

## **Derleme (Review)**

# **Virüs vektörü nematodlar**

Nematodes as virus vectors

**İbrahim MISTANOĞLU<sup>1</sup>**

**Galip KAŞKAVALCI<sup>1\*</sup>**

## **Summary**

Nematodes cause damages to many plants directly by sucking plants content or indirectly by transmitting some viruses or by providing the entrance to other plant disease agents to the root tissues. Nematode species belonging to the families of Xiphinematidae, Longidoridae, Trichodoridae and Paratrichodoridae particularly play an important role as vectors of plant viruses. In this work, the studies related to the nematodes as vectors of virus diseases, the process of the acquisition, retention and release of viruses by vector nematodes utilization of knowledge in plant protection area were reviewed.

**Key words:** Nematode, virus, transmission, vector, plant

## **Özet**

Nematodlar birçok bitkide, doğrudan özsuynunu emerek ya da dolaylı olarak bazı virüslerin taşınmaları veya diğer bazı hastalık etmenlerinin açtıkları yaralardan girişlerini sağlayarak zarara yol açmaktadırlar., Xiphinematidae, Longidoridae, Trichodoridae ve Paratrichodoridae familyalarına ait bazı nematod türleri bitki virüslerine vektörlük yapmaktadır. Bu çalışmada, virüslere vektörlük yapan nematodlar, bu nematodların virüsleri alma, taşıma ve bulaştırma süreçlerinin yanısıra bu bilgilerden bitki koruma alanında yararlanılması ile ilgili yapılan çalışmalar derlenerek verilmiştir.

**Anahtar sözcükler:** Nematod, virüs, taşınma, vektör, bitki

<sup>1</sup> Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 35100, Bornova, İzmir

\* Sorumlu yazar (Corresponding author) e.posta: galip.kaskavalcı@ege.edu.tr

Alınış (Received): 01.02.2013

Kabul ediliş (Accepted): 11.07.2013

## Giriş

Bitki paraziti nematodlar ile virüslerin taşındığına dair ilk çalışma, *Grapevine fanleaf nepovirus* (GFLV) (Comoviridae; Nepovirus)' un *Xiphinema index* Thorne & Allen 1950 (Dorylaimida: Xiphinematidae) ile taşındığını bulan Hewitt et al. (1958) tarafından yapılmıştır. Bu çalışma toprak kökenli virüsler ile vektörü nematodların araştırılması üzerine yapılan çalışmaları arttırmıştır. Her iki organizmanın da taksonomisi, biyolojisi ve ekolojisi birçok açıdan araştırılmıştır (Lamberti et al., 1975).

Pratikte bütün nematodlar, virüsle bulaşık bitkilerde beslenir ve virüs parçalarını vücutlarına alırlar. Ancak, saptanan 2600 bitki paraziti nematod türünden sadece 29 türün, virüsleri naklettikleri tespit edilmiştir. Bunlar, Dorylaimida takımının Xiphinematidae, Longidoridae ve Trichodoridae familyalarına dâhildir. Xiphinematid, Longidorid ve Trichodorid nematodların hepsi, hem tek, hem de çok yıllık bitkilerin köklerinde ektoparazit olarak yaşarlar ve virüs transferine ek olarak üründe doğrudan zarara da neden olmaktadır (Weischer, 1993).

Xiphinematidae familyasından *Xiphinema* cinsine ait 172 türden 9' u ve Longidoridae familyasından *Longidorus* cinsine ait 83 türden 8' i virüs vektörü olarak bilinmekte, *Paratrichodorus* ve *Trichodorus* cinslerine ait 50 türden ise 12' si virüs vektörü olarak bulunmuştur (Brown & Trudgill, 1998). Bu rakamların nakil tekniklerindeki ve taksonomideki incelemelerin devam etmesiyle değişeceği düşünülmektedir.

Türkiye'de bugüne kadar başarıya ulaşmış bir bitki virüs hastalığı mücadele programı oluşturulamamıştır. Bunun doğal sonucu olarak virüs hastalıkları bitkilerin ömürlerinin kısılmasına, ürünün kalitesinde azalmalara, generatif sürenin ve materyallerin azalmasına, aşı tutma oranının azalmasına ve aynı zamanda ürünlerde şeker içeriğinin, dolayısıyla da pazar değerinin düşmesine neden olmaktadır (İnal, 1983; Martelli & Savino, 1988; Özasan et al., 1991; Akbaş et al., 1993). Üreticiler için asıl sorunu virüs vektörü nematodlar oluşturmakta ve bunların sayesinde virüsler çok uzun yıllar toprakta varlığını sürdürebilmektedirler (Derek & Stuart, 2001). Bu çalışmada virüs vektörü organizmaları ve bu organizmalar içerisinde nematodların yeri ve önemi özetlenerek derlenmiştir.

### Nematodlar hakkında genel bilgiler

Nematodlar, toprakta yaşayan ve ayrıca 100 milyar birey/ha ile dünyada en yaygın canlı gruplarından birisidir (Trudgill, 1998). Birçok türü bitkilerin çeşitli kısımlarında beslenir ve zararlı olurlar. Bitkilerde beslenen ve zarar yapan bu gibi nematodlara " bitki paraziti nematodlar " adı verilir.

Bitki paraziti nematodlar biyolojilerine göre 3 esas gruba ayrılırlar (Hussey & Grundler, 1998):

**a- Endoparazit nematodlar:** Bitki dokuları içinde gelişmelerini tamamlayan ve genellikle doku içine yumurta bırakan nematodlardır. Çoğunluğu bitki köklerinde yaşadığı gibi bazı türleri konukçu bitkilerin sap, gövde, yaprak, çiçek ve tohumları içinde yaşar ve beslenirler.

**b- Ektoparazit nematodlar:** Kök sisteminin dışında, toprak içinde yaşayan ve stiletlerini rastgele bitki dokularına batırmak suretiyle gerekli besini alan nematodlardır.

Yukarıda 2 grup altında toplanmış olan bitki paraziti nematodlar ayrıca kendi içinde her biri 2 alt gruba ayrılır:

**i-Kalıcı nematodlar:** Gelişmesinin herhangi bir döneminde kendisini konukçu bitkiye sabitleyip yer değiştirmeyen nematodlardır.

**ii-Göç edici nematodlar:** Larva veya ergin döneminde konukçuyu terk edip göç eden nematodlardır.

### Nematodlarla taşınan virüsler

Nematodlarla taşınan virüsler, Nepovirüsler ve Tobravirüsler (Netuvirüsler) olarak 2 farklı gruba ayrılırlar. Partikülleri çok düzlemlili olan nepovirüsler, Cadman (1963) tarafından **NE**matode transmission and **PO**lyhedral particle shape'den isimlendirilmiştir. Partikülleri çubuk şeklinde olan tobravirüsler ise, Harrison et al. (1971) tarafından **TOB**acco **RA**ttle virüsün ilk harfleri alınarak isimlendirilmiştir. Bu iki grup dışında, domuzlardaki "influenza" virüsü, domuz akciğer nematodu *Ascaris lumbricoides* Linnaeus 1758 (Ascaridida: Ascarididae) diye adlandırılan nematod tarafından taşınmakta olup, hayvansal kaynaklı virüslere örnek olarak gösterilmektedir (Jerkins & Taylor, 1967).

Deneysel olarak, diğer virüsler de nematodlar vasıtasıyla taşınabilmektedir. Fakat yapılan biyolojik araştırmalar sonucu nepovirüslerin Longidoridae familyaları tarafından, tobravirüslerin ise sadece Trichodoridae familyası tarafından taşındığı saptanmıştır. Nepovirüs ve Tobravirüs partikülleri, hem larva hem de ergin nematod bireyleri tarafından taşınabilmektedir (Macfarlane, 1999).

Özellikle nepovirüsler verim ve kalite kaybına neden olan önemli hastalık etmenleridir (Martelli & Taylor, 1989). Virüsler infeksiyondan çok uzun zaman sonra çevre, konukçu ve patojen ilişkilerine bağlı olarak gözle görülebilir semptomlar ya da latent olarak infeksiyon oluşturabilirler. Bu durumda bitkilerin virüs ya da virüslerle bulaşık olup olmadıkları detaylı laboratuvar çalışmalarıyla ortaya konulabilmektedir.

Tobravirüs ve Nepovirüslerin sahip oldukları sarmal yapıdaki viral nükleik asitler farklı polariteye (yüke) sahiptir. Bu durum (+) ya da (-) sense olarak ifade edilmektedir. Dolayısıyla bu virüsler, pozitif sense, iki parçalı, tek sarmal RNA'ya sahiptir (ssRNA) (+). Bu virüsler, birisi büyük (RNA1), diğerisi ise küçük (RNA2) ayrı ayrı özellikleri kontrol eden 2 genomik RNA'dan oluştuğu bilinmektedir. Bunlardan RNA1 konukçu dizisinin belirlemesi, semptomlar ve tohumla taşınma özelliklerini belirlerken, RNA2 protein kılıf, serolojik olaylar ve vektör nematodlarla özelleşmeyi belirlemektedir (Murant, 1981).

### Virüs Vektörü Olarak Bitki Paraziti Nematodlar

Tüm bitki paraziti nematodların bitkilerde beslenmelerine ve virüs partiküllerini vücutlarına almalarına karşın, virus vektörü olarak tespit edilen nematodlar, *Xiphinema*, *Longidorus*, *Trichodorus* ve *Paratrachodorus* cinslerine ait toplam 305 türden sadece 29 ile sınırlıdır (Brown & Trudgill, 1998). Bu vektör nematodların tamamı göç edici-ektoparazit nematodlardır (Dijkstra & Khan, 2002) (Çizelge 1).

*Xiphinema*, *Longidorus* ve *Paralongidorus* cinslerine ait nematod türleri, diğer türlere göre daha uzun vücut yapısına sahiptir. *Trichodorus*'ların aksine stilet'ler bu türlerde oldukça uzun olup yaklaşık 60-250 µm civarındadır. Bu nedenle beslenme esnasında bitki dokularının iletim demetlerine kadar ulaşabilirler ve bitki öz suyunu emerek beslenirler. Zararları çoğunlukla apikal meristem uçlarında hiperplasia (hücre sayısında artma), kök ucu gal oluşumu ve yan kök bodurlaşmaları şeklinde gözlemlenebilir.

Buna karşın, *Paratrachodorus* ve *Trichodorus* cinsleri içerisinde bulunan nematodların vücut uzunluğu 0,5-2 mm kadar olup, 20-80 µm uzunluğunda stilet'e sahiptirler. Bu yüzden de bitkilerin kılcal köklerinin epidermis hücrelerinde beslenebilirler. Beslenme sonucunda küt kök ve kök nekrozlarına sebep olurlar (Christie & Perry, 1951).

Çizelge 1. Virüs vektörü nematod türleri ile bu türlerin taşıdığı virüsler ve taşınım şekilleri (Brown &amp; Trudgill, 1998; Dijkstra &amp; Khan 2002; MacFarlane et al., 2002)

| Familiya  | Nematod türü                                 | Taşıdığı virüs  | Taşınma şekli           |                                       |                        |
|---|--|---|-------------------------|---------------------------------------|------------------------|
| Trichodoridae   | <i>Paratrichodorus pachydermus</i> Seinhorst | Pea early browning virus (PEBV)<br>Tobacco rattle virus (TRV)               | Non-persistent taşınım  |                                       |                        |
|   | <i>Paratrichodorus allius</i> Jensen         | Tobacco rattle virus (TRV)  |                         |                                       |                        |
|   | <i>Paratrichodorus anemones</i> Loof         | Pea early browning virus (PEBV)<br>Tobacco rattle virus (TRV)               |                         |                                       |                        |
|   | <i>Paratrichodorus hispanus</i> Roca & Arias | Tobacco rattle virus (TRV)  |                         |                                       |                        |
|   | <i>Paratrichodorus minor</i> Colbran         | Pepper ringspot virus (PepRSV)<br>Tobacco rattle virus (TRV)                |                         |                                       |                        |
|   | <i>Paratrichodorus teres</i> Hooper          | Pea early browning virus (PEBV)<br>Tobacco rattle virus (TRV)               |                         |                                       |                        |
|   | <i>Paratrichodorus tunisiensis</i> Siddiqi   | Tobacco rattle virus (TRV)  |                         |                                       |                        |
|   | <i>Paratrichodorus nanus</i> Allen           | Tobacco rattle virus (TRV)  |                         |                                       |                        |
|   | <i>Trichodorus cylindricus</i> Hooper        | Pea early browning virus (PEBV)<br>Tobacco rattle virus (TRV)               |                         |                                       |                        |
|   | <i>Trichodorus primitivus</i> De Man         | Pea early browning virus (PEBV)<br>Tobacco rattle virus (TRV)               |                         |                                       |                        |
|   | <i>Trichodorus similis</i> Seinhorst         | Tobacco rattle virus (TRV)  |                         |                                       |                        |
|   | <i>Trichodorus viruliferus</i> Hooper        | Pea early browning virus (PEBV)<br>Tobacco rattle virus (TRV)               |                         |                                       |                        |
|   | Longidoridae                                 | <i>Longidorus arthensis</i> Brown & al.                                     |                         | Cherry rosette virus (CRV)            | Non-persistent taşınım |
|   |  | <i>Longidorus apulus</i> Lamberti & Bleve-Zacheo                            |                         | Artichoke italian latent virus (AILV) |                        |
| <i>Longidorus attenuatus</i> Hooper                   |  | Tomato black ring virus (TBRV)<br>Raspberry ringspot virus (RpRSV)          |                         |                                       |                        |
| <i>Longidorus elongatus</i> De Man                    |  | Tomato black ring virus (TBRV)  |                         |                                       |                        |
| <i>Longidorus fasciatus</i> Roca & Lamberti           |  | Artichoke italian latent virus (AILV)                                       |                         |                                       |                        |
| <i>Longidorus macrosoma</i> Hooper                    |  | Raspberry ringspot virus (RpRSV)  |                         |                                       |                        |
| <i>Longidorus martini</i> Merny                       |  | Mulberry ringspot virus (MRSV)  |                         |                                       |                        |
| <i>Longidorus diadecturus</i> Eveleigh & Allen        |  | Peach rosette mosaic virus (PRMV)<br>Cherry rasp leaf virus (CRLV)          |                         |                                       |                        |
| <i>Xiphinema americanum</i> Cobb                      |  | Peach rosette mosaic virus (PRMV)<br>Tobacco ringspot virus (TRSV)          |                         |                                       |                        |
| <i>Xiphinema bricolense</i> Ebsary, Vrain & Graham    |  | Tomato ringspot virus (ToRSV)   |                         |                                       |                        |
| <i>Xiphinema californicum</i> Lamberti & Bleve-Zacheo |  | Tomato ringspot virus (ToRSV)<br>Cherry rasp leaf virus (CRLV)              |                         |                                       |                        |
| <i>Xiphinema index</i> Thorne & Allen                 |  | Tobacco ringspot virus (TRSV)   |                         |                                       |                        |
| <i>Xiphinema intermedium</i> Lamberti & Bleve-Zacheo  |  | Tomato ringspot virus (ToRSV)<br>Tomato ringspot virus (ToRSV)              |                         |                                       |                        |
| <i>Xiphinema rivesi</i> Dalmaso                       |  | Cherry rasp leaf virus (CRLV)<br>Tobacco ringspot virus (TRSV)              |                         |                                       |                        |
| <i>Xiphinema tarjanense</i> Lamberti & Bleve-Zacheo   |  | Tomato ringspot virus (ToRSV)   |                         |                                       |                        |
| <i>Xiphinema italiae</i> Meyl                         |  | Tomato ringspot virus (ToRSV)<br>Grapevine fanleaf virus (GFLV)             |                         |                                       |                        |
| <i>Xiphinema diversicaudatum</i> Mikoletzky           |  | Arabidopsis mosaic virus (ArMV)<br>Strawberry latent ringspot virus (SLRSV) | Semi-persistent taşınım |                                       |                        |

## Vektör Nematod - Virüs İlişkileri

Son yıllarda virüs-vektör ilişkileri konusunda biyolojik, biyokimyasal ve moleküler çalışmalarda bitki virüsleri arasında taşınma mekanizmalarının genom tipi, partikül morfolojisi ve viral proteinin, bazı özelliklerin ortaya çıkmasına neden olan kodlarına bağlı olmaksızın farklılıklar bulunduğu tespit edilmiştir. Taşınma genellikle virüslerin vektörlerine özelleşmesinin derecesiyle karakterize edilmiştir. Virüslerin vektörlerine özelleşmesinin, virüslerin bağlandığı vektör reseptörleriyle olan etkileşimleri sonucu olabileceği bu bağlamda virüslerin taşınmasını belirleyen kalıtsal materyallerle, nematodların beslenme bölgesindeki spesifik reseptörler arasındaki karışıklığın, virüslerin nematodlar tarafından taşınımındaki

etkinliği azalttığı belirtilmektedir (Macfarlane,1999; Schellenberger et. al., 2011). Virüsler ve vektör nematodlar arasında spesifik bir ilişki söz konusu olduğu, her nematod türünün her virüsü taşımadığı, ancak bazı virüs izolatlarının bazı nematod türleriyle taşınabildiği bildirilmektedir (Macfarlane, 1999). Örneğin TRV izolatları *Paratrichodorus pachydermus* ile taşınmakta ve bu taşınım da RNA2 sekans kombinasyonu önemli rol oynamaktadır. TRV PpK20 izolatının RNA2 üzerinden 3 gen ( Kapsid protein= CP, 2b, 2c) kodlanmakta ve bunlardan taşınmada 2b geni rol oynamaktadır. Bu genin etkisiz kılınması sonucu TRV PpK20 ve TRV PaY4 izolatlarının nematodlarla taşınması engellemiştir (Hernandez et al., 1997; Vassilakos et al., 2001). Bitki patojeni virüsler ile vektörü olan nematodlar arasındaki ilişkileri alını m, taşınım ve bulaştırma süreçleri açısından incelemek mümkündür:

### **Bitki virüslerinin nematodlar tarafından alını m süreçleri**

Nematodlar, kök yüzeyinde uygun noktayı bulduktan sonra stiletlerini hızlıca 2 ya da 3 hücre kalınlığında köke sokup çıkartırlar. Osephagal bezlerdeki salgı, hücre içeriği sindirilmeden önce stiletten hücre içine boşaltılır. Beslenme sırasında beslendikleri bölgede salgılarını arka arkaya boşaltabilir ve sindirimine saatlerce devam edebilirler (Weischer & Wyss, 1976). Nematodların beslenmesi sırasında bitki hücresinin içeriği, oesophagal bulb' un kaslarının kasılmasıyla alınır. Bulb ayrıca, salgı bezlerini içerir ve beslenmenin durduğu anda dorsal bezlerin içerdiği salgıyı konukçunun içine enjekte eder (Wyss, 1977; Trudgill et al. 1991). Stilet, bitkiye girmeden önce oesophagus' un daralmasından oluşan lümen boyunca geçen dorsal bezlerin bu salgıları gallere ve hücrelerin yapıcı bozulmasına yol açar.

Virüs vektörü nematodlar virüslü bitkilerin sitoplazmasını sindirirken virüsü vücutlarına alırlar. Virüsü vücuda almak için kısa bir süre yeterlidir. Örneğin *X. index*, GFLV' yi 5 dakikadan daha kısa sürede alabilirken (Alfaro & Gohen, 1974), Longidorid nematodlar ise hücredeki beslenmeleri bittiği zaman oradan ayrılmadan stiletini daha derindeki hücreye sokmakta ve epidermisin daha derindeki hücre katmanlarına ilerlemektedir. Bu nedenle virüs partiküllerinin inokulasyonu için geniş zaman ortaya çıkmaktadır (Weischer & Wyss, 1976).

### **Bitki virüslerinin nematodlar tarafından taşınım süreçleri:**

Virüslerin arthropod ve nematod vektörlerle olan taşınımları 3 yolla olmaktadır (Mukhopadhyay, 2011):

#### **i-Non-persistent taşınma**

Virüsler parankima hücrelerinden alınır ve yine parankima hücrelerine bulaştırılırlar ve bu işlem birkaç saniye ile birkaç dakika gibi çok kısa bir beslenme periyodu içerisinde gerçekteşmektedir. Vektör, virüsü aldıktan hemen sonra, sağlıklı bitkilere bulaştırabildiği için virüslerin vektörde kalma süreleri kısadır. Dolayısıyla bu virüslerin latent periyotları yoktur ve virüsler vektörlerinin deri değiştirmeleri sonucu kaybedilirler. Bu tip taşınım afitlerle ya da nematodlarla olur. Afitlerle olan taşınıma örnek olarak Potato Y Virus (Potyviridae; Potyvirus) ve Cucumber mosaic virus (Bromoviridae; Cucumovirus), Nematodlarla olan taşınıma ise *Xiphinema* spp.' lerinin taşıdığı Tobacco ring spot virus (Comoviridae; Nepovirus) verilebilir (MacFarlane et al., 2002).

#### **ii-Persistent taşınma**

Virüsler genellikle floem dokusunda bulunmaktadır dolayısıyla alınımları için 2-24 saat gibi uzun beslenme periyotları gerekmektedir. Alındıktan sonra ise sağlıklı bitkilere hemen bulaştırılmayıp 12 saatlik bir latent sürece ihtiyaç duymaktadırlar. Bu şekildeki taşınım böceklerle ya da diğer vektör canlılarla gerçekteşebilmektedir (Mukhopadhyay, 2011). Persistent taşınımda kendi içerisinde iki gruba ayrılmaktadır;

**Sirkülatif taşınım:** Persistent özellikteki bazı virüsler, vektörleri içinde çoğalamaz ve beslenme ya da deri değiştirme sonucu kaybedilirler. *Micrualis malleifera*, Fowler (Hemiptera: Membracidae)

tarafından taşınan, Tomato pseudo curly top virus (Geminiviridae; Topocuvirus) (TPCTV) örnek olarak verilebilir (Anonymous, 2011a).

**Propagatif taşınım:** Persistent özellikteki bazı virüsler, vektörleri ölünceye kadar onlarda çoğalabilmekte ve sağlıklı bitkilere bulaşabilmektedirler. *Frankliniella occidentalis*, Pergande (Thysanoptera: Thripidae) tarafından taşınan, Tomato spotted wilt virus (Bunyaviridae; Tospovirus) örnek olarak verilebilir (Van de Wetering et al., 1996).

### iii-Semi-persistent taşınım:

Virüsler floem ve floem çevresindeki dokulardan, birkaç saatlik beslenme periyodu sonucu alınabilmektedir. Latent periyotları yoktur ve deri değiştirme sonucu kaybedilmektedirler. Nematodların bir kısmı bu şekilde vektörlük yapmaktadır (Gray & Banerjee, 1999). Bu şekildeki taşınım özellikle *Xiphinema diversicaudatum*, Micoletzky 1927 (Dorylaimida: Xiphinematidae) tarafından taşınan Satsuma dwarf virus (Secoviridae; Sadwavirus) ve Strawberry latent ring spot virus (Secoviridae; Sadwavirus) örnek olarak verilebilir (MacFarlane et al., 2002).

Buradan da görüleceği üzere, nematodlarla, taşıdıkları virüsler arasındaki ilişkiler üzerine yapılan çalışmalar bu ikisi arasında bir özelleşmenin olduğu sonucunu ortaya çıkarmıştır (Trudgill et al., 1983). Normalde virüsler, nematodlarda tutunabilme ve bu tutunmanın süresine göre bir nematod cinsine özelleşmişken, bazı durumlarda nematodlar vektörü oldukları virüsle akraba olmayan virüsleri de taşıyabilmektedirler. Örneğin; *X. diversicaudatum* türü nematod, Arabis mosaic virus (Comoviridae: Nepovirus)' un vektörlüğünü yaparken, bu virüsle serolojik ilişkisi olmadığı halde Strawberry latent ring spot virus (Secoviridae: Sadwavirus)' ünde vektörlüğünü yapabilmektedir (Martelli & Taylor, 1989).

Uluslararası bir yapıya sahip olan SCRI Nematoloji grubu tarafından bitki virüslerinin vektörleri olan nematodlar üzerinde dünya genelinde yapılan çalışmalar sonucunda virüs taşınım oranlarında nematod türleri arasında büyük farklılıkların olduğu görülmüştür. Örneğin; Avrupa ülkelerinde yapılan çalışmalarda virüsler ve vektör türleri arasında oldukça yüksek oranda spesiflik gözlenmekteyken, Amerika kıtasında yapılan çalışmalarda özellikle *Xiphinema* virüs vektör türleri 2-3 farklı bitki virüsünü taşıyabilmektedir. Ayrıca, her virüs birden fazla nematod türü ile de taşınabilmektedir. Ancak tür içerisinde, bazı popülasyonlar virüsü taşımada başarısız olabilir ya da 2-3 türden sadece bir tanesi virüsü taşıyabilmektedir (Trudgill, 2000).

Ayrıca türler arasında da taşıma etkinliği değişebilmektedir. Örneğin; *Xiphinema* cinsine ait bireylerin %100' ü vektörü oldukları virüsleri taşıyabilmekteyken, *Longidorus* cinsine ait bireylerin %10' undan daha azı vektörü oldukları virüsleri taşıyabilmektedir (Brown & Trudgill, 1998).

Beslenmeyle alınan virüs partikülleri bir süre vücutta tutulurlar. Bu süre *Xiphinema* cinsine ait türlerde 10-12 ayken, *Longidorus* cinsine ait türlerde 3 aydan daha az bir süre olmaktadır (Anonymous, 2011b). Fakat, *L. macrosoma*, Hooper, 1961 (Dorylaimida: Longidoridae)' nın vektörü olduğu Raspberry ringspot virus (Comoviridae: Nepovirus) (RpRSV) İngiliz strainini 60 ay sonra aktardığı tesbit edilmiştir (Buser, 1990).

Ayrıca konukçunun olmadığı toprakta bekletilen *Xiphinema rivesi*, Dalmasso 1969 (Dorylaimida: Xiphinematidae) ise, Tomato ringspot virus (Comoviridae: Nepovirus) (TRV)' ü 2 yıla kadar taşıdığı tesbit edilmiştir (Van Hoof, 1970). Böyle uzun taşıma süreleri nadiren görülmektedir. Bu bulgular virüs vektör ilişkilerinin bütün kombinasyonlarında aynı şartların geçerli olmadığını ve bu konuda genellemeler yapmanın yanıltıcı olabileceğini göstermiştir. Fakat uzun tutunma periyotları, tutunma bölgesindeki tüm partiküllerin tek seferde dışarı atılmadığını göstermiştir (Taylor & Robertson, 1973).

Virüslerin tutulduğu yüzeylerin tamamı deri değiştirme sırasında dıştaki epidermis tabakasıyla kaybedilmektedir (Halbrendt & Brown, 1992). Bundan dolayı; tutulan virüs parçaları bir sonraki gelişim evresine geçemez, ayrıca virüsler vektörlerinde tutulurken çoğalamazlar ve vektör metabolizmasında

herhangi bir rol alamazlar, virüslerin nematodlara direkt etkisinin olduğu da kanıtlanmamıştır (Brown & Robertson, 1990). Diğer virüslerse beslenme sırasında vektör nematodlar tarafından alınabilirler fakat taşınamazlar ve tutulmalarının mümkün olmadığı bağırsağa geçerler.

### Nematod-virüs ilişkisinde bulaştırılma süreci

Başarılı bir enfeksiyonun gerçekteşebilmesi için dokuların nematodlar tarafından çok fazla zarara uğratılmaması, bulaşma için yeterli zamanın olması ve virüs partiküllerinin canlılıklarını yitirmemiş olması gerekmektedir. Aksi takdirde virüs partikülleri çoğalamaz ve komşu hücrelere geçemezler (Weischer & Wyss, 1976).

Virüsün, vektör nematod tarafından tutulduktan sonra başarılı bir şekilde taşınabilmesi için virüs partiküllerinin tutuldukları yüzeyden ayrılmaları gerekir. Bu olay nematodun stiletinin bitki dokusuna girdiği ve tükrüğünün dokuya boşaltıldığı zaman meydana gelir (Martelli & Taylor, 1989). Virüslerin bitkilere bulaştırılması da bu şekilde gerçekteştirilmiş olmaktadır.

Ülkelere göre bitki türleri ayrıyken, nematodlar ve taşıdıkları virüsler farklı olabilmektedir. Örneğin; İskoçya' da çilek ve ahududu bitkilerine Raspberry ringspot virus (Comoviridae: Nepovirus) ve Tomato black ring virus (Comoviridae: Nepovirus), *Longidorus elongatus* arafından taşınırken, İngiltere ve Hindistan' da yine aynı bitkilere Arabis mosaic virus ve Strawberry latent ringspot virus, *X. diversicaudatum* tarafından taşındığı tesbit edilmiştir (Brown & Trudgill, 1998; Adekunle et al., 2006).

### Öneriler ve Sonuçlar

Nematodlarla taşınan viral hastalık etmenlerinin tam bir kontrolünün olabilmesi için bunların vektörü olan nematodların tam bir eradikasyonu gerekmektedir. Fakat bu çok zor ve pahalı bir işlemdir. Bundan dolayı; vektör nematodların konukçusu olmayan buğdaygiller gibi bitkilerle yapılacak 2-3 yıllık münavebe, nematodlara konukçuluk yapabilecek yabancı otlarla mücadele, ekim ve dikimlerin, virüs ve vektörlerinin olmadığı alanlarda yapılması ve sertifikalı aşı kalemi tohum vs. kullanılması gerekmektedir. Aksi takdirde bulaşık bitki materyali, temiz olan alanlarda bulunan virüssüz vektör popülasyonlarının da virüsle bulaşmasına neden olmaktadır (Brown et al., 1993). Son yıllarda virüse ve nematoda dayanıklı bitkilerin geliştirilmesi yönündeki çalışmalar önem kazanmıştır. Örneğin, *X. index* e dayanıklı asma türlerinin geliştirilmesi için yapılan çalışmalarda umut verici sonuçlar alınmıştır (Xu et al., 2008).

Virüsler ve nematodlar, kültür bitkilerinde çok fazla kayıplara neden olmaktadır. Dolayısıyla bunlar üzerine yapılan çalışmalar son yıllarda hız kazanmıştır. Özellikle virüsler ve virüs vektörü olan nematodlar arasındaki ilişkileri konu alan çalışmalar ön plandadır. Fakat henüz bu çalışmalar yeterli düzeye ulaşmamıştır. Ülkemizde ise bu konulara yönelen yeterli sayıda araştırmacının olmadığı ve bu konularda çok sayıda belirsizliğin olduğu görülmektedir.

### Yararlanılan Kaynaklar

- Adekunle, O. K., S. Kulshrestha, R. Prasad, V. Hallan, G. Raikhy, N. Verma, R. S. Ram Kumar & A. A. Zaidi, 2006. Plant parasitic and vector nematodes associated with asiatic and oriental hybrid lilies. *Bioresource Technology*, 97 (3): 364-371.
- Akbaş, B. & G. Erdiller, 1993. Researches on grapevine virus diseases and determination of their incidences in Ankara, Türkiye. *Journal of Turkish Phytopathology Society* V. 22 (2-3): 47-54.
- Alfaro, A. & A. C. Goheen, 1974. Transmission of strains of grapevine fanleaf virus by *Xiphinema index*. *Plant disease reporter*, 58: 549-552.
- Anonymous, 2011a. Descriptions of plant viruses. (Web page: <http://www.dpvweb.net/dpv/search.php>), (Date accessed: Ocak 2012).
- Anonymous, 2011b. Nemaplex. (Web page: <http://nematode.unl.edu/>), (Date accessed: Ocak 2012).

- Brown, D. J. F. & W. M. Robertson, 1990. Factors involved in the acquisition, retention and release of viruses by virus-vector nematodes. *Nematologica*, 39: 336.
- Brown, D. J. F., A. Dalmasso & D. L. Trudgill, 1993. "Nematode Pests of Soft Fruits and Vines, 427-462". In: *Plant Parasitic Nematodes in Temperate Agriculture* (Ed: K. Evans, D. L. Trudgill & J. M. Webster). Cambridge University Press, Wallingford, 470 pp.
- Brown, D. J. F. & D. L. Trudgill, 1998. "Nematode Transmission of Plant Viruses: A 30 year perspective 121-125". *Host Pathogen Interactions & Crop Protection*, SCRI Annual Report, 233 pp.
- Buser, A., 1990. Untersuchungen über die Pfeffingerkrankheit der Süsskirsche und deren Vektor *Longidorus macrosoma*. Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, dissertation no. 9194.
- Cadman, C. H., 1963. Biology of soil-borne viruses. *Annual Review of Phytopathology* 1: 143-172.
- Christie, J. R. & V. G. Perry, 1951. A root disease plant caused by a nematode of the genus *Trichodorus*. *Science*, 113 (1): 491-493.
- Derek, J. F. B. & A. M. Stuart, 2001. Institute of biology. *Biologist*, 48: 35-40.
- Dijkstra, J. & A. J. Khan, 2002. "Characteristic Features of Virus Transmission by Nematodes 63-75". In: *Plant Viruses as Molecular Pathogens* (Ed: Jawaid A. Khan & Jeanne Dijkstra). The Haworth Press, Inc., Binghamton, 537 pp.
- Gray, S. M. & N. Banerjee, 1999. Mechanisms of Arthropod transmission of plant and animal viruses. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 63: 128-148.
- Halbrendt, J. M. & D. J. F. Brown, 1992. Morphometric evidence for three juvenile stages in some species of *Xiphinema americanum sensu lato*. *Journal of Nematology*, 24: 305-309.
- Harrison, B. D., J. T. Finch, A. J. Gibbs, M. Hollings, R. J. Shepherd, V. Valenta, & C. Wetter, 1971. Sixteen groups of plant viruses. *Virology*, 45: 356-363.
- Hernandez, C., Visser, P.B., Brown, D.J.F. and Bol, J.F., 1997. Transmission of Tobacco rattle virus isolate PpK20 by its nematode vector requires one of the two non-structural genes in the viral RNA2. *Journal of General Virology*, 78: 465-467.
- Hewitt, W. B., D. J. Raski, & A. C. Goheen, 1958. Nematode vector of soil-borne fanleafvirus of grapevines. *Phytopathology*, 48: 586-595.
- Hussey, R. S. & F. M. W. Grondler 1998. "Nematode parasitism of plants, 213-243". In: *The Physiology and Biochemistry of Free-living and Plant-parasitic Nematodes* (Ed: R.N. Perry & D.J. Wright), CABI Publishing, Wallingford, New York, 438 pp.
- İnal, S., 1983. Bağ Virüs Hastalıkları. Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü Yayınları. 24: 9-33.
- Jenkins, W. R. & D. P. Taylor, 1967. "Interaction of Plant Parasitic Nematodes with Other Disease – Causing Agents, 47-56". In: *Reinhold Book in the Biological Science* (Ed: W. R. Jenkins). A subsidiary of Chapman – Reinhold, Inc., New York, 270 pp.
- Lamberti, F., C. E. Taylor & J. W. Seinhorst, 1975. *Nematode Vectors of Plant Viruses*. Plenum Press, New York, 460pp.
- MacFarlane, S. A., 1999. The molecular biology of the tobnaviruses. *Journal of General Virology* 80: 2799-2807.
- MacFarlane, S. A., R. Neilson & D. J. F. Brown, 2002. "Nematodes, 169-198". In: *Advances in Botanical Research: Plant Virus Vector Interactions* (Ed: R. T. Plumb). Vol. 36, Academic Press, San Diego, USA. 275 pp.
- Martelli, G. P. & V. C. Savino, 1988. "Fanleaf Degeneration, 48-49." In: *Compendium of Grape Disease*. (Eds.: Pearson R. C. & A. C. Goheen) American Phytopathological Society, St. Paul, MN, 121 pp.
- Martelli, G. P. & C. E. Taylor, 1989. Distribution of viruses and their nematode vectors. *Advances in Disease Vector Research*, 6: 151-189.
- Matthews, R. E. F., 1970. *Plant Virology*. Academic Press, Minnesota, USA, 778 pp.
- Mukhopadhyay, S., 2011. *Plant Virus, Vector Epidemiology and Management*. Science Publishers, Enfield, New Hampshire, USA, 481 pp.
- Murant, A. F., 1981. "Handbook of Plant Virus Infections and Comparative Diagnosis, 197-238" In: *Aphids: Their Biology, Natural Enemies and Control: 3. Cilt* (Ed: E. Kurstak). Biomedical Press, Amsterdam, 322 pp.



- Özaslan, M., S. Baloğlu & M. A. Yılmaz, 1991. "Kahramanmaraş Bölgesinde lokal olarak yetiştirilen ŸzŸm eşitlerinde virŸs hastalıkları, 401-406" VI. TŸrkiye Fitopatoloji Kongresi. (1991, İzmir) TŸrkiye Fitopatoloji Derneği, 434 s.
- Schellenberger, P., C. Sauter, B. Lorber, P. Bron, S. Trapani, M. Bergdoll, A. Marmonier, C. Schmitt-Keichinger, O. Lemaire, G. Demangeat, C. Ritzenthaler, 2011. Structural Insights into Viral Determinants of Nematode Mediated *Grapevine fanleaf virus* Transmission, PLoS Pathog 7(5): 1-14.
- Taylor, C. E. & W. M. Robertson, 1973. Nematology-Electronmicroscopy. Report of the Scottish Horticultural Research Institute, 19; 77.
- Trudgill, D. L., D. G. McNamara, & D. J. F. Brown, 1983. Methods and criteria for assessing the transmission of plant viruses by longidorid nematodes. Revue de Nematologie, 6: 133-141.
- Trudgill, D. L., W. M. Robertson & U. Wyss, 1991. Feeding behaviour of *Xiphinema diversicaudatum*. Revue de Nematologie, 14: 107-112.
- Trudgill, D. L., 1998. Management of plant parasitic nematodes. SCRI Annual Report, 66-82.
- Trudgill, D. L., 2000. Management of plant parasitic nematodes. SCRI Annual Report. 66-82.
- Xu, K., S. Riaz, N. C. Roncoroni, Y. Jin, R. Hu, R. Zhou & M. A. Walker, 2008. Genetic and QTL analysis of resistance to *Xiphinema index* in a grapevine cross. Theoretical and Applied Genetics, 116 (2) :305-311.
- Van de Wetering, R. Goldbach & D. Peters, 1996. Tomato spotted wilt tospovirus ingestion by first instar larvae of *Frankliniella occidentalis* is a prerequisite for transmission. Phytopathology, 86: 900-905.
- Van Hoof, H. A., 1970. Some observations on retention of tobacco rattle virus in nematodes. Netherlands Journal of Plant Pathology, 76: 329-330.
- Vassilakos, N., Vellios, E.K. Brown, E.C. Brown, D.J.F. and Macfarlane, S.A., 2001. Tobravirus 2b protein acts in trans to facilitate transmission by nematodes. Virology, 279: 478-487.
- Weischer, B. & U. Wyss, 1976. Feeding behaviour and pathogenicity of *Xiphinema index* on grapevine roots. Nematologica, 22: 319-325.
- Weischer, B. 1993. "Nematode-virus interactions, 217-231". In: Plant and Nematode interactions (Ed: M.W. Khan), Chapman and Hall, London, Glasgow, New York, Tokyo, Melbourne, Madras, 377 pp.
- Wyss, U. 1977. Feeding processes of virus transmitting nematodes. Proceedings of the American Phytopathological Society, 4: 30-41.