



## Domates Bitkisinde Hastalık Oluşturan *Pospiviroid* Cinsi Viroidler

Ruşen KIŞLAK<sup>(1)</sup> Nüket ÖNELGE<sup>(1)</sup> Orhan BOZAN<sup>(1)</sup>

### Özet

Viroidler, bitki yetiştiriciliğinde görülen önemli enfeksiyöz hastalık patojenleridir. Doğada hem yabani hem de kültür formundaki tek yıllıklar, çok yıllıklar, süs bitkileri ve yabancı otları kapsayan geniş bir konukçu dizisine sahiptirler. Moleküler terimle viroidler dairesel, tek zincirli ve çıplak RNA'lar formundaki organizmalar olarak bilinmektedir. Ayrıca bu etmenler protein kodlama kapasitesine sahip değildir. Viroidler, hücrelerde yerleştikleri bölgeler, replikasyon şekilleri ve genom yapılarına göre *Pospiviroidae* ve *Avsunviroidae* olmak üzere iki familyaya ayrılmaktadır. Günümüze kadar, bu iki familyaya ait 32 viroid türünün farklı birçok konukçu bitki türünde bulunduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada, *Pospiviroid* cinsi etmenler kaynaklı domates viroid hastalıkları, dünyanın her tarafından domates bitkisinde bildirilen viroid hastalık raporları ve viroidlerin bazı özellikleri derlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Viroidler, domates, *Pospiviroid*,

### Viroids in Genus *Pospiviroid* Causing Disease on Tomato Plant

#### Abstract

Viroids are important infectious disease pathogens seen in plant cultivation. They have a very wide host range in nature including both wild and cultur forms of annuals, perennials, ornamentals and weeds. In molecular terms, viroids are known circular, single-stranded and naked RNAs formed organisms. Also they don't have any capacity to code proteins. Viroids are divided into two families, *Pospiviroidae* and *Avsunviroidae*, depending on the regions where they settled in the cells, replication types and genome structures. Up to now, 32 viroid species are identified on different host plants belong to two families. In this review, genus *Pospiviroid* sourced tomato viroid diseases, viroid disease reports on tomato plant from all over the world and some properties of viroids have been compiled

**Keywords:** Viroids, tomato, *Pospiviroid*

#### Giriş

Viroidlerin oluşturduğu belirtiler genellikle virüs belirtileri ile benzerlik gösterdiği için yıllardır virüsler ile karıştırılmış ya da gelişim geriliği olarak nitelendirilmiştir. Bazen de hiç belirtiler oluşturmadan latent durumda kalabildikleri için keşifleri oldukça geç olmuştur (Hadidi ve ark., 2003).

1967 yılında, patates iğ yumru hastalığına neden olan etmenin virüs olmadığı ve yeni bir patojen grubu olan "viroidler" tarafından oluşturulduğu saptanmıştır. Araştırmacılar hastalıklı patateslerde yaptıkları çalışmalarda, virüs partikülleri yerine hücrede serbest olarak bulunan ve düşük moleküler ağırlığa sahip RNA'lar izole etmişlerdir.

Böylece ilk defa protein mantoya sahip olmayan, virüslerden farklı, küçük molekülü, dairesel ve tek zincirli RNA'lardan oluşan patojenleri tanımlamak için "viroid" terimi kullanılmıştır (Diener ve Raymer, 1967; Diener,

1971; Flores ve ark., 2005a).

En küçük virüs genomundan daha küçük olan viroidlerin çubuk benzeri ikincil yapılarının olduğu ve sadece bitkilerde zarar oluşturduğu belirtilmiştir (Sanger ve ark., 1976; Keese ve Symons, 1985; Flores ve ark., 2011).

Farklı bitki familyalarına ait birçok konukçuya, mekanik olarak ve çoğaltma materyali ile taşındığı bildirilen viroidlerin polen, tohum ve düşük oranda da olsa vektör böceklerle taşınabildiği de ortaya konulmuştur (Diener, 1987; Hull, 2002).

## Domates Bitkisinde Hastalık Oluşturan *Pospiviroid* Cinsi Viroidler

Viroidlerin dünyada yaygın bir şekilde bulunduğu ve önemli ekonomik kayıplar oluşturduğu bildirilmiştir. Ekonomik anlamda önemli kayıpların meydana geldiği bitkilerden bazıları patates, asma, turunçgiller, Hindistan cevizi, şerbetçi otu, domates, avokado, şeftali, elma, armut, patlıcan ve krizantemdir (Randles, 2003).

Viroidlerin sınıflandırılması, ilk olarak 1989 yılında yapılmıştır. Nükleotid dizilim benzerliklerine dayanan son taksonomik çalışmalarda, viroid etmenleri *Pospiviroidae* ve *Avsunviroidae* olmak üzere iki farklı familyaya ayrılmıştır (Koltunow ve Rezaian, 1989; Flores ve ark., 2005b).

Viroid familyaları, yapısal yönden ve replikasyon şekilleri yönünden çeşitli bazı farklılıklar göstermektedir. *Pospiviroidae* familyasında yer alan viroidlerin çekirdekte replike olduğu belirtilirken (Keese ve Symons, 1985; Sano ve ark., 1992), *Avsunviroidae* familyasında yer alan viroid etmenlerinin ise kloroplastlarda replike olduğu bildirilmiştir. (Symons, 1981; Hutchins ve ark., 1986).

Günümüzde bu iki familyaya ait bilinen 32 viroid türü bulunmaktadır (ICTV, 2016).

### Domates Bitkisinde Görülen Viroidler

Domates bitkisinde fungal, bakteriyel ve viral hastalık etmenleri önemli ürün kayıplarına neden olmaktadır. Bu bitkide hastalık oluşturan önemli bir diğer patojen grubu da, sub-viral etmenler olarak bilinen viroidlerdir.

Viroid enfeksiyonları nedeniyle domates bitkisinde değişen oranlarda meydana gelen verim kayıplarının ve bazen de bitkilerin ölümü ile sonuçlanan durumların ortaya çıkabildiği bilinmektedir.

Viroid etmenlerinin bitkiden bitkiye hızlı ve kolay bir şekilde taşınabilmesi ve bu etmenlere karşı kimyasal mücadele yöntemlerinin bulunmaması, bu etmenlerin önemini daha da arttırmaktadır.

*Pospiviroidae* familyası içinde yer alan *Pospiviroid* cinsine ait bazı viroid türlerinin benzer semptomlar ve meydana gelen verim kayıplarıyla domates bitkilerinde çeşitli bazı enfeksiyonlara sebep olabileceği bildirilmiştir (Mongera ve ark., 2010). Bu türlerden *Potato spindle tuber viroid* (PSTVd), (Leontyeva, 1980; Puchta ve ark., 1990), *Tomato apical stunt viroid*

(TASVd), (Walter ve ark., 1980; Walter, 1987), *Tomato planta macho viroid* (TPMVd), (Galindo ve ark., 1982), *Columnnea latent viroid* (CLVd), (Hammond ve ark., 1989; Singh ve ark., 1992), *Citrus exocortis viroid* (CEVd), (Mishra ve ark., 1991; Fagoaga ve Duran-Vila, 1996), *Tomato chlorotic dwarf viroid* (TCDVd), (Singh ve ark., 1999), *Mexican papita viroid* (MPVd), (Ling ve ark., 2008) ve son olarak da *Pepper chat fruit viroid* (PCFVd), (Reanwarakorn ve ark., 2011) etmenlerinin domates bitkilerinde hastalık oluşturduğu bilinmektedir.

### *Potato spindle tuber viroid*

PSTVd etmeni ilk olarak 1922 yılında, ABD'nin New Jersey eyaletinde patates bitkilerinde tespit edilmiştir (Schultz ve Folsom, 1923).

PSTVd etmeninin Amerika'dan diğer kıtalara enfekteli yumruların taşınmasıyla yayıldığı ve böylece kıtalar arası taşınmanın gerçekleştiği bildirilmiştir (Salazar, 1989).

Etmenin ana konukçusu patates olmakla birlikte domates, altın çilek, biber, avokado, patlıcan, pepino, tatlı patates, itüzümü, *Solanum rantonnetii*, *Streptosolen jamesonii*, *Solanum jasminoides*, *Brugmansia* spp., *Cestrum* spp., *Dahlia* spp., *Datura* spp. ve *Petunia* türleri de bilinen diğer konukçulardandır (Owens ve Verhoeven, 2009; CABI, 2014; EPPO, 2017).

Etmen, 1992 yılında Güney Afrika'da (EPPO, 1992), 2000 yılında Yeni Zelanda'da (Lebas ve ark., 2003), 2001 ve 2013 yıllarında Hollanda'da (NPPO of the Netherlands, 2013), 2003 ve 2011 yıllarında Birleşik Krallık'ta (NPPO of the United Kingdom, 2003; 2011), 2004 yılında Almanya'da (NPPO of Germany, 2004), 2006 yılında Belçika'da (Verhoeven ve ark., 2007), 2008 yılında Avusturya (NPPO of Austria, 2008), Japonya (Matsushita ve ark., 2010) ve İtalya'da (Silletti ve ark., 2009), 2009 ve 2012 yıllarında ABD'de (Ling ve Sfetcu, 2010; Ling ve ark., 2013), 2011 yılında Avustralya'da (Brunschoot ve ark., 2014) ve 2013 yılında da Dominik Cumhuriyeti'nde (Ling ve ark., 2014) domates bitkilerinde hastalık oluşturmuştur.

Yapılan çeşitli bazı çalışmalarda çevre koşullarının hastalık gelişiminde etkili olduğu, soğuk bölgelerde hastalık semptomlarının

## Domates Bitkisinde Hastalık Oluşturan *Pospiviroid* Cinsi Viroidler

maskelenirken sıcak bölgelerde, daha şiddetli semptomların gelişebildiği bildirilmiştir. PSTVd etmeninin özellikle yüksek sıcaklık koşullarında oluştuğu ve neden olduğu ürün kaybının ise, %25'ten %70'lere varan oranlara kadar değişebildiği belirtilmiştir (Gross, 1924; Diener, 1987).

PSTVd nedeniyle patates bitkilerinde gelişen semptomlar genellikle zayıf veya şiddetli bodurluk, yaprakların yeşil renginin griye dönüşmesi ve matlaşması ile bu yaprakların uç kısımlardan hafifçe kıvrılması şeklindedir. PSTVd ile enfekteli bitkiler sağlıklı olanlara oranla daha fazla dikine doğru gelişmekte, daha fazla yan dal oluşturmakta ve yapraklar daha dar şekilde gelişmektedir. Enfekteli patates yumruları karakteristik olarak uzunlamasına yapılar geliştirmekte ve yumrular üzerinde iğ şeklinde tümsek çıkıntılar gelişmektedir. Enfekteli bitkilerin normal olanlara oranla daha fazla göz içerdiği de yapılan araştırmalar sonucunda ortaya konulmuştur. PSTVd'nin patates bitkilerinde verimi %40-45'lere varan oranlarda azalttığı yapılan bazı çalışmalarla tespit edilmiştir (Diener, 1987; Kryczynski ve ark., 1988).

Genel bodurlaşma, yaprak yapılarının bozulması, yapraklarda kloroz ve dağınık yapılar şeklinde oluşan nekrotik lekeler, uç yapraklarda epinasti ve kıvrılmalar, boğum aralarında kısılma, yaprakların renginin mora dönüşmesi, meyvelerin boyutlarında küçülmenin görülmesi ile beraber ortaya çıkan verim kaybı PSTVd'nin domates bitkilerindeki başlıca hastalık semptomlarından. PSTVd'nin domates türüne ekonomik etkisi belgelenmemiştir, ancak domates bitkilerinin ölümü ile sonuçlanan çıktılar kaydedilmiştir (Jones ve ark., 1991; Mumford ve ark., 2003).

PSTVd son derece bulaşıcı bir hastalık olup, çok farklı şekillerde taşınabilmektedir. Etmenin mekanik bazı yollarla kolaylıkla taşınabildiği, bunun yanında konukçu bitkiye bağlı olmak üzere tohum, yumru, polen ve yaprak bitleri ile meydana gelen çeşitli taşınma şekilleri de bilinmektedir (Diener, 1987; Hull, 2002). PSTVd'nin patates bitkilerinde %10-100, domates bitkilerinde ise, %0.3-23 aralıklarında değişebilen oranlarda tohumla taşınabildiği belirtilmiştir (Spence, 2004).

Ana ve baba tohum hatlarının PSTVd ile bulaşık olduğu bilinen domates bitkilerinde, yapılan melezlemeler sonucunda elde edilen tohumlardan yetiştirilen fidelerde %11 oranında bulaşıklık tespit edilirken, sadece baba hattın bulaşık olması durumunda bu oranın %9, sadece ana hattın bulaşık olması durumunda ise, bu oranın %6 olduğu yürütülen bir çalışma ile ortaya konulmuştur (Singh, 1970).

PSTVd'nin vektörel olarak taşınımının araştırıldığı bir çalışmada, Patates yaprak bitinin (*Macrosiphum euphorbiae*) PSTVd etmenini düşük bir verimlilikle taşıdığı gözlemlenirken, Yeşil şeftali afidinin (*Myzus persicae*) ise, bu etmeni *Potato leafroll luteovirus* (PLRV) ve PSTVd etmeni ile birlikte enfekteli durumda olan bitkilerden patates, *Physalis floridana* ve *Datura stramonium* bitkilerine taşıyabildiği belirlenmiştir. Ek olarak, PLRV ve PSTVd etmenleri ile birlikte enfekteli durumdaki *Physalis floridana* bitkisinden de, *M.persicae* vektörlüğünde domates, *Physalis floridana* ve *Datura stramonium*'a PSTVd etmeninin taşınımının gerçekleştiği gözlemlenmiştir (Syller ve ark., 1997).

PSTVd, dünyada önemli bir hastalık etmeni olarak bildirilmiş ve çoğu ülkede karantina listelerine alınmıştır. Kuzey Amerika ve Doğu Avrupa'daki düzenli karantina uygulamaları ile bu etmenin üretim alanlarından önemli derecede azaldığı bildirilmektedir (Mackie ve Jones, 2009).

EPPO (Avrupa ve Akdeniz Bitki Koruma Organizasyonu) birimleri tarafından da önemli bir karantina patojeni olarak bildirilmiş olan PSTVd etmeninin, bu birimin hazırladığı karantina düzenlemelerinde "EPPO-A2 List" kısmında yer aldığı görülmektedir.

Ülkemizdeki düzenlemelere bakıldığında ise, PSTVd etmeni, "5996 sayılı Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu'na" dayalı hazırlanan yönetmeliğin "EK-1" ve "EK-4" kısımlarında önemli bir karantina etmeni olarak belirlenmiştir.

Ülkemizde *Pospiviroid* cinsine giren viroid türlerinden PSTVd etmeni, Solanaceae familyası bitkilerinden patates (Önelge ve Bozan 2005; Bostan ve ark., 2010; Güner ve ark., 2012) ve altın çilek (Verhoeven ve ark., 2009) bitkilerinde bildirilmiştir.

## Domates Bitkisinde Hastalık Oluşturan *Pospiviroid* Cinsi Viroidler

Bostan ve arkadaşlarının 2006 ile 2009 yılları arasında yürüttüğü çalışmada, domates bitkilerine ait 258 adet yaprak örneği PSTVd açısından testlenmiş, ancak herhangi bir bulaşıklık durumu tespit edilmemiştir (Bostan ve ark., 2010).

### ***Tomato apical stunt viroid***

TASVd etmeni ilk olarak 1980 yılında, Fildişi Sahilleri'nde domates bitkisinde tespit edilmiştir (Walter ve ark., 1980).

TASVd etmeninin ana konukçusu domates olmakla birlikte *Brugmansia* spp., *Cestrum* spp., *Solanum jasminoides*, *Solanum rantonnetii* ve *Streptosolen jamesonii* bitkileri de bilinen diğer konukçulardandır. Etmen, 2000 yılında İsrail (Antignus ve ark., 2002), 2005 yılında Tunus (Verhoeven ve ark., 2006) ve Senegal'de (Candresse ve ark., 2007), 2011 yılında Hollanda'da (Verhoeven ve ark., 2012) 2013 yılında ise, Fransa (NPPO of France, 2013) ve İtalya'da (Parella ve ark., 2014) domates bitkilerinde çeşitli salgınlar yapmıştır.

TASVd etmeni özellikle sera domatesi yetiştiriciliğinde önemli bir patojendir. İsrail'de bazı domates seralarında TASVd rapor edilmiş ve hastalığın sıralar boyunca elle, budama aletleriyle ve bitkilerin birbirine temasıyla hızlı şekilde yayıldığı belirtilmiştir. Hastalığın %100'e varabilen ağır verim kayıplarına neden olduğu ortaya konulmuştur. Domates seralarında serin havalarda etmenin yavaş ilerlediği ancak sıcak havalarda ise, sera içinde hızlıca yayıldığı belirtilmiştir (Antignus ve ark., 2002).

Etmenin domateste görülen belirtileri apikal büyümenin durması, boğum aralarının kısalarak bitkide çalimsı ve bodur bir yapının oluşması, yapraklarda kloroz ve yaprak renginin sarıya doğru dönüşmesi, yaprakların yapısının bozularak kırılabilir bir hal alması, meyvelerin boyutlarında önemli ölçüde küçülmeler ile soluk kırmızıya benzeyen renk değişimlerinin gözlenmesi, meyve olgunlaşmasının gecikmesi ve depolama süresinin de üç haftadan bir haftaya kadar düşebilmesi şeklindedir (Antignus ve ark., 2002; Verhoeven ve ark., 2006).

TASVd etmeni mekanik olarak, aşı yolu ile ve tohumlar aracılığıyla taşınabilmektedir. *Bombus terrestris*'in, polinasyon esnasında TASVd'i enfekteli bitkilerden sağlıklılara taşıdığı bildirilmiştir (Antignus ve ark., 2006).

Genel sera zararlılarından Yeşil şeftali afidi (*Myzus persicae*) ve Tütün beyaz sineği (*Bemisia tabaci*) ile yapılan denemelerde ise, bu zararlıların TASVd etmenini taşımadığı görülmüştür (Antignus ve ark., 2007).

2003 yılında EPPO'nun "Alert List" düzenlemelerine eklenmiş olan TASVd etmeni, 2017 yılı Haziran ayında bu listeden çıkarılmıştır (EPPO, 2017).

### ***Tomato chlorotic dwarf viroid***

TCDVd etmeni ilk olarak 1996 yılında, Kanada'nın Manitoba eyaletindeki bir domates serasında tespit edilmiştir (Singh ve ark., 1999).

Etmenin bilinen diğer konukçuları *Brugmansia* spp., *Petunia* spp., *Verbena* spp. ve *Vinca minor* bitkileridir. Etmen 2006 yılında ABD (Ling ve ark., 2009) ve Japonya (Matsushita ve ark., 2008), 2007 yılında Fransa (Candresse ve ark., 2010), 2008 yılında Meksika (Ling ve ark., 2009) ve 2011 yılında da Norveç'te (Fox ve ark., 2013) seralarda üretilen domateslerde hastalık oluşturmuştur.

Etmenin domates bitkilerinde oluşturduğu belirtiler genel bodurlaşma, yapraklarda kıvrılma ve rengi daha sonradan bronz veya mora dönebilen klorozlar, yaprak sapı ve damarlarda nekrozların görülmesi, yaprak epinastisi, tepede demetleşme, küçük ve çatlak meyve oluşumlarının görülmesi ile toplam verimde kayıplar şeklindedir (Singh ve ark., 1999; Ling ve ark., 2009; Fox ve ark., 2013).

TCDVd etmeninin mekanik olarak ve domates tohumları aracılığıyla taşınabildiği bildirilmiştir. Etmen, yüksek sıcaklıklarda daha aktif davranış gösterdiğinden bu etmenin taşınma oranı da sıcak iklim koşullarında daha yüksektir (Singh ve Dilworth, 2009).

Mekanik inokulasyonla TCDVd etmeni ile enfektelenmiş olan bir seradaki domates bitkileriyle yapılan bir deneme çalışmasında, *Bombus ignitus* türünün polinasyon aktivitesi sırasında bu etmeni sağlıklı domates bitkilerine taşıdığı görülmüştür (Matsuura ve ark., 2010).

### ***Citrus exocortis viroid***

CEVd etmeni ilk olarak 1948 yılında, ABD'nin Kaliforniya eyaletinde tespit edilmiş olup 1972 yılında ise bu etmenin viroid olduğu ortaya konulmuştur (Benton ve ark., 1949; 1950; Semancik ve Weathers, 1972).

## Domates Bitkisinde Hastalık Oluşturan *Pospiviroid* Cinsi Viroidler

Turunçgil yetiştiriciliği yapılan birçok ülkede saptanan etmen ülkemizde de mevcut durumdadır (Wallace, 1978; Duran-Vila ve ark., 1988).

CEVd etmeninin Türkiye'deki varlığı ilk olarak Norman (1963) ve Moreira (1965) tarafından bildirilmiştir (Gross ve ark., 1982).

Ülkemizde özellikle de Doğu Akdeniz Bölgesi'nde turunç anacı üzerinde yetiştirilen turunçgil çeşitlerinde semptom görülmemekle birlikte CEVd etmeni ile yoğun bir bulaşıklık saptanmıştır (Güllü, 1989; Önelge, 1994).

Hastalığın mevcut semptomları, daha çok Üç yapraklı (*Poncirus trifoliata*) anacı üzerine aşılı turunçgil türlerinde bitkide bodurlaşma, bitkinin anaç kısmında kabuk kavlaması ve çatlaması gibi bazı şekillerde görülmektedir. Turunç (*Citrus aurantium*) anacının ise etmeni semptomsuz olarak taşıdığı belirtilmiştir. Etmen mekanik olarak ve aşı gözü ile taşınmaktadır (Benton ve ark., 1949; 1950; Eiras ve ark., 2009). CEVd etmeni Rutaceae, Solanaceae, Compositae, Fabaceae, Brassicaceae, Apiaceae ve Vitaceae gibi çeşitli familyalarda hastalık oluşturmaktadır (Semancik ve Weathers, 1972; Rivera-Bustamente ve Semancik, 1986; Semancik, 1987; Roistacher ve ark., 1988).

Limon (*Citrus limon*), Greyfurt (*Citrus paradisi*), Mandarin (*Citrus reticulata*), Portakal (*Citrus sinensis*), *Cestrum aurantiacum*, *Impatiens walleriana*, *Solanum rantonnetii*, *Solanum jasminoides* ve *Verbena* türleri etmenin bilinen diğer konukçularındandır (EPPO, 2017). Ayrıca domates (*Solanum lycopersicum*), fasulye (*Phaseolus vulgaris*), havuç (*Daucus carota*), şalgam (*Brassica rapa*), bakla (*Vicia faba*) ve bazı lale (*Tulipa* spp.) türlerinde de doğal enfeksiyonlar gözlenebilmektedir (Fagoaga ve Duran-Vila, 1996).

CEVd'nin domatesdeki semptomları bitkilerin tepe kısımlarında görülen kıvrıcıklık ve kabarıklık, yaprak ve meyve boyutlarının küçük kalması, boğum aralarında kısalmalar ve bitkilerde genel gelişim geriliği sonucu ortaya çıkan bodurlaşma şeklinde görülmektedir.

CEVd etmeninin domates bitkilerinde doğal olarak hastalık oluşturduğu çeşitli bazı ülkelerden rapor edilmiştir.

1979 yılında Hindistan'da, domates bitkilerinde tepe kıvrıcıklığı ve tepe kabarıklığı olarak görülen hastalığın CEVd etmeninin bir ırkı olduğu belirlenmiş ve daha önceden "Indian bunchy top disease of tomato" olarak isimlendirilen hastalık, CEVd'nin domatesteki ırkı anlamına gelen CEVd-tomato ve CEVd-t olarak adlandırılmıştır. Etmen "Indian bunchy top viroid" ismi ile de CEVd-tomato etmeninin sinonimi olarak çeşitli kayıtlarda mevcuttur (Gross ve ark., 1982; Mishra ve ark., 1991).

Araştırmacılar, CEVd-t etmeninin domates bitkilerinde patojenik olmakla birlikte bilinen çoğu turunçgil çeşitlerinde patojenik olmadığını, bu duruma da CEVd-t etmenin nükleotid dizilimindeki bazı bazlarda meydana gelen varyasyonların sebep olduğunu belirtmişlerdir (Gross ve ark., 1982; Mishra ve ark., 1991).

CEVd etmeni, 1991 ve 2002 yıllarında ise, Hollanda'da seralarda yetiştirilen domates bitkilerinde salgınlar oluşturmuş ve kontrol altına alınmıştır (Verhoeven ve ark., 2004).

### *Columnnea latent viroid*

CLVd etmeni ilk olarak 1989 yılında ABD'nin Maryland adındaki bir eyalette, *Columnnea erythrophaea* bitkisinde tespit edilmiş ve etmenin bu bitkide semptomsuz bulunduğu belirtilmiştir (Hammond ve ark., 1989).

Etmen, *Brunfelsia* spp., *Columnnea* spp., *Gloxina* spp. ve *Nematanthus* türlerine ait süs bitkilerini genel olarak semptom göstermeden (latent) enfekte etmektedir (Singh ve ark., 1992; Spieker, 1996).

Domates bitkisi de CLVd'nin önemli bir konukçusudur. Etmen, domates bitkisinde 2006 yılında Belçika'da (NPPO of Belgium, 2014), 2007 yılında Fransa'da (Steyer ve ark., 2010) ve İngiltere'de (Nixon ve ark., 2010), 2010 yılında İtalya'da (Parella ve ark., 2010) ve 2011 yılında da Mali'de (Batuman ve ark., 2013) salgınlar yapmış ve sonra kontrol altına alınmıştır.

Etmenin domatesteki bazı semptomları genel bodurluk, yaprak yapısının bozulması, ince gövdeli bitkilerin oluşması, yaprakların renginde bronzlaşma, yapraklarda klorozlar, yaprak epinastisi, yaprak, gövde ve yaprak saplarında nekrozlar olarak görülmektedir. Ayrıca yapraklarda gevrekleşme ve gövdede de ince yapı oluştuğunda, bitki kırılmağa başlamaktadır.

Etmen, gözlemlenen çeşitli semptomlara bakılınca PSTVd ile çok benzemekte, ancak CLVd etmeni verimi düşürürken meyve kalitesi üzerinde çok etki göstermemektedir. Bir diğer fark durumu ise, CLVd'nin yayılma hızının fazla olmasıdır. Diğer *Pospiviroid* türlerinde olduğu gibi CLVd etmeninin de mekanik olarak taşınabildiği bilinmektedir. Etmenin domates bitkisinde tohumla taşınması ve vektörel olarak taşınması henüz belirsizdir (Hammond, 2003; FERA, 2010).

### ***Tomato planta macho viroid***

TPMVd etmeni ilk olarak 1982 yılında, Meksika'nın Morelos eyaletindeki domates bitkilerinde tespit edilmiştir. Bulaşık bitkilere ait meyveler bilye boyutunda olup tümüyle pazarlanamaz durumda oldukları için ticari açıdan büyük zararlar yaşanmıştır. Başlangıçta bu etmenin virüs kökenli bir hastalık olduğu düşünülse de sonraları viroid etiolojisine sahip olduğu belirlenmiştir (Galindo ve Rodriguez, 1978; Galindo ve ark., 1982).

Etmenle bulaşık domates bitkilerinde ilk semptomlar enfeksiyondan 10-15 gün sonra büyümenin durması şeklinde başlamaktadır. Yapraklarda kloroz, epinasti, buruşma, kırışma görülmekte ve yapraklar kırılmalanmaktadır. Daha sonraları ise, yapraklar küçülüp sararmakta ve dik durmaktadır. Aşırı fazla ve erken meyve oluşumu görülmekle birlikte meyveler küçük boyutlu olarak kalmaktadır. Meyvede tohum oluşmamakta ya da çok az tohumlu meyveler meydana gelmektedir. Bitkide genel olarak şiddetli bir bodurluk gözlenmekte ve meyveler pazar değerini yitirebilmektedir. Hücreler içinde oluşan esas semptom floemin çöküşüyle oluşan nekrozlardır (Belalcazar ve Galindo, 1974).

Etmenin mekanik olarak ve Yeşil şeftali afidi (*Myzus persicae*) ile taşınabildiği bilinse de tohumla taşınma durumu henüz belirsizdir (Galindo ve ark., 1989; FERA, 2010).

### ***Mexican papita viroid***

MPVd etmeni ilk olarak 1996 yılında, Meksika'da ve *Solanum cardiophyllum* bitkisi üzerinde tespit edilmiştir (Martinez-Soriano ve ark., 1996). Etmene domates bitkisinde ilk kez Kanada'da rastlanılmış olup daha sonra ise Meksika'daki domateslerde doğal MPVd enfeksiyonlarının olduğu görülmüştür (Ling ve Bledsoe, 2009; Ling ve Zhang, 2009).

MPVd etmeniyle bulaşık bitkilerde genel bir bodurlukla beraber yapraklarda klorotik ve morumsu bazı lekeler belirginleşmektedir. Enfeksiyonun şiddetine göre küçük boyutlu meyve oluşumları görülmekte ya da meyve hiç oluşmamaktadır. Etmenin nasıl taşındığı ise henüz belirsizdir (FERA, 2010).

MPVd'in sekans dizilimi TPMVd (%90'a yakın) ve PSTVd ile çok benzerdir (Martinez-Soriano ve ark., 1996). MPVd etmeni TPMVd'den replikasyon şekli ve çeşitli bazı konukçularda semptom oluşturabilme gibi özellikleri ile ayrılabilir.

### ***Pepper chat fruit viroid***

PCFVd etmeni ilk olarak 2006 yılında, Hollanda'da biber (*Capsicum annuum*) bitkisinde tespit edilmiştir (Verhoeven ve ark., 2009). Etmen 2009 yılında ise Kanada'da olmak üzere yine biber bitkisinde salgınlar yapmıştır (Verhoeven ve ark., 2011).

PCFVd'nin bir diğer önemli konukçusu ise domates bitkisidir. Etmen 2009 yılında Tayland (Reanwarakorn ve ark., 2011) ve 2012 yılında ise Avustralya'da (Gibbs ve ark., 2013) domates bitkilerinde tespit edilmiştir.

Enfekteli domateslerde bodur gelişimin, yaprakların damar ve saplarında nekrozların, yaprak yapısıyla gövdede de deformasyonlar ve renk değişimlerinin olduğu kaydedilmiştir. PCFVd mekanik olarak ve biber bitkisinin tohumlarıyla taşınmaktadır. Etmenin domates bitkilerinde de tohum ile taşınabilmekte olduğu düşünülmektedir (Verhoeven ve ark., 2009).

## **Sonuçlar ve Öneriler**

Viroidler, enfeksiyöz hastalık etmenleri olarak en küçük patojen grubunu oluşturmaları ve de ekonomik öneme sahip olan çok sayıda hastalığa neden olmaları açısından önemlidir.

Viroidlerin çeşitli bazı yollarla taşıyıp yayılabilmesi, üreticilerin viroidler hakkında yeterli düzeyde bilgiye sahip olmaması ve viroid etmenlerine karşı etkili bir kimyasal mücadele yönteminin bulunmaması da bu patojenlerin önemini arttırmaktadır.

Viroidlerin kontrolü ve mücadelesi, konukçularında bazı enfeksiyonlar oluştuktan sonra oldukça güç olmaktadır. Günümüzde bu patojenlere karşı herhangi bir tedavi yöntemi geliştirilemediği için viroid hastalıklarına karşı

## Domates Bitkisinde Hastalık Oluşturan *Pospiviroid* Cinsi Viroidler

alınabilecek tedbirlerin en önemlisi, bazı olası enfeksiyonlardan korunmaktır. Bu doğrultuda viroidlerle etkin mücadelede alınabilecek çeşitli önlemler maddeler halinde belirtilmiştir.

- Viroid etmenlerine karşı mücadelede sağlıklı ve temiz üretim materyallerinin kullanılması, alınabilecek ilk ve en önemli önlemlerdendir. Günümüzde sağlıklı ve temiz üretim materyallerinin eldesi amacı ile, bazı doku kültürü tekniklerinden yararlanılmaktadır. Meristem uç kültürü tekniği ve soğuk terapi gibi bazı yöntemler, viroidlere karşı temiz üretim materyali elde edilmesinde en fazla bilinen yöntemlerin başında gelmektedir. Bu gibi çeşitli yöntemlerin geliştirilerek sağlıklı ve temiz üretim materyallerinin üretilmesi sağlanmalı, bununla birlikte "viroid etmenlerinden arı olduğuna dair sertifikalı" üretim materyallerinin kullanımı da yaygınlaştırılmalıdır.

- Viroid etmenlerine karşı mücadelede etkili yöntemlerden biri de, dayanıklı bitkilerin kullanılmasıdır. İslah çalışmaları, çapraz koruma (cross protection), ribozim esaslı dayanıklılık ve gen aktarımı ile viroid etmenlerine karşı bazı dayanıklı çeşitler elde edilebilmektedir. Bu çeşitlerin geliştirilip pratikte de kullanılabilir olması sağlanmalıdır.

- Karantina önlemleri, viroid etmenleri ile mücadelede önemli hususlardandır. Ülkeler arasında gerçekleştirilen ticari faaliyetlerle elde edilen bitkisel materyallerin viroidler ile bulaşık olması, bu etmenlerin temiz alanlara taşınıp yayılmasında önemli olduğu için gerekli tüm karantina önlemleri alınmalıdır. İthalat yapılan ülkelerin denetim mekanizmalarının işlerliği ve sertifikasyon programlarındaki uygulamalara bağlı olarak da, zaman zaman önemli derecede zararlar ortaya çıkabilmektedir. Özellikle de "Üçüncü Dünya Ülkeleri" olarak tabir edilen bazı ülkelerden yapılan bitkisel materyallerin ithalatı konusunda, hassas önlemler alınmalıdır. Bu ülkelerdeki karantina faaliyetlerinin yetersiz ve gelişmemiş olması, bitkisel materyallerin ithalatı açısından büyük risk oluşturmaktadır. Viroidlerin ithalat yolu ile taşınabilmelerinin önlenmesi için, mevcut bu bitkisel materyallerin ithal edilmeden önce viroid etmenleri açısından testlenmiş ve ayrıca sertifikalandırılmış olması gerekmektedir. Ülkemizdeki tüm karantina kuruluşları, bakanlık birimleri ve sınır kontrol

noktalarındaki görevlilerin de bu gibi konularda gereken hassasiyeti göstermeleri gerekmektedir.

- Viroid hastalıkları besin elementi eksikliği, gelişim geriliği, fizyolojik stres faktörleri ve virüslerin oluşturduğu semptomlarla karıştırıldığından, üreticilerin yazılı ve görsel materyallerle, viroid etmenleri ve bu etmenlere karşı alınabilecek çeşitli önlemler hakkında bilgilendirilmesi sağlanmalıdır. Böylece viroid etmenlerinin tespiti daha erken sağlanabilecek ve geniş alanlara yayılmaları önenebilecektir.

- Viroid etmenleri ile bulaşıklığı tespit edilen alanlarda, etmenlerin mevcut bulunduğu alanlardan sağlıklı bir şekilde uzaklaştırılması sağlanarak bu alanlar düzenli olarak kontrol edilmelidir. Gerekli durumlarda ise ekim nöbeti veya nadas sistemi uygulanmalıdır.

- Viroid etmenlerinin farklı birçok bitki familyasında zarar yapmaları, bazı familyalara ait bitkilerde ise semptomsuz (latent) olarak bulunup potansiyel kaynak oluşturmaları sebebi ile bitkisel üretim faaliyetlerinde polikültür yetiştiricilikten uzak durulmalıdır.

- Sera ya da tarla koşullarında viroid etmenlerinin mekanik taşınmalarına karşı çeşitli bazı kültürel önlemlerin alınması gerekmektedir. Bu doğrultuda hasat artıkları ve yabancı otların üretim yapılan alanlardan temizlenmesi, bakım işlemleri için kullanılan çeşitli alet ve ekipmanların sodyum hipoklorit ile dezenfekte edilmesi sağlanmalıdır.

- Viroid etmenlerinin konukçu tercihleri ve vektörel taşınma mekanizmaları hakkındaki bilgiler sınırlı düzeydedir. Bu konuların daha detaylı olarak araştırılması viroid etmenleriyle mücadelede yeni yöntemlerin ortaya çıkması açısından önemlidir.

### Kaynaklar

Antignus, Y., Lachman, O., Pearlsman, M. (2007) Spread of *Tomato apical stunt viroid* (TASVd) in Greenhouse Tomato Crops Is Associated with Seed Transmission and Bumble Bee Activity. *Plant Disease* 91(1):47-50.

Antignus, Y., Lachman, O., Pearlsman, M., Gofman, R., Bar-Joseph, M. (2002) A new disease of greenhouse tomatoes in Israel caused by a distinct strain to *Tomato apical stunt viroid* (TASVd). *Phytoparasitica* 30(5),502-510.

## Domates Bitkisinde Hastalık Oluşturan *Pospiviroid* Cinsi Viroidler

- Antignus, Y., Pearlsman, M., Lachman, O., Feigelson, F. (2006) *Tomato apical stunt viroid* (TASVd), a pathogen of greenhouse tomatoes in Israel is seedborne and transmitted by bumble bees. *Phytoparasitica* 34(3):306-307.
- Batuman, O., Gilbertson, R. L. (2013) First report of *Columnnea latent viroid* (CLVd) in tomato in Mali. *Plant Disease* 97(5),692-693.
- Belalcazar, C. S., Galindo, A. J. (1974) Estudio sobre el virus de la "planta macho" del jitomate. *Agrociencia* 18:79.
- Benton, R. J., Bowman, F. T., Fraser, L., Kebby, R. G. (1949) Selection of citrus budwood to control scalybutt in trifoliata rootstock. *Agricultural Gazette* 60:31-34.
- Benton, R. J., Bowman, F. T., Fraser, L., Kebby, R. G. (1950) Stunting and scalybutt associated with *Poncirus trifoliata* rootstock. *Agricultural Gazette* 70:1-20.
- Bostan, H., Gazel, M., Elibüyük, İ. Ö., Çağlayan, K. (2010) Occurrence of *Pospiviroid* in potato, tomato and some ornamental plants in Turkey. *African Journal of Biotechnology* 9(18):2613-2617.
- CABI (2014) Potato spindle tuber viroid. Candresse, T., Marais, A., Ollivier, F., Verdin, E., Blancard, D. (2007) First report of the presence of *Tomato apical stunt viroid* on tomato in Senegal. *Plant Disease* 91(3),p 330.
- Candresse, T., Marais, A., Tassus, X., Suhard, P., Renaudin, I., Leguay, A., Poliakoff, F. (2010) First report of *Tomato chlorotic dwarf viroid* in tomato in France. *Plant Disease* 94(5),p 633.
- Diener, T. O. (1971) Potato spindle tuber virus: A replicating, low molecular weight RNA. *Virology* 45:411-428.
- Diener, T. O. (1987) *The Viroids*. Plenum Publishing Corporation, USA, p 344.
- Diener, T. O., Raymer, W. B. (1967) Potato spindle tuber virus: A plant virus with properties of nucleic acids. *Science* 158:378-381.
- Duran-Vila, N., Pina, J. A., Ballesta, J. F., Juarez, J., Roistacher, C. N., Rivera-Bustamante, R., Semancik, J. S. (1988) The citrus exocortis disease: A complex of viroid-RNAs. Proc. 10<sup>th</sup> IOCV Conference, Riverside, California, USA, 152-165.
- Eiras, M., Silva, S. R., Stuchi, E. S., Targon, M. L. P. N., Carvalho, S. A. (2009) Viroides em citros. *Tropical Plant Pathology*, 34:275-296.
- EPPO (1992-07) EPPO Reports.
- EPPO (2017) PQR Database. Paris, France.
- Fagoaga, C., Duran-Vila, N. (1996) Naturally occurring variants of *Citrus exocortis viroid* in vegetables. *Plant Path.* 45:45-53.
- Flores, R., Grubb, D., Elleuch, A., Nohales, M. A., Delgado, S., Gago, S. (2011) Rolling-circle replication of viroids, viroid-like satellite RNAs and hepatitis delta virus: Variations on a Theme.
- Flores, R., Hernandez, C., Martinez, E., Daros, J. A., Di-Serio, F. (2005a) Viroids and viroid-host interactions. *Ann. Rev. of Phytopath.*, 43:117-139.
- Flores, R., Randles, J. W., Bar-Joseph, M., Diener, T. O. (2005b) A proposed scheme for viroid classification and nomenclature. *Archives of Virology* 143(3):623-629.
- Fox, A., Daly, M., Nixon, T., Brurberg, M. B., Blystad, D., Harju, V., Skelton, A., Adams, I. P. (2013) First report of *Tomato chlorotic dwarf viroid* (TCDVd) in tomato in Norway and subsequent eradication. *New Disease Reports* 27,8.
- Galindo, A. J., Rodriguez, M. R. (1978) Rectificación del agente causal de la planta macho del jitomate. Resúmenes VIII Congr. Soc. Mex. Fitopatol.
- Galindo, J., Lopez, M., Aguilar, T. (1986) Significance of *Myzus persicae* in the spread of tomato planta macho viroid. *Fitopatologia Brasileira* 11, 400-410.
- Galindo, J., Smith, D. R., Diener, T. O. (1982) Etiology of planta macho, a viroid disease of tomato. *Phytopatology* 72:49-54.
- Gibbs, M. J., Chambers, G., Seyb, A., Mackie, J., Constable, F., Rodoni, B., Letham, D., Davis, K. (2013) First report of *Pepper chat fruit viroid* in traded tomato seed, an interception by



## Domates Bitkisinde Hastalık Oluşturan *Pospiviroid* Cinsi Viroidler

- Australian Biosecurity. *Plant Disease* 97(10), p 1386.
- Gross, H. J., Domdey, H., Lossow, D., Jank, P., Raba, M., Alberty, H., Sanger, H. L. (1982) Nucleotide sequence and secondary structure of *Citrus exocortis viroid* and *Chrysanthemum stunt viroid*. *European Journal of Biochemistry* 121:249-257.
- Gross, R. W. (1924) Effect of environment on potato degeneration diseases. Univ. Nebraska Agr. Exp. Sta. Res. Bull., 26-40.
- Güllü, M. (1989) Doğu Akdeniz Bölgesi Navel grubu portakal ve Satsuma mandarin ağaçlarında yaygın virüs ve virüs-benzeri hastalıkların sörveyi ve indekslenmesi üzerine çalışmalar. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi.
- Güner, U., Sipahioğlu, H. M. ve Usta, M. (2012) Türkiye’de tohumluk patates yumrularında Patates iğ yumru viroidi (PSTVd)’nin saptanması ve genetik stabilitesi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 36:353-363.
- Hadidi, A., Flores, R., Randles, J. W., Semancik, J. S. (2003) Viroids. CSIRO Publishing, Collingwood, Australia, p 392.
- Hammond, R. W. (2003) *Columnea latent viroid*. In: Viroids (eds Hadidi, A., Flores, R., Randles, J. W., Semancik, J. S.) CSIRO Publishing, Collingwood (AU), pp 231-232.
- Hammond, R. W., Smith, D. R., Diener, T. O. (1989) Nucleotid sequence and proposed secondary structure of *Columnea latent viroid* (CLVd): A natural mosaic of viroid sequences. *Nucleic Acids Research* 17:10083-10094.
- Hull, R. (2002) Matthews Plant Virology 4<sup>th</sup> Edition. Academic Press, USA.
- Hutchins, C. J., Rathjen, P. D., Forster, A. C., Symons, R. H. (1986) Self-cleavage of plus and minus RNA transcripts of *Avocado sunblotch viroid*. *Nucleic Acids Res.*, 14:3627-3640.
- ICTV (2016) International Committee on Taxonomy of Viruses. Virus Taxonomy: 2016 Release.
- Jones, J. B., Jones, J. P., Stall, R. E., Zitter, T. A. (1991) Compendium of tomato diseases. *American Phytopathological Society, USA*, 42-43.
- Keese, P., Symons, R. H. (1985). Domains in viroids: Evidence of intermolecular RNA rearrangement and their contribution to viroid evolution. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 82:4582-4586.
- Koltunow, A. M., Rezaian, M. A. (1989) A scheme for viroid classification. *Intervirolgy* 30:194.
- Kryczynski, S., Paduch-Cichal, E., Skreczkowski, L. J. (1988) Transmission of three viroids through seed and pollen of tomato plants. *Journal of Plant Pathology* 121:51-57.
- Lebas, B. S. M., Elliott, D. R., Ochoa-Corona, F. M., Tang, J., Alexander, B. J. R. (2003) Delimiting survey for *Potato spindle tuber viroid* on tomato and capsicum in New Zealand greenhouses (abst. 1943).
- Leontyeva, J. A. (1980) Tomatoes and *Potato spindle tuber viroid*. *Zashc. Raste.* 8:22.
- Ling, K. S., Bledsoe, M. (2009) First report of *Mexican papita viroid* infecting greenhouse tomato in Canada. *Plant Disease* 93(8):39.
- Ling, K. S., Bledsoe, M. E. (2008) First report of *Mexican papita viroid* (MPVd) infecting greenhouse tomato in Canada. *Plant Disease* 93(8):839.
- Ling, K. S., Li, R., Groth-Helms, D., Assis-Filho, F. M. (2014) First report of *Potato spindle tuber viroid* naturally infecting field tomatoes in the Dominican Republic. *Plant Disease* 98(5), p 701.
- Ling, K. S., Li, R., Panthee, D. R., Gardner, R. G. (2013) First report of *Potato spindle tuber viroid* naturally infecting greenhouse tomatoes in North Carolina. *Plant Disease* 97(1), p 148.
- Ling, K. S., Sfetcu, D. (2010) First report of natural infection of greenhouse tomatoes by *Potato spindle tuber viroid* in the United States. *Plant Disease* 94(11), 1376-1376.

## Domates Bitkisinde Hastalık Oluşturan Pospiviroid Cinsi Viroidler

- Ling, K. S., Verhoeven, J. Th. J., Singh, R. P., Brown, J. K. (2009) First report of *Tomato chlorotic dwarf viroid* in greenhouse tomatoes in Arizona. *Plant Disease* 93(10), p 1075.
- Ling, K. S., Zhang, W. (2009) First report of a natural infection by *Mexican papita viroid* and *Tomato chlorotic dwarf viroid* on greenhouse tomatoes in Mexico. *Plant Disease* 93(11), p 1216.
- Mackie, A., Jones, R. (2009) *Potato spindle tuber viroid*. Department of Agriculture and Food Note: 162.
- Martinez-Soriano, J. P., Galindo-Alonso, J., Maroon, J. M., Yucel, I., Smit, D. R., Diener, T. O. (1996) *Mexican papita viroid*: Putative ancestor of crop viroids. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 93(18):9397-9401.
- Matsushita, Y., Kanda, A., Usugi, T., Tsuda, S. (2008) First report of a *Tomato chlorotic dwarf viroid* disease on tomato plants in Japan. *Journal of General Plant Pathology* 74(2),182-184.
- Matsushita, Y., Usugi, T., Tsuda, S. (2010) Development of a multiplex RT-PCR detection and identification system for *Potato spindle tuber viroid* (PSTVd) and *Tomato chlorotic dwarf viroid* (TCDVd). *European Journal of Plant Pathology* 128(2), 165-170.
- Matsuura, S., Matsushita, Y., Kozuka, R., Tsuda, S. (2010) Transmission of *Tomato chlorotic dwarf viroid* (TCDVd) by bumblebees (*Bombus ignitus*) in tomato plants. *European Journal of Pl. Path.* 126:111-115.
- Mishra, M. D., Hammond, R. W., Owens, R. A., Smith, D. R., Diener, T. O. (1991) Indian bunchy top disease of tomato plants is caused by a distinct strain of *Citrus exocortis viroid* (CEVd). *Journal of General Virology* 72:1-5.
- Mongera, W., Tomlinson, J., Boonhama, N., Marnb, M. V., Pleskob, I. M., Molinero-Demillyc, V., Tassus, X., Meekesd, E., Toonend, M., Papayiannise, L. (2010) Development and inter-laboratory evaluation of real-time PCR assays for the detection of pospiviroids. *Journal of Virological Methods* 169:207-210.
- Mumford, R. A., Jarvis, B., Skelton, A. (2003) The first report of *Potato spindle tuber viroid* (PSTVd) in commercial tomatoes in the UK. *Plant Pathology* 53:242.
- Nixon, T., Glover, R., Mathews-Berry, S., Daly, M., Hobden, E., Lambourne, C., Harju, V., Skelton, A. (2010) *Columnea latent viroid* (CLVd) in tomato: The first report in the United Kingdom. *Plant Pathology* 59(2), p 392.
- NPPO of Austria (2008-02). NPPO of Austria (2008-08). NPPO of Belgium (2014-05). NPPO of France (2013-10). NPPO of Germany (2004-01). NPPO of the Netherlands (2013-05). NPPO of the Netherlands (2013-07). NPPO of the United Kingdom (2003-07). NPPO of the United Kingdom (2003-11). NPPO of the United Kingdom (2011-08).
- Owens, R. A., Verhoeven, J. Th. J. (2009) Potato spindle tuber. The Plant Health Instructor. DOI: 10.1094/PHI-I-2009-0804-01.
- Önelge, N. (1994) Turunçgillerde hastalık oluşturan viroidlerin biyolojik ve biyokimyasal tanısı üzerine çalışmalar. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi.
- Önelge, N., Bozan, O. (2005) Patates tohumlarında Patates iğ yumru viroidinin araştırılması. Türkiye II. Tohumculuk Kongresi Bildiriler Kitabı, Adana, 378-378.
- Parella, G., Crescenzi, A., Pacella, R. (2010) First record of *Columnea latent viroid* (CLVd) in tomato in Italy. *Acta Horticulturae* 914, 149-152.
- Parella, G., Numitone, G. (2014) First report of *Tomato apical stunt viroid* in tomato in Italy. *Plant Disease* 98(8), p 1164.
- Puchta, H., Herold, T., Verhoeven, K., Roenhorst, A., Ramm, K., Schmidt-Puchta, W., Sanger, H. L. (1990) A new strain of *Potato spindle tuber viroid* (PSTVd) exhibits major sequence differences as compared to all other strains sequenced so far. *Plant Molecular Biology* 15:509-511.

## Domates Bitkisinde Hastalık Oluşturan *Pospiviroid* Cinsi Viroidler

- Randles, J. W. (2003). Economic impact of viroid diseases (A. Hadidi, R. Flores, J. W. Randles and J. S. Semancik, editors). Viroids, CSIRO Publishing, Collingwood, Australia, 3-15.
- Reanwarakorn, K., Klinkong, S., Porsoongnurn, J. (2011) First report of natural infection of *Pepper chat fruit viroid* in tomato plants in Thailand. *New Dis. Rep.* 24:6.
- Rivera-Bustamante, R. F., Gin, R., Semancik, J. S. (1986) Enhanced resolution of circular and linear molecular forms of viroid and viroid-like RNA by electrophoresis in a discontinuous-pH system. *Anal. Biochem.* 156(1):91-5.
- Roistacher, C. N., Semancik, J. S., Duran-Vila, N. (1988) A viroid RNA associated with Cachexia (Xyloporosis) disease of citrus. Proc. 10<sup>th</sup> IOCV Conference, Riverside, California, USA, 126-136.
- Salazar, L. F. (1989) Potato spindle tuber viroid (R. P. KAHN, editor). Selected Pests and Pathogens of Quarantine Significance, CRC Press 155-167.
- Sanger, H. L., Klotz, G., Riesner, D., Gross, H. J., Kleinschmidt, A. K. (1976) Viroids are single-stranded covalently closed circular RNA molecules existing as a highly base-paired structure. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 73:3852-3856.
- Sano, T., Candresse, T., Hammond, R. W., Diener, T. O., Owens, R. A. (1992) Identification of multiple structural domains regulating viroid pathogenicity. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 89:10104-10108.
- Schultz, E. S., Folsom, D. (1923). Transmission, variation and control of certain degeneration diseases of Irish potatoes. *Journal of Agricultural Research* 25:43-117.
- Semancik, J. S. (1987) Viroids and viroid-like pathogens. CRC Press, Florida, USA, 127-161.
- Semancik, J. S., Weathers, L. G. (1972) Exocortis disease an infectious free- nucleic acid plant virus with unusual properties. *Virology* 47:456-566.
- Silletti, M. R., Navarro, B., Bozzano, G., Trisciuzzi, V. N., Di-Serio, F. (2009) [PSTVd a threat to tomato and potato crops]. *L'informatore Agrario* No:11, 89-90.
- Singh, R. P. (1970) Seed transmission of potato spindle tuber virus in tomato and potato. *American Potato Journal* 47:225-227.
- Singh, R. P., Boucher, A., Somerville, T. H. (1992) Detection of *Potato spindle tuber viroid* in the pollen and various parts of potato plant pollinated with viroid- infected pollen. *Plant Dis.* 76(9):951-953.
- Singh, R. P., Dilworth, A. D. (2009) *Tomato chlorotic dwarf viroid* in the ornamental plant *Vinca minor* and its transmission through tomato seeds. *European Journal of Plant Pathology* 123(1),111- 116.
- Singh, R. P., Lakshman, D. K., Boucher, A., Tavantzis, S. M. (1992) A viroid from *Nematanthus wettsteinii* plants closely related to the *Columnnea latent viroid*. *Journal of General Virology* 73, 2769-2774.
- Singh, R. P., Nie, X., Singh, M. (1999) *Tomato chlorotic dwarf viroid* (TCDVd): An evolutionary link in the origin of pospiviroids. *J. Gen. Virol.* 80(11):2823-2828.
- Spence, N. (2004) Protected tomato: Sources, survival, spread and disinfection of *Potato spindle tuber viroid* (PSTVd). Report, Project Number: PC 212, Horticultural Development Council, East Malling, Kent, UK.
- Spieker, R. L. (1996) A viroid from *Brunfelsia undulate* closely related to the *Columnnea latent viroid*. *Archives of Virology* 141, 1823-1832.
- Steyer, S., Olivier, T., Skelton, A., Nixon, T., Hobden, E. (2010) *Columnnea latent viroid* (CLVd): First report in tomato in France. *Plant Pathology* 59(4), p794.
- Syller, J., Marczewski, W., Pawlowicz, J. (1997) Transmission by aphids of potato spindle tuber viroid encapsidated by potato leafroll luteovirus particles. *European Journal of Phytopathology* 103(3), 285-289.
- Symons, R. H. (1981) *Avocado sunblotch viroid*: Primary sequence and proposed

## Domates Bitkisinde Hastalık Oluşturan *Pospiviroid* Cinsi Viroidler

- secondary structure. *Nucleic Acids Res.*, 9:6527-6537.
- The Food and Environment Research Agency (FERA) (2010) Emerging viroid threats to UK tomato production. *Plant Disease Factsheet*.
- Van Brunschot, S. L., Verhoeven, J. Th. J., Persley, D. M., Geering, A. D. W., Drenth, A., Thomas, J. E. (2014) An outbreak of *Potato spindle tuber viroid* in tomato is linked to imported seed. *European Journal of Plant Pathology* 139(1),1-7.
- Verhoeven, J. Th. J., Botermans, M., Jansen, C. C. C., Roenhorst, J. W. (2011) First report of *Pepper chat fruit viroid* (PCFVd) in capsicum pepper in Canada. *New Disease Reports* 23, 15.
- Verhoeven, J. Th. J., Botermans, M., Meekes, E. T. M., Roenhorst, J. W. (2012) *Tomato apical stunt viroid* in the Netherlands: Most prevalent pospiviroid in ornamentals and first outbreak in tomatoes. *European Journal of Plant Pathology* 133(4),803-810.
- Verhoeven, J. Th. J., Botermans, M., Roenhorst, J. W., Westhorf, J., Meekes, E. T. M. (2009) First report of *Potato spindle tuber viroid* (PSTVd) in cape gooseberry (*Physalis peruviana*) from Turkey and Germany. *Plant Disease* 93(3):316.
- Verhoeven, J. Th. J., Jansen, C. C. C., Willemen, T. M., Kox, L. F. F., Owens, R. A., Roenhorst, J. W. (2004) Natural infections of tomato by *Citrus exocortis viroid*, *Columnea latent viroid*, *Potato spindle tuber viroid* and *Tomato chlorotic dwarf viroid*. *European Journal of Plant Pathology* 110:823-831.
- Verhoeven, J. Th. J., Jansen, C. C. C., Roenhorst, J. W. (2006) First report of *Tomato apical stunt viroid* (TASVd) in tomato in Tunisia. *Plant Disease* 90(4), p 528.
- Verhoeven, J. Th. J., Jansen, C. C. C., Roenhorst, J. W., Flores, R., de la Peña, M. (2009) *Pepper chat fruit viroid*: Biological and molecular properties of a proposed new species of the genus *Pospiviroid*. *Virus Research* 144, 209-214.
- Verhoeven, J. Th. J., Jansen, C. C. C., Roenhorst, J. W., Steyer, S., Michelante, D. (2007) First report of *Potato spindle tuber viroid* (PSTVd) in tomato in Belgium. *Plant Disease* 91(8), p 1055.
- Wallace, J. M. (1978) Virus and virus-like diseases. The Citrus Industry, Univ. Caf. Div. Agr. Sel., 67-184.
- Walter, B. (1987) *Tomato apical stunt: The Viroids*. T. O. Diener (Ed.), 321-328, Plenum Publishing Corporation, USA.
- Walter, B., Thouvenal, J. C., Fauquet, C. (1980) Les virus de la tomate en Cote d'Ivoire. *Annales de Phytopathologie* 12:259-275.