduğu ateş yanıklığının epidemisi ve mücadelesi. VI. Türkiye Fitopatoloji Kongresi, Türkiye Fitopatoloji Derneği yayımları, Sayı 6, 7-11 Ekim, İzmir, s. 301-305.
- Sasser, M., 1990. Identification of Bacteria by Gas Chromatography of Cellular Fatty Acids. MIDI, Technical Note, 101: 1-6.
- Severin, V., Constantinescu, F., Jianu F., 1999. Appearance, expansion and chemical control of fire blight (*Erwinia amylovora*) in Romania. *Acta Horticulturae*, 489: 79-84.
- Sharifazizi, M., Harighi, B., Sadeghi, A., 2017. Evaluation of biological control of *Erwinia amylovora*, causal agent of fire blight disease of pear by antagonistic bacteria. *Biological Control*, 104: 28-34.
- Silva, K.J.P., Singh, J., Bednarek, R., Fei, Z., Khan, A., 2019. Differential gene regulatory pathways and co-expression networks associated with fire blight infection in apple (*Malus domestica*). *Horticulture Research*, 35(6): 1-13.
- Skłodowska, M., Mikiciński, A., Wielanek, M., Kuźniak, E., Sobiczewski, P., 2018. Phenolic profiles in apple leaves and the efficacy of selected phenols against fire blight (*Erwinia amylovora*). *European Journal of Plant Pathology*, 151: 213-228.
- Sobiczewski, P., Deckers, T., Puławska, J., 1997. Fire Blight (*Erwinia amylovora*): Some Aspects of Epidemiology and Control. Research Institute of Pomology and Floriculture, Skierniewice, Poland.
- Sobiczewski, P., Peil, A., Mikiciński, A., Richter, K., Lewandowski, M., Żurawicz, E., Kellerhals, M., 2015. Susceptibility of apple genotypes from european genetic resources to fire blight (*Erwinia amylovora*). *European Journal of Plant Pathology*, 141: 51-62.
- Thibault, B., Lecomte, P., Hermann, L., Belouin, A., 1986. Assessment of the susceptibility to *Erwinia*

- amylovora* of 90 varieties or selections of pear. *Acta Horticulturae*, 217: 305-310.
- Thomson, S.V., 2000. Epidemiology of fire blight. In: J.L. Vanneste (Ed.), *Fire Blight: The Disease and Its Causative Agent, Erwinia amylovora*, Department of Biology Utah State University, Logan, UT 84322 USA, pp. 9-36.
- Tsiantos, J., Psallidas, P., 2004. Fire blight resistance in various loquat, apple and pear cultivars and selections in Greece. *Journal of Plant Pathology*, 86(3): 227-232.
- Van der Zwet, T., Orolaza-Halbrecht, N., Zeller, W., 2012. *Fire Blight: History, Biology, and Management*. APS Press, St. Paul, MN, USA.
- Wöhner, T.W., Richter, K., Sundin, G.W., Zhao, Y., Stockwell, V.O., Sellmann, J., Flachowsky, H., Hanke, M.V., Peil, A., 2018. Inoculation of *Malus* genotypes with a set of *Erwinia amylovora* strains indicates a gene-for-gene relationship between the effector gene *eop1* and both *Malus floribunda* 821 and *Malus 'Evereste'*. *Plant Pathology*, 67(4): 938-947.

ALINTI: Kaya, A., Dönmez, M.F., Çoruh, İ., 2023. Elma (*Malus domestica* L.) Çeşitlerinin Ateş Yanıklığı Hastalığına Karşı Duyarlılık Düzeylerinin Araştırılması. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 10(1): 91-100.

CITATION: Kaya, A., Dönmez, M.F., Çoruh, İ., 2023. Determination of Susceptibility Levels of Apple (*Malus domestica* L.) Varieties to Fire Blight Disease. *Turkish Journal of Agricultural Research*, 10(1): 91-100. (In Turkish).