



Domates sarı yaprak kıvrırcıklık virüsü (*Tomato yellow leaf curl virus, TYLCV*): Güneydoğu Anadolu Bölgesi domates üretim alanlarında önemi artan bir virus

Mehmet Zeki KIZMAZ 

¹Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Dicle University, Diyarbakır, Türkiye

MAKALE BİLGİSİ

Makale Geçmişi:
Geliş: 20.10.2024
Kabul: 05.11.2024
Çevrimiçi mevcut: 18.12.2024

Anahtar Kelimeler:
Bitki
Virüs
Domates
TYLCV
Güneydoğu Anadolu Bölgesi

ÖZET

Domates (*Solanum lycopersicum* L.) dünya genelinde en çok yetiştirilen sebzeler arasında yer almaktadır. İnsan beslenmesinde kullanılmasının yanı sıra çeşitli endüstri kollarında hammadde olarak kullanılmaktadır. Diğer kültür bitkilerinde olduğu gibi domates yetiştiriciliğinde de hastalıklar önemli ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Bunlar içerisinde virüs hastalıkları, domates üretimini sınırlayan en önemli patojenler arasında kabul edilmekte olup, bugüne kadar domates bitkisiyle ilişkili 312 virüs ve viroid (22 familya ve 39 cinste) tespit edilmiştir. Önemli virüsler arasında Begomovirus, Tospovirus, Cucumovirus, Potyvirus ve Tobamovirus cinslerinde yer alan türler bulunmaktadır. Domates bitkisini enfekte eden *Begomovirus* türleri arasında, ekonomik açıdan en önemli ve yaygın olduğu bilinen virüs, *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) olarak tanımlanmaktadır. TYLCV ile enfekte olmuş duyarlı çeşitlerde, bodurluk, yaprakların yukarı doğru kıvrılması, kloroz ve yaprak boyutunda azalma gibi karakteristik belirtiler gözlemlenmekte ve %100'e varan ciddi verim kayıpları bildirilmiştir. TYLCV ilk olarak 1930'larda İsrail'in Ürdün Vadisi'nde tespit edilmesinden sonra uluslararası ticaretin artması, bu virüsün Türkiye ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi dahil olmak üzere domates üretiminin yapıldığı tüm bölgelere yayılmasına neden olmuştur. Küresel ısınmanın neden olduğu iklim değişikliği ile birlikte, virüsün vektörü olan beyaz sinek (*Bemisia tabaci* Genn.) popülasyonlarındaki artış ve bilinçsiz insektisit kullanımı sonucunda beyaz sineklerde direnç oluşması, TYLCV'yi Güneydoğu Anadolu Bölgesi için giderek daha önemli bir viral etmen haline getirmiştir. Bu derlemede, domates yetiştiriciliği için en önemli viral patojen olarak kabul edilen TYLCV'nin ekonomik önemi, taşıma yolları ve oluşturduğu belirtiler hakkında bilgiler sunulmakta ve uygulanabilecek mücadele yöntemleri üzerinde durularak oluşabilecek verim kayıplarının önlenmesi hedeflenmektedir.

Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV): A virus of increasing importance in tomato production areas of the Southeast Anatolian Region

ARTICLE INFO

Article history:
Received: 20.10.2024
Accepted: 05.11.2024
Available online: 18.12.2024

Keywords:
Plant
Virüs
Tomato
TYLCV
Southeast Anatolian Region

ABSTRACT

Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is one of the most widely grown vegetables in the world. In addition to human consumption, it is used as a raw material in various industries. As with other crops, diseases and pests cause significant economic losses in tomato production. Virus diseases are considered one of the most important pathogens limiting tomato production, and 312 viruses and viroids (in 22 families and 39 genera) associated with tomato plants have been identified to date. Important viruses include species in the *Begomovirus*, *Tospovirus*, *Cucumovirus*, *Potyvirus* and *Tobamovirus*. Among the *Begomovirus* species infecting tomato plants, *Tomato Yellow Leaf Curl Virus* (TYLCV) is known to be the most economically important and widespread virus. Characteristic symptoms such as stunting, leaf curling, chlorosis and leaf size reduction are observed in susceptible varieties infected with TYLCV, and severe yield losses of up to 100% have been reported. After TYLCV was first detected in the Jordan Valley of Israel in the 1930s, increased international trade has led to the spread of the virus to all tomato producing regions, including Turkey and the Southeast Anatolian Region. With the climate change caused by global warming, the increase in whitefly (*Bemisia tabaci* Genn.) populations, the vector of the virus, and the development of resistance in whiteflies as a result of inadvertent insecticide use, TYLCV has become an increasingly important viral agent for the Southeast Anatolian region. In this review, the economic importance, transmission routes and symptoms of TYLCV, which is considered to be the most important viral pathogen for tomato cultivation, are presented.

1.Giriş

Domates (*Solanum lycopersicum* L.), biber, patlıcan ve patates gibi önemli kültür bitkilerini içeren *Solanaceae* familyasına ait bir bitki olup, dünya genelinde tarla ve sera şartlarında en yaygın şekilde yetiştirilen sebzeler arasında yer almaktadır (Hanson, 2022). Lezzetinin yanı sıra A ve C vitaminleri ile kalsiyum, potasyum ve fosfor gibi mineraller açısından zengin olması, domatesin hem doğrudan insan beslenmesinde kullanılmasını hem de ketçap, sos ve konserve gibi endüstriyel ürünlerin ham maddesi olarak tercih edilmesini sağlamaktadır (Sainju ve Dris, 2006; Ayisha ve ark., 2017). FAO (2022) verilerine göre, dünyada 60.591.970 dekar alanda 254.449.772 ton domates üretilmiştir. Yine aynı veriler ışığında ülkemizde ise 1.587.190 dekar alanda 13.000.000 ton domates üretimi ile Çin ve Hindistan'ın ardından üçüncü sırada yer almaktadır.

Domates yetiştiriciliğinde, diğer kültür bitkilerinde olduğu gibi, hastalıklar ve zararlılar önemli ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Bu hastalıklar içerisinde viral etmenler, domates üretimini sınırlayan en önemli patojenler arasında kabul edilmekte olup, domates bitkisiyle ilişkili 312 virüs, satellite virüs ve viroid (22 familya ve 39 cinste) tespit edilmiştir (Ong ve ark., 2020; Rivarez ve ark., 2021). Önemli virüsler arasında *Begomovirus*, *Tospovirus*, *Cucumovirus*, *Potyvirus* ve *Tobamovirus* cinslerinde yer alan türler bulunmaktadır (Pico ve ark., 1996). *Begomovirus* (*Geminiviridae*), domatesi enfekte eden 162 türü ile bitki virüslerinin en büyük ve en çok çalışılan cinslerinden biridir (Rivarez ve ark., 2021). Domates bitkisini enfekte eden *Begomovirus* türleri arasında, ekonomik açıdan en önemli ve yaygın olarak bilinen virüs, *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) olarak tanımlanmaktadır. TYLCV, küresel domates üretimine en fazla zarar veren virüslerden biri olması nedeniyle üzerine en fazla araştırma yapılan bitki viral patojenlerinden biridir (Mabvakure ve ark., 2016). TYLCV ile enfekte olmuş duyarlı çeşitlerde, bodurluk, yaprakların yukarı doğru kıvrılması, kloroz ve yaprak boyutunda azalma gibi karakteristik belirtiler gözlemlenmekte ve %100'e varan ciddi verim kayıpları bildirilmiştir (Levy ve Lapidot, 2008; Prasad ve ark., 2020).

TYLCV ilk olarak 1930'larda İsrail'in Ürdün Vadisi'nde tespit edilmiştir ve uluslararası ticaretin artması ile tarımsal kaynakların paylaşımına yönelik artan eğilim, bu virüsün domates üretiminin yapıldığı tüm bölgelere yayılmasına neden olmuştur (Cohen ve Harpez, 1964; Ramos ve ark., 2019). Daha önce yapılan araştırmalarda, TYLCV'nin ülkemizin farklı illerinde varlığı tespit edilmiştir (Sertkaya ve ark., 2017; Erdoğan ve ark., 2022). Küresel ısınmanın neden olduğu iklim değişikliği ile birlikte, virüsün vektörü olan beyaz sinek (*Bemisia tabaci* Genn.) popülasyonlarındaki artış, üreticiler tarafından beyaz sineğe karşı insektisitlerin bilinçsiz kullanımı sonucunda beyaz sineklerde insektisit direncinin oluşması ve virüsün hızlı yayılma özelliği, TYLCV'yi Güneydoğu Anadolu Bölgesi için giderek daha önemli bir viral etmen haline getirmiştir.

Bu derlemede, domates yetiştiriciliği için en önemli viral patojen olarak kabul edilen TYLCV'nin ekonomik önemi, taşınma yolları ve oluşturduğu belirtiler hakkında bilgiler sunulmakta; ayrıca, uygulanabilecek mücadele yöntemleri üzerinde durularak

oluşabilecek verim kayıplarının önlenmesi hedeflenmektedir. Aktarılan mücadele yöntemleri, sadece TYLCV için değil, diğer virüslerle mücadelede de geçerlilik taşımaktadır.

2. Domates Sarı Yaprak Kıvrıcıklık Virüsü (*Tomato yellow leaf curl virus, TYLCV*) Hakkında Genel Bilgiler

2.1. Taksonomisi

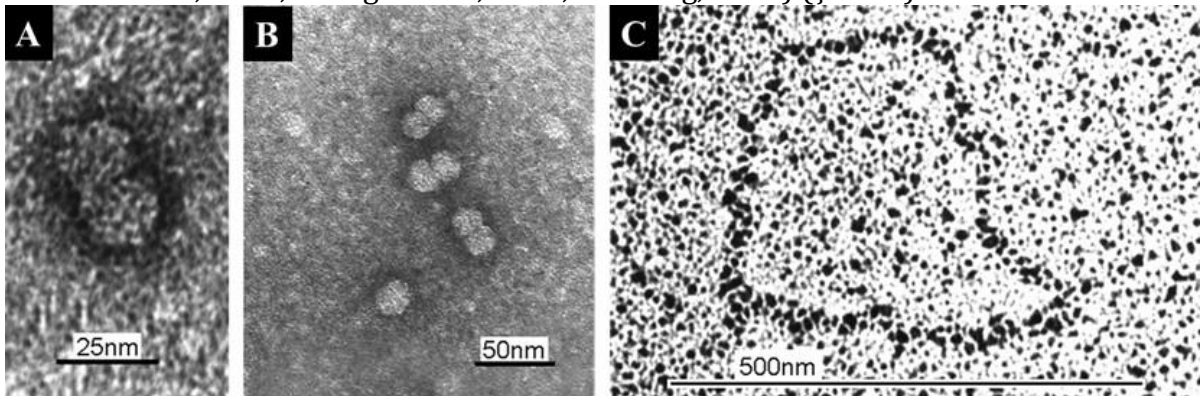
Domates sarı yaprak kıvrıcıklığı virüsü (*Tomato yellow leaf curl virus, TYLCV*), *Geminiviridae* familyasının *Begomovirus* cinsi içinde yer almaktadır (ICTV, 2023) (Tablo 1). *Geminiviridae* familyası konukçu dizini, vektör, filogenetik ilişki ve genom organizasyonuna dayalı olarak 15 cinse bölünmüş ve yaklaşık 522 virüs türü içermektedir (Zerbini ve ark., 2017; ICTV, 2024). Bunlardan *Begomovirus* cinsi TYLCV ve birçok önemli tür dahil olmak üzere 445 virüs türü barındıran en büyük cinstir ve bilinen türlerden 162 tanesinin domatesi enfekte edebildiği bilinmektedir (Rivarez ve ark., 2021; ICTV, 2024).

Tablo 1. TYLCV'nin taksonomisi (ICTV, 2023)

Takson	Virüsün bulunduğu takson adı
Realm (Alan)	<i>Monodnaviria</i>
Kingdom (Alem)	<i>Shotokuvirae</i>
Phylum (Şube)	<i>Cressdnaviricota</i>
Class (Sınıf)	<i>Repensiviricetes</i>
Order (Takım)	<i>Gepiflavirales</i>
Family (Familya)	<i>Geminiviridae</i>
Genus (Cins)	<i>Begomovirus</i>
Species (Tür)	Binominal adı İngilizce adı Türkçe adı
	<i>Begomovirus coheni</i> <i>Tomato yellow leaf curl virus</i> Domates sarı yaprak kıvrıcıklık virüsü

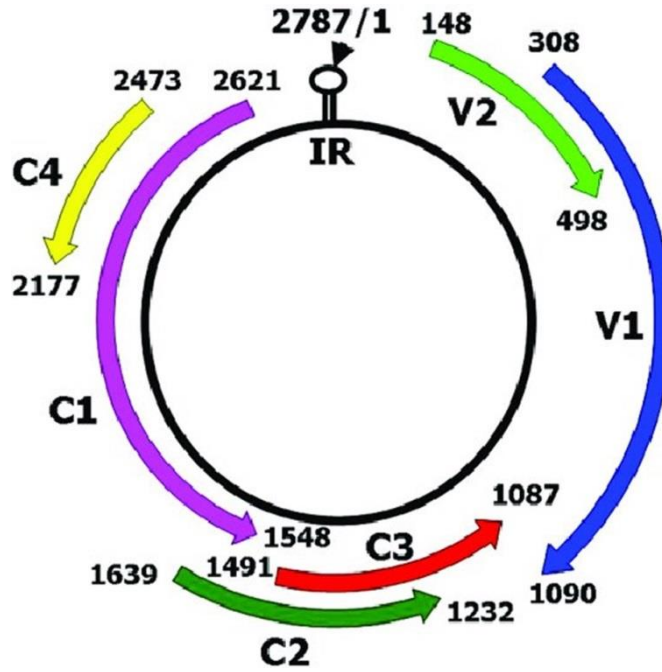
2.2. Virion Yapısı ve Genom Organizasyonu

TYLCV, *Geminivirus* cinsi virüslerin karakteristik ikiz morfolojisine sahiptir. Diğer *Geminivirus* türlerinde olduğu gibi kapsid T=1 yüzey simetrisine sahip iki ikozahedral yapıdan oluşmaktadır. Her biri, 30,3 kDa'lık 260 amino asitlik bir kaplama proteininin (CP) beş birimini içeren toplam 22 kapsomer içermektedir. Virüs, 2787 nükleotitlik dairesel ssDNA (single strand deoxyribonucleic acid)'dan oluşan tek parçalı bir genoma (DNA-A) sahiptir ve DNA-B'den yoksundur (Czosnek ve ark., 1988; Navot ve ark., 1991; Attathom ve ark., 1994; Zhang ve ark., 2001; Fondong, 2013) (Şekil 1).



Şekil 1. TYLCV'nin morfolojisini ve DNA'sını gösteren büyütülmüş elektron mikrografı. A, B: Domates bitkisinden saflaştırılan TYLCV'nin ikiz partikülleri, C: TYLCV partiküllerinden izole edilen dairesel tek sarmallı DNA molekülü (Attathom ve ark., 1994).

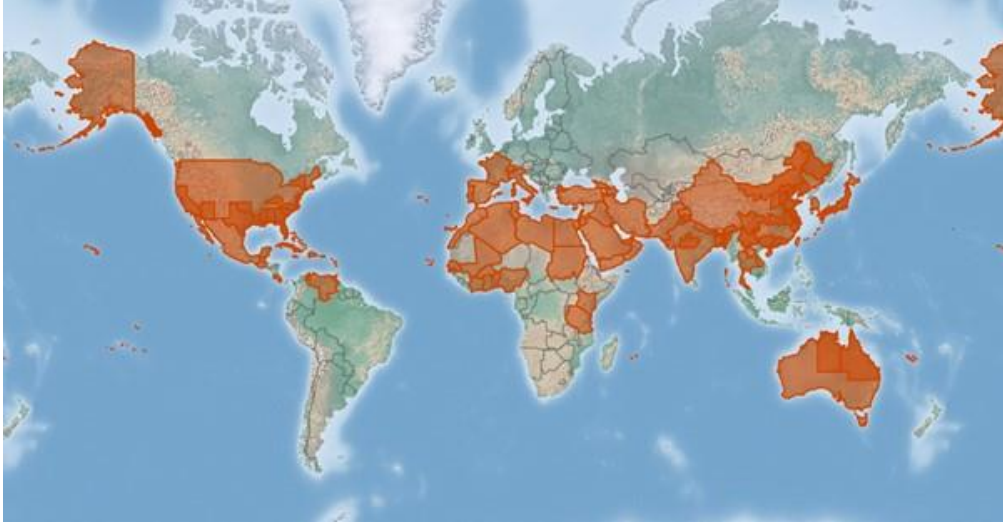
TYLCV'nin genomu üzerinde V1, V2, C1, C2, C3 ve C4 ORF (Open Reading Frame) bölgeleri bulunmaktadır (Fondong, 2013). V1'de genomun enkapsidasyonu ve vektör/konukçu içinde hareketten sorumlu kılıf proteini (Coat Protein, CP), V2'de RNA susturmayı baskılayıcı özelliğe sahip ön kaplama proteini (Precoat), C1'de replikasyonla ilişkili protein (Rep), C2'de transkripsiyonel aktivatör proteini (TrAP), C3'te replikasyon arttırıcı proteini (REn) ve C4'te hareket ve belirti belirleyici proteinler kodlanmıştır. Ayrıca, yuvarlanan daire modeline göre viral genomun replikasyonu sırasında ayrılma bölgesi olarak görev yapan ve V1, V2, C1 ve C4 genlerinin ifadesi için çift yönlü bir promotör görevi yapan 314 nükleotitlik bir intergenik bölge (Intergenic Region, IR) bulunmaktadır (Laufs ve ark., 1995; Gronenborn, 2007; Díaz-Pendón ve ark., 2010; Scholthof ve ark., 2011; Prasad ve ark., 2020) (Şekil 2).



Şekil 2. TYLCV'nin genom organizasyonu (Czosnek, 2021)

2.3. TYLCV'nin Ortaya Çıkışı ve Yayılımı

TYLCV ilk olarak 1930'larda İsrail'in Ürdün Vadisi'nde fark edilmiş, ancak 1960'ların başına kadar tanımlanamamıştır (Cohen ve Nitzany, 1966). Virüs daha sonra *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) olarak adlandırılmıştır (Cohen ve Harpaz, 1964). Virüs 1988 yılında izole edilmiş, tek parçalı olduğu kanıtlanmış ve 1991 yılında nükleotit dizilimi yapılmıştır (Czosnek ve ark., 1988; Navot ve ark., 1991). TYLCV 1960'ların başından itibaren hızla tüm Orta Doğu'ya yayılmış ve kısa bir süre içerisinde Kuzey Amerika, Afrika, Avrupa ve Uzak Doğu Asya'ya da ulaşmıştır (Czosnek, 2010). Türkiye'de ise ilk olarak 1980 yılında Çukurova bölgesinde (Adana) ve sonrasında 1993 yılında Ege bölgesinde tespit edilmiştir (Yılmaz ve ark., 1980). Virüsün yeni bölgelere girişi, yeni konukçulara uyum sağlamasına ve rekombinasyon ile mutasyon yoluyla yeni ırklar geliştirmesine neden olmuştur (Pérefarres ve ark., 2012). Virüsün şimdiye kadar yedi ırkı belirlenmiş olup, ülkemizde mevcut ırkların TYLCV-IL ve TYLCV- Mild ırkları olduğu tespit edilmiştir (Morris, 1997) (Şekil 3).



Şekil 3. TYLCV'nin dünyadaki yayılımı (CABI, 2012)

2.4. Taşınma Şekli

TYLCV'nin taşınma ve bulaşmasının en önemli yolu, hastalık etmeni taşıyan bitki üretim materyallerinin dağıtımı ve birçok ürünü istila edebilen, şu anda küresel olarak yaygın kriptik bir tür olan beyaz sineklerin (*Bemisia tabaci* Genn.) yayılmasıdır (Lefeuvre ve ark., 2010; Stansly ve ark., 2010; Alemandri ve ark., 2015; Fiallo-Olivé ve ark., 2020). *B. tabaci* yaklaşık 130 yıl önce tanımlanmış ve o zamandan beri dünya çapında en önemli zararlılardan biri haline gelmiştir. Şu ana kadar kadar 600 bitki türünde zarar oluşturduğu bildirilmiş ve henüz resmi olarak belgelenmemiş çok sayıda konukçusu olduğu tahmin edilmektedir (Oliveira ve ark., 2001; Czosnek ve ark., 2017). Kültür bitkilerinde önemli bir zararlı olmasının yanı sıra virüs vektörü olması bu zararlıyı daha da önemli hale getirmektedir (Şekil 4). TYLCV beyaz sinekle persistent (transovaryal) olarak taşınabilmektedir (Ghanim ve ark., 1998). Beyaz sinek enfekteli bitkiyle 15-30 dakika beslendikten sonra virüsü edinmekte ve 8-24 saat latent dönemden sonra virüsü başarılı bir şekilde bulaştırabilmektedir (Ghanim ve ark., 2001). Ayrıca TYLCV'nin bitki çeşidine göre değişmekle birlikte, %20-100 arasında tohumla taşınabildiği bildirilmiştir (Kil ve ark., 2016).



Şekil 4. Beyaz sinek (*Bemisia tabaci*). A: Bir yaprak üzerinde beslenen erkek (daha küçük) ve dişi yetişkinler, B: *B. tabaci* tarafından bırakılan dairesel desenli yumurtalar, C: *B. tabaci*'nin yaşam döngüsü (Prota, 2015).

2.5. Konukçuları

Domates (*Solanum lycopersicum* L.) TYLCV'nin ana konukçusu olup, *S. chilense*, *S. habrochaites*, *S. peruvianum* ve *S. pimpinellifolium* gibi yabancı domates türlerinin belirti göstermeden virüs taşıyıcısı olduğu veya virüse karşı dayanıklı olan aksesyonlarının bulunduğu bilinmektedir (Zakay ve ark., 1991; Vidavsky ve Czosnek, 1998). Daha önce yapılan çalışmalarda *Amaranthaceae*, *Chenopodiaceae*, *Compositae*, *Convolvulaceae*, *Cruciferae*, *Euphorbiaceae*, *Geraniaceae*, *Leguminosae*, *Malvaceae*, *Orobanchaceae*, *Plantaginaceae*, *Primulaceae*, *Solanaceae*, *Umbelliferae* ve *Urticaceae* familyalarına ait 49 farklı kültür bitkisi ve yabancı ot türünün TYLCV'ye konukçu olduğu bildirilmiştir (Papayiannis ve ark., 2011; Hančinský ve ark., 2020).

2.6. Domates Bitkisinde Oluşturduğu Belirtiler

Domates bitkileri fide döneminde enfekte olduğunda hastalık kolayca tanımlanabilmektedir. TYLCV ile enfekte olan bitkilerde yaprak kenarlarında yukarı ve içe doğru kıvrılma, damarlar arası sararma ve bodurluk belirtileri oluşmaktadır. Çiçeklenme öncesi gerçekleşen enfeksiyonlarda meyve tutumunda önemli ölçüde azalma meydana gelmektedir. Enfekteli bitkilerden elde edilen meyvelerde gözle görülür bir belirti oluşmamaktadır (Thongrit ve ark., 1986) (Şekil 5).



Şekil 5. TYLCV'nin domates bitkisinde oluşturduğu belirtiler. A; Bitkinin üst (genç) yapraklarında sararma ve kıvrılma, B; Yaprakların damar aralarında ve kenarlarında kloroz, C; Bitkide bodurlaşma ve çalılışma belirtileri (Murray ve ark., 2023).

3. MÜCADELE YÖNTEMLERİ

Domates sarı yaprak kıvrıcıklığı virüsü (*Tomato yellow leaf curl virus*, TYLCV), dünya genelinde yaygınlığı ve geniş konukçu dizisi nedeniyle mücadelesi zor bir patojendir. Diğer virüs hastalıklarında olduğu gibi doğrudan mücadele yöntemlerinin olmaması, "Önlem almak tedavi etmekten daha iyidir" anlayışını öne çıkarmaktadır. Bu bağlamda,

TYLCV ile mücadelenin başarısı, üretim sezonu öncesinde, sırasında ve sonrasında virüsün girişini ve yayılmasını engellemeye yönelik önlemlerin uygulanmasına bağlıdır. Entegre hastalık yönetimi kapsamında, karantina önlemlerinden kimyasal mücadeleye kadar geleneksel yöntemler ile birlikte son yıllarda kullanılan transgenik yöntemler, gen düzenleme ve RNA interferans (RNAi) teknolojisi gibi modern yöntemlerin bir arada kullanılması, TYLCV ve diğer bitki hastalıklarının kontrolünde büyük önem taşımaktadır.

Hastalığın mücadelesinde ilk ve en önemli adım, hastalığa neden olan etmenin doğru bir şekilde teşhis edilmesi ve ardından uygun mücadele stratejilerinin belirlenmesidir. TYLCV'nin neden olduğu belirtiler ve beyaz sineklerin gözlemlenmesi teşhis için yararlı olabilse de bu yöntem tek başına yeterli değildir. Zira birçok hastalık etmeni benzer virüs belirtileri oluşturabilmekte ve beyaz sinekler farklı virüslere vektörlük yapabilmektedir. Bu nedenle, kesin teşhis için serolojik ve moleküler yöntemlerin kullanılması gerekmektedir (Rojas ve ark., 1993).

TYLCV salgınlarının önlenmesi amacıyla üretim sezonu başlamadan önce doğru planlama yapılması önemlidir. Virüs hastalıkları gibi mücadele edilmesi güç olan etmenlere karşı en etkili yöntemlerden biri dayanıklı çeşitlerin kullanımınıdır. Geleneksel ıslah yöntemleri ile yabancı domates türlerinden (*Solanum pimpinellifolium*, *S. peruvianum*, *S. chilense*, *S. habrochaites* ve *S. cheesmaniae*) ıslah edilmiş, TYLCV'ye karşı dayanıklılık genleri taşıyan birçok çeşit mevcuttur. Güvenilir kaynaklardan temin edilen virüsten ari ve vektör bulunmayan dayanıklı üretim materyallerinin (tohum/fide) kullanılması önemlidir (Gill ve ark., 2019).

TYLCV'nin yayılmasında en etkili faktörlerden biri beyaz sineklerdir. Bu nedenle, beyaz sinek popülasyonlarını kontrol etmeye yönelik önlemler, salgınların engellenmesinde etkili olabilmektedir. Fideliklerde ağ kullanımı ve kimyasal mücadele, beyaz sineklerin virüsü bulaştırmasını ve salgın oluşturmasını önleyebilir. Ancak, insektisitlerin bilinçsiz kullanımı çevre ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere yol açmakta ve beyaz sineklerde insektisit direncinin gelişmesine neden olmaktadır (Antignus ve ark., 2004; Horowitz ve ark., 2007; Rojas ve ark., 2018).

Erken dönemde tarlada belirtiler gösteren ve virüsle enfekte olduğundan şüphelenilen bitkilerin üretim alanından uzaklaştırılması, primer inokulum kaynaklarının ortadan kaldırılması açısından kritik bir öneme sahiptir. Ayrıca, bitkilerin beslenme ve sulama durumu, hastalığın şiddeti üzerinde etkili olabilmektedir. Bu nedenle gübreleme ve sulama işlemlerinin dengeli ve düzenli bir şekilde yapılması, bitkilerin hastalığa karşı dirençli olmasını sağlamaktadır. Üretim sezonu sona erdiğinde, sonraki sezon için olası inokulum kaynaklarının ortadan kaldırılması da gereklidir. Bu amaçla, TYLCV konukçusu yabancı otlara karşı mücadele edilmelidir (Papayiannis ve ark., 2011; Prasad ve ark., 2020).

Sonuç olarak, erken teşhis ve hastalığın oluşumunu etkileyen faktörlerin dikkate alındığı doğru tarım uygulamaları, TYLCV mücadelesinde etkili sonuçlar elde edilmesine olanak tanımaktadır.

Kaynaklar

- Alemandri, V., Vaghi Medina, C. G., Dumón, A. D., Argüello Caro, E. B., Mattio, M. F., Garcia Medina, S., ... & Truol, G. (2015). Three members of the *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) cryptic species complex occur sympatrically in Argentine horticultural crops. *Journal of Economic Entomology*, 108(2), 405-413. <https://doi.org/10.1093/jee/tov017>
- Antignus, Y., Vunsh, R., Lachman, O., Pearlsman, M., Maslenin, L., Hananya, U., & Rosner, A. (2004). Truncated Rep gene originated from Tomato yellow leaf curl virus-Israel [Mild] confers strain-specific resistance in transgenic tomato. *Annals of Applied Biology*, 144(1), 39-44. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2004.tb00314.x>
- Attathom, S., Chiemsombat, P., Kositratana, W., & Sae-Ung, N. (1994). Complete nucleotide sequence and genome analysis of bipartite tomato yellow leaf curl virus in Thailand. *Agriculture and Natural Resources*, 28(4), 632-639. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/anres/article/view/241478>
- Ayisha, M., Shivaji, K. P., & Niyas, P. (2017). Some biometric properties of tomato (*Solanum lycopersicum*) which influences mechanical harvesting inside polyhouses. *Plant Archives*, 17(1), 321-324. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20183311975>
- CABI (Centre for Agriculture and Biosciences International). (2012 September). *Tomato yellow leaf curl virus (leaf curl): CABI Compendium*. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompendium.55402#sec-8>
- Cohen, S., & Harpaz, I. (1964). Periodic, rather than continual acquisition of a new tomato virus by its vector, the tobacco whitefly (*Bemisia tabaci* gennadius). *Entomologia experimentalis et Applicata*, 7(2), 155-166. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1964.tb02435.x>
- Cohen, S., & Nitzany, F. E., 1966. Transmission and host range of tomato yellow leaf curl virus. *Phytopathology*, 56(10), 1127-1131. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19690500321>
- Czosnek, H. (2010). Management of Tomato yellow leaf curl disease; a case study for emerging geminiviral diseases. In P. Sharma, R. K. Gaur, M. Ikegami (Eds.), *Emerging Geminiviral Diseases and their Management* (pp. 37-57). Nova Science Publishers Inc.
- Czosnek, H., Ber, R., Antignus, Y., Cohen, S., Navot, N., & Zamir, D. (1988). Isolation of tomato yellow leaf curl virus, a geminivirus. *Phytopathology*, 78(5), 508-512. https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1988Articles/Phyto78n05_508.PDF
- Czosnek, H., Hariton-Shalev, A., Sobol, I., Gorovits, R., & Ghanim, M. (2017). The incredible journey of begomoviruses in their whitefly vector. *Viruses*, 9(10), 273. <https://doi.org/10.3390/v9100273>
- Czosnek, H. (2021) Tomato Yellow Leaf Curl Viruses (Geminiviridae). In: D. H. Bamford, & M. Zuckerman, (Eds.), *Encyclopedia of Virology*, 4th Edition, vol. 3, (pp. 768-777). Oxford: Academic Press.
- Díaz-Pendón J. A., Cañizares, M. C., Moriones, E., Bejarano, E. R., Czosnek, H., & Navas-Castillo, J. (2010). Tomato yellow leaf curl viruses: ménage à trois between the virus complex, the plant and the whitefly vector. *Molecular Plant Pathology*, 11(4), 441-450. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2010.00618.x>
- Erdoğan, T., Çınar, C. T., & Işık, D. (2022). Domates sarı yaprak kıvrıcılık virüsünün (Tomato Yellow Leaf Curl Virus-TYLCV) doğal konukçuları: Yabancı otlar. *Turkish Journal of Weed Science*, 25(2), 145-150.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2022, September). *Crops and livestock products*. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>

- Fiallo-Olivé, E., Pan, L. L., Liu, S. S., & Navas-Castillo, J. (2020). Transmission of begomoviruses and other whitefly-borne viruses: Dependence on the vector species. *Phytopathology*, *110*(1), 10-17. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-07-19-0273-FI>
- Fondong, V. N. (2013). Geminivirus protein structure and function. *Molecular plant pathology*, *14*(6), 635-649. <https://doi.org/10.1111/mpp.12032>
- Ghanim, M., Morin, S., Zeidan, M., & Czosnek, H. (1998). Evidence for transovarial transmission of tomato yellow leaf curl virus by its vector, the whitefly *Bemisia tabaci*. *Virology*, *240*(2), 295-303. <https://doi.org/10.1006/viro.1997.8937>
- Ghanim, M., Morin, S., & Czosnek, H. (2001). Rate of Tomato yellow leaf curl virus translocation in the circulative transmission pathway of its vector, the whitefly *Bemisia tabaci*. *Phytopathology*, *91*(2), 188-196. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2001.91.2.188>
- Gill, U., Scott, J. W., Shekasteband, R., Ogundiwin, E., Schuit, C., Francis, D. M., ... & Hutton, S. F. (2019). Ty-6, a major begomovirus resistance gene on chromosome 10, is effective against Tomato yellow leaf curl virus and Tomato mottle virus. *Theoretical and Applied Genetics*, *132*, 1543-1554. <https://doi.org/10.1007/s00122-019-03298-0>
- Gronenborn, B. (2007). The tomato yellow leaf curl virus genome and function of its proteins. In H. Czosnek (Ed.), *Tomato yellow leaf curl virus disease: management, molecular biology, breeding for resistance* (pp. 67-84). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Hanson, S. F. (2022). Viral diseases of tomato—origins, impact, and future prospects with a focus on tomato spotted wilt virus and tomato yellow leaf curl virus. In P. Viškelis, D. Urbonavičienė, & J. Viskelis (Eds.), *Tomato-From Cultivation to Processing Technology*. IntechOpen.
- Hančinský, R., Mihálik, D., Mrkvová, M., Candresse, T., & Glasa, M. (2020). Plant viruses infecting Solanaceae family members in the cultivated and wild environments: a review. *Plants*, *9*(5), 667-683. <https://doi.org/10.3390/plants9050667>
- Horowitz, R., Denholm, I., & Morin, S. (2007). Resistance to insecticides in the TYLCV vector, *Bemisia tabaci*. In H. Czosnek (Ed.) *Tomato yellow leaf curl virus disease: Management, molecular biology, breeding for resistance* (pp. 305-325). Dordrecht: Springer Netherlands.
- ICTV (International Committee on Taxonomy of Viruses). (2023, Semtember). *Taxon Details, History of the taxon: Tomato yellow leaf curl virus*. https://ictv.global/taxonomy/taxondetails?taxnode_id=202203484&taxon_name=Tomato%20yellow%20leaf%20curl%20virus
- ICTV (International Committee on Taxonomy of Viruses). (2024, September). *Current ICTV Taxonomy Release, Taxonomy Browser*. <https://ictv.global/taxonomy>
- Kil, E. J., Kim, S., Lee, Y. J., Byun, H. S., Park, J., Seo, H., ... & Lee, S. (2016). Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV-IL): a seed-transmissible geminivirus in tomatoes. *Scientific reports*, *6*(1), 19013. <https://doi.org/10.1038/srep19013>
- Laufs, J., Traut, W., Heyraud, F., Matzeit, V., Rogers, S. G., Schell, J., & Gronenborn, B. (1995). In vitro cleavage and joining at the viral origin of replication by the replication initiator protein of tomato yellow leaf curl virus. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *92*(9), 3879-3883. <https://doi.org/10.1073/pnas.92.9.3879>
- Lefeuvre, P., Martin, D. P., Harkins, G., Lemey, P., Gray, A. J., Meredith, S., ... & Heydarnejad, J. (2010). The spread of tomato yellow leaf curl virus from the Middle East to the world. *PLoS pathogens*, *6*(10), e1001164. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1001164>

- Levy, D., & Lapidot, M. (2008). Effect of plant age at inoculation on expression of genetic resistance to tomato yellow leaf curl virus. *Archives of virology*, 153, 171-179. <https://doi.org/10.1007/s00705-007-1086-y>
- Mabvakure, B., Martin, D. P., Krabberger, S., Cloete, L., van Brunshot, S., Geering, A. D., ... & Harkins, G. W. (2016). Ongoing geographical spread of Tomato yellow leaf curl virus. *Virology*, 498, 257-264. <https://doi.org/10.1016/j.virol.2016.08.033>
- Morris, J., (1997). A Multiplex PCR method for the simultaneous detection of Tomato yellow leaf curl and Tomato mottle geminiviruses. British Society for Plant Pathology Presidential Meeting. *Plant Pathology-Global Perspectives of an Applied Science*. Offered Posters.
- Murray, L., Reeves, E., & Meadows, I. (2023, September). *Tomato Yellow Leaf Curl Virus*. NC State Extension Publications. <https://content.ces.ncsu.edu/tomato-yellow-leaf-curl-virus>
- Navot, N., Pichersky, E., Zeidan, M., Zamir, D., & Czosnek, H. (1991). Tomato yellow leaf curl virus: a whitefly-transmitted geminivirus with a single genomic component. *Virology*, 185(1), 151-161. [https://doi.org/10.1016/0042-6822\(91\)90763-2](https://doi.org/10.1016/0042-6822(91)90763-2)
- Oliveira, M. R. V., Henneberry, T. E., & Anderson, P. (2001). History, current status, and collaborative research projects for Bemisia tabaci. *Crop protection*, 20(9), 709-723. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(01\)00108-9](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(01)00108-9)
- Ong, S. N., Taheri, S., Othman, R. Y., & Teo, C. H. (2020). Viral disease of tomato crops (*Solanum lycopersicum* L.): an overview. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 127, 725-739. <https://doi.org/10.1007/s41348-020-00330-0>
- Papayiannis, L. C., Katis, N. I., Idris, A. M., & Brown, J. K. (2011). Identification of weed hosts of Tomato yellow leaf curl virus in Cyprus. *Plant Disease*, 95(2), 120-125. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-10-0346>
- Péréfarres, F., Thierry, M., Becker, N., Lefeuvre, P., Reynaud, B., Delatte, H., & Lett, J. M. (2012). Biological invasions of geminiviruses: case study of TYLCV and *Bemisia tabaci* in Reunion Island. *Viruses*, 4(12), 3665-3688. <https://doi.org/10.3390/v4123665>
- Picó, B., Díez, M. J., & Nuez, F. (1996). Viral diseases causing the greatest economic losses to the tomato crop. II. The Tomato yellow leaf curl virus-A review. *Scientia Horticulturae*, 67(3-4), 151-196. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(96\)00945-4](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(96)00945-4)
- Prasad, A., Sharma, N., Hari-Gowthem, G., Muthamilarasan, M., & Prasad, M. (2020). Tomato yellow leaf curl virus: impact, challenges, and management. *Trends in plant science*, 25(9), 897-911. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2020.03.015>
- Prota, N. (2015). *Study of drimane sesquiterpenoids from the Persicaria genus and zigerene from Callitropsis noorkatensis and their effect on the feeding behaviour of Myzus persicae and Bemisia tabaci* (Doctoral dissertation, Wageningen University and Research). <https://edepot.wur.nl/328689>
- Ramos, R. S., Kumar, L., Shabani, F., & Picanço, M. C. (2019). Risk of spread of tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) in tomato crops under various climate change scenarios. *Agricultural Systems*, 173, 524-535. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.03.020>
- Rivarez, M. P. S., Vučurović, A., Mehle, N., Ravnikar, M., & Kutnjak, D. (2021). Global advances in tomato virome research: current status and the impact of high-throughput sequencing. *Frontiers in Microbiology*, 12, 671925. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.671925>

- Rojas, M. R., Gilbertson, R. L., Russell, D. R., & Maxwell, D. P. (1993). Use of degenerate primers in the polymerase chain reaction to detect whitefly-transmitted geminiviruses. *Plant Disease*, 77, 340-347. <https://doi.org/10.1094/PD-77-0340>
- Sainju, U. M., & Dris, R. (2006). Sustainable production of tomato. In R. Dris (Ed.), *Crops: Quality, Growth and Biotechnology* (pp. 190-216). WFL Publisher.
- Scholthof, K. B. G., Adkins, S., Czosnek, H., Palukaitis, P., Jacquot, E., Hohn, T., ... & Foster, G. D. (2011). Top 10 plant viruses in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 12(9), 938-954. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2011.00752.x>
- Sertkaya, G., & Yılmaz, M. (2017). Hatay ili örtüaltı organik domates yetiştiriciliğinde bazı begomovirüslerin enfeksiyon oranları ile doğal taşınması ve diğer konukçularının araştırılması. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(1), 1-15.
- Stansly, P. A., & Naranjo, S. E. (2010). Bemisia: bionomics and management of a global pest. Springer Science & Business Media.
- Thongrit, D., Attathom, S., & Sutabutra, T. (1986). Tomato yellow leaf curl virus in Thailand. *Plant Virus Diseases of Horticultural Crops in the Tropics and Subtropics. FFTC Book Series*, (33), 60-63. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/anres/article/download/241478/164776/828483>
- TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu). (2023, September). *Merkezi Dağıtım Sistemi* <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr>
- Vidavsky, F., & Czosnek, H. (1998). Tomato breeding lines resistant and tolerant to tomato yellow leaf curl virus issued from *Lycopersicon hirsutum*. *Phytopathology*, 88(9), 910-914. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.1998.88.9.910>
- Yılmaz, M. A., Kaska, N., Cinar, A., & Gezerel, O. (1981). Reduction of virus disease effects on tomato by barriers in Cukurova Region. *Journal of Turkish Phytopathology*, 9(2-3), 67-75. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19810300711>
- Zakay, Y., Navot, N., Zeidan, M., Kedar, N., Rabinowitch, H., Czosnek, H., & Zamir, D. (1991). Screening *Lycopersicon* accessions for resistance to tomato yellow leaf curl virus: presence of viral DNA and symptom development. *Plant Disease*, 75(3): 279-281. <https://doi.org/10.1094/PD-75-0279>
- Zerbini, F. M., Briddon, R. W., Idris, A., Martin, D. P., Moriones, E., Navas-Castillo, J., ... & ICTV Report Consortium. (2017). ICTV virus taxonomy profile: Geminiviridae. *Journal of General Virology*, 98(2), 131-133. <https://doi.org/10.1099/jgv.0.000738>
- Zhang, W., Olson, N. H., Baker, T. S., Faulkner, L., Agbandje-McKenna, M., Boulton, M. I., ... & McKenna, R. (2001). Structure of the Maize streak virus geminate particle. *Virology*, 279(2), 471-477. <https://doi.org/10.1006/viro.2000.0739>

Alıntı için: KIZMAZ, M. Z. 2024. Domates sarı yaprak kıvrıkcılık virüsü (*Tomato yellow leaf curl virus*, TYLCV): Güneydoğu Anadolu Bölgesi domates üretim alanlarında önemi artan bir virüs. *Düzce Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(2): 115-125.

To cite: KIZMAZ, M. Z. 2024. *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV): A virus of increasing importance in tomato production areas of the Southeast Anatolian Region. *Journal of Agriculture Faculty of Düzce University*, 2(2):115-125.