

## Turunçgillerde Korkutan Hastalık: Yeşillenme

Serhat KARA<sup>1\*</sup>  İlhami TOZLU<sup>2</sup>  Özer ÇALIŞ<sup>3</sup> 

<sup>1</sup>Diyarbakır Ziraî Mücadele Araştırma Enstitü Müdürlüğü, Diyarbakır/Turkey

<sup>2</sup>Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Antalya/Turkey

<sup>3</sup>Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Antalya/Turkey

<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-5532-1739>

<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0002-2005-6074>

<sup>3</sup> <https://orcid.org/0000-0002-7219-1219>

\* Corresponding author (Sorumlu yazar): skaraufl@gmail.com

Received (Geliş tarihi): 25.04.2019 Accepted (Kabul tarihi): 10.09.2019

**ÖZ:** Turunçgil yeşillenme hastalığı (Huanglongbing-HLB, Greening Disease) turunçgil ağaçlarında ekonomik kayıplara neden olan bakteriyel bir hastalıktır. Hastalığı oluşturan patojenin bilimsel ismi *Candidatus liberibacter*'dir. HLB ye sebep olan şu ana kadar üç farklı *Candidatus* tür'ü saptanmıştır. Bunlardan *Candidatus liberibacter asiaticus* (CLas), dünya genelinde HLB ile ilişkili en yaygın *Liberibacter* türüdür. Diğer iki tür olan, *Candidatus liberibacter americanus* (CLam) ve *Candidatus liberibacter africanus* (CLaf) ise daha az yoğunlukta ve ekolojilere özel olarak yaygınlık gösterirler. Hastalık Hindistan'da 1929 yılında "turunçgillerde geriye ölüm" olarak tanımlanmıştır. Ancak bu hastalık 1890'lı yıllarda Çin de 'yellow shoot disease, sarı sürgün hastalığı' olarak çok iyi bilinmekte olması nedeniyle çoğu bilim insanı hastalığın ilk ortaya çıktığı yeri Çin olarak kabul etmektedir. Turunçgil yeşillenme hastalığına karşı bugüne kadar yüzde yüz etkili herhangi bir mücadele yöntemi bulunamamıştır. Bu da, patojenin ne kadar tehlikeli ve önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Hastalık, turunçgil üretim alanlarında veya ülkeler arasında vektör böceklerle, (Afrika Turunçgil Psillidi olan *Trioza erytrae* Del Guercio, diğer bir Psillid türü olan Asya Psillidi *Diaphorina citri* Kuwayama) veya enfekteli aşı gözleri ile taşınmaktadır. HLB, özellikle portakal, mandarin, tangelo ve greylift fidan veya ağaçlarında yaşa bakmaksızın etkilidir. Enfekteli ağaçlarda ortaya çıkan tipik hastalık belirtileri çinko eksikliği, bazı abiyotik stres faktörlerinin belirtileri veya diğer bazı turunçgil hastalıklarının oluşturduğu belirtiler ile karıştırılabilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** *Candidatus liberibacter*, psillid, Asya, Afrika, Huanglongbing, sarı sürgün, geriye ölüm.

### The Scary Disease in Citrus: Greening

**ABSTRACT:** Citrus greening disease (Huanglongbing-HLB) is a bacterial disease causes economic losses on citrus trees. The scientific name of the causal agent is *Candidatus liberibacter*. Three *Candidatus* species have identified so far. *Candidatus liberibacter asiaticus* (CLas) is the most common *Liberibacter* species which is associated with HLB disease in the world. *Candidatus liberibacter americanus* (CLam) and *Candidatus liberibacter africanus* (CLaf) is observed less than CLas because they require specific ecological environments. Bacterial disease described in 1929 in India as citrus die back. However, the bacterial disease has already been known in China as yellow shoot in the 1890s. There is no 100% effective management methods controlling this devastating widespread disease. It reveals that citrus greening is very dangerous and important disease. The disease can be disseminated via vectors, African Citrus Psyllid (*Trioza erytrae* Del Gue), other Psyllid species (Asian Citrus Psyllid (*Diaphorina citri* Kuwayama), or infected bud grafting. Especially, HLB is an effective disease on orange, mandarin, tangelo and grapefruit seedlings or trees regardless of age. Typical infected tree symptoms can be confused with zinc deficiency, some abiotic stress factors, or some other citrus diseases symptoms.

**Keywords:** *Candidatus liberibacter* Greening, psyllid, Asia, Africa, Huanglongbing, yellow shoot, dieback.

## GİRİŞ

Bitkilerde hastalık yapan birçok bakteriyel etmen bulunmaktadır. Bu etmenlerden fitoplazmalar, hücre duvarı olmayan taşınması sokucu emici böceklerle mümkün olan ve floem iletim sisteminde sınırlı bakterilerdir. Fitoplazma bakteriyel hastalıklarından bir tanesi olan Huanglongbin, Çince “sarı sürgün, yellow shoot diseases” olarak bilinmektedir. Hastalığın ilk görülmesinden itibaren farklı ülkelerde hastalık için farklı isimler kullanılmıştır. Bu isimler: Tayvan’da “turunçgil düşüşü”, Hindistan’da “turunçgil geriye ölümü”, Filipin’de “turunçgil yaprak sararması, lekeli benek; benekli yaprak hastalığı”, Endonezya’da “turunçgil floem damar bozulması, turunçgil damarı floem dejenerasyonu (CVDP)”, Güney Afrika’da “turunçgil sarı dalı” ve Çin’de diğer ismi ile sarı ejderha hastalığı olarak sıralanabilir. Hastalığa bilimsel olarak tüm dünyada “Yeşillenme Hastalığı - Citrus Greening” denilmektedir. “Sarı Sürgün” veya “Turunçgil Yeşillenmesi” hastalığı olarak Türkçeleştirilen bu bakteriyel hastalık günümüzde Asya, Afrika, Okyanusya ve Amerika’da 50’den fazla ülkede yaygındır. Turunçgil endüstrisinde önemli derecelerde ekonomik zararlara neden olduğu rapor edilen hastalık tüm ticari turunçgil türleri ve çeşitleri, üzerinde yetiştirildiği anaçlara bakılmaksızın hastalıktan etkilenmektedir (Bové, 2006; Lopes ve ark., 2009).

Küresel olarak turunçgiller üretim ve ticaret açısından en önemli meyve gruplarından biridir. Turunçgil yeşillenmesi dünyadaki en etkili turunçgil hastalığı olarak tanımlanmıştır. Tüm turunçgil ağaçlarını etkilemekte ve ağaçların üretim ömrünü kısaltarak turunçgil endüstrisine büyük tehdit oluşturmaktadır. Hastalıktan etkilenen ağaçlarda verim düşüklüğü yanında meyvelerde kalitesizliğe neden olmaktadır. Enfeksiyon süresince ağaçtaki bakteri yoğunluğuna bağlı olarak ilk belirtiler hastalık başlangıcından 1-5 yıl sonra şiddetli belirtiler şeklinde görülmektedir (Lin, 1963; Schwarz ve ark., 1973; Aubert, 1992). Hastalık şiddeti arttıkça 7-10 yıl içerisinde meyve bahçesi üretiminin ticari bir getirisi kalmamaktadır (Bové, 2006). Hastalık şiddetiyle beraber

hastalıktan etkilenen meyvelerde % 40’tan fazla ürün kaybı görülebilir. Ürün miktarı azalırken, meyve suyu yüzdesi ve kalitesi düşer, meyveler normalinden ekşi (asidik) hale gelir. Güney ve Güneydoğu Asya, Endonezya, Filipinler, Hindistan, Arap Yarımadası ve Güney Afrika’daki pek çok ülkede yaklaşık 100 milyon ağaç HLB’den etkilenerek imha edilmiştir. Turunçgil yeşillenme hastalığı, 1935 yılından itibaren tüm dünyada ciddi problemlere neden olmuştur. Hindistan’da 1960 yılında, ciddi ekonomik kayıplara sebep olmuştur. Endonezya’da 1960 ile 1970 arası 3 milyon ağaç imha edilmiştir (Tirtawidjaja, 1980). Doğuda Japonya’dan Güney Çin’e kadar, Güneydoğu Asya ve Hint yarımadasından Pakistan’a kadar yayılmıştır. Hastalık Arabistan yarımadasında bulunmakta olup İran’ın Hürmüz Boğazına yakın bölgesinde yer alan Hormozgan Bölgesinde hem hastalık etmeni hem de hastalığın vektörü tespit edilmiştir (Hasanpour ve ark., 2009). Türkiye’ye en yakın ülkelerden bir diğeri olan Mısır’da da hastalık etmeni ile vektörü tespit edilmiş ve hala ciddi problemler ortaya çıkarmaktadır (Tolba ve Soliman, 2015). Hastalık tüm doğu, orta ve Güney Afrika’da bulunmaktadır. Brezilya’da 60 yılı aşkın süredir bakteriyi yayan *Diaphorina citri* vektörü bulunmakta olup bu vektör güney ve orta Amerika’da yer alan Karayipler, Florida ve Teksas bölgelerine yayılmıştır (Knapp ve ark., 1998; Halbert ve Manjunant, 2004). Turunçgil üretimindeki yıkıcılığı Brezilya (Colleta-Filho ve ark., 2004) ve Florida’da (Halbert, 2005) görülmesinden sonra daha iyi tanınmış olup bölgede 1990’lara kadar 60 milyondan fazla ağacın ölmesine sebep olmuştur (Aubert, 1993). Florida eyaletinde bu hastalıktan dolayı turunçgil üretiminde 2007-2011 yılları arası 4.541 milyar dolar kayıp oluşmuştur (Hodges ve Spreen, 2012). Tayland’ın kuzey ve doğu bölgelerinde 1981’den sonra ağaçların %95’i, Filipinler de 1961-1970 arasında turunçgil üretiminin %60’ı, Endonezya’da Java ve Sumatra’da 1960-1970 yılları arasında 3 milyon ağaç, Bali adasında 1984-1987 yılları arasında 3,6 milyon ağaç yok olmuştur (Anonymous, 2010).

## Hastalık Etmeni

Hastalık etmeni *Proteobacteria* şubesinin *Alfaproteobacteria* sınıfı *Rhizobiaceae* familyası içerisinde yer almaktadır. Hastalık etmeni gram negatif bakteri olup bitkinin soymuk borularında yaşayan (phloem-limited, floeme sınırlı), saf olarak kültüre alınamayan ve varlığı moleküler yöntemlerle ortaya konabilen bir etmen (*Candidatus liberibacter*)'dir (Anonymous, 2019a). HLB Hastalık etmeninin CLas, CLaf ve CLam olmak üzere üç izolatu bulunmaktadır (Jagoueix ve ark. 1996; Garnier ve ark., 2000; Bové, 2006). Bunlar sırasıyla Asya, Afrika ve Güney Amerika kıtasında yaygın olan hastalık etmenleridir. Bakteriyel patojenden etkilenen turuncgil ağaçları bu patojenlerden birini taşımaktadır.

Dünya genelinde turuncgillerde en yaygın görülen *C. liberibacter asiaticus* izolatu CLas olup (Şekil 1a) çevresel koşullar ve böcek vektörlerinin interaksyonu nedeniyle patojenisite bakımından farklılık göstermektedir (Anonymous, 2019b). Bulunduğu bölgedeki sıcaklık koşulları bu üç patojen izolatu için önemli bir faktördür. Örneğin Asya'da CLas izolatu sıcaklığa dayanıklı olup 30 °C'den yüksek sıcaklıklarda belirti oluştururken Afrika kıtasındaki turuncgilleri etkileyen CLaf (*C. liberibacter africanus*) ısıya duyarlı olup 25-30 °C'den yüksek sıcaklıklarda hastalık belirtileri oluşturmamaktadır (Şekil 1b). Brezilya ve Meksika'dan alınan Amerikan (*C. liberibacter americanus*) CLam bakterileri (Şekil 1c) Afrika türüne benzer bir şekilde sıcaklık toleransına sahip olup yüksek sıcaklıklarda hastalığın belirtileri maskelenmektedir (Parnel ve ark., 2019).

## Patojenin Tanısı

Patojenin tanısı ve karakterizasyonu için hastalıklı bitkilerden ve bunlar üzerindeki böcek vektörlerinden örnekler alınarak moleküler analizlerle yapılmaktadır. Turuncgillerde belirtiler olmadığında patojenin teşhisi zordur. Bu nedenle bitki örnekleri Şekil 2'de belirtildiği gibi genellikle belirgin belirtiler gösteren yapraklardan toplanır (Anonymous, 2018a). Yapraklardaki damarlar ve petioller kesilir, laboratuvarında bakterilerin tespit etme işlemleri moleküler metotlarla yapılır. Bu bakterilerin saptanması ve tanımlanması için farklı yöntemler geliştirilmiştir. Önceleri bir virüs

olduğundan şüphelenilen hastalık etmenin biyolojik indeksleme ve elektron mikroskopunda hücre duvarı olmayan floeme özelleşmiş bir bakteri olduğu anlaşılmıştır (Lafleche ve Bové, 1970). 1980'lerin sonlarında serolojik testlerden ELISA (Enzyme Linked Immunosorbent Assay) ve immünofloresan testleri kullanılmıştır (Bové, ve ark., 1993). Son yıllarda moleküler yöntemlerden hibridizasyon ve türe özgü primerler kullanılarak gerçek zamanlı PCR ile bu bakteriler tanılanarak karakterize edilebilmektedir (Teixeira ve ark., 2008; Lopes ve ark., 2009). Günümüzde PCR testleri birçok bölgede özellikle Florida ve Brezilya'da hastalığın teşhisinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Hastalığın tespiti zamana, iklime ve sıcaklığa göre değişmektedir. Hastalığın tespiti için her üç *C. liberibacter* izolatu semptom gelişimi ile vektör böcek gelişiminin en iyi olduğu 25-40 °C'lerdeki ilkbahar ve yaz ayları (Bové, 2006). Tesadüfi örnekleme yöntemine göre turuncgil yeşillenmesi gösteren bitkilerden 15-20 cm uzunluğunda yeşil sürgünlerden 1-4 adet ve üzerinde yaklaşık 20 adet yaprak olacak şekilde dal örnekleri alınarak gerçekleştirilir. Belirti göstermeyen ağaçlarda ise, 1-1,5 yaşında ve üzerinde 5-10 yaprak bulunan sürgünlerden, ağacın dört bir yanından ve tacın üst bölümlerinden örnekler alınır. Fidanlarda ise, sürgün fazla olmadığından, 1-12 adet olgunlaşmış yaprak örneği toplanır (Gomez, 2008).

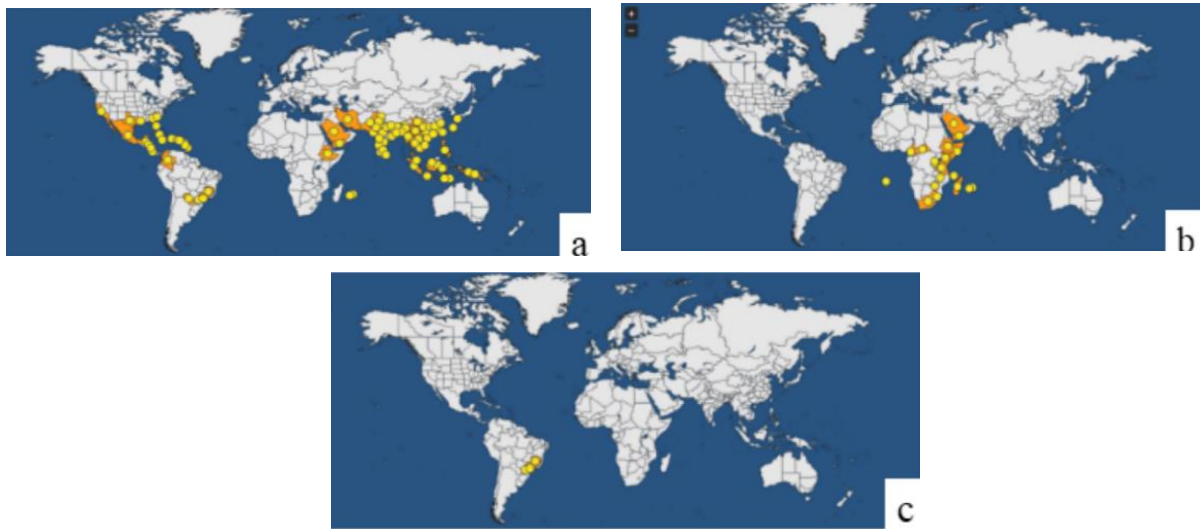
## Turuncgil Yeşillenmesi Hastalığının Vektörleri

Turuncgil yeşillenme hastalığı ülkeler arasında vektör böceklerle ve enfekteli aşı gözleri ile taşınmaktadır. Hastalık etmeni bakterileri yaprak pireleri olarak bilinen psillid türleri olan *T. erythrae* (Şekil 3a) ve *D. citri* (Şekil 3b) ile taşınmaktadır (Anonymous, 2016; Anonymous, 2018b). Diğer yaprak pireleri turuncgiller üzerinde kaydedilmiş, ancak hiçbirinin vektör olduğu kanıtlanmamıştır. Psillid vektörleri sarı ışık dalga boylarını tercih etmeleri, beslenmelerinde yaprak sararması belirtileri gösteren yapraklara yönelmelerine neden olmaktadır. Psillid'lerin uzak mesafelere uçabilmeleri sağlıklı turuncgillerde beslenmeleri nedeniyle hastalık etmeni bakterileri taşıyabilmektedirler. Gelişen uluslararası ticaret

nedeniyle meyvelerde bulunan hastalık etmeni diğer ülkelere de taşınabilmektedir. Kontrolsüz üretim materyali taşınması sırasında da, hastalık diğer bölgelere yayılabilmektedir. Hastalığın yayılımı konusunda ortak görüş, ülkeye önce vektör böceklerin girdiği daha sonra ise hastalığın yayıldığı yönündedir (Bové ve ark., 1993; Bové, 2006).

Vektör Psillid'ler beslenirken bakteriyi vücuduna almakta ve beslenme döneminde bitkiye

bulaştırmaktadır (Xu ve ark., 1988). Hastalık etmeni floem sınırlayıcı bakteri 'fitoplazma' turunçgil ağaçlarının vasküler sistemine vektör yardımıyla girerek floem dokularını oluşturan bitki hücrelerine yerleşir. Etmen ağacın iletim sistemi içinde çoğaldığı için fotosentezle üretilen besin maddelerinin taşınmasını engeller ve bitkide kurumalar meydana getirir. Vektör böceklerin uçuş aktivitesi öğleden sonra 4 ile 6 saatleri arasında sıcak, rüzgârsız ve güneşli havalarda gerçekleşmektedir (Aubert ve Hua, 1990).



Şekil 1. Turunçgil yeşillenmesi hastalığına neden olan bakteriyel hastalığın dünyada ki dağılımı a) CLas b) CLaf c) CLam.  
Figure 1. Worldwide distribution of bacterial disease causing citrus greening. a) CLas b) CLaf c) CLam.



Şekil 2. Yeşillenme hastalığının greyfurt bitkisi yapraklarında oluşturduğu belirgin semptomlar. (Fotoğraf; J.M. Bové, INRA Centre de Recherches de Bordeaux).

Figure 2. The significant citrus greening disease symptoms on the grapefruit leaves. (Photo credit; J.M. Bové, INRA Centre de Recherches de Bordeaux).



Şekil 3. Turunçgil yeşillenmesi hastalığına neden olan bakteriyel hastalık etmeni (*C. liberibacter*) vektörleri a) *T. erytrae*; b) *D. citri* (Fotoğraf, S.P. van Vuuren, Citrus Research International, David Hall; USDA, ARS Photo Library).

Figure 3. The citrus greening disease vectors caused by *C. liberibacter*. a) *T. erytrae*; b) *D. citri*. Photo credits; S.P. van Vuuren, Citrus Research International, David Hall; USDA, ARS Photo Library).

### Patojen - Vektör İlişkisi

Hastalık etmeninin ya da vektörünün bir bölgede bulunması o bölgede hastalığın yayılması anlamına

gelmemektedir. Patojen - hastalık ilişkisi doğrultusunda, Psillid zararlısı hastalığı enfekteli bitkiden beslenme sırasında bünyesine alır. Vektör içerisine giren patojen daha sonra kendisini çoğaltır. Patojen böcek içerisinde kendisini çoğalttıktan sonra tükürük bezlerinde de bulunur. Buradaki patojen yoğunluğu göz önünde bulunduran bilim insanları etmenin tükürük kanalları yoluyla taşındığını düşünmüşlerdir (Aubert, 1987).

Hem Asya hem de Afrika Psillidleri 5 nimf evresine sahiptirler ve her bir evre normal çevre koşullarında 15 ya da 16 gün sürmektedir. Bu durum hava koşulları soğuk olduğunda 45 ya da 50 günü bulmaktadır (Aubert, 1987). Asya Psillidin yapılan araştırmalara göre 4. ve 5. nimf dönemi patojenin taşınmasında önemli bir yere sahiptir (Capoor ve ark., 1974). Her iki Psillidin ortalama ömürleri 80 ile 90 gündür. İlk kolonizasyon ilkbahar aylarında çıkan yeni ağaç sürgünlerinde başlar ve bu dönem hastalığın en fazla taşındığı dönem olarak belirlenmiştir (Aubert, 1987). Limon (*Citrus lemon*), kaba limon (*C. jambhiri*), turunç (*C. aurantium*), *Aurantiodeae* alt familyasından murraya bitkisi (*Murraya paniculata*) ve *Rutaceae* familyasından diğer birçok konukçu bitkilerin olması, dişilerinin yoğun ve hızlı doğurganlığa sahip olmaları, uçma kapasitelerinin yüksek olması, rüzgâr fırtına gibi doğal yollarla hızlı bir şekilde bir bölgeden diğerine taşınabilmesi, bu vektörlerin yayılımını ve çoğalmasını hızlandırmaktadır.

### Hastalık Belirtileri

Portakal, mandarin, tangelo ve greyfurtlar hangi anaç üzerine aşılı olurlarsa olsunlar hastalık etmenine duyarlıdır. Limon (*Citrus lemon*), kaba limon (*C. jambhiri*), turunç (*C. aurantium*) ve laymlarda (*C. aurantifolia*) hastalık etmeninden etkilenmektedirler (Manicom ve Van Vuuren, 1990; Gottwald ve ark., 2007). Süs bitkisi olarak kullanılan portakal yasemini - murraya bitkisi (*Murraya paniculata*) ve *Rutaceae* familyasına bağlı iki tür *Clausena lansium* ve *Severiana buxifolia* bitkileri de hastalıkla doğal olarak enfekteli bulunmuştur (Hung ve ark., 2000; Lopes ve ark., 2005; Lopes ve ark., 2006).

Turunçgil ağaçları enfekteli olduğu halde belirtileri enfeksiyondan bir ya da birkaç yıl sonra ortaya çıkabilir. Etkilenmiş ağaçlar sürekli meyve döker ve uçtan geriye doğru kuruyarak bodurlaşmaktadır. Hastalıklı meyveler gerçek rengini alamadığı için yeşil renkte kalıp pazar değerini yitirerek ağaç üzerinde kalmaktadır. Sarı sürgünler, yapraklarda sarı lekeler, renk değişimi ve bozuk çekirdek yapısı belirtileri hastalık etmeni fitoplazmaya özgü semptomlardır (Anonymous, 2007).

Hastalığın ilk belirtileri yapraklarda başlamakta olup yaprak ayasında düzgün olmayan parçalı yaprak lekelenmeleri şeklinde kendini göstermektedir (Şekil 4a). Diğer hastalık ve bitki besin elementi noksanlıkları ile belirtileri karıştırmamak için bir yaprağın her iki yarısında belirtilerin aynı olmaması durumu (asimetrik) incelenmelidir. Yapraklarda kalınlaşmalar, damarlarda genişlemeler ve damarların tıkanarak patlayacak gibi görünüm (Şekil 4b) alması tipik hastalık belirtileridir (Timmer ve ark., 2000; Gottwald ve ark., 2007). Turunçgil bahçelerinde bu etmen ile enfekte olmuş bir ağaçta genellikle bir veya daha fazla sarı sürgün gelişimi görülür (Şekil 4c). Hastalıktan etkilenen yapraklarda renkler arasında belirgin sınırları olmayan sarı ve yeşil alanlardan oluşan lekeli benekli bir desen görüntüsü meydana gelir (Şekil 4d).

Enfekteli ağaçlarda deforme olmuş yaprak ve meyvelere rastlanmaktadır (Anonymous, 2007). Hastalıktan etkilenen bitkilerde ilerleyen aşamalarda çinko benzeri besin noksanlıkları belirtileri görülebilir (Şekil 5a). Turunçgil yeşillenmesi ile enfekteli ağaçlarda aşırı derecede meyve ve yaprak dökümleri (Şekil 5b) oluşmaktadır. Hastalıklı meyveler sağlıklı meyvelere göre daha küçük, bir yana eğik (Şekil 5c) ve meyveler olgunluğa eriştiğinde bile uç kısımları yeşil kalmaktadır (Şekil 5d). Bu belirgin meyve semptomu nedeniyle hastalığa “turunçgil yeşillenmesi” adı verilmektedir (Timmer ve ark., 2000). Özellikle portakal meyveleri alacalı bir görünüm oluşabilir (Şekil 5e) ve eğer kabuğa bir parmakla bastırılırsa, bastırılan bölge gümüşü renk (Şekil 5f) oluşabilmektedir (McClellan ve Schwarz, 1970; Bové, 2006; Gottwald ve ark., 2007).

### **Patojenle Mücadele Yöntemleri**

Turunçgil yeşillenmesi hastalığı Çin'de 20. yüzyılın ortalarında bir bölgede ortaya çıktıktan sonra bu hastalığın mücadelesi için üç yönlü bir yaklaşım geliştirmiştir: (a) semptomatik ağaçların imha edilmesi ile hastalık etmeni *C. liberibacter* inokulumunun azaltılması, (b) vektör böcek Psillid popülasyonlarını düşük tutmak için yoğun insektisit kullanımı ve (c) yeni meyve bahçeleri için böcek korumalı fidan üretim merkezlerinde hastalıktan arı turunçgil fidanlarının üretimi (Dou ve ark., 2010). Genel olarak, hastalık etmeninden korunmada; temiz üretim materyali kullanmak, üretim materyallerinin böcek korumalı bölmelerde üretmek, fidanlık ve bahçelerde vektör böcekleri düzenli biçimde takip etmek, vektör varlığında düzenli ve zamanında özellikle de çevre dostu olabilecek kimyasal ilaçlama uygulamalarını yürütmek gerekmektedir. Ayrıca, bulaşık olduğundan şüphelenilen veya bulaşık olduğu belirlenen ağaçların veya fidanların zaman geçirmeden imha edilmektedir (Halbert ve Manjunath, 2004). Florida'da hastalığın görülmesiyle birlikte turunçgil endüstrisinde ortaya çıkan bu soruna karşı sürdürülebilir üretim sistemleri geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu bağlamda ileri seviyede turunçgil üretim sistemleri (Advanced Citrus Production Systems: ACPS) adı altında açıkta veya kafes sera altında doğrudan araziye veya konteynerlerde birim alandan hızlı ve yüksek verim almaya dönük sistem geliştirilmeye çalışılmaktadır. Bu sistemde hastalık etkisinin göstermeden yüksek verimliliğe dolayısıyla karlılığa ulaşılma hedeflenmektedir. Etkin bir fertigasyon (damlama sulama ile besleme) uygulamanın başarısının temelini oluşturmaktadır (Morgan ve ark., 2009; Roka ve ark., 2009).

Son yıllarda bu üretim sisteminde kafes sera (screen-house) turunçgil üretiminin yüksek girdili ancak ekonomik anlamda sürdürülebilir bir üretim sistemine doğru evrilmesi öngörüsü giderek önem kazanmaktadır (Morgan ve ark., 2009; Schumann ve Singerman, 2016) .

Hastalığın kontrolünde kullanılan sistemik etkili bakterisit mevcut değildir. Ağaç bir kez hastalandığında herhangi bir tedavisi

bulunmamaktadır. Hastalık etmeni ve vektörlerin kontrolünde, tüm yönlerden entegre mücadele programları uygulanmalıdır; örneğin ergin Psillid'lere repellent etkili guava ağaçlarının turunçgil ağacının yakınlarına dikilerek vektörlerin uzaklaştırılması uygulaması gibi (Beattie ve ark., 2006).

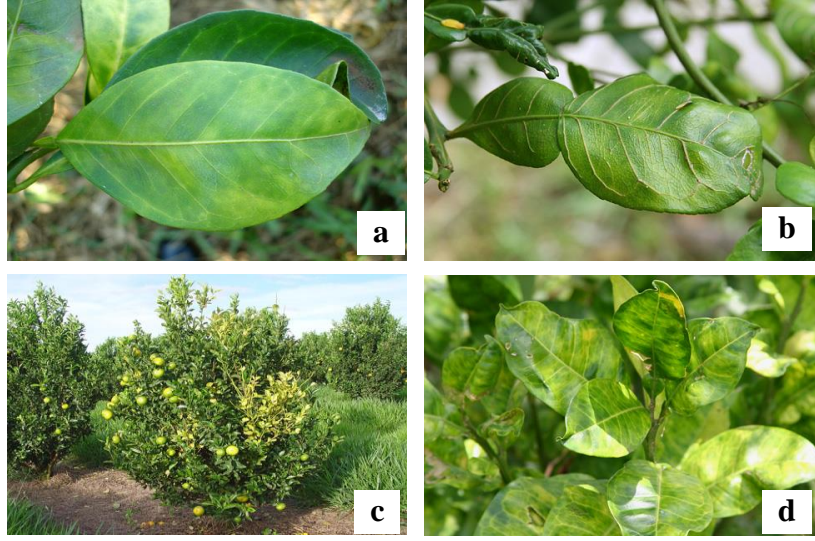
### **Karantina Önlemleri**

Turunçgil üretiminde en zararlı patojen ve vektörü konumunda olan bu hastalık etmeni ve vektörleri dünyada turunçgil üreten pek çok ülkede olduğu gibi ülkemizde de karantinaya tabidir. Hastalık Türkiye KY-Ek-2/A kısmında yer almaktadır. Yurt dışından turunçgiller ile ilgili özellikle üretim materyali girişlerinde Karantina Müdürlüklerinin sıkı bir örnekleme yapması ve hastalığın moleküler taranması ile vektörlerin kontrolü son derece önemlidir (Anonim, 2010).

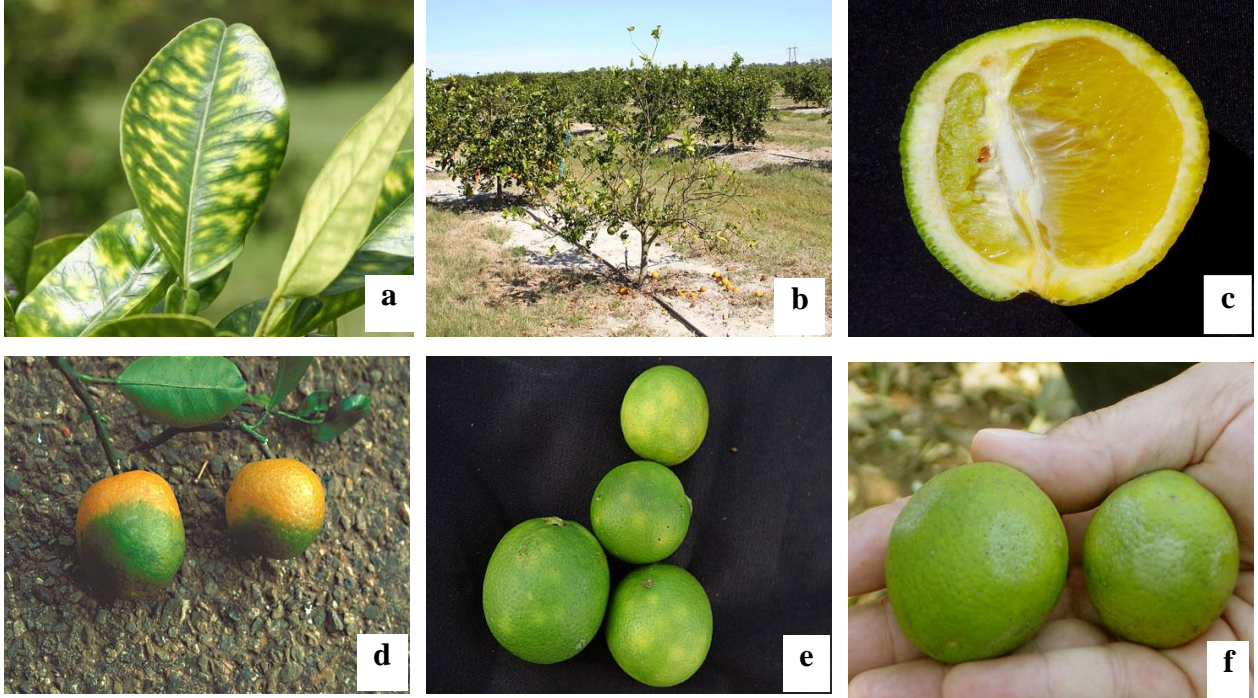
### **Vektörlerle Mücadele**

Hastalığın yönetiminde vektör kontrolü ilk sırada yer almaktadır (Grafton-Cardwell ve ark., 2013). Konukçu bitkide bulunan patojen popülasyonu, vektör popülasyonunu çeken spesifik uçucu kimyasal metil salisilatı serbest bırakır ve böylece patojen de vektöre enjekte olur (Mann ve ark. 2012). Vektör için metil salisilat esaslı cezbedici ticari kullanım için formüle edilmiştir (Anonymous, 2013; Grafton-Cardwell ve ark., 2013).

Turunçgil bahçesi ve fidanlıklarda vektör böceklerin tuzakla takibi yapılmaktadır. Turunçgil bahçesinde tesadüfi olarak seçilen iki ağacın güney yönünden dış taraftaki bir dalına, yerden yüksekliği yaklaşık 40-50 cm olacak şekilde 24,5 x 20 cm ebatlarındaki sarı yapışkan tuzaklar asılmaktadır. Turunçgil fidanlıklarında ise, fidanların bulunduğu kısımda iki nokta seçilerek, bu noktalara fidanların taç kısmı seviyelerinde olmak üzere sarı yapışkan tuzaklar asılır. Asılan bu tuzaklar çalışma boyunca ayda bir kez olmak üzere yenileri ile değiştirilir ve araziden alınan tuzaklar kontrol edilmek üzere laboratuvara gönderilir. Böcekler, laboratuvar ortamında incelenerek teşhisleri yapılır (Polek ve ark., 2007).



Şekil 4. Hastalıktan etkilenen turuncgillerde görülen tipik hastalık belirtileri. a) Orta damara göre asimetrik lekeler ve benekler; b) Fitoplazmanın turuncgil yaprağında oluşturduğu şiddetli damar tıkanması belirtisi; c) Turuncgil ağacındaki sarı sürgün belirtisi; d) Lekeli-benekli bir görünüm gösteren Pomelo ağacının yaprakları. (Fotoğraf, Tim Gottwald/US Department Of Agriculture).  
Figure 4. Typical symptoms of the diseased-affected citrus trees. a) Asymmetric spots and specks based on the middle vessel; b) Symptoms of severe vascular blockage caused by phytoplasma; c) The yellow shoot symptoms on the citrus tree; d) Stained-spotted leaves of Pomelo tree. (Photo credit; Tim Gottwald/US Department Of Agriculture).



Şekil 5. *C. liberibacter* fitoplazmasının turuncgillerde oluşturduğu tipik semptomlar. a) Turuncgil yapraklarında çinko besin eksikliğine benzer belirtiler; b) Hastalıklı ağaçta yaprak dökümü ve oluşan verim kaybı; c) Meyvede şekli bozukluğu; d) Meyvede tipik sap kısmının sarı uç kısmının yeşil kalışını gösteren turuncgil yeşillenmesi semptomu; e) Meyve yüzeyinde lekeli-benekli bir görünüm; f) Hastalıklı meyvelerin parmakla sıkıca basıldığında oluşan gümüş renkli leke. (Fotoğraf, Tim Gottwald/US Department Of Agriculture,).

Figure 5. Typical symptoms on the citrus caused by *C. liberibacter*. phytoplasma. a) Similar symptoms of zinc deficiency in citrus leaves; b) Resulting yield loss due to defoliation on the infected trees; c) Shape disorder in the fruit; d) The symptom of citrus greening, which shows the green stay of the yellow tip of the typical stem in the fruit; e) Stained-spotted appearance on the fruit; f) Silver colored-spot with pressed disease fruit. (Photo credit; Tim Gottwald/US Department Of Agriculture).

## Kimyasal Mücadele

**İnsektisit kullanımı:** Vektör ve hastalığın mevcut olduğu bölgelerde vektör kontrolünün kimyasallarla yapılması gerekir (Tolley, 1990). En fazla Psillid popülasyonu bahar sürgünleri gelişim döneminde görülür (Aubert, 1987). Psillidlerin kontrolü hastalığın görülmediği yerlerde de önemlidir (Aubert, 1987). Sarı yapışkan tuzak uygulaması yapılarak, ilaçlama zamanı belirlenip kimyasal uygulama yapmak gereklidir (Aubert, 1988).

Vektöre karşı kullanılan bazı aktif maddelerden bir tanesi İmidacloprid'tir. İmidacloprid bal arıları ve faydalı böcekler üzerinde oldukça toksik özelliğe sahip bir etken maddedir. Toprak içerisinde aylarca hatta yıllarca kalabilmektedir. Sistemik etkiye sahip olmasından dolayı nektar ve polen içerisinde bulunabilmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda İmidacloprid uygulanan bitkiden beslenen faydalı böcekler, uygulama yapılmayan bitkiden beslenen faydalı böceklere oranla daha az yaşadığı tespit edilmiştir (Gervais ve ark., 2010).

Yapılan deneylerde ağacın kök boğazı bölgesi açılarak bu aktif madde uygulanır. Sistemik olduğundan dolayı kök sistemi yoluyla bitkinin uç kısımlarına kadar taşınır. Bu uygulama oldukça önemlidir çünkü normal yeşil aksam ilaçlamasında, nimfler küçük taze yaprakların aralarında sıkışmış vaziyette olduğundan ve uygulanan kimyasal nimflere ulaşmadığından dolayı kullanılan kimyasallar etkili olmayabilir. Bu yüzden bu yolla da nimflere karşı etkili bir mücadele yapılmaktadır (Grafton-Cardwell ve ark., 2013).

**Antibiyotik kullanımı:** Bitki patojenlerine karşı bazı ülkelerde antibiyotiklerle mücadele yapılmaktadır. Ancak, antibiyotik kullanımı insan ve çevre sağlığı açısından oldukça tehlikelidir. İnsan sağlığı açısından ele alındığında bitkide oluşturmuş olduğu kalıntı sebebiyle, ürünü tüketenlerde ciddi derecede sağlık sorunları oluşturmaktadır. Patojenler açısından ise zamanla oluşacak direnç mekanizmaları sonucu oluşacak dayanıklılıkla, patojenlere karşı mücadele daha da zorlaşacaktır. Bu yüzden ülkemizde antibiyotiklerin bitki hastalık etmeleri için kullanımı yasaktır.

Yurt dışında antibiyotikler bu hastalık etmeninin tedavisi için kullanılmakta olup ekonomik ve pratik olarak uygulanabilir değildir. Ancak çok

kıymetli özellikle üretim materyalleri için düşünülebilir ve yine de bu amaçla çeşitli antibiyotikler hastalığa karşı önerilmektedir (Martinez ve ark., 1970). Örneğin 500 ppm'lik ağaç dallarına yapılan "achromycin" ve "ledermycin" uygulanan antibiyotiklerden sadece ikisidir. Yapılan çalışmalarda cam serada bulunan bulaşık bitkilere her hafta olacak şekilde toplamda 10 hafta boyunca antibiyotik uygulanmış ve 10 hafta sonunda hastalıklı portakal bitkisinde iyileşme görülmüştür (Nariani ve ark., 1975). Aynı antibiyotikler arazi üzerindeki hastalıklı bitkilerde denenmiştir fakat belirli bir süre sonra iyileşme yönünde belirtiler gösteren ağaçlar tekrardan aynı görünüme dönmüştür. Patojene karşı kullanılan antibiyotikler çeşitli gübreler ya da kimyasal ilaçlarla etkinliği arttırmak için denenmiştir. Antibiyotik (Oksi-tetrasiklin +2 g / L) ile giberellik asit (GA3: 15 mg / L) ve antibiyotik (2 g / L) + GA3 (15 mg / L) yaprak gübresi (20 ml / 4 L) ile karıştırılmış bunun sonucunda meyve verimi ve kalitesini arttırmada çok etkili olduğu bulunmuştur (Shokrollah ve ark., 2011). Ampisilin ve Penisilin Beta laktam antibiyotiklerindedir ve bu hastalığın mücadelesinde kullanılmıştır. Her iki antibiyotiğin kullanılmasındaki amaç bakteriyel hücre duvarının oluşumunda rol alan proteinlerdir. Örneğin Penisillin bağlanma proteini olarak da bilinen enzimleri bu iki antibiyotik inaktive etmesinden dolayı patojenin büyümesi engellenmek istenmiş ve hastalığına karşı kullanılmıştır (Spratt ve Cromie, 1988). Zakkungiller den olan cezayir menekşesi olarak bilinen bitki, yeşillenme hastalığına sebep olan patojenin konukçusu olarak belirtilmiştir. Buna dayanarak Cezayir menekşesine enfekte edilen hastalık etmenine karşı penisilin G sodyum ve 2,2-dibromo-3-nitropropionamid (DBNPA) uygulanarak hastalık baskı altına alınmaya çalışılmıştır (Zhang ve ark., 2010). Sulfadimetoksin sodyum, Sülfametoksazol, Sülfatazol sodyum Sülfonamit antibiyotikleri olup aynı zamanda organik kükürt bileşimleridir (Zhang ve ark., 2015). Aşılama ya bağlı çalışmalarda, kullanılan bu antibiyotiklerin turunçgil yeşillenme hastalığına karşı etkili olduğu ama çok aşırı olmasa da fitotoksite oluşturduğu belirlenmiştir (Zhang ve ark., 2014). Sülfonamit antibiyotikleri havuç lahanaya yonca gibi bazı bitkilerde denenmiş ve kök



sisteminin fonksiyonunu geliştirdiği gözlenmiştir (Michellini ve ark., 2013). Bu yoldan çıkılarak, Sülfonamit antibiyotikleri denenmiştir çünkü enfekteli olan turunçgillerin kök sistemi oldukça cılız ve yavaş gelişmektedir (Zhang ve ark., 2015). Her ne kadar bilimsel anlamda etmene karşı antibiyotik kullanımı mümkün ise de ekonomik ve geniş alanlarda pratik değildir, insan sağlığı açısından da etkileri incelenmelidir.

### Biyolojik Mücadele

Birçok parazitoit ve predatör Psillidin farklı hayat döngüsü evresinde etkili olduğu bulunmuştur. Örneğin, nimf döneminde parazitoit olan eşek arıları önemli derecede etkili olduğu, çeşitli predatörlerden uğur böceği larvaları ve erginleri, syrphid sinek larvaları, *Orius* spp larvaları bu Psillid'lerin nimfleri ile beslenmektedirler. Ayrıca bazı örümcek türleri, kuşlar ve diğer genel predatörler erginler üzerinde beslenmektedirler (Grafton-Cardwell ve ark., 2013).

*Tamarixia radiata* (Waterston) ve *Diaphorencyrtus aligarhensis* isimli iki parazitoitten, *D. citri*'ye karşı uygulanmış, bu iki parazitoit karşılaştırıldığında *T. radiata* daha başarılı bulunmuş ve biyolojik mücadelede kullanılmaktadır (Hoy ve ark., 2006; Qureshi ve ark., 2009). Yetiştiriciler, biyolojik durumu olumsuz yönde etkileyebilecek Psillid popülasyonlarını azaltmak için yoğun insektisit uygulaması yapmaktadırlar (Husain ve Nath, 1927). Güney Afrika'da çok sayıda predatör tespit edilmiş ancak popülasyonları ekonomik açıdan kabul edilebilir seviyelere indirdiği bulunmamıştır (Van den Berg ve ark., 1992). Güneydoğu Asya'daki *D. citri*'nin biyolojik kontrolü, hastalığın hafifletilmesinde etkili olmuştur (Supriyanto ve Whittle, 1991).

### SONUÇ ve ÖNERİLER

Dünyada turunçgil yeşillenmesi hastalığının saptandığı yerlerde tamamen başarılı mücadele yönetimi yapılan bir yer bulunmamaktadır. Hastalığın erken tespit edilmesi durumunda, turunçgil yeşillenmesi hastalığının ortadan kaldırılması mümkündür. HLB'nin ülkemize girmesi durumunda turunçgil üretim alanlarında büyük kayıplara neden olacak ve ülke ekonomimize büyük zarar verecektir. Yurt

dışından gelen aşı gözü üretim materyalleri, hastalıktan ve vektörlerinden ari olması gerekmektedir. Bu nedenle, gelecek materyaller sıkı karantina uygulamalarından geçirilmeli ve hastalığa özgü tanılama teknikleri uygulanarak ülkeye girişine izin verilmemelidir. Fidanlar böcek korumalı tel sera koşullarında üretilmeli ve dağıtımı sağlanmalıdır. Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü Zirai Karantina Yönetmeliği ek 2A kısmında Türkiye' de varlığı bilinmeyen zararlı organizmalar listesinde yer almaktadır. Aynı zamanda hastalık etmeninin taşıyan vektör böceklerinden olan *D. citri* ve *T. erythrae*, Zirai Karantina Yönetmeliği ek 1A kısmında bulunmaktadır (Anonim, 2010). Tarım ve Orman Bakanlığı bünyesinde Turunçgil Yeşillenme hastalığına karşı 2018 yılında hastalıktan ari alan survey projesi başlatılmıştır. Bu proje kapsamında her yıl düzenli olarak hastalığın ülkemizdeki kontrolü yapılmaktadır. Buna ek olarak, 1 Eylül 2016 tarihinde başlayan ve 30 Nisan 2019 tarihine kadar süren, Ülkemizin' de içinde bulunduğu EUPRESCO 2016-A-232 projesi ile hastalık etmeninin moleküler metotlarla kontrolü yapılarak ülkemizin ari olduğu bildirilmiştir (Cellier ve ark., 2019). HLB ile bulaşık ağaçların belirtileri diğer turunçgil hastalık ve bitki besin elementi eksiklikleri gibi faktörlere bağlı olarak ayırt etmek zordur. Ağaçlar enfekte olduğu halde belirtileri enfeksiyondan bir veya birkaç yıl sonra ortaya çıkabilir. Bu nedenle ülkemizde HLB ve vektörlerinin tespit araştırmaları sürekli olarak yapılmaktadır.

Bitki mikro-besin elementleri hastalıkla mücadelede kullanılan önemli yöntemlerden bir tanesidir. Düzenli ve kontrollü bir şekilde uygulanan mikro besin elementleri bitkide dayanıklılık mekanizmasını arttırmasında, hormon biyosentezinde ve fizyolojik reaksiyonlarda katalizör görevi yapmaktadır (Anonymous, 2018c).

Bitki aktivatörleri çevre dostu bileşiklerdir ve bitkinin çeşitli patojenlere karşı direnç kazanmasını tetiklerler. Uygulanacak olan aktivatörler sayesinde bitkilerin patojenlere karşı direnç mekanizmasını tetikleyerek etmenin floem iletim demeti içerisinde yayılışı kısmen baskı altına alınmalıdır. Aktivatörler bitkilere yeşil aksam, kök bölgesine, ya da serum şeklinde bitki gövdesine uygulanmaktadır. Yapılan bir çalışmada salisilik

asit, oksalik asit, asibenzolar-S-metil ve potasyum fosfat bileşikleri yaşlı ve genç tatlı portakal ağaç gövdelerine serum şeklinde enjekte edilmiştir. Çalışmanın sonucunda bu bileşiklerin hastalığın bitki içerisinde yayılmasını oldukça baskı altına aldığı görülmüştür (Hu ve ark., 2017). Ülkemizde bitki dayanıklılık mekanizmasını tetikleyen bileşikler daha yaygın ve bilinçli olarak kullanılmalıdır.

Bitki bünyesinde bulunan hormonlar değişik fonksiyonlarda sahiptir. Bu hormonlardan bir tanesi olan Brassinosteroidler bitkilerin hastalıklara karşı direncinde, stres toleransında, kök uzamasında, tohumların çimlenmesinde ve yaprak genişlemesinde önemli rol oynamaktadır. Bu grup altında bulunan doğal Epibrassinolide uygulaması sonucunda narenciye bitkisinde bulunan dayanıklılık genlerinin *CLas* hastalık etmenine karşı ekspresyonunun arttığı kanıtlanmıştır (Canales ve ark., 2016).

Günümüzde hastalık etmenlerinin artması sonucu bilim değişik dallarda gelişmektedir. Bu gelişimlerden bir tanesi de Nanoemülsiyon teknolojisidir. Nanoemülsiyon, kimyasal maddelerin bitki kütikulası boyunca taşınmasını sağlar (Munir ve ark., 2018). Bakterilere karşı kullanılan organik bakırın bitki içerisine taşınımı

oldukça zordur. Bu teknoloji sayesinde bakır gibi birçok organik aktif madde, etkili bir şekilde bitki kütikula içerisine transfer edilip taşınımı sağlanarak yeni bir mücadele olanağı oluşturulabilir.

Enfekteli böceklerin fırtına yoluyla yayılmasından dolayı Mısır ve İran üzerinden ülkemize doğru gelen herhangi bir şiddetli fırtına sonucunda kontrollerin artırılması gerekmektedir. Öyle ki 2005 yılında sadece güney Florida da bulunan hastalık, fırtına sonucunda tüm Florida'yı hatta şu anda Amerika'nın her yerini sarmış durumdadır. Bu nedenle mücadele ilk olarak patojene karşı değil, patojeni taşıyan vektöre karşı uygulanmalıdır.

Yurtdışından özellikle turunçgiller üretim materyalinin yasal ya da gayri yasal yolla girişi mutlaka engellenmeli, karantina kontrolleri sıklaştırılmalı, üreticiler ve teknik personel hastalık hakkında bilgilendirilmelidir. Ayrıca, rutin olarak takip sistemi kurulmalı, vektör takibi mutlaka tüm riskli bölgelerde rutin yapılmalıdır. Turunçgiller çeşit geliştirme ve sertifikasyon sistemi gözden geçirilerek, turunçgiller fidan üretim sistemi kontrol edilmelidir. Turunçgiller için damızlık hastalıklardan arı ve ismine doğru olarak fidan üreticilerine tek elden verilmelidir.

## LİTERATÜR LİSTESİ

- Anonim. 2010. Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü Zirai Karantina Yönetmeliği. Türkiye' de varlığı bilinmeyen zararlı organizmalar. No. 5996.
- Anonymous. 2007. Plant Health Progress. Citrus Huanglongbing: The Pathogen and Its Impact. Available at: <https://www.plantmanagementnetwork.org/pub/php/review/2007/huanglongbing/>.
- Anonymous. 2010. National Research Council. Strategic planning for the Florida citrus industry: addressing citrus greening disease. National Academies Press .a available at: [https://www.nap.edu/resource/12880/citrus\\_greening\\_report\\_brief\\_final.pdf](https://www.nap.edu/resource/12880/citrus_greening_report_brief_final.pdf).
- Anonymous. 2013. JUSTIA Patents. Methyl Salicylate-Based Attractants For Vectors Of Citrus Greening Disease. Available at: <https://patents.justia.com/patent/20130266535>.
- Anonymous. 2016. PHYS.org. Plant breeders, growers should pay attention to flush in fight against citrus greening disease. Available at: <https://phys.org/news/2016-02-breeders-growers-attention-flush-citrus.html>.

- Anonymous. 2018a. Center For Invasive Species and Ecosystem Health. Citrus greening (*Candidatus liberibacter asiaticus*). Available at: <https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=0656076>.
- Anonymous. 2018b. Forestry Images. Trioza erytraeae. Available at: <https://www.forestryimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=5137026>.
- Anonymous. 2018c. University of florida Institute of Food and Agricultural Sciences. Nutrient Recommendations for Citrus Greening. Available at: <http://citrusindustry.net/2018/08/13/nutrient-recommendations-citrus-greening/>.
- Anonymous. 2019a. Global Invasive Species Database. Species profile: *Candidatus Liberibacter asiaticus*. Available at: <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=1496>.
- Anonymous. 2019b. Centre for Agriculture and Bioscience International (CABI). Citrus huanglongbing (greening) disease (citrus greening) available at: <http://www.cabi.org/isc/datasheet/16567/>.
- Aubert, B. 1987. Trioza erytraeae Del Guercio and Diaphorina citri Kuwayama (Homoptera: Psylloidea), the two vectors of citrus greening disease. Biological aspects and possible control strategies of Fruits 42 (3): 149-162.

- Aubert, B. 1988. Towards an integrated management of citrus greening disease. *In: Proc. 10<sup>th</sup> Conference of the International Organization of Citrus Virologists*. Riverside, California, USA. pp. 226-230.
- Aubert, B. 1992. Citrus greening disease, a serious limiting factor for citriculture in Asia and Africa. p. 817-820. *In: Proc. 7<sup>th</sup> International Citrus Congress*. Acireale, Italy.
- Aubert, B. 1993. Citrus greening disease, a serious limiting factor for citriculture in Asia and Africa. p. 134-142. *In: Proc. 4<sup>th</sup> Congress of the International Society of Citrus Nurserymen*. South Africa.
- Aubert, B., and X. Y. Hua. 1990. Monitoring flight activity of *Diaphorina citri* on citrus and *Murraya* canopies. pp. 4-10. *In: Proc. 4<sup>th</sup> International Asia Pacific Conference on Citrus Rehabilitation*. Chiang Mai, Thailand.
- Beattie, G. A. C., P. Holford, D. J. Mabblerley, A. M. Haigh, R. Bayer, and P. Broadbent. 2006. Aspects and insights of Australia-Asia collaborative research on huanglongbing. pp. 7-9. *In: Proc. International Workshop for the Prevention of Citrus Greening Disease in Severely Infected areas*. Tokyo, Japan.
- Bové, J. M. 2006. Huanglongbing: A destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. *Journal of Plant Pathology* 88 (1): 7-37.
- Bové, J. M., M. Garnier, Y. S. Ahlawat, N. K. Chakraborty, and A. Varma. 1993. Detection of the Asian strains of the greening BLO by DNA-DNA hybridization in Indian orchard trees and Malaysian *Diaphorina citri* psyllids. *In: International Organization of Citrus Virologists Conference Proceedings*. Riverside (1957-2010). California. USA. 12 (12): 258-263.
- Canales, E., Y. Coll, I. Hernández, R. Portieles, M. R. García, Y. López, and L. Batista. 2016. 'Candidatus *Liberibacter asiaticus*', causal agent of citrus Huanglongbing, is reduced by treatment with Brassinosteroids. *PLoS One* 11 (1): 146-223
- Capoor, S. P., D. G. Rao, and S. M. Viswanath. 1974. Greening disease of citrus in the Deccan Trap Country and its relationship with the vector, *Diaphorina citri* Kuwayama. *In: International Organization of Citrus Virologists Conference Proceedings (1957-2010)*, 6 (6): pp. 43-49. Riverside, California, USA.
- Cellier, G., C. Redondo, J. Cubero, M. Roselló, E. D. Andrade, L. Cruz, E. Ince, H. N. Yildiz, P. G. Güler, A. M. D'Onghia, T. Yaseen, K. Djelouah, E. Metz-Verschure, F. Gaffuri, R. A. Gottsberger, and B. Giovani. 2011. Comparison of the performance of the main real-time and conventional PCR detection tests for 'Candidatus *Liberibacter*' spp., plant pathogenic bacteria causing the Huanglongbing disease in Citrus spp. *In: Proc. 13<sup>th</sup> Symposium on Plant Bacteria*. 29 January - 02 February. Aussois, France.
- Chen, C. N. 1998. Ecology of the insect vectors of citrus systemic diseases and their control in Taiwan. p. 62. *In: Proc. of a regional workshop on disease management of banana and citrus through the use of disease-free planting materials*. 14-16 October. Davao, Philippines
- Coletta-Filho, H. D., M. L. P. N. Targon, M. A. Takita, J. D. De Negri, J. Pompeu Jr, M. A. Machado, A. M. Do Amaral, and G. W. Muller. 2004. First report of the causal agent of Huanglongbing *Candidatus Liberibacter asiaticus* in Brazil. *Plant Disease* 88 (12): 1382-1382.
- Dou, W., K. H. Lim, C. Su, N. Zhou, and N. Cui. 2010. Brand positioning strategy using search engine marketing. *Mis Quarterly* 261-279.
- Garnier, M., S. P. R. Jagoueix-Eveillard, H. F. Cronje, H. F. Le Roux, and J. M. Bové. 2000. Genomic characterization of a *Liberibacter* present in an ornamental rutaceous tree, *Calodendrum capense*, in the Western Cape province of South Africa. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 50 (6): 2119-2125.
- Gervais, J. A., B. Luukinen, K. Buhl, and D. Stone. 2010. Imidacloprid General Fact Sheet. National Pesticide Information Center. From <http://npic.orst.edu/factsheets/imidagen.html>.
- Gomez, H. D. 2008. Experiences on HLB (Huanglongbing) symptoms detection in Florida. *In: Proc. International Workshop on Huanglongbing and the Asian citrus psyllid*. Hermosillo, Mexico.
- Gottwald, T. R., J. V. da Graça., and R. B. Bassanezi. 2007. Citrus huanglongbing: The pathogen and its impact. *Plant Health Progress* 6 (1): 1-18.
- Grafton-Cardwell, E. E., L. L. Stelinski., and P. A. Stansly. 2013. Biology and management of Asian citrus *Psyllid*, vector of the huanglongbing pathogens. *Annual Review of Entomology* 58: 413-432.
- Halbert, S. E. 2005. The discovery of huanglongbing in Florida. p. 50. *In: Proc. 2<sup>nd</sup> International Citrus Canker and Huanglongbing Research Workshop*. 7-11 November. Orlando, Florida, USA.
- Halbert, S. E., and K. L. Manjunath. 2004. Asian citrus *psyllids* and greening disease of citrus: A literature review and assesment of risk in Florida. *Florida Entomologist* 8 (3): 330-353.
- Hasanpour, M., A. A. Talebi., E. Rakshani, and A. Ameri-Siaohuei. 2009. Identification of natural enemies of citrus psylla, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hem., Psyllidae) in Hormozgan province. *Journal of Entomological Research* 3: 185-195.
- Hodges, A. W., and T. H. Spreen. 2012. Economic impact of Citrus Greening (HLB) in Florida. 2006/07-2010/11. From <https://crec.ifas.ufl.edu/extension/greening/PDF/FE90300.pdf>.

- Hoy, M. A., R. Nguyen, and A. Jeyparakash. 2006. Classical biological control of Asian citrus psyllid in Florida. *Integrated Pest Management in Florida*.
- Hu, J., J. Jiang, and N. Wang. 2018. Control of Citrus Huanglongbing (HLB) via trunk injection of plant activators and antibiotics. *Phytopathology* 108: 149-149.
- Hung, T. H., M. L. Wu, and H. J. Su. 2000. Identification of alternative hosts of the fastidious bacterium causing citrus greening disease. *Journal of Phytopathology* 148 (6): 321-326.
- Husain, M. A., and D. Nath. 1927. The citrus psylla (*Diaphorina citri* Kuw.) [Psyllidae: Homoptera]. *Memoirs of the Department of Agriculture in India Entomology Series* 10 (2): 1-27.
- Jagoueix, S., J. M. Bové, and M. Garnier. 1996. PCR detection of the two 'Candidatus' *Liberobacter* species associated with greening disease of citrus. *Molecular and Cellular Probes* 10 (1): 43-50.
- Knapp, J., S. Halbert., R. Lee., M. Hoy., R. Clark., and M. Kesinger. 1998. The Asian *Psyllid* and citrus greening disease. *Citrus Ind.* 79 (10): 28-29.
- Lafleche, D., and J. M. Bové. 1970. Structures de type mycoplasme dans les feuilles d'orangers atteints de la maladie du greening. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* 270: 455-465.
- Lin, C. K. 1963. Notes on citrus yellow shoot disease. *Acta Phytolactica Sinica* 2: 243-251.
- Lopes, S. A., E. C. Martins., and G. F. Frare. 2005. Detecção de *Candidatus Liberibacter americanus* em *Murraya paniculata*. *Summa Phytopathology* 31: 48-49.
- Lopes, S. A., G. F. Frare., and E. C. Martins. 2006. Hosts of *Liberibacter* in Brazil. p. 25. *In: Proc. Huanglongbing-Greening International Workshop. Ribeirão Preto, Sao Paulo, Brazil.*
- Lopes, S. A., G. F. Frare., E. Bertolini., M. Cambra., N. G. Fernandes., A. J. Ayres., and J. M. Bové. 2009. *Liberibacter*s associated with citrus huanglongbing in Brazil: '*Candidatus liberibacter asiaticus*' is heat tolerant, '*Candidatus liberibacter americanus*' is heat sensitive. *Plant Disease* 93 (3): 257-262.
- Manicom, B. Q., and S. P. Van Vuuren. 1990. Symptoms of greening disease with special emphasis on african greening. p. 127-131. *In: Proc. Intl. Asia-Pacific Conf. Citrus Rehabilitation. 4-10 February. Chiang Mai, Thailand.*
- Mann, R. S., J. G. Ali, S. L. Hermann., S. Tiwari., K. S. Pelz-Stelinski., H. T. Alborn., and L. L. Stelinski. 2012. Induced release of a plant-defense volatile 'deceptively' attracts insect vectors to plants infected with a bacterial pathogen. *PLoS Pathogens* 8 (3): 13-71.
- Martinez, A. L., D. M. Nora., and A. L. Arredilla. 1970. Suppression of symptoms of citrus greening disease in the Philippines by treatment with tetracycline antibiotics. *Plant Disease Reporter* 54: 1007-9.
- McClellan, A. P. D., and R. E. Schwarz. 1970. Greening or blotchy-mottle disease of citrus. *Phytophylactica* 2: 177-194.
- Michelini, L., La Rocca, N., Rascio, N., and R. Ghisi. 2013. Structural and functional alterations induced by two sulfonamide antibiotics on barley plants. *Plant Physiology and Biochemistry* 67: 55-62.
- Morgan, K. T., A. W. Schumann., W. S. Castle., E. W. Stover., D. Kadyampakeni., P. Spyke., and R. A. Morris. 2009. Citrus production systems to survive greening: Horticultural practices. pp. 114-121. *In: Proc. Fla. State Hort. Soc., Vol. 122. Florida, USA.*
- Munir, S., P. He., Y. Wu., P. He., S. Khan., M. Huang., and Y. He. 2018. Huanglongbing control: perhaps the end of the beginning. *Microbial Ecology* 76 (1): 192-204.
- Nariani, T. K., S. K. Ghosh., D. Kumar., S. P. Raychaudhuri., and S. M. Viswanath. 1975. Detection and possibilities of therapeutic control of the greening disease of citrus caused by mycoplasma. *Proceedings of Indian National Science Academy Series B.* 41: 334-39.
- Parnell, S., M. Camilleri., M. Diakaki., G. Schrader., and S. Vos. 2019. Pest survey card on Huanglongbing and its vectors. *EFSA Supporting Publications* 16 (4): 1574.
- Polek, M., G. Vidalakis., and K. Godfrey. 2007. Citrus Bacterial Canker Disease and Huanglongbing (Citrus Greening). *University of California Agriculture and Natural Resources* 8218: 334-339.
- Qureshi, J.A., M. E. Rogers., D. G. Hall., P. A. Stansly. 2009. Incidence of invasive *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) and its introduced parasitoid *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) in Florida citrus. *Journal of Economic Entomology* 102: 247-256.
- Roka, F., R. Muraro., R. A. Morris., P. Spyke., K. Morgan., A. Schumann, and E. Stover. 2009. Citrus production systems to survive greening: economic thresholds. p. 233-239. *In: Proc. Fla State Hort Soc Vol. 122. Florida, USA.*
- Schumann, A., and A. Singerman. 2016. The economics of citrus undercover production systems and whole tree thermotherapy. *Citrus Ind.* 2016: 14-18.
- Schwarz, R. E., L. C. Knorr, and M. Prommintara. 1973. Presence of citrus greening and its psylla vector in Thailand. *FAO Plant Protection Bull.* 21: 132-138.
- Shokrollah, H., T. L. Abdullah., K. Sijam., and S. N. A. Abdullah. 2011. Identification of physical and biochemical characteristic of mandarin (*Citrus reticulata*) fruit infected by huanglongbing (HLB). *Australian Journal of Crop Science* 5 (2): 181.
- Spratt, B. G., and K. D. Cromie. 1988. Penicillin-binding proteins of gram-negative bacteria. *Clinical Infectious Diseases* 10 (4): 699-711.

- Supriyanto, A., and A. M. Whittle. 1991. Citrus rehabilitation in Indonesia. pp.409-413. *In*: R. H. Brlansky, R. F. Lee and L.W. Timmer (Eds.). Proc. 11<sup>th</sup> Conference of the International Organization of Citrus Virologists, 6-10 November. Orlando, Florida, USA.
- Teixeira, D. C., S. Eveillard, P. Sirand-Pugnet, A. Wulff, C. Saillard, A. J. Ayres, and J. M. Bové. 2008. The tuFB-secE-nusG-rplKAJL-rpoB gene cluster of the Liberibacters: Sequence comparisons, phylogeny and speciation. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 58 (6): 1414-1421.
- Timmer, L.W., S. M. Garnsey., and J. H. Graham. 2000. *Compendium of Citrus Diseases*. 2nd ed. St. Paul, Press. APS. MD, USA.
- Tirtawidjaja, S. 1980. Citrus virus research in Indonesia. p. 129-132. *In*: Proc. 5<sup>th</sup> International Organization of Citrus Virologists Conference. Vol. 8. Gainesville, Florida, USA.
- Tolba, I. H., and M. A. Soliman. 2015. Citrus Huanglongbing (Greening Disease) in Egypt: Symptoms Documentation and Pathogen Detection. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences* 15 (10): 2045-2058.
- Tolley, I. S. 1990. The relation of nursery production with orchard planning and management. pp. 77-82. *In*: B. Aubert, S. Tontyaporn, and D. Buangsuwon (Eds.) Proc. of 4<sup>th</sup> International Asia Pacific Conference on Citrus Rehabilitation. Citriculture. 4-10 Feb. Chiang Mai, Thailand.
- Van den Berg, M. A., S. P. Van Vuuren, and V. E. Deacon. 1992. Studies on greening disease transmission by the citrus psylla, *Trioza erytreae* (Hemiptera: Triozidae). *Israel Journal of Entomology* 25: 51-56.
- Xu, C. F., Y. H. Xia., K. B. Li, and C. Ke. 1988. Further study of the transmission of citrus huanglungbin by a *Psyllid*, *Diaphorina citri* Kuwayama. *In*: International Organization of Citrus Virologists Conference. Riverside (1957-2010), Vol. 10 (10): 243-248. California. USA.
- Zhang, M., C. Yang, and C. Powell. 2015. Application of Antibiotics for Control of Citrus Huanglongbing. *Adv Antibiotics Antibodies*. AAA-15-E001 1 (1): 1-2, 101. <https://pdfs.semanticscholar.org/1638/470e4cb0e78ec2be080def01d5f012fc4755.pdf>.
- Zhang, M., Y. L. Duan, L. Zhou, W. W. Turechek, E. Stover, and C. A. Powell. 2010. Screening molecules for control of citrus huanglongbing using an optimized regeneration system for *Candidatus Liberibacter asiaticus*-infected periwinkle (*Catharanthus roseus*) cuttings. *Phytopathology* 100 (3): 239-245.
- Zhang, M, Y. Guo, C. A. Powell, M. S. Doud, C. Yang, and Y. Duan. 2014. Effective antibiotics against *Candidatus liberibacter asiaticus* in HLB-affected citrus plants identified via the graft-based evaluation. *PLoS one*. 9 (11): e111032. doi: 10.1371/journal.pone.0111032.