

Süs Bitkilerinde Görülen Viroid Kaynaklı Hastalıklar

Mehmet Zeki KIZMAZ*, **Semih ERKAN**, **İsmail Can PAYLAN**
Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, İzmir
*e-posta: mzekikizmaz@gmail.com

Geliş Tarihi/Received: 10.03.2016 Kabul Tarihi/Accepted: 21.11.2016

Öz: Viroidler dairesel biçimli tek iplikçikli RNA molekülünden oluşan virüs benzeri hastalık etmenleridir. Günümüze kadar değişik konukçularda tanımlanmış 32 viroid türünün bulunduğu belirtilmektedir. Viroidler hücrede yerleştikleri bölge ve genom yapısına göre *Pospoviridae* ve *Avsunviridae* olmak üzere 2 familyaya ayrılmaktadırlar. Viroidler tek yıllıklardan çok yıllık bitkilere kadar değişen, süs bitkilerini de kapsayan geniş bir konukçu dizisine sahiptirler. Süs bitkilerinde hastalık oluşturmalarına ek olarak, bazı viroidler bir kısım süs bitkisinde latent enfeksiyonlar meydana getirmektedir. Bu durumda, viroidlerin süs bitkileri vasıtasıyla daha geniş alanlara yayılması ve diğer kültür bitkilerine taşınabilmesi bu konuyu önemli kılmaktadır. Bu makale ile günümüze kadar süs bitkilerinde belirlenmiş viroidler konusunda bilgiler verilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Viroid, süs bitkileri, bitki, hastalık

Viroid-Induced Diseases in Ornamental Plants

Abstract: Viroids are circular, single-stranded RNA molecules which are virus-like pathogen. Up to now, it is mentioned that there are 32 viroid species defined on different host plants. They are divided into two families, *Pospoviridae* and *Avsunviridae*, depending on the region where they settled in the cell and genome structure. They have a wide host range ranging from perennials to annuals including ornamental plants. Besides they infected ornamental plants, certain viroids can cause latent infections in some of them. In this case, it is possible that the viroids could be spread on larger of areas and transmission to other crops by ornamental plants. This article intends to give information about the viroids identified in the ornamental plants to the present day.

Keywords: Viroid, ornamentals, plant, disease

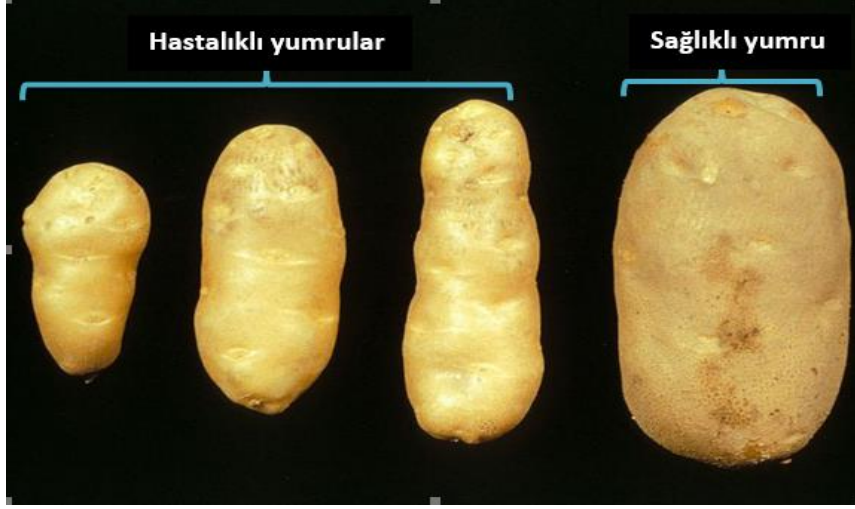
1. GİRİŞ

Viroidler 1970'lerin başlarında patates yumrularındaki belirtilerinden farkedilmiş ve daha sonra yeni bir patojen grubu oldukları anlaşılmıştır. Viroidler tek iplikçikli, dairesel biçimli bir RNA molekülünden oluştuğu bilinen en küçük bitki hastalık etmenleridirler. Basit yapılarına rağmen, viroidler kültür bitkilerinde ciddi ekonomik kayıplara neden olan hastalıklar meydana getirmektedirler. Viroidlerin moleküler yapısının bilinmesiyle, hastalık etmenlerinin teşhis ve tanısı için yeni ve güncel yöntemlere ihtiyaç duyulmuş ve sırasıyla PAGE (polyacrylamide gel electrophoresis), moleküler hibridizasyon ve RT-PCR (Reverse transcription-polymerase chain reaction) yöntemleri geliştirilmiştir. Günümüze kadar tarla bitkileri, bahçe bitkileri ve süs bitkilerini hastalandıran 32 viroid türünün olduğu saptanmıştır (ICTV, 2014). Teşhis ve tanı yöntemlerinin geliştirilmesiyle, viroid kaynaklı hastalıkların görüldüğü ülke sayısında artış görülmüştür. Süs bitkilerinde tespit edilen viroidlerin çoğu belirti meydana getirmeden latent olarak bulunsalar da, diğer kültür bitkilerine geçerek büyük zararlar meydana getirme potansiyeline sahip bulunmaktadır. Viroidlerin konukçusu olan süs bitkilerinin belirlenmesi ve hastalık epidemiyolojisindeki rollerinin anlaşılması etkili mücadele yöntemlerinin geliştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Bitki Hastalık Etmeni Viroidler

Bitkilerde viroidlere ilk kez 1970-1971 yıllarında patatesten virüslerden kaynaklandığı düşünülen bir hastalığın araştırılması sırasında rastlanmıştır. Araştırılan etmenin virüslerden farklı yapıya sahip olduğunun keşfedilmesiyle, bitki hastalık etmenlerine yeni bir grubun ilk üyesi olarak Potato spindle tuber viroid (PSTVd) eklenmiştir (Diener, 1972) (Şekil 1). Başlangıçta şüpheyle yaklaşılsa da, daha sonraki yıllarda *Citrus exocortis viroid* (CEVd)

(Semancik ve Weathers, 1972) ve *Chrysanthemum stunt viroid* (CSVd) (Diener ve Lawson, 1973) adlı viroidlerin tespit edilmesi ve takiben yapılan diğer çalışmalar viroidlerin bitkilerde hastalık etmeni olma kanısını desteklemiştir.



Şekil 1. PSTVd'nin patates yumrularındaki belirtisi (Owens ve Verhoeven, 2009)

Viroidler 246-401 nükleotid uzunluğunda, protein kodlama özelliğinden yoksun, dairesel biçimli ve tek iplikçikli RNA molekülünden oluşan, süs bitkilerini de kapsayan çok sayıda bitkiyi hastalandırabilen en küçük bitki patojenleri olarak bilinmektedir (Flores ve ark., 2004). Virüslerle aralarında dikkat çeken en önemli fark, viroid genomlarının protein kodlama özelliğine sahip olmamasıdır. Viroidler kendi kendilerine kodlama yapamazlar da, konukçu tarafından tanınmalarına ve replike olmalarını sağlayan bir yapıya sahiptirler.

Şimdiye kadar yapılan çalışmalarda, bitkilerde hastalıklara neden olan *Pospiviroidae* (Temsili üyesi PSTVd) familyasına bağlı 5 cins içinde 28 ve *Avsunviroidae* (Temsili Üyesi *Avocado sunblotch Viroid*, ASBVd) familyasına bağlı 3 cins içinde ise 4 tür olmak üzere toplam 32 viroid türü olduğu belirlenmiştir (ICTV, 2014) (Çizelge 1). PSTVd genomu bir merkezi korunmuş bölge içermekte ve çubuk veya yarı çubuk biçimli bir yapıya sahipken (Gross ve ark., 1978); ASBVd genomu ise bir merkezi korunmuş bölge içermemekte ve çekiç başı biçiminde veya dallanmış ikincil yapılar bulundurmaktadır (Hutchins ve ark., 1986). PSTVd hücre çekirdeğine lokalize olup replike olurken, ASBVd ise kloroplastlarda yerleşmekte ve replike olmaktadır. Bu ölçüt her iki familya üyeleri arasında ayırıcı bir özellik olarak kullanılmaktadır. Cinslerin ayrımı, diğer ölçütlerle birlikte merkezi korunmuş bölgenin niteliği ve çekiç başı yapısının morfolojisi dikkate alınarak yapılmaktadır (Flores, 2011).

Çizelge 1. Viroidlerin Sınıflandırması (ICTV, 2014)

Familiya Adı	Cins Adı	Tür Adı	Kısa Adı
Pospiviroidae	Apscaviroid	<i>Apple dimple fruit viroid</i>	ADFVd
		<i>Apple scar skin viroid</i>	ASSVd
		<i>Australian grapevine viroid</i>	AGVd
		<i>Citrus bent leaf viroid</i>	CBLVd
		<i>Citrus dwarfing viroid</i>	CDVd
		<i>Citrus viroid V</i>	CVd-V
		<i>Citrus viroid VI</i>	CVd-VI
		<i>Grapevine yellow speckle viroid 1</i>	GYSVd-1
		<i>Grapevine yellow speckle viroid 2</i>	GYSVd-2
		<i>Pear blister canker viroid</i>	PBCVd
		<i>Citrus bark cracking viroid</i>	CBCVd
		<i>Coconut cadang-cadang viroid</i>	CCCVd
		<i>Coconut tinangaja viroid</i>	CTVd
		<i>Hop latent viroid</i>	HLVd
Pospiviroidae	Coleviroid	<i>Coleus blumei viroid 1</i>	CbVd-1
		<i>Coleus blumei viroid 2</i>	CbVd-2
		<i>Coleus blumei viroid 3</i>	CbVd-3
	Hostuviroid	<i>Dahlia latent viroid</i>	DLVd
		<i>Hop stunt viroid</i>	HSVd
	Pospiviroid	<i>Chrysanthemum stunt viroid</i>	CSVd
		<i>Citrus exocortis viroid</i>	CEVd
		<i>Columnea latent viroid</i>	CLVd
		<i>Iresine viroid 1</i>	IrVd
		<i>Pepper chat fruit viroid</i>	PCFVd
		<i>Potato spindle tuber viroid</i>	PSTVd
		<i>Tomato apical stunt viroid</i>	TASVd
		<i>Tomato chlorotic dwarf viroid</i>	TCDVd
		<i>Tomato planta macho viroid</i>	TPMVd
Avsunviroidae		<i>Avsunviroid</i>	<i>Avocado sunblotch viroid</i>
	<i>Elaviroid</i>	<i>Eggplant latent viroid</i>	ELVd
	Pelamoviroid	<i>Chrysanthemum chlorotic mottle viroid</i>	CCMVd
		<i>Peach latent mosaic viroid</i>	PLMVd

*Adları koyu yazılan viroidler bulunduğu cinsin temsili üyeleridirler.

Moleküler yapıları bilinmeden ve nükleik asit temelli teknikler geliştirilmeden önce, viroidler görüldüğü doğal konukçularda ve uygun indikatör bitkilerinde meydana getirdiği belirtiler dikkate alınarak tanımlanmaktaydı. Ancak, bu yöntem çok fazla zaman ve işgücü gerektirmektedir. Viroidlerin küçük boyutlu, yoğun katlanabilen ve tek iplikçikli RNA'dan oluşukları gibi moleküler özelliklerinin bilinmesinden sonra, PAGE (Polyacrylamide gel electrophoresis) yöntemi kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntemde, izole edilen nükleik asitler iki aşamalı olarak %5'lik poliakrilamid jel içerisinde elektrostatik alandan geçirilerek ayrımı yapılmakta ve daha sonra etidyum bromidle boyanıp görüntülenmektedir. Böylece daha önce bilinen veya yeni viroidlerin varlığı ortaya konmaktadır. Viroidlerin in vivo şartlarda düşük miktarda bulunması nedeniyle, duyarlılığı daha yüksek nükleik asit temelli yöntemler kullanılmaya başlanmıştır. Moleküler hibridizasyon, radyoaktif veya kimyasal maddeyle işaretli RNA veya DNA problemleri kullanılarak viroidlerin belirlenmesine dayanmaktadır. Nükleik asit izolasyonu yapılabileceği (dot-blot) gibi, doğrudan taze bitki dokusunun (tissue printing) membrana uygulanması yoluyla da yapılabilmektedir. RT-PCR diğer yöntemlere göre daha duyarlı olan bir yöntemdir. Viroid RNA'sından reverse transcriptase enzimi kullanılarak cDNA elde edilmekte ve daha sonra cDNA'ya özgü primerler yardımıyla çoğaltılarak agaroz jelde görüntülenmektedir.

Viroidlerin uzak mesafelere taşınma ve yayılmasında en etkili yol bulaşık/enfekteli vejetatif üretim materyalleri ve tohumlar ile gerçekleşmektedir. Yakın mesafelere ise dezenfekte olmayan budama aletleri ve uygun ekolojik şartlar altında bazı yaprak bitleri ile taşınma rol oynamaktadır.

Süs Bitkilerinde Görülen Viroid Hastalıkları

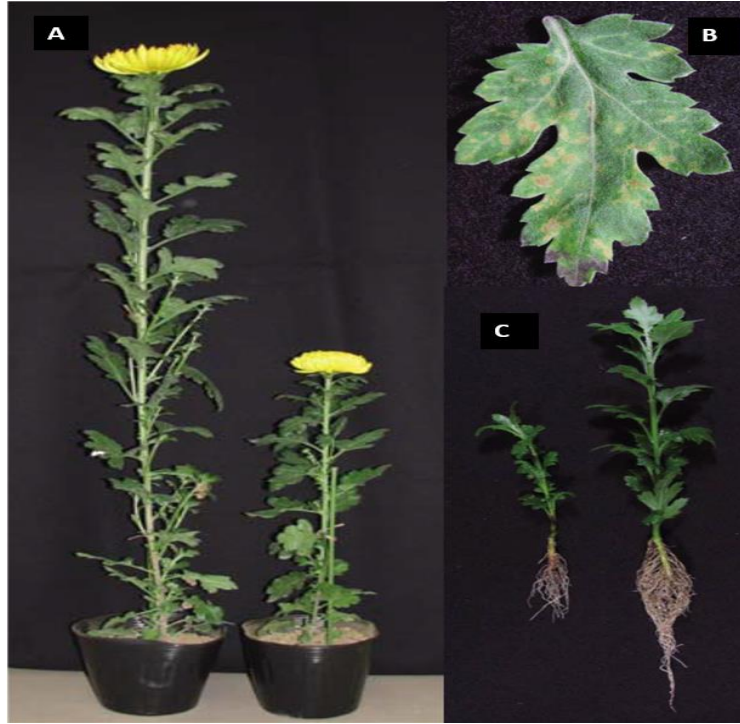
Chrysanthemum stunt viroid (CSVd)'in tespit edilmesi (Diener ve Lawson, 1973) ilk zamanlardan beri viroidlerin süs bitkileri ile birlikte bulunduğunu ortaya çıkarmaktadır. Dünya'da şimdiye kadar yapılmış çalışmalarda süs bitkilerinde 10 viroid türü olduğu saptanmıştır (Çizelge 2). Türkiye'de ise farklı kültür bitkilerinde *Potato spindle tuber viroid* (PSTVd), *Chrysanthemum stunt viroid* (CSVd), *Citrus exocortis viroid* (CEVd), *Hop stunt viroid* (HSVd), *Citrus cachexia viroid* (CCaVd), *Citrus viroid-III* ve *IV* (CVd-III ve CVd-IV), *Grapevine yellow speckle viroid-1* ve *2* (GYSVd-1 ve 2), *Avocado sunblotch viroid* (ASBVd) ve *Peach latent mosaic viroid* (PLMVd)'in varlığına rastlanmıştır (Şevik, 2015), bunlardan PSTVd, CSVd, CEVd ve HSVd'in süs bitkilerinde hastalık meydana getirdiği bilinmektedir (Çizelge 2).

Bitki hastalık etmeni viroidlerin konukçu sayıları familya ve türe göre değişkenlik göstermektedir. Genel olarak *Pospiviroidae* familyasına bağlı türlerin hastalandırabildiği bitki sayısının *Avsunviroidae* familyasına göre daha çok olduğunu söylemek mümkündür. Bunun yanında, aynı familya içerisindeki türlerin konukçu sayıları da değişkenlik gösterebilmektedir. Örneğin; *Pospoviroidae* familyasına mensup *Hop stunt viroid* (HSVd) tek yıllık otsu bitkilerden, süs bitkilerini de kapsayan odunsu bitkilere kadar olan geniş bir konukçu dizine sahipken, aynı familyadan *Coleus blumei viroid 1-6* (CBVd 1-6)'in konukçu dizisi *Coleus spp.* ile sınırlıdır. Konukçu sayısını belirleyen esas faktörler bilinmese de, krizantemde olduğu gibi her iki familyadan CSVd (Diener ve Lawson, 1973; Haseloff ve Symons, 1981) ve *Chrysanthemum chlorotic mottle viroid* (CChMVd) (Navarro ve Flores, 1997; Romaine ve Horst, 1975)'in değişik viroidlerin konukçusu olduğu durumlar da olabilmektedir (Çizelge 2).

Viroidlerin enfeksiyonu sonucunda bitkilerin yaprak, sürgün, gövde, çiçek ve meyve gibi farklı kısımlarında değişik tipte belirtiler ortaya çıkmakta, ayrıca büyüme ve gelişme de etkilenmektedir (Şekil 2 ve 3). Bu durum, ekonomik değeri büyük oranda çiçek ve yaprak gibi organlarına bağlı olan süs bitkileri açısından daha büyük önem taşımaktadır. Süs bitkilerindeki viroidlerin çoğunun belirti meydana getirmeden bulunması, bu etmenlerin üretim materyali ile fark edilmeden uzak mesafelere yayılabilmesine neden olmaktadır. Bazı viroidler ise bir konukçusunda belirti meydana getirirken, diğer konukçularında herhangi bir belirti oluşturmayabilmektedir (Çizelge 2).



Şekil 2. *Coleus spp.* bitkisinde CBVd'nin belirtisi. A: Enfekteli bitki ve B: Sağlıklı bitki (Chung ve Choi, 2008).



Şekil 3. Kasımpatı bitkisinde CSVd'nin belirtileri. A: Enfekteli bitki (sağda) ve sağlıklı bitki (solda). B: CSVd'nin yaprakta belirtisi. C: Zayıf kök gelişimi gösteren CSVd ile enfekteli bitki (solda) ve sağlıklı bitki (sağda) (Matsushita, 2013)

Çizelge 2. Süs Bitkilerinde Hastalık Meydana Getiren Viroidler, Konukçuları ve Belirtileri

Viroidin Adı	Konukçuları	Belirtileri	Kaynak
CSVd	<i>Chrysanthemum spp.</i>	Bodurlaşma; Yaş ağırlık, çiçek çapı ve bitki boyunda azalma; Erken çiçek açılması; Yapraklarda soluk beyaz lekeler	Dimock, 1947 Diener ve Lawson, 1973 Haseloff ve Symons, 1981
	<i>Ageratum spp.</i>		Henkel ve Sanger, 1995 Nakashima ve ark., 2007
	<i>Argyranthemum frutescens</i>		Menzel ve Maiss, 2000
	<i>Dahlia spp.</i>		Nakashima ve ark., 2007
	<i>Pericallis x hybrida</i>		Verhoeven, 2010
	<i>Petunia x hybrida</i>	Latent enfeksiyon	Brierley, 1953 Runia ve Peters, 1979 Verhoeven ve ark., 1998
	<i>Solanum jasminoides</i>		Verhoeven ve ark., 2006
	<i>Verbena spp.</i>		Bostan ve ark., 2004
	<i>Vinca major</i>		Bostan ve ark., 2004 Nie ve ark., 2005
CCMVd	<i>Chrysanthemum spp.</i>	Tüm bitkide kloroz ve bodurlaşma; Yapraklarda sarı-yeşil beneklenme; Çiçek gelişmesinde gecikme	Navarro ve Flores, 1997 Romaine ve Horst, 1975
CEVd	<i>Cestrum spp.</i>		Luigi ve ark., 2011
	<i>Glandularia pulchella</i>	Latent enfeksiyon	Singh ve ark., 2006
	<i>Impatiens sp.</i>		Bostan ve ark., 2004 Nie ve ark., 2005

	<i>Lycianthes rantonnetii</i>		Luigi ve ark., 2011
	<i>Petunia spp.</i>		Van Brunschot ve ark., 2014
	<i>Solanum jasminoides</i>		Verhoeven ve ark., 2008c
	<i>Verbena spp.</i>		Nie ve ark., 2005 Singh ve ark., 2006 Verhoeven ve ark., 2008a
CBVd-1			Fonseca ve ark., 1989 Spieker ve ark., 1990
CBVd-2			Spieker, 1996b
CBVd-3	<i>Coleus spp.</i>	Renk kaybı ve gelişme geriliği	Spieker, 1991
CBVd-4			Spieker, 1996a,b Hou ve ark., 2009b
CBVd-5			Hou ve ark., 2009a,b
CBVd-6			Hou ve ark., 2009a,b
	<i>Brunfelsia undulata</i>		Spieker, 1996a
	<i>Columnnea erythrophae</i>		Hammond ve ark., 1989
CLVd	<i>Gloxinia gymnostoma</i> <i>G. nematanthodes</i> <i>G. purpurascens</i> <i>Nematanthus wettsteinii</i>	Latent enfeksiyon	Nielsen ve Nicolaisen, 2010 Singh ve ark., 1992
HSVd	<i>Codiaeum spp.</i> <i>Hibiscus spp.</i>	Latent enfeksiyon	Hou ve ark., 2009a,b
IrVd	<i>Alternanthera sessilis</i> <i>Celosia plumosa</i> <i>Iresine herbstii</i> <i>Portulaca sp.</i> <i>Verbena sp.</i> <i>Vinca major</i>	Latent enfeksiyon	Hou ve ark., 2009a,b Verhoeven, 2010 Spieker, 1996c Verhoeven, 2010 Bostan ve ark., 2004 Nie ve ark., 2005 Bostan ve ark. 2004 Nie ve ark. 2005
PSTVd	<i>Brugmansia x candida</i> <i>Brugmansia x flava</i> <i>Brugmansia sanguinea</i> <i>Brugmansia suaveolens</i> <i>Calibrachoa sp.</i> <i>Cestrum spp.</i> <i>Datura sp.</i> <i>Lycianthes rantonnetii</i> <i>Petunia spp.</i>	Latent enfeksiyon	Verhoeven ve ark., 2008a Mertelik ve ark., 2009 Verhoeven ve ark., 2010b Verhoeven, 2010 Luigi ve ark., 2011 Verhoeven ve ark., 2010b Di Serio, 2007 Mertelik ve ark., 2009
TASVd	<i>Brugmansia sp.</i> <i>Cestrum spp.</i> <i>Lycianthes rantonnetii</i> <i>Solanum psuedocapsicum</i> <i>Solanum jasminoides</i> <i>Streptosolen jamesonii</i>	Latent enfeksiyon	Olivier ve ark., 2011 Verhoeven ve ark., 2008a Verhoeven ve ark., 2010a Spieker ve ark., 1996 Verhoeven ve ark., 2008c Verhoeven ve ark., 2010a
TCDVd	<i>Brugmansia sanguinea</i> <i>Petunia x hybrida</i> <i>Pittosporum tobira</i> <i>Verbena x hybrida</i> <i>Vinca minor</i>	Latent enfeksiyon	Verhoeven ve ark., 2010b Verhoeven ve ark., 2007 Verhoeven, 2010 Singh ve ark., 2006 Singh ve Dilworth, 2009

2. SONUÇ VE ÖNERİLER

Viroidlerin tek yıllık otsu bitkilerden çok yıllık odunsu bitkilere kadar değişen ve süs bitkilerini kapsayan geniş bir konukçu dizisi bulunmaktadır. Hastalandırdıkları bitkilerde

viroidin türü, konukçunun türü ve çevre şartlarına bağlı olarak değişik belirtiler meydana gelmekte veya ortaya çıkmamakta ve sonuçta ekonomik kayıplar ortaya çıkmaktadır.

Viroidlere karşı doğrudan mücadele yöntemleri bulunmadığından, daha çok sağlıklı bitki yetiştirilmesi ve viroidlerin bulaşmasını engelleyici tedbirler tercih edilmektedir. Süs bitkileri yetiştiriciliğinde kullanılacak üretim materyallerinin (tohum, soğan, kalem, çelik vb.) viroidlerden ari olmasına dikkat edilmelidir. Yüksek sıcaklıkların viroidlerin çoğalmasını ve belirti oluşumunu desteklediği bilinmektedir (Carbonell ve ark., 2008; Sängner ve Ramm, 1975). Bu nedenle, süs bitkileri yetiştiriciliğinin yapıldığı seraların iyi havalandırılması ihmal edilmemelidir. Viroidler düşük sıcaklık uygulaması ve meristem kültürü ile elimine edilebilmektedirler (Adams ve ark., 1996; Lizárraga ve ark., 1980). Bu özellikten faydalanarak viroidlerden ari bitkiler yetiştirilebilmesi mümkün olabilmektedir. Viroidlerin yıldan yıla veya aynı yıl içerisinde bitkiden bitkiye ve alandan alana taşınmasını engellemek için yabancı otlar ve vektörlere karşı etkili mücadele yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Adams, A.N., Barbara, D.J., Morton, A. and Darby, P. 1996. The experimental transmission of hop latent viroid and its elimination by low temperature treatment and meristem culture. *Ann. Appl. Biol.*, 128, 37-44.
- Bostan, H., Nie, X. and Singh, R.P. 2004. An RT-PCR primer pair for the detection of pospiviroid and its application in surveying ornamental plants for viroids. *J. Virol. Methods*, 166, 189-193.
- Brierley, P. 1953. Some experimental hosts of the chrysanthemum stunt virus. *Plant Dis. Repr.*, 37, 343-345.
- Carbonell, A., Martínez de Alba, A.E., Flores, R. and Gago, S. 2008. Double-stranded RNA interferes in a sequence-specific manner with infection of representative members of the two viroid families. *Virology*, 371, 44-53.
- Chung, B.N. and Choi, G.S. 2008. Incidence of *Coleus blumei* viroid 1 in seeds of commercial *Coleus* in Korea. *Plant Pathol. J.*, 24 (3), 305-308.
- Diener, T.O. 1972. Potato spindle tuber viroid VIII. Correlation of infectivity with a UV absorbing component and thermal denaturation properties of the RNA. *Virology*, 50, 606-609.
- Diener, T.O. and Lawson, R.H. 1973. Chrysanthemum stunt: a viroid disease. *Virology*, 51, 94-101.
- Dimock, A.W. 1947. Chrysanthemum stunt. *NY State Flower Growers Bull.*, 26, 2.
- Di Serio, F. 2007. Identification and characterization of Potato spindle tuber viroid infecting *Solanum jasminoides* and *S. rantonneti* in Italy. *J. Plant Pathol.*, 89, 297-300.
- Flores, R. 2011. Viroids in Ornamentals. *Acta Hort.*, 901, 23-34.
- Flores, R., Delgado, S., Gas, M.E., Carbonell, A., Molina, D., Gago, S. and De la Pena, M., 2004. Viroids: the minimum noncoding RNAs with autonomous replication. *FEBS Letters*, 567, 42-48.
- Fonseca, M.E.N., Boitteux, L.S., Singh, R.P. and Kitajima, E.W. 1989. A small viroid in *Coleus* species from Brazil. *Fitopatol. Bras.*, 14, 94-96.
- Gross, H.J., Domdey, H., Lossow, C., Jank, P., Raba, M., Albery, H. and Sängner, H.L. 1978. Nucleotide sequence and secondary structure of potato spindle tuber viroid, *Nature*, 273, 203-208.
- Haseloff, J. and Symons, R.H. 1981. Chrysanthemum stunt viroid: primary sequence and secondary structure. *Nucl. Acids Res.*, 12, 2741-2752.
- Hammond, R., Smith, D.R. and Diener, T.O. 1989. Nucleotide sequence and proposed secondary structure of *Columnea latent viroid*: a natural mosaic of viroid sequences. *Nucl. Acids Res.*, 17: 10083-10094.
- Henkel, J. and Sanger, H.L. 1995. GenBank Accession Z68201.
- Hou, W.Y., Sano, T., Li, S.F., Li, F., Li, L. and Wu, Z.J. 2009a. Identification and characterization of a new *Coleoviroid* (CbVd-5). *Arch. Virol.*, 154, 315-320.
- Hou, W.Y., Li, S.F., Wu, Z.J., Jiang, D.M. and Sano, T. 2009b. *Coleus blumei* viroid 6: a new tentative member of the genus *Coleoviroid* derived from natural genome shuffling. *Arch. Virol.*, 154, 993-997.
- Hutchins, C., Rathjen, P.D., Forster, A.C. and Symons, R.H. 1986. Self-cleavage of plus and minus RNA transcripts of avocado sunblotch viroid. *Nucl. Acids Res.*, 14, 3627-3640.
- ICTV 2014. International Committee on Taxonomy of Viruses. *Virus Taxonomy: 2014 Release*. Erişim: [<http://www.ictvonline.org/virusTaxonomy.asp>] Erişim Tarihi: 18.01.2016

- Lizárraga, R.E., Salazar, L.F., Roca, W.M. and Schilde-Rentschler, L. 1980. Elimination of potato spindle tuber viroid by low-temperature and meristem culture. *Phytopathology*, 70, 754-755.
- Luigi, M., Luison, D., Tomassoli, L. and Faggioli, F. 2011. Short communication natural spread and molecular analysis of pospiviroids infecting ornamentals in Italy. *J. Plant Pathol.*, 93(2), 1-5.
- Matsushita, Y. 2013. Chrysanthemum Stunt Viroid. *Japan Agric.Res.Quarterly*, 47 (3), 237-242.
- Menzel, W. and Maiss, E. 2000. Detection of Chrysanthemum stunt viroid (CSVd) in cultivars of *Argyranthemum frutescens* by RT-PCR-ELISA. *J. Plant Disease Protect.* 107, 548-522.
- Mertelik, J., Kloudova, K., Cervena, G., Necekalova, J., Mikulkova, H., Levkanicova, Z., Dedic, P. and Ptacek, J. 2009. First report of *Potato spindle tuber viroid* (PSTVd) in *Brugmansia spp.*, *Solanum jasminoides*, *Solanum muricatum* and *Petunia spp.* in the Czech Republic. *New Disease Reports* 19 (February-August).
- Nakashima, A., Hosokawa, M., Maeda, S. and Yazawa, S. 2007. Natural infection of Chrysanthemum stunt viroid in dahlia plants. *J. Gen Plant Pathol.*, 73, 225-227.
- Navarro, B. and Flores, R. 1997. Chrysanthemum chlorotic mottle viroid: unusual structural properties of a subgroup of self-cleaving viroids with hammerhead ribozymes. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 94, 11262-11267.
- Nie, X., Singh, R.P. and Bostan, H. 2005. Molecular cloning, secondary structure, and phylogeny of three pospiviroids from ornamental plants. *Can J. Plant Pathol.*, 27, 592-602.
- Nielsen, S.L. and Nicolaisen, M. 2010. First report of *Columnea latent viroid* (CLVd) in *Gloxinia gymnostoma*, *G. nematanthodes* and *G. purpurascens* in a botanical garden in Denmark. *New Disease Reports*, 22, 4.
- Olivier, T., Demonty, E., Govers, J., Belkheir, K. and Steyer, S. 2011. First report of a *Brugmansia sp.* infected by Tomato apical stunt viroid in Belgium. *Plant Dis.*, 95, 495.
- Owens, R.A. and Verhoeven, J.Th.J. 2009. Potato spindle tuber. *The Plant Health Instructor*, DOI:10.1094/PHI-I-2009-0804-01.
- Romaine, C.P. and Horst, R.K. 1975. Suggested evidence for viroid etiology of chrysanthemum chlorotic mottle disease. *Virology*, 64, 86.
- Runia, W.T. and Peters, D. 1979. The response of plant species used in agriculture and horticulture to viroid infections. *J. Plant Pathol.*, 86, 135-146.
- Sänger, H.L. and Ramm, K. 1975. Radioactive labeling of viroid RNA. "Alınmıştır: Modification of the Information Content of Plant Cells. (eds.) Markham R., Davies D.R., Hopwood D.A., and Horne R.W., North Holland, Amsterdam, The Netherlands, 299-252.
- Semancik, J.S. and Weathers, L.G. 1972. Exocortis disease: evidence for a new species of "infectious" low molecular weight RNA in plants. *Nature New Biol.*, 237, 242-244.
- Singh, R.P. and Dilworth, A.D. 2009. Tomato chlorotic dwarf viroid in the ornamental plant *Vinca minor* and its transmission through tomato seed. *Eur. J. Plant Pathol.*, 123, 111-116.
- Singh, R.P., Lakshman, D.K., Boucher, A. and Tavantzis, S.M. 1992. A Viroid from *Nematanthus wettsteinii* plants closely related to *Columnea latent viroid*. *J. Gen. Virol.*, 73, 2769-2774.
- Singh, R.P., Dilworth, A.D., Baranwal, V.K. and Gupta, K.N. 2006. Detection of Citrus exocortis viroid, Iresine viroid and Tomato chlorotic dwarf viroid in new ornamental host plants in India. *Plant Dis.*, 90, 1457.
- Spieker, R.L. 1996a. A viroid from *Brunfelsia undulata* closely related to the *Columnea latent viroid*. *Arch. Virol.* 141, 1823-1832.
- Spieker, R.L. 1996b. In vitro-generated 'inverse' chimeric *Coleus blumei* viroids evolve in vivo into infectious RNA replicons. *J. Gen. Virol.*, 77, 2839-2846.
- Spieker, R.L. 1996c. The molecular structure of Iresine viroid, a new viroid species from *Iresine herbstii* ('beefsteak plant'). *J. Gen. Virol.*, 77, 2631-2635.
- Spieker, R.L., Haas, B., Charng, Y.C., Freimuller, K. and Sanger, H.L. 1990. Primary and secondary structure of a new viroid 'species' (CbVd1) present in the *Coleus blumei* cultivar 'Bienvenue'. *Nucl. Acids Res.* 18, 3998.
- Spieker, R.L. 1991. A new class of viroids in *Coleus blumei*: sequencing, cloning, structure/function-analysis by site-directed mutagenesis and expression in *Nicotiana tabacum*. *Karlsruhe Contr. Plant Physiol.*, 22, 1-226.
- Spieker, R.L., Marinkovic, S. and Sanger H.L. 1996. A viroid from *Solanum pseudocapsicum* closely related to the Tomato apical stunt viroid. *Arch. Virol.*, 141, 1387-1395.
- Şevik, M.A. 2015. Viroidler ve Türkiye'de Saptanan Viroid Hastalık Etmenleri. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 2, 63-68.

- Van Brunschot, S.L., Persley, D.M., Roberts A. and Thomas, J.E. 2014. First report of pospiviroids infecting ornamental plants in Australia: Potato spindle tuber viroid in *Solanum laxum* (synonym *S. jasminoides*) and Citrus exocortis viroid in *Petunia* spp. *New Disease Reports* 29, 3.
- Verhoeven, J.T.J. 2010. Identification and epidemiology of pospiviroids. PhD thesis, Wageningen University, The Netherlands, 136 pp.
- Verhoeven, J.T.J., Arts, M.S.J., Owens, R.A. and Roenhorst, J.W. 1998. Natural infection of petunia by chrysanthemum stunt viroid. *Eur. J. Plant Pathol.*, 104:383-386.
- Verhoeven, J.T.J., Jansen, C.C.C. and Roenhorst, J.W. 2006. First report of Potato virus M and Chrysanthemum stunt Viroid in *Solanum jasminoides*. *Plant Dis.*, 90, 1359.
- Verhoeven, J.T.J., Jansen, C.C.C., Werkman, A.W. and Roenhorst, J.W. 2007. First report of Tomato chlorotic dwarf viroid in *Petunia hybrida* from the United States of America. *Plant Dis.*, 91, 324.
- Verhoeven, J.Th.J., Jansen, C.C.C. and Roenhorst, J.W. 2008a. First report of pospiviroids infecting ornamentals in the Netherlands: Citrus exocortis viroid in *Verbena* sp., Potato spindle tuber viroid in *Brugmansia suaveolens* and *Solanum jasminoides* and Tomato apical stunt viroid in *Cestrum* sp. *Plant Pathol.*, 57, 399.
- Verhoeven, J.Th.J., Jansen, C.C.C. and Roenhorst, J.W. 2008b. *Streptosolen jamesonii* 'Yellow', a new host plant of Potato spindle tuber viroid. *Plant Pathol.*, 57, 399.
- Verhoeven, J.Th.J., Jansen, C.C.C., Roenhorst, J.W., Steyer, S., Schwind, N. and Wassenegger, M. 2008c. First report of *Solanum jasminoides* infected by Citrus exocortis viroid in Germany and the Netherlands and Tomato apical stunt viroid in Belgium and Germany. *Plant Dis.*, 92, 973
- Verhoeven, J.Th.J., Botermans, M., Jansen, C.C.C. and Roenhorst, J.W. 2010a. First Report of Tomato apical stunt viroid in the symptomless hosts *Lycianthes rantonnetii* and *Streptosolen jamesonii* in the Netherlands. *Plant Dis.*, 94, 791.
- Verhoeven, J.Th.J., Jansen, C.C.C., Botermans, M. and Roenhorst, J.W. 2010b. Epidemiological evidence that vegetatively propagated, solanaceous plant species act as sources of Potato spindle tuber viroid inoculum for tomato. *Plant Pathol.*, 59, 3-12.