

Derleme/Review

## Ülkemizde Domateslerde Görülen Yeni Bir Viral Etmen: *Pepino mosaic virus* (PepMV)

Mehmet Ali ŞEVİK<sup>1\*</sup>, İlyas DELİGÖZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Samsun

<sup>2</sup> Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Samsun

\*e-posta: malis@omu.edu.tr; Tel: 0362 3121919; Faks: 0362 4576034

**Özet:** Ülkemiz dünyada en büyük domates üreticisi ülkelerden birisi konumundadır. Domateslerde enfeksiyon oluşturan çok sayıda viral etmen bulunmakta olup, yeni viral hastalık etmenleri de ortaya çıkmaktadır. Son yıllarda dünya çapında domates üretiminde en önemli viral etmen olarak ortaya çıkan ve hızla yayılış gösteren virüslerin başında *Pepino mosaic virus* (PepMV) gelmektedir. Domates bitkilerinde şiddetli sarılık şeklinde semptomlara neden olan PepMV, son yıllarda ülkemizde Batı Akdeniz Bölgesi'nde domates üretim seralarında da tespit edilmiştir. PepMV, ilk olarak 1974 yılında Peru'da pepino bitkisinde saptanmıştır. Konukçuları genellikle *Solanaceae* familyasına ait bitkilerle sınırlı olan virüs, domates bitkisinde ilk olarak 1999 yılında Hollanda'da saptanırken, daha sonraki yıllarda diğer birçok Avrupa ülkesinde salgınlar oluşturduğu rapor edilmiştir. Virüs mekanik olarak etkili şekilde taşınabilmekte olup, ayrıca tohum, *Olpidium virulentus*, *Macrolophus caliginosus* ve hidroponik sistemlerde de taşınabilmektedir. PepMV özellikle serada yetiştirilen domateslerde %40'lara varan oranlarda önemli verim ve kalite kayıplarına neden olabilmektedir. Son yıllarda dünya çapında verim ve kalite kayıplarından dolayı, PepMV en önemli domates patojenleri arasında yer almaktadır. Bu makalede, PepMV'nin morfolojik ve biyolojik özellikleri, konukçuları, belirtileri, coğrafi dağılımı, taşınma yolları ve mücadelesi konusunda bilgiler verilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Domates, Epidemiyoloji, PepMV, *Solanaceae*, Virüs

### Emerging Virus Affecting Tomato Crops in Turkey: *Pepino mosaic virus* (PepMV)

**Abstract:** Turkey is one of the biggest tomato producers around the world. Many viruses have been reported to infect tomato plants, while new viral diseases keep emerging. *Pepino mosaic virus* (PepMV) is a rapidly emerging virus which has established itself as one of the most important viral diseases in tomato production worldwide over recent years. Recently, PepMV infections causing severe yellowing symptoms in tomato plants have also been reported in glasshouse tomato crops in West Mediterranean Region of Turkey. PepMV was initially described as causal agent of a viral disease of pepino in Peru (1974). Its host range is mainly limited to plant species within the family *Solanaceae*. In 1999, the virus was detected in tomato in the Netherlands. Subsequently, outbreaks of the disease were reported in many other European countries. PepMV is transmitted efficiently through contact. It can also be transmitted by conventional means, such as the hydroponic systems, seed, *Olpidium virulentus*, and the bug *Macrolophus caliginosus*. PepMV causes severe yield loss (up to 40%) and economic damage in glasshouse-grown tomatoes. Because of the effects on quality and yield, PepMV is rapidly becoming one of the most important tomato pathogens worldwide over the recent years. In this paper, we review the current status of PepMV epidemics and the morphology and biology, host range, symptoms, geographical distribution, means of movement, control of PepMV.

**Keywords:** Tomato, Epidemiology, PepMV, *Solanaceae*, Virus

### Giriş

Ülkemiz sebze tarımı için oldukça uygun bir ekolojiye sahip olup dünyada sebze üreten ülkeler arasında Çin, ABD ve Hindistan'dan sonra 4. sırada yer almaktadır (FAO 2014). Domates (*Solanum lycopersicum* L.), dünyada ve Türkiye'de geniş üretim alanlarında yetiştiriciliği yapılan önemli bir sebze türüdür. Türkiye'de yaklaşık 300 bin ha ekiliş alanı ve 11.3 milyon ton üretim (TurkStat 2014) ile en fazla üretimi

yapılan domates, başta Akdeniz Bölgesi olmak üzere birçok bölgede yoğun olarak yetiştirilmektedir. Ancak, domates yetiştiriciliğini olumsuz etkileyen birçok faktör bulunmaktadır.

Domates üretiminde hastalık ve zararlılar önemli verim kayıplarına yol açabilmektedir. Hastalık etmenleri arasında önemli bir yer tutan virüsler; vejetatif üretim materyali, tohum, mekanik olarak bitki öz suyu ve vektörler aracılığı ile kolayca taşınabilmektedir. Domates virüs hastalıklarına karşı oldukça hassas olduğundan çok sayıda viral etmen enfeksiyon oluşturabilmektedir (Hanssen et al. 2010a).

Virüslere doğrudan etki eden bir kimyasal mücadelenin olmaması nedeni ile etkili bir mücadele yapılamamaktadır. Bu nedenle son yıllarda ülkemizde bazı virüs hastalıkları ve ürün kayıpları birçok üründe olduğu gibi domates üretimini de tehdit eder hale gelmiştir. Ülkemizde değişik bölgelerde domates bitkilerinde farklı virüslerin enfeksiyon yaptığı belirlenmiştir. Domates bitkilerinde ürün kaybına sebep olan virüsler arasında başta *Tomato spotted wilt virus* (TSWV) (Sevik and Arli-Sokmen 2012) olmak üzere, *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) (Guldur and Yılmaz 1998), *Cucumber mosaic virus* (CMV), *Tobacco mosaic virus* (TMV) (Yılmaz and Davis 1985), *Tomato mosaic virus* (ToMV) (Erkan et al. 1995), *Potato virus X* (PVX) (Ozgoz et al. 1995), *Potato virus Y* (PVY) (Guldur and Yılmaz 1995), *Tomato ringspot virus* (TRSV), *Tomato black ring virus* (TBRV) (Fidan 1995) ve *Tomato chlorosis virus* (ToCV) (Cevik and Erkiş 2007) rapor edilmiştir. Ancak son yıllarda bazı ülkelerde domates üretim alanlarında salgın hale gelen ve EPPO A2 listesine ilave edilen, ülkemizde ise dış karantinaya tabi viral etmenler arasında bulunan *Pepino mosaic virus* (PepMV), ülkemizde de domates üretim alanlarında görülmeye başlanmıştır (Özdemir 2010; Yardımcı ve ark. 2014).

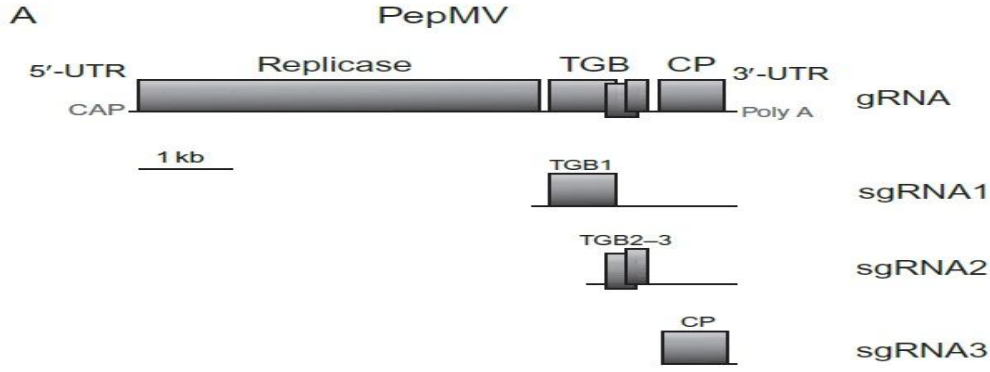
PepMV ilk olarak 1974 yılında Peru'da pepino (*S. muricatum*) bitkisinden izole edilmiş (Jones ve ark. 1980) ve 2000'li yıllardan sonra özellikle serada yetiştirilen domateslerde en önemli hastalık etmenlerinden birisi olmaya başlamıştır (Van der Vlugt ve ark. 2000; French ve ark. 2001; Mumford ve Metcalfe 2001; Cotillon ve ark. 2002; Maroon-Lango ve ark. 2005; Pagan ve ark. 2006; Ling ve ark. 2008; Hanssen ve Thomma 2010). PepMV, mekaniksel olarak kolayca taşınabilmektedir. Ayrıca hidroponik sistemlerde kültürel işlemler sırasında (Fakhro ve ark. 2005), bulaşık tohumlar ile (Salomone ve Roggero 2002; Hanssen ve ark. 2010b), *Ovipodium virulentus* fungusu (Alfaro-Fernandez ve ark. 2010), ve beyazsineklerin biyolojik mücadelesinde kullanılan predatör böcek *Macrolophus caliginosus* (Klapwijk ve Stijger 2000) ile taşınabilmektedir.

PepMV özellikle serada üretim yapılan domateslerde verim ve kaliteyi önemli oranda etkileyerek ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Oldukça bulaşıcı bir hastalık etmeni olan virüsün mücadelesi oldukça zordur. Bu nedenle virüse karşı gerekli koruyucu önlemler alınmaz ise etmenin yayılması ve önemli verim kayıplarının ortaya çıkması kaçınılmaz olacaktır. Bu açıdan bu viral hastalık etmenin iyi bilinmesi son derece önem arz etmektedir. Bu makalede, PepMV'nin, morfolojik ve biyolojik özellikleri, konukçuları, belirtileri, taşınması, teşhis metotları, coğrafi dağılımı ve mücadele yöntemleri konusunda derlenmiş kısa bilgiler sunulmuştur.

## **Pepino Mozayik Virüsü (*Pepino Mosaic Virus*; PepMV)**

### *Morfolojik ve biyolojik özellikleri*

PepMV *Flexiviridae* familyası, *Potexvirus* cinsi içerisinde yer alır ve yaklaşık 508 nm uzunluğunda esnek çubuk şekilli partiküllere sahiptir (Jones ve ark. 1980). Genom, yaklaşık 6.4 kb uzunluğunda pozitif sense tek sarmal RNA (ssRNA) molekülünden oluşmakta ve 5 Açık okuma çerçevesi (Open Reading Frame-ORF) ve 2 translasyona uğramayan bölge (Untranslated region-UTR) içermektedir (Mumford ve Metcalfe 2001; Aguilar ve ark. 2002; Cotillon ve ark. 2002; Adams ve ark. 2004). ORF 1; replikasyonda görev alan, viral RNA-dependent RNA polymerase (RdRp), ORF 2,3,4; virüs taşınması için gerekli olan triple gen blok (TGB) proteinlerini TGBp1, TGBp2, TGBp3 (Lopez ve ark. 2005) ve ORF 5; virüsün yapısını oluşturan, hücreden hücreye ve uzak mesafelere taşınma için gerekli olan kılıf proteini (CP) kodlar (Mathioudakis ve ark. 2012). Viral replikaz genomik RNA'dan, TGBp1 proteini subgenomik RNA1, TGBp2 ve TGBp3 proteinleri subgenomik RNA2, kılıf proteini (CP) ise subgenomik RNA3'den sentezlenmektedir (Aguilar ve ark. 2002) (Şekil 1).



Şekil 1. PepMV'nin genom organizasyonu (Gomez ve ark. 2012).

#### Teşhis ve tanı yöntemleri

PepMV'nin teşhis ve tanısında, bazı serolojik [Double antibody sandwich enzyme-linked immunosorbent (DAS-ELISA), Immunoelectron microscopy (IEM), Lateral-flow immunoassay (LFIA)] ve moleküler [Conventional Reverse Transcription-Polymerase Chain Reaction-PCR (RT-PCR), Real-time Reverse Transcription PCR (real-time RT-PCR), Immunocapture Reverse Transcription-PCR (IC RT-PCR), Reverse Transcription-PCR RFLP (RT-PCR RFLP)] testler veya kombinasyonları kullanılabilir (Ling ve ark. 2008).

#### Konukçuları

PepMV ilk olarak pepino bitkisinde belirlenmiş olmasına rağmen, özellikle serada yetiştirilen domates bitkileri bu virüsten daha fazla etkilenmektedir. PepMV, 41 konukçu bitkiyi enfekte edebilmektedir (Hanssen ve ark. 2008). Ancak konukçuları genellikle *Solanaceae* familyasına ait bitkiler ile sınırlıdır. Başta domates olmak üzere *Solanum* türlerinde meyve kalitesini düşürerek ekonomik olarak büyük kayıplara neden olabilmektedir (Van Der Vlugt ve ark. 2000; Hanssen ve ark. 2009). Virüsün diğer önemli bazı konukçuları arasında patates ve patlıcan yer alırken (Gomez ve ark. 2012), fesleğen (Salomone ve Roggero 2002), sarımsak ve bakla (Fakhro ve ark. 2011) bitkilerinde de PepMV tespit edilmiştir.

PepMV'nin ayrıca, *Amaranthus* spp., *Bassia scoparia*, *Calystegia sepium*, *Chenopodium murale*, *Convolvulus althaeoides*, *C. arvensis*, *Conyza albida*, *Coronopus* spp., *Datura innoxia*, *Diplotaxis erucoides*, *Echium creticum*, *E. humile*, *Heliotropium europaeum*, *Malva parviflora*, *Moricandia arvensis*, *Nicotiana glauca*, *Onopordum* spp., *Piptatherum multiflorum*, *Plantago afra*, *Rumex* spp., *Sisymbrium irio*, *Solanum nigrum*, *S. luteum*, *Sonchus oleraceus*, *Sonchus tenerrimus*, *Taraxacum vulgare* gibi çok sayıda yabancı ot (Jorda ve ark. 2001; Cordoba ve ark. 2004;) ve yabancı *Solanum* türlerinde de (*S. chilense*, *S. chmielewskii*, *S. hirsutum*, *S. parviflorum*, *S. peruvianum*, *S. pimpinellifolium*) (Soler ve ark. 2005) enfeksiyon gerçekleştirebildiği bildirilmiştir.

#### Belirtileri

PepMV ile enfekteli bitkilerde oldukça şiddetli belirtiler meydana gelebilmektedir. Buna karşın enfekteli bitkilerde hiç belirti oluşmadığı (latent) durumlarda görülebilmektedir (EPPO 2013). Enfekteli bitkilerin kök, gövde, yaprak ve meyve gibi tüm kısımlarında saptanabilmektedir (Ferguson 2001). Belirtiler yapraklarda parlak sarı benekler (Şekil 2), hafif kloroz ve kabarcık oluşumu şeklinde iken bazı durumlarda ise yaprakta veya gövdede nekroz oluşumu şeklindedir (Hanssen ve ark. 2009). Olgun bitkilerde ise genellikle herhangi bir semptom görülmemektedir (EPPO 2013).

PepMV, vejetatif bitki kısımlarında çok farklı semptomlar ortaya çıkarmasının yanısıra asıl ekonomik etkisi domates meyvesinde neden olduğu belirtilerden kaynaklanmaktadır (Roggero ve ark. 2001; Spence ve ark. 2006). PepMV domates meyvesinde olgunlaşma döneminde ebru deseni, kızarıklık ve yanıklık gibi renk değişikliklerine ve nadir olarak da şekil bozukluğuna neden olabilmektedir (Hanssen ve ark. 2011).



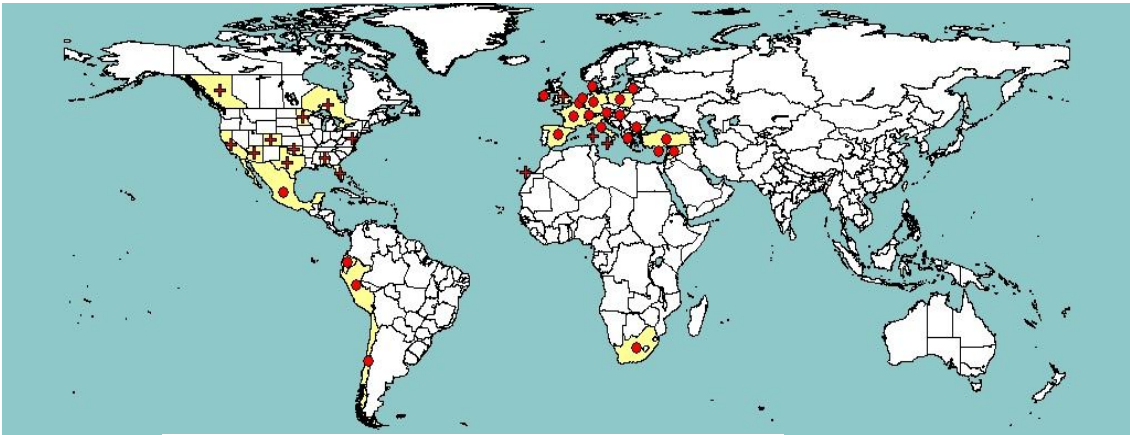
Şekil 2. PepMV'nin domates yapraklarında oluşturduğu parlak sarı lekeler (Hasiow-Jaroszevska ve ark. 2010).

#### *Coğrafik dağılımı*

PepMV, ilk olarak 1974 yılında Peru'da pepino bitkisinden izole edildikten sonra (Jones ve ark. 1980), günümüzde Orta Asya dışında tüm dünyada saptanmış durumdadır (Hanssen ve ark. 2010a). Avrupa'da ilk olarak 1999 yılında Hollanda (50 domates serasında) ve İngiltere'de (2 domates serasında) saptandıktan (Van der Vlugt ve ark. 2000) sonra birçok Avrupa ülkesinde görülmeye başlamıştır (Şekil 3).

Avrupa kıtasında; Almanya (2000), Belçika (2001), Finlandiya (2001), İspanya (2001), İsveç (2001), İtalya (2001), Norveç (2001), Polonya (2001), Danimarka (2002), Fransa (2002), İrlanda (2002), Bulgaristan (2004), İsviçre (2004), Macaristan (2004), Slovakya (2004), Avusturya (2006), Çek Cumhuriyeti (2008), Türkiye (2008), Kıbrıs (2009), Hırvatistan (2010), Yunanistan (2010), Litvanya (2013), Afrika'da; Güney Afrika (2008), Asya'da; Suriye (2008), Çin ve Tayvan'da (Fransa ve İngiltere'den gelen domates tohumlarında), Amerika kıtasında ise Peru (1974-2000), ABD (2001), Şili (2001), Kanada (2002), Ekvator (2005) ve Meksika (2010)'da virüs saptanmıştır .

Birleşik Krallık ve İsveç'in önerisi ile EPPO listesine dâhil edilen PepMV, ülkemizde ise 2007 yılından itibaren dış karantinaya tabii etmenler arasında yer almaktadır.



Şekil 3. Dünyada Pepino mozayik virüsü saptanan ülkeler (EPPO, 2015).

#### *Ülkemizdeki durumu*

PepMV ülkemizde ilk olarak 2008 yılında Özdemir (2010) tarafından tespit edilmiştir. Araştırmacı tarafından yapılan çalışmada 2008 ve 2009 yıllarında Muğla-Dalaman'da serada yetiştirilen domateslerde yapraklarda kloroz, mozayik, şekil bozukluğu, kabarcıklı mozayik, meyvede ise düzensiz çizgiler şeklinde farklı virüs belirtileri gözlenmiştir. Simptomlu bitkilerden 74 yaprak, 13 çiçek örneği toplanmış ve DAS-ELISA yöntemi ile test edilmiştir. Yaprak örneklerinin %68'i, çiçek örneklerinin ise tamamı PepMV ile enfekteli olarak bulunmuştur. Virüs, *Nicotiana rustica* ve *Datura stramonium* bitkilerine mekaniksel olarak aktarılmış ve bitkilerde mozayik belirtisi gözlenmiştir. Ayrıca test bitkilerinde virüsün varlığı serolojik testlerle de doğrulanmıştır. Yapılan bu çalışma virüsün Türkiye'de varlığı konusunda ilk kayıt olarak bildirilmiştir. Daha sonraki yıllarda ise Batı Akdeniz Bölgesi'nde serada yetiştirilen domateslerde gözlemlendiği rapor edilmiştir (Yardımcı ve ark. 2014).

#### *Taşınma ve yayılma yolları*

PepMV, mekaniksel olarak virüs ile bulaşık olan alet ve ekipmanlar, hasat sırasında el, elbise, ayakkabı ya da enfekteli bitkilerin birbirine teması ile kolayca taşınabilmektedir (Jones ve ark. 1980; EPPO 2013). Bunun dışında hidroponik sistemlerde besin solüsyonları (Fakhro ve ark. 2005) ve seralarda ise sulama suyu ile yayılabilmektedir (Ferguson 2001). Ayrıca bulaşık tohumlar (Salomone ve Roggero 2002; Ling 2008; Hanssen ve ark. 2010b), *Olpidium virulentus* (Alfaro-Fernandez ve ark. 2010), beyaz sineklerin biyolojik mücadelesinde kullanılan predatör böcek *Macrolophus caliginosus* (Klapwijk ve Stijger 2000), domates seralarında tozlayıcı olarak kullanılan bambus arıları *Bombus terrestris* L., *B. canariensis* (Perez) (Lacasa ve ark. 2003) ve *B. impatiens* (Cresson) (Shipp ve ark. 2008) ile de taşınabilmektedir. Virüsün ülkeler arası yayılmasında ise tohum ticareti önemli bir rol oynamaktadır. Örneğin, Çin ve Tayvan'da, Fransa ve İngiltere'den gelen domates tohumlarında PepMV tespit edilmiştir (EPPO 2015).

PepMV, oldukça stabil bir virüs olup, farklı ortamlarda uzun süre enfeksiyon yeteneğini koruyabilmektedir. Bitki özsuyunda 1 hafta, özsu 20°C'de bekletildiğinde 3 ay, enfekteli bitki kök parçacıklarında 4 hafta, nemli olarak 10°C'de tutulduğunda 3 ay, kuru bitki materyallerinde 3 ay, silika jelde kurutulmuş olan yapraklarda 6 ay, yapraklar -20°C'de tutulduğunda 2 yıl, cam yüzeyde 15°C de 3 hafta ve 25°C'de ise 4 gün enfeksiyon yeteneğini yitirmemektedir. Bunun dışında 70°C'de inaktif hale gelmekte ve enfeksiyon yeteneğini kaybetmektedir. (Jones ve ark. 1980; Ferguson 2001).

#### **Sonuç ve Öneriler**

Domates ülkemizde yoğun olarak üretilen en önemli sebze türleri arasında yer almakta ve ciddi verim kayıplarına yol açan çok sayıda viral etmen bulunmaktadır. Son yıllarda özellikle Avrupa'da giderek yayılış gösteren PepMV'nin ülkemizde de domates üretim alanlarında görülmeye başladığı rapor edilmiştir. Viral hastalıklar ile mücadele oldukça zor olmaktadır. Bu nedenle oldukça stabil bir virüs olan ve özellikle domates üretimini tehdit eden PepMV'nin mücadelesinde virüsün bulaşma ve yayılmasını önleyici kontrol stratejilerinin geliştirilmesi ve etkili mücadele yöntemlerinin uygulanması, virüsün tarım aletlerinden, bitki materyallerinden ve tohumlardan elimine edilmesi büyük önem arz etmektedir.

Bulaşma ve yayılması oldukça kolay, mücadelesi ise oldukça zor olan virüslere karşı en etkili kontrol yöntemlerinden birisi dayanıklı çeşit kullanmaktır (Ling ve Scott 2007). PepMV'ye karşı dayanıklılık kaynaklarının ortaya çıkarılması için birçok farklı *Solanum* türünden (*Solanum lycopersicum*, *S. pimpinellifolium*, *S. peruvianum*, *S. chilense*, *S. habrochaites*) hatlar incelenmiş ve bazı ümitvar olanlar (*S. habrochaites*- LA1731) bulunmuştur (Ling ve Scott 2007). Yine, diğer başka çalışmalarda virüse karşı dayanıklılık kaynaklarının araştırılmasında *S. chilense* ve *S. peruvianum*'un en ümitvar *Solanum* türleri olduğu bildirilmiştir (Soler-Alexandre ve ark. 2007). Virüse karşı dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi mücadele açısından oldukça önem arz etmektedir. Mücadelede etkili olabilecek bazı öneriler;

- Virüsten ari üretim materyali kullanılmalıdır.
- Temiz tohum kullanılmalıdır. Ayrıca tohumlar, 70-80°C'de 48-72 saat tutulduğu zaman ve %1'lik çamaşır suyu (sodyum hipoklorit) veya %10'luk tri-sodyum fosfat ile dezenfekte edildiği zaman tohumun çimlenmesini engellemeksizin virüs eradike edilebilmektedir.
- Hastalıklı fideler imha edilmelidir.
- Özellikle serada çalışanlar temiz giysi, eldiven, bot vb. kullanmalıdır.
- Tüm tarım alet makineleri sık sık dezenfekte edilmelidir.
- Budama esnasında her sırada budama makası değiştirilmelidir.

- Şaşırtma ve hasat sırasında eller, eldivenler, budama makasları, tarım aletleri en az %3-5 oranında protein içeren yağsız süt içerisine daldırılmalıdır.
- Hastalıklı bitki artıkları ortamdaki uzaklaştırılmalı ve imha edilmelidir.
- Toprak solarizasyonu virüs kontrolünde etkili olabilmektedir.
- Çapraz koruma ile başarı sağlanabilmektedir.
- Karantina tedbirleri etkili bir şekilde uygulanmalıdır (Cordoba-Selles ve ark. 2007; Hanssen ve ark. 2010a).

## Kaynaklar

- Adams MJ, Antoniw JF, Bar-Joseph M, Brunt AA, Candresse T, Foster GD, Martelli GP, Milne RG, Fauquet CM (2004). The new plant virus family *Flexiviridae* and assessment of molecular criteria for species demarcation. *Arch. Virol.* 149: 1045-1060.
- Aguilar JM, Hernandez-Gallardo MD, Cenis JL, Lacasa A, Aranda MA (2002). Complete sequence of the *Pepino mosaic virus* RNA genome. *Arch. Virol.* 147: 2009-2015.
- Alfaro-Fernandez A, Cordoba-selles MDC, Herrera-Vasquez JA, Cebrian MDC, Jorda C (2010). Transmission of *Pepino mosaic virus* by the fungal vector *Olpidium virulentus*. *J. Phytopath.* 158: 217-226.
- Cordoba MC, Martinez-Priego L, Jorda C (2004). New natural hosts of *Pepino mosaic virus* in Spain. *Plant Dis.* 88: 906.
- Cordoba-Selles MC, Garcia-Randez A, Alfaro-Fernandez A, Jorda-Gutierrez C (2007). Seed transmission of *Pepino mosaic virus* and efficacy of tomato seed disinfection treatments. *Plant Dis.* 91: 1250-1254.
- Cotillon AC, Girard M, Ducouret S (2002). Complete nucleotide sequence of the genomic RNA of a French isolate of *Pepino mosaic virus* (PepMV). *Arch. Virol.* 147: 2231-2238.
- Cevik B, Erkis G (2007). First report of *Tomato chlorosis virus* in Turkey. *New Dis. Report.* 16: 18.
- Erkan S, Turkileri S, Gumus M (1995). The investigations on the inhibition of *Tomato mosaic virus* and *Potato virus X* infections by certain plant extracts. In: Proceedings of 7th Turkish Phytopathology Congress, September 26-29, Adana, Turkey, pp. 366-370.
- EPPO (2013). *Pepino mosaic virus*. OEPP/EPPO Bulletin. 43: 94-104.
- EPPO (2015). *Pepino mosaic virus* (PepMV0). New PQR database. Paris, France: <http://newpqr.eppo.int>
- FAO (2014). <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E> (Erişim tarihi: 10.11.2015)
- Fakhro A, Paschek U, Bargaen SV, Buttner C, Schwarz D (2005). Distribution and spread of *Pepino mosaic virus* (PepMV) in tomatoes cultivated in a re-circulating hydroponic system. In Symposium Proceedings, Plant protection and plant health in Europe: introduction and spread of invasive species, June 9–11 Berlin, Germany, pp. 223–224.
- Fakhro A, von Bargaen S, Bandte M, Buttner C, Franken P, Schwarz D (2011). Susceptibility of different plant species and tomato cultivars to two isolates of *Pepino mosaic virus*. *Eur. J. Plant Pathol.* 129: 579–590.
- Ferguson G (2001). Management of *Pepino mosaic virus* in greenhouse tomatoes. Available online at <http://www.gov.on.ca/OMAFRA/english/crops/facts/01-017.htm>
- Fidan U (1995). Virus diseases of vegetables in Greenhouses in İzmir and Muğla. *J. Turk. Phytopath.* 24: 7-14.
- French CJ, Bouthillier M, Bernardy M, Ferguson G, Sabourin M, Johnson RC, Masters C, Godkin S, Mumford R (2001). First report of *Pepino mosaic virus* in Canada and the United States. *Plant Dis.* 85: 1121.
- Gomez P, Sempere RN, Aranda MA (2012). *Pepino mosaic virus* and *Tomato torrado virus*: Emerging viruses affecting tomato crops in the Mediterranean basin. *Adv. Virus Res.* 84: 505–532.
- Guldur ME, Yilmaz MA (1995). Virus diseases of tomato in Sanliurfa province. In: Symposium for plant protection problems and their solutions in GAP region of Turkey. April 27-29, Sanliurfa, Turkey, pp. 251-256.
- Guldur ME, Yilmaz MA (1998). A new virus destructive on tomatoes grown in Sanliurfa. In: 8th Turkish Phytopathology Congress, September 21-25, Ankara, Turkey, pp. 356-360.
- Hanssen IM, Paeleman A, Wittemans L, Goen K, Lievens B, Bragard C, Vanachter ACRC, Thomma BPHJ (2008). Genetic characterization of *Pepino mosaic virus* isolates from Belgian greenhouse tomatoes reveals genetic recombination. *Eur. J. Plant Pathol.* 121: 131-146.

- Hanssen IM, Paeleman A, Vandewoestijne E, Van Bergen L, Bragard C, Lievens B, Vanachter ACRC, Thomma BPHJ (2009). *Pepino mosaic virus* isolates and differential symptomatology in tomato. *Plant Pathol.* 58: 450-460.
- Hanssen IM, Lapidot M, Thomma BPHJ (2010a). Emerging viral diseases of tomato crops. *Mol. Plant Microbe Interact.* 23: 539-548.
- Hanssen IM, Mumford R, Blystad DG, Cortez I, Hasiow-Jaroszewska B, Dimitrinka H, Pagan I, Pereira AM, Peters J, Pospieszny H, Ravnikar M, Stijger I, Tomassoli L, Varveri C, Van der Vlugt R, Nielsen SL (2010b). Seed transmission of *Pepino mosaic virus* in tomato. *Eur. J. Plant Pathol.* 126: 145-152.
- Hanssen IM, Thomma B (2010). *Pepino mosaic virus*: A successful pathogen that rapidly evolved from emerging to endemic in tomato crops. *Mol. Plant Pathol.* 11: 179-189.
- Hanssen IM, van Esse HP, Ballester AR, Hogewoning SW, Parra NO, Paeleman A, Lievens B, Bovy AG, Thomma BPHJ (2011). Differential tomato transcriptomic responses induced by *Pepino mosaic virus* isolates with differential aggressiveness. *Plant Phys.* 156: 301-318.
- Hasiow-Jaroszewska B, Borodynko N, Jackowiak P, Figlerowicz M, Pospieszny H (2010). *Pepino mosaic virus* - A pathogen of tomato crops in Poland: Biology, evolution and diagnostics. *J. Plant Protect. Res.* 50: 470-476.
- Jones RAC, Koenig R, Lesemann DE (1980). *Pepino mosaic virus*, a new potyvirus from pepino (*Solanum muricatum*). *Ann. App. Biol.* 94: 61-68.
- Jorda C, Lazaro Perez A, Martinez PV, Lacasa A (2001). First report of *Pepino mosaic virus* on natural hosts. *Plant Dis.* 85: 1292.
- Klapwijk J, Stijger CCMM (2000). Over dracht pepino mozaïek virus door wittevlug en Macrolophus. *Groente en Fruit/Glasgroenten.* 17.
- Lacasa A, Guerrero MM, Hita I, Martinez MA, Jorda C, Bielza P, Contreras J, Alcazar A, Cano A (2003). Implication of bumble bees (*Bombus* spp.) on *Pepino mosaic virus* (PepMV) spread on tomato crops. *Plagas.* 29: 393-403.
- Ling KS, Scott JW (2007). Sources of resistance to *Pepino mosaic virus* in tomato accessions. *Plant Dis.* 91: 749-753.
- Ling KS (2008). *Pepino mosaic virus* on tomato seed: Virus location and mechanical transmission. *Plant Dis.* 92: 1701-1705.
- Ling KS, Wintermantel WM, Bledsoe M (2008). Genetic composition of *Pepino mosaic virus* population in North American greenhouse tomatoes. *Plant Dis.* 92: 1683-1688.
- Lopez C, Soler S, Nuez F (2005). Comparison of the complete sequences of three different isolates of *Pepino mosaic virus*: Size variability of the TGBp3 protein between tomato and *L. peruvianum* isolates. *Arch. Virol.* 150: 619-627.
- Maroon-Lango CJ, Guaragna MA, Jordan RL, Hammond J, Bandla M, Marquardt SK (2005). Two unique US isolates of *Pepino mosaic virus* from a limited source of pooled tomato tissue are distinct from a third (EU like) US isolate. *Arch. Virol.* 150: 1187-1201.
- Mathioudakis MM, Veiga R, Ghita M, Tsikou D, Medina V, Canto T, Makris AM, Livieratos IC (2012). *Pepino mosaic virus* capsid protein interacts with a tomato heat shock protein cognate 70. *Virus Res.* 163: 28-39.
- Mumford RA, Metcalfe EJ (2001). The partial sequencing of the genomic RNA of a UK isolate of *Pepino mosaic virus* and the comparison of the coat protein sequence with other isolates from Europe and Peru. *Arch. Virol.* 146: 2455-2460.
- Ozdemir S (2010). First report of *Pepino mosaic virus* in Tomato in Turkey. *J. Plant Pathol.* 92: S4.107-S4.122.
- Ozgoz A, Baykal N, Erkan S (1995). Studies on determination and incidence of tomato virus diseases in Bursa province. In: 7th Turkish Phytopathology, September 26-29, Adana, Turkey, pp. 256-259.
- Pagan I, Cordoba-Selles M, Martinez-Priego L, Fraile A, Malpica J, Jorda C, Garcia-Arenal F (2006). Genetic structure of the population of *Pepino mosaic virus* infecting tomato crops in Spain. *Phytopath.* 96: 274-279.
- Roggero P, Masenga V, Lenz R, Coghe F, Ena S, Winter S (2001). First report of *Pepino mosaic virus* in tomato in Italy. *Plant Pathol.* 50: 798.
- Salomone A, Roggero P (2002). Host range, seed transmission and detection by ELISA and lateral flow of an Italian isolate of *Pepino mosaic virus*. *J. Plant Pathol.* 84: 65-68.
- Shipp JL, Buitenhuis R, Stobbs L, Wang K, Kim WS, Ferguson G (2008). Vectoring of *Pepino mosaic virus* by bumble-bees in tomato greenhouses. *Ann. App. Biol.* 153: 149-155.

- Soler S, Lopez C, Nuez F (2005). Natural occurrence of viruses in *Lycopersicon* spp in Ecuador. Plant Dis. 89: 1244.
- Soler-Aleixandre S, Lopez C, Cebolla-Cornejo J, Nuez F (2007). Sources of resistance to *Pepino mosaic virus* (PepMV) in tomato. HortSci. 42: 40-45.
- Spence NJ, Basham J, Mumford RA, Hayman G, Edmondson R, Jones DR (2006). Effect of *Pepino mosaic virus* on the yield and quality of glasshouse-grown tomatoes in the UK. Plant Pathol. 55: 595-606.
- Sevik MA, Arli-Sokmen M (2012). Estimation of the effect of *Tomato spotted wilt virus* (TSWV) infection on some yield components of tomato. Phytoparasitica. 40: 87-93.
- TurkStat (2014). Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri. Erişim Adresi: <http://tuikapp.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul>
- Van der Vlugt RA, Stijger CM, Verhoeven JTJ, Lesemann DE (2000). First report of *Pepino mosaic virus* on tomato. Plant Dis. 84: 103-103.
- Yardımcı N, Çulal-Kılıç H, Urgan G (2014). Three emerging viruses affecting greenhouse tomato crops in West Mediterranean Region of Turkey: *Pepino mosaic virus* (PepMV), *Tomato spotted wilt virus* (TSWV) and *Tomato yellow leaf curl bigeminivirus* (TYLCV). In: 66. International Symposium on Crop Protection. May 20, Gent, Belgium, pp. 180-180.
- Yilmaz MA, Davis RF (1985). Identification of viruses infecting vegetable crops along the Mediterranean Sea coast in Turkey. J. Turk. Phytopath. 14: 1-8.