

Afitlerle Taşınan Patates Virüsleri, Afitlerden Virüslerin Belirlenmesi ve Mücadele Yöntemleri

Hidayet BOSTAN Coşkun GÜÇLÜ

Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Erzurum, Türkiye (hbostan@atauni.edu.tr)

Geliş Tarihi : 12.04.2004

ÖZET: Bir konukçudan diğerine taşınma viral etmenlerin biyolojilerinde en önemli anahtardır ve çok sayıda bitki virüs hastalığı farklı vektörler tarafından çeşitli konukçular arasında taşınır. Bununla birlikte, virüsler ile vektörleri arasındaki ilişki son derece karmaşık olup konukçu, inokulum ve uygun çevre şartlarına bağlıdır. Bitki virüs hastalıklarını taşıyan en önemli vektörler Homoptera, Thysanoptera ve Coleoptera takımlarında yer almaktadır. Bu vektör grupları içerisinde afitler virüs vektörü olarak öncelikli bir yere sahiptir ve tanılanmış 370 bitki virüsünün % 66'nı taşımaktadırlar. Bu derlemede, bitki virüslerinin afitlerle taşınma şekilleri, virüslerin vektörler tarafından alınmasında ve taşınmasında yardımcı unsurların rolü, patatesta afitler tarafından taşınan önemli virüsler ile taşınma şekilleri, afitlerden virüslerin belirlenmesi, virüs-konukçu-afit-çevre ilişkisi, afitlerin biyolojileri ve afitler vasıtasıyla taşınan virüsler ile mücadele yöntemleri (tohumluk üretim alanlarının ticari üretim alanlarından ayrılması, tohumluk sertifikasyon programı uygulanması, vektör ve virüslerin bariyer ve çit bitkileri kullanılarak kontrol edilmesi, vektör ve virüslerin yabancı ot konukçularının ortadan kaldırılması, tohumluk patates üretimi için uygun alanların belirlenmesi ve genel olarak entegre kontrol programı uygulaması) özetlenecektir.

Anahtar kelimeler: afit, patates, virüsler, yardımcı unsurlar, kontrol önlemleri

Aphid-transmitted Potato Viruses, Detection of Viruses from Aphids and Their Control Measures

ABSTRACT: The transmission of viral agents from a host to another is the most important factor in their biology and most of plant virus diseases are transmitted by a variety of vectors. However, the relationship between viruses and their vectors is highly complex and depend on host, inoculum and favorable environmental conditions. The most important vectors carrying plant viruses belonging to Homoptera, Thysanoptera, and Coleoptera orders. In these vector groups, aphids are the most important insect vectors of plant viruses and transmit 66 % of 370 plant viruses. In this review, aphid transmission characters of plant viruses, the role of helper components on the transmission of viruses, aphid-transmitted potato viruses, detection of viruses from aphids, the relationship virus-host-aphid and environment, biology of aphids, control measures of aphid-transmitted potato viruses (isolation of seed potato production from commercial areas, application of seed certification programs, control of vector and virus spreads by using barrier and border crops, eradication of weed hosts for vectors and viruses, determination of suitable region for seed potato production and applying an integrated control program) will be focused.

Key words: aphids, potato, viruses, helper components, control measures

GİRİŞ

Virüsler ile vektörler arasındaki ilişkiler son derece karmaşık olup, bu ilişki vektör, virüs, konukçu ve çevre gibi faktörlere bağlılık göstermekte ve taşınmanın gerçekleşebilmesi için vektör tarafından virüsün enfekteli bitkiden alınması, tutulması ve inokule edilmesi gerekmektedir. Virüslerin taşınmasında rol oynayan en etkili vektörlerin Homoptera, Thysanoptera ve Coleoptera takımları içerisinde yer aldığı (Froissart vd., 2002); ve özellikle afitlerin (Homoptera) 370 bitki virüsünün % 66'sını taşıdıkları kaydedilmiştir (Mathews, 1992).

Türkiye'de patates tohumluk ihtiyacı, önemli oranda firmaların anaç kademesinde yurt dışından ithal ettikleri tohumlukların çoğaltılarak çiftçilere dağıtılması ile karşılanmakta; ancak birkaç yıl içerisinde bu tohumluklar virüslerle enfekte olarak tohumluk özelliğini yitirmektedir. Nitekim, Türkiye'de patates üretiminin yoğun olarak yapıldığı Bolu, Erzurum, İzmir, Nevşehir ve Niğde illerinde tohumluk olarak kullanılan yumruların ortalama %13.28 PLRV, % 6.4 PVS, % 6.9 PVX ve % 16.8 oranında ise PVY ile enfekteli olduğu belirlenmiştir (Bostan ve Haliloğlu, 2004).

Bu derlemede, virüslerinin afitlerle taşınma şekilleri, virüslerin vektörler tarafından alınmasında ve taşınmasında yardımcı unsurların rolü, patatesta afitler tarafından taşınan önemli virüsler ile taşınma şekilleri, afitlerden virüslerin belirlenmesi, virüs-konukçu-afit-çevre ilişkisi, afitlerin biyolojileri, tohumluk üretimi için seçilecek yerlerin özellikleri ve afitler vasıtasıyla taşınan virüsler ile mücadele yöntemleri değerlendirilmiştir.

Virüslerin Vektörler Tarafından Taşınma Şekilleri: Virüslerin vektörler tarafından taşınmasında belirleyici unsurun virüs ile vektörün genetik yapılarının uyumu ile ilgili olduğu belirtilerek (Pirone ve Thornbury, 1998); vektörler tarafından virüslerin taşınma şekilleri, virüslerin enfekteli bitkiden alınma, vektör bünyesinde inaktifleşmeden kalma ve taşınma sürelerine, vektörün dolaşım sistemine geçip geçmemesi ile vektör bünyesinde çoğalıp çoğalmamasına göre; nonpersistent, semipersistent, persistent ve propagatif olmak üzere 4 grup altında toplanmıştır (Walkey, 1991; Nault, 1997).

1. Nonpersistent Taşınma (styletle taşınma=stylet-borne): Afitler tarafından nonpersistent olarak taşınan virüsler semipersistent ve persistent olarak taşınan virüslerden hem sayıca fazla hem de ekonomik olarak daha önemli olup, bu taşınma şekli virüslerin evrimleşmesinde de önemli bir role sahiptir (Walkey, 1991; Perry vd., 1998; Escriu vd., 2000). Nonpersistent taşınma şeklinde virüslerin enfekteli bitki dokularından vektörler tarafından alınıp, taşınması birkaç saniye ile birkaç dakika içerisinde gerçekleşmekte ve taşınmanın gerçekleşebilmesi için herhangi bir latent periyot bulunmamaktadır. Virüs vektörün bitkide beslenmesi ve bitki dokusunu yoklaması esnasında alındığı için konukçu bitkide kolonize olmayan çok sayıda afit türü tarafından da bu tip taşınma gerçekleşebilmektedir (Walkey, 1991; Nault, 1997). Diğer taraftan, bu tip taşınan virüsler nispeten daha stabil olup, bitkilerin epidermis ve epidermis altı hücrelerinde daha yüksek konsantrasyonda bulunmaktadırlar (Pollard, 1973).

2. Semipersistent Taşınma (ön midede taşınma): Semipersistent taşınma şekli nonpersistent ve persistent taşınma arasında yer almaktadır. Virüsün enfekteli bitkilerden hem alınabilmesi hem de taşınabilmesi birkaç saatlik zaman gerektirir ve virüsün vektörün dolaşım sistemine ulaşması da söz konusu değildir. Alınma ve taşınabilme için gerekli zaman bir bakıma ara latent periyot olup, virüs alındıktan sonra vektörün taşıma fonksiyonu birkaç gün sürebilmektedir (Walkey, 1991; Nault, 1997).

3. Persistent (Sirkülatif) Taşınma: Bu taşınma şeklinde virüslerin vektör tarafından enfekteli bitki dokularından alınması en az yarım saatlik bir beslenme süresini gerektir ve hatta bazen bu süre saatler ve günlerce sürer. Diğer taraftan, virüs alındıktan sonra hemen vektör tarafından taşınmaz. Taşınmanın gerçekleşebilmesi için virüsün vektörün dolaşım sistemine ve tükürüğüne ulaşması gerekmektedir ki, bu arada geçen süre latent periyot olarak adlandırılır. Persistent taşınma şeklinde virüs vektör tarafından uzun süre hatta ömür boyunca muhafaza edilmekte, vektör gömlek değiştirdikten sonrada virüs vektörün bünyesinde kalmakta fakat virüs vektör bünyesinde çoğalmamaktadır (Walkey, 1991; Nault, 1997; van den Heuvel et al., 1995).

4. Propagatif Taşınma: Persistent (sirkülatif) taşınmada virüsler vektör bünyesinde çoğalıyorsa bu tip virüsler propagatif yada transovarial virüsler olarak adlandırılmaktadır. Bu tip taşınma şeklinde virüsün vektör bünyesinde çoğalması ve bazen dışının yumurtaları vasıtasıyla bir sonraki nesle geçmesi söz konusudur. Patates virüsleri içerisinde transovarial

olarak taşınan virüs bulunmamaktadır (Walkey, 1991; Nault, 1997).

Virüslerin Vektörler Tarafından Taşınmasında Yardımcı Unsurların (Helper Component) Rollerini: Moleküler düzeyde virüslerin vektörler tarafından taşınmasının virüs protein kılıfının (coat protein) ya da protein kılıf üzerinde yer alan bazı yapısal olmayan proteinlerin vektörün ağız parçalarında var olduğu sanılan spesifik resöptörler ile gerçekleştiği ve bazı virüslerin ise vektör tarafından taşınmalarında yardımcı olan diğer bir virüs ya da viral yapıya bağlılık gösterdiği kaydedilmiştir (Kassanis ve Govier, 1971). Bununla birlikte, yardımcı unsurların vektörler tarafından taşınan bütün virüsler için gerekli olmadığı (Drucker vd., 2002); sadece Tobravirüs, Caulimovirüs, Badnavirüs, Potyvirus, Sequevirüs ve Waikavirüslerin taşınmalarında rol oynadığı belirtilmiştir (Legendre ve Fortin, 1989; Maloney, 2000; Remy vd., 2002).

Doğada bitkiler, aynı anda birden fazla virüsün enfeksiyonuna maruz kalabileceği için aynı konukçuda enfeksiyona neden olan iki virüs arasında tam ya da kısmi, tek ya da çok taraflı sineristik ya da antogonistik ilişkinin olabileceği ve hatta bu virüslerden birisinin diğer virüsün vektörler tarafından taşınabilmesi ve virülanslığı üzerinde de rol oynayabileceği kaydedilmiştir (Blanc, vd., 1999; Zhang vd., 1999). Nitekim, PSTVd (patates iğ yumru viroidi=potato spindle tuber viroid) ile PLRV bitki dokusunda birlikte bulduklarında yeşil şeftali afiti, *Myzus persicae* (Sulz.) tarafından PLRV % 83-88; PSTVd % 30-39 oranında enfekteli bitkiden alınırken; PLRV'siz PSTVd'nin ancak % 5 oranında alınabildiği belirlenmiştir (Singh ve Kurz, 1997). Ancak, PLRV'nin *M. persicae* tarafından taşınmasında yardımcı unsurların gerekli olmadığı da saptanmıştır (Gildow vd., 2000). Taşınabilmeleri için yardımcı unsura veya virüse gereksinim duyan virüsler Tablo 1'de verilmiştir (Zhang vd., 1999).

Patatesta Afitler Tarafından Taşınan Önemli Virüsler ve Taşınma Şekilleri:

Patates bitkisinin 30'dan fazla virüsün konukçusu olduğu, bu virüslerden 13'nün afitler tarafından taşındığı ve bunlarında en önemlilerinin PLRV (patates yaprak kıvrıcılık virüsü=potato leafroll virus), PVY (patates Y virüsü=potato virus Y), PVA (patates A virüsü=potato virus A), PVM (patates M virüsü=potato virus M), PVS (patates S virüsü=potato virus S), PLV (patates latent virüsü=potato latent virus), AMV (yonca mozaik virüsü=alfa mozaik virus) ve CMV (hıyar mozaik virüsü=cucumber mosaic virus) olduğu kaydedilmiştir (Hooker, 1986; Slack, 1995; Salazar, 1996); ve bu virüslerin ait oldukları familyalar, taşınma şekilleri ve en etkili vektörü Tablo 2'de verilmiştir (Van Regenmortel vd., 2000; Brunt, 2001).

Tablo 1. Vektörler tarafından taşınabilmeleri için bir başka virüse bağımlı olan bazı virüsler, konukçuları, yardımcı virüsleri ve taşınma şekilleri.

Bağımlı virüs	Yardımcı Virüs	Konukçu Bitki	Taşınma Şekli
Patates acuba mozik virüsü (potexvirus)	Patates Y virüsü (potyvirus)	Patates	Non-persistent
Parsnip sarı leke virüsü (Potyvirus)	Anthriscus sarılık virüsü (Waikavirus)	Yabani Havuç	Semipersistent
Prinç tungro baciliform virus (Plant pararetrovirus, badnavirus group)	Prinç tungro spherical virus (Plant Pcarnavirus)	Pirinç	Semipersistent
Marul Lekeli mottle virus (Umbravirus)	Pancar batı sarılık virüsü (Luteovirus)	Marul	Persistent
Havuç mottle virüs (Umbravirus)	Havuç kırmızı yaprak virüsü	Havuç	Persistent
Tütün sarı damar virüsü (Umbravirus)	Tütün sarı damar assistor virüsü (Luteovirus)	Tütün	Persistent
Bezelye enasyon mozaik virüsü RNA-2 (PEMV group)	Bezelye enasyon mozaik virüsü RNA-1 (PEMV group)	Bezelye	Persistent
Yerfıstığı rosetleşme virüsü (Umbravirus)	Yerfıstığı rosetleşme assistor virüsü (Luteovirus)	Yerfıstığı	Persistent

Tablo 2. Afidler tarafından taşınan patates virüsleri, familyaları, taşınma şekilleri ve vektörleri.

Virüs	Familya	Taşınma Şekli	Vektörü
PLRV	Luteoviridae	Persistent	<i>M. persicae</i>
PVY	Potyviridae	Non-persistent	<i>M. persicae</i> ve diğer afit türleri
PVA	Potyviridae	Non-persistent	<i>M. persicae</i>
PVS	Carlavirus	Non-persistent	<i>M. persicae</i>
PVM	Carlavirus	Non-persistent	<i>M. persicae</i>
AMV	Bromoviridae	Non-persistent	Farklı afit türleri
CMV	Bromoviridae	Non-persistent	<i>Aphis gossypii</i> ve diğer afit türleri

Tablo 2’de de görüldüğü gibi patatesteki virüslerin afidler tarafından PLRV hariç nonpersistent olarak taşındığı görülmektedir. Yapılan çalışmalarda patatesteki virüslerin *M. (Nectarosiphon) persicae* (Sulz.), *Macrosiphum euphorbiae* (Thom.), *Aphis nasturtii* (rhamni) (Kaltenb.), *Aulocorhthum solani* (Kaltenb.), *Aphis gossypii* (Kaltenb.), *Aphis fabae* (David.) ve *Rhopalosiphoninus latsiphon* (David.) afit türleri tarafından taşındığı ve bu türlerin dünya genelinde yaygın olduğu kaydedilmekle birlikte (Raman ve Radcliffe, 1992); sadece *M. persicae*, *M. euphorbiae* ve *Aphis nasturtii*’nin patatesteki kolonize oldukları belirtilmiştir (Ragsdale vd., 2001; Alyokhin vd., 2002). Afidler tarafından persistent olarak taşınan PLRV’nin bitkinin floem dokusunda yoğun olarak bulunduğu, etkili vektörünün *M. persicae* olduğu (Woodford vd., 1995); vektör tarafından alınabilmesi için gerekli sürenin ise 8-72 saat arasında değiştiği ve virüsün afit bünyesinde çoğalmadığı belirlenmiştir (Eskandari vd., 1979). Diğer taraftan, yapılan bir çalışmada sıcaklık yüksek olduğunda PLRV’nin *M. persicae* tarafından alınmasında latent periyodun kısaldığı (Syller, 1994); virüsün taze ve genç yapraklar ile genç bitkilerden yaşlı bitkilere oranla daha kolay alındığı, virüs konsantrasyonu ve beslenme süresi arasında ise herhangi

bir korelasyonun olmadığı saptanmıştır (van den Hauvel vd., 1993).

Patatesteki önemli derecede verim kaybı oluşturan ve dünyada patates tarımının yapıldığı her yerde yaygın olduğu belirlenen virüslerden PVY’nin ellinin üzerinde afit türü tarafından nonpersistent olarak taşınabildiği; fakat bu afidlerin büyük çoğunluğunun patates bitkisinde kolonize olmadığı (Harrington vd., 1986; Heimback vd., 1998); ve PVY’nin de PLRV gibi etkili vektörünün *M. persicae* olduğu saptanmıştır (MacGillivray, 1981). Bununla birlikte, PVY virüsünün ekim alanlarında etkin bir şekilde taşınmasında patates bitkisinde kolonize olmamalarına rağmen dışarıdan gelen çok sayıda afit türünün kanatlı formlarının da önemli rol oynayabileceği kaydedilmiştir (DiFonzo vd., 1996). Ancak, Kanada’da iki farklı bölgedeki patates ekim alanlarında yapılan çalışmada *Capitophorus elaeagni* (delGuerc.), *Diuraphis noxia* (Kurdj.), *Metopolophium dirhodum* (Walk.), *Rhopalosiphum maidis* (Fitch.), *Rhopalosiphum padi* (L.), *Sitobion avenae* (Fab.), *Schizaphis graminum* (Rond.), *M. persicae*, *Brevicoryne brassicae* (L.) ve *Acyrtosiphon pisum* (Harr.) türlerinin haricinde diğer farklı afit türlerinin de patates ekim alanlarındaki tuzaklardan toplandığı, laboratuvar şartlarında yapılan çalışmalarda ise sadece *M. persicae* ve *D. noxia*

türlerinin PVY'yi taşıdıkları belirlenmiştir (Halbert vd., 1993). Diğer taraftan, virüslerin afitler tarafından taşınmasının oldukça kompleks olduğu, taşınma etkinliğinin afit türüne, afitin biyolojik dönemine ve virüsün irkına göre de değiştiği belirtilmiştir (Harrington ve Gibson, 1989).

Afitlerden Virüslerin Belirlenmesi:

Diğer kültür bitkilerinde olduğu gibi virüslerin patates bitkisinin yumrularında, yeşil aksamında, virüslerin taşınmalarında rol oynayan vektörlerde ve diğer konukçularında belirlenmesinde kullanılacak tanı tekniklerinin duyarlılık, süratlilik, doğruluk, süreklilik, maliyet ve uygulamada kolaylık gibi özellikleri taşıması gerektiği belirtilerek; serolojik bir tanı tekniği olan ELISA ile moleküler tekniklerden PCR'ın bu özellikleri taşıdıkları kaydedilmiştir (Singh ve Somerville, 1992; Barker vd., 1993; Spiegel ve Martin, 1993). PCR'ın ELISA'ya göre 100-10.000 kat daha duyarlı ve spesifik olduğu (Vunsh vd., 1990; Koerschneck vd., 1991; Rowhani vd., 1995); virüslerin dormant yumrularda PCR ile belirlenebilmesine karşın ELISA ile duyarlı ve güvenilir şekilde belirlenemediği ve dormansilerinin kırılmasına gereksinim duyulduğu belirtilmiştir (Spiegel ve Martin, 1993; Singh ve Singh, 1996; Loebenstein vd., 1997; Russo vd., 1999; Singh vd., 1999). Ayrıca 30 °C civarında sıcaklıkta yetiştirilen bitkilerde (Loebenstein vd., 1997) ve virüse karşı dayanıklı çeşitlerde virüs yoğunluğunda meydana gelen düşüştüğü dolaylı ELISA tekniğinin virüsleri belirlemede yeterli olmadığı saptanmıştır (Barker ve Woodford, 1992; Thomas vd., 1997a).

Diğer taraftan, afitlerin vücut büyüklüğü, türü, biyolojik dönemi, beslenme esnasında virüsün belirlenebilecek düzeyde alınıp alınmaması, beslenme süresi, bitki türünü afitin tercih edip etmemesi, konukçusu olup olmaması, üzerinde beslendiği bitkinin virüs içeriği, virüsün türü, taşınma şekli ve çevre şartları gibi faktörler de afitlerdeki virüs konsantrasyonu üzerine etki edebilecek ve ayrıca virüslerin tanılanmasında belirleyici olabilecek faktörlerdir. Geçmişte farklı vektör türleri önce enfekteli bitkilerde kültüre alınıp, sonra virüsün ve vektörün ortak konukçusu olan bir bitki türüne taşınarak o bitkilerden virüslerin simptomatolojik olarak, ELISA yada diğer virüs tanı teknikleri kullanılarak tanılanmasına karşın günümüzde bu amaçla PCR tekniği vasıtasıyla virüsler direk olarak afitlerden ve diğer vektörlerden belirlenebilmektedir. Nitekim, *Xiphinema index* Thor. &All. nematot türünden asma kısa boğum virüsü (fanleaf virus) (Esmenjaud vd., 1994); *R. padi* (L.)'den arpa sarı cücelik virüsü (BYDV) (Canning vd., 1996); *M. persicae*'dan pancar sarılık virüsü (BYV) (Steven vd., 1997); farklı afit türlerinden PVY ve PLRV (Singh vd., 1997a, Singh vd., 1997b; Singh, 1998), *Aphis craccivora* Koch.'dan yerfıstığı rozetleşme virüsü (GRV) (Naidu vd., 1998); *Bemisia tabaci* Genn. 'den domates sarı yaprak kıvrıcılık virüsü

(TYLCV) (Ghanim vd., 2000); *Franklinella occidentalis* (L.)'den domates lekeli solgunluk virüsü (TSWV) (Givanna vd., 2003) PCR tekniği kullanılarak belirlenebilmiştir.

Afitlerden virüslerin PCR ile belirlenmesine yönelik çalışmaların yeni olduğu ve patatesteki virüsler üzerinde yapılan çalışmaların ise PVY ile PLRV üzerinde ve belirli bir araştırmacı grubu tarafından uygulandığı görülmektedir. Çalışmaların bu virüsler üzerinde yoğunlaşmasının nedeni ise bu virüslerin diğer virüslerle mukayese edildiğinde neden oldukları verim kaybının son derece yüksek, konukçu çevrelerinin geniş ve sertifikasyon programlarında bu virüslere karşı tolerans tanınmamasıdır. Nitekim, PVY ve PLRV'nin bazı hassas çeşitlerde bir sezonda % 80'ne kadar verim kaybına neden olabildiği belirlenmiştir (Bantari vd., 1993; Novy vd., 2002).

Singh vd. (1996), afitler tarafından nonpersistent olarak taşınan PVY'nin *M. persicae* ve *Aphis nasturtii* afit türleri tarafından enfekteli patates bitkisinden alınma etkinliğini belirlemek için yaptıkları çalışmada; virüsün % 40 oranında *M. persicae* ve % 15 oranında ise *A. nasturtii* tarafından alındığını duplex RT-PCR tekniği kullanarak belirlenmiştir. Yine, Singh vd. (1997a), arazideki tuzaklardan topladıkları *M. persicae* ve *A. nasturtii* afit türlerinden PVY'yi ve *M. persicae*, *A. nasturtii* ve *M. euphorbiae* türlerinden ise PLRV 'yi RT-PCR tekniği ile belirlemişler ve afitleri 45 gün süre ile ethanolde muhafaza edip, tekrar RT-PCR uyguladıklarında virüslerin belirlenebilmesinde herhangi bir hassasiyet kaybının olmadığını, PLRV'nin ise oda şartlarında 7 yıl muhafaza edilen afitlerden de bu teknik vasıtasıyla belirlenebildiğini kaydetmişlerdir (Singh vd., 1997b). Afetlerden ve diğer vektörlerden virüslerin RT-PCR ile belirlenmesinde belirleyici olan en önemli faktör ise viral RNA'nın ekstraksiyonunda kullanılacak metodun seçimi, total RNA'dan cDNA sentezi ve cDNA'nın da PCR için optimizasyonudur. Zira yapılan çalışmalarda vektör bünyesinde bulunan bazı maddelerin ekstraksiyon aşamasında viral RNA'nın parçalanmasına ve RT-PCR aşamasında ise reaksiyonun inhibizasyonuna neden olduğu saptanmıştır (Singh, 1999).

Virüs, Konukçu, Afıt ve Çevre İlişkisi:

Virüslerle etkili bir mücadele programının yürütülebilmesinde virüslerin konukçusu olan kültür bitkisi yada yabancı otların, virüslerin vektörlerinin, vektörlerin konukçularının; virüs ve vektörlerinin ortak konukçuları ile vektörlerin ekolojik isteklerinin belirlenmesi en önemli faktördür. Zira, virüsler esas konukçusu olan kültür bitkisi dışında alternatif diğer kültür bitkileri ya da yabancı otlardan konukçulara sahip olabilir. Bu konukçuların biyolojileri virüsün esas konukçusu ile benzer olabilir, bu tip bitkiler aynı alanda kültür bitkileri ile iç içe, yakınlarda yada uzakta da bulunabilir ve virüsler bu bitkilerden kültür bitkisine

veya kültür bitkilerinden bu bitkilere vektörler vasıtasıyla kısa yada uzak mesafeden taşınabilir. Diğer taraftan, virüsler alternatif konukçularının tohumları ile de taşınabilir ya da bu bitkiler virüslerin kışlama konukçusu da olabilir. Nitekim, çok sayıda virüsün vektörü olan ve patatesteki virüslerin taşınmasında en önemli rol oynayan *M. persicae* yumurtalarını esas konukçusu olan *Prunus* spp. (Rasceae) türlerine bırakmakta, ilkbaharda çıkan nesiller bu bitki türlerinde beslenmekte ve yaz ortalarına doğru yeni konukçulara göç etmektedir (Blackman, 1974). Yine, CMV *Stelleria media* bitkisinde kışı geçirmekte oradan marul ve hıyar bitkisine veya patates gibi diğer kültür bitkilerine afitler tarafından taşınabilmektedir (Tomlinson vd., 1970). Ayrıca, vektörler vasıtasıyla virüslerin konukçusu olmayan kültür bitkilerine taşınması bu kültür bitkilerinde daha virülant ırkların ortaya çıkmasına da neden olabilmektedir (Walkey, 1991).

Afitlerin Biyolojileri

Afitler Aphidoideae üst familyasına mensup olup, bu üst familya 20 familya ve alt familyayı kapsamakta ve yaklaşık 4000 türü içermektedir (Remaudiere ve Remaudiere,1997). Bu üst familya içerisinde yer alan Aphidoideae familyasına mensup türlerin hayat çemberi oldukça kompleks olup, klonal polimorfiz görülür (Moran,1992). Afıt türlerinin % 97'sinde eşeyli ve eşeysiz üreme aynı anda görülür ve ergin olmadan önce 4 bazen de 5 nimf dönemi geçirdikten sonra ergin olurlar (Blackman, 1984). Virüslerin taşınmasında en önemli vektörlerden birisi olan *M. persicae* çift konukçulu (heterocious) olup, sonbaharda yumurtalarını esas konukçusu olan *Prunus* türlerine bırakır. İlkbaharda bu yumurtalardan kanatsız fundatriksler (döllerin anaları) çıkar ve bunlar eşeysiz olarak yavru doğurmak (vivipar) suretiyle ürerler. İlkbaharda ana konukçudan ayrılan *M. persicae*'nin kanatlı formları patates bitkisinin de içerisinde bulunduğu bir çok kültür bitkisini ve yabancı otu istila ederler. Sezon sonuna doğru ise hem erkek hem de dişiden oluşan sonbahar kanatlı formları oluşur ve dişiler ana konukçularında eşeysiz olarak üreyerek kanatsız eşeyli dişileri doğururlar. Ovipar dişiler burada erkeklerle çiftleşirler ve ana konukçularına döllenmiş yumurtalarını bırakırlar. Sert iklimlerde bazen kışlamak mümkün olmazken, ılıman bölgelerde ve seralarda sürekli eşeysiz olarak üremeye devam ederler.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Virüs, vektör, konukçu ve çevre arasındaki ilişkilerin anlaşılması bu kültür bitkisinde afitler tarafından taşınan virüslerin kontrolünde gerekli olup, aşağıda maddeler halinde özetlenmiş olan hususların uygulanması etkili bir mücadele programı için büyük önem arz etmektedir.

1. Tohumluk Üretim Alanlarının Ticari Üretim Alanlarından Ayrılması: Tohumluk üretiminin ticari üretim alanlarından uzak hatta izole edilmiş alanlarda

yapılması gerekir. Patates tohumluk üretim alanlarının tamamen ticari üretim alanlarından izole edilmiş ada (Kanada modeli); coğrafi yapıya göre değişmekle birlikte ticari üretim alanlarından 40-150 km uzaklıkta (ABD modeli); rakımı yüksek, kışları uzun ve sert alanlarda (İskoçya modeli), yazları sıcak, ışıklanma süresi fazla, nem oranı düşük olan alanlarda (Kıbrıs modeli) veya sürekli rüzgar alan kıyı kesimlerinde (İskoçya modeli) yapılmalıdır. Bununla birlikte ideal bir tohumluk üretimi için rakımı yüksek, kışları uzun ve sert, yaz sezonu sıcak, ışıklanma süresi uzun, nem oranı düşük, *Prunus* türlerinin bulunmadığı ve bitki çeşitliliğinin az olduğu alanlar seçilmelidir. Dünyada patates tohumluk üretiminin yapıldığı farklı ülkeler ve bu amaçla seçilen alanların özellikleri göz önünde tutulduğunda, bu tip yerlerin ülkemizde var olduğu bilinmektedir. Bu amaçla bilimsel olarak özellikle tohumluk üretimi için seçilecek alanlarda vektör yoğunluğu, çeşitliliği, alternatif konukçuların bulunup bulunmaması konusunda kapsamlı çalışmalar yapılmış değildir.

2. Sertifikasyon Programının Uygulanması: Virüs hastalıkları tohumluk yumrular ile yıldan yıla ve yıl içerisinde mekaniksel olarak veya vektörlerle taşınarak hızlı bir şekilde yayılmaktadır (Cortbaoui, 1984). Bu nedenle, virüslerden kaynaklanan verim kayıplarının önlenmesinde en etkili ve kolay yöntem sertifikalı virüssüz tohumluk kullanımınıdır. Bunun için tohumluk üretiminde mutlaka tam donanımlı en az bir doku kültürü laboratuvarı ile bir sertifikasyon laboratuvarının bulunması gereklidir. Doku kültürü laboratuvarında ekolojik şartlara uygun çeşitlerin, virüslerden ve diğer hastalık etmenlerinden arı üretim materyallerinin muhafazası, sertifikasyon laboratuvarında ise tohumlukların rutin olarak testlenmesi gerekmektedir. Zira, patateste özellikle PLRV ve PVY virüsleri için sertifikasyon programlarında tolerans gösterilmemektedir (Gutbrod ve Mosley, 2001; Novy vd., 2002). Bu amaçla tam donanımlı bir doku kültürü ve sertifikasyon laboratuvarı kamu yada özel şirketler tarafından kurulabilir ve işletilebilir.

3. Bariyer ve Tuzak Bitkilerin Kullanımı: Bariyer çit bitkileri veya afitler tarafından tercih edilen alternatif cezbedici bitkiler kullanılarak afitlerin bu bitkilerde toplanması sağlanabilir. Bariyer bitkisi olarak yem bitkilerinden sorgum *Sorghum bicolor* (L.) (Moench), yazlık buğday ekimi ya da soya fasulyesinin bu amaçla kullanılmasının afitlerin kanatlı formlarının patateste yoğunlaşmalarını engellediği ve PVY'nin yayılışını azalttığı belirlenmiştir (Difanzo vd., 1996). Bu tip bitkiler özellikle nonpersistent olarak taşınan PVY, PVA, PVS, PVM, AMV ve CMV gibi virüslerin yayılışlarının azaltılmasında kullanılabilirler. Bu amaçla kullanılacak bitkiler ise afitlerin konukçusu olmalı fakat virüslerin konukçusu olmamalıdır.

4. Ana konukçularının Eradikasyonu: Virüsler ve vektörlerin alternatif konukçularının belirlenmesi ve bu bitkilerin özellikle tohumluk üretiminin yapıldığı alanlardan temizlenmesi gerekir. Afitlelerin yaşam çemberindeki en hassas periyot kışı geçirmek için esas konukçularına olan bağımlılıklarıdır. Bu amaçla *Prunus* türlerinin özellikle patates tohumluk üretim alanlardan temizlenmesi gerekir.

5. Virüs ve Afitlelerin Konukçusu Olan Kültür Bitkileri ve Yabancı Otların Belirlenmesi: Virüslerin vektörler tarafından taşınmasının engellenmesinde özellikle virüs, vektör ve konukçu ilişkilerinin çok iyi bilinmesi etkili bir mücadele açısından önemlidir. Ilman iklimlerde PVY ve PLRV'nin çok sayıda tek yıllık yabancı ot konukçusunun olduğu belirlenmiştir (Salazar, 1996). Bunlardan çoban çantası (*Capsella bursa-pastoris* L.), uzun meyveli bülbül otu (*Sisymbrium altissimum* L.), (Woodford, 1988; Thomas vd., 1997b); ve şeytan elması (*Datura stramonium* L.) bitkisi hem PLRV'nin hem de *M. persicae*'nin konukçusu olup, bunlar kendi gelen bitkilerdir (Hanafi vd., 1995). *M. persicae* çok sayıda ara konukçuya sahip olduğu için özellikle bu türün kışlama (ana) konukçusunun tohumluk üretimi için seçilecek alanlarda mevcut olup olmadığı üzerinde durulmalıdır.

6. Kimyasal Mücadele: Fungal ve bakteriyel hastalık etmenlerinin aksine virüsler bitkilerdeki metabolizma faaliyetleri ile çok sıkı bir ilişki içerisinde olduğu için virüs hastalıklarının doğrudan kimyasal mücadele ile kontrol edilmesi mümkün olmamakta, bunun yerine vektörler ile mücadele önem taşımaktadır. Patates bitkisinde afitle beslenerek verdikleri zarardan ziyade virüsleri taşıyarak verdikleri zarar çok daha önemlidir. Kaldı ki, afitle patatesten nadiren ilaç uygulanabilecek yoğunluğa ulaşırlar ve çok sayıda parazit ve predatörün saldırısına maruz kalırlar (Stary, 1988). Bu nedenle, ilaçlı mücadele yoğunluk fazla olmadığı sürece yapılmamalı, şayet yapılacaksa afitle yaz dönemi kanatlı formlarına karşı yapılmalı ve bu amaçla tuzak bitkiler kullanılmalıdır. İlkbaharda göç eden kanatlı formlar virüssüz, yaz kanatlı formları ise etkili virüs taşıyıcılarıdır. Sonbahar göçmenleri virüs taşıyıcıları bile patates olgunlaştığı ve hasat zamanı geldiği için fazla önem taşımamaktadır (Thomas, 1983). Yaz döneminde pestisit uygulamaları içinse afit popülasyonu, afitle virüs ya da virüslerin rastlanma oranları, afitlelerin doğal düşmanlarının durumu, pestisitlerin çevreye olan zararlı etkileri, afitle pestisitlere karşı oluşabilecek dayanıklılık oluşumu gibi faktörler dikkate alınmalı; afitlelerin biyolojisi de takip edilip zorunlu kalmırsa sadece tohumluk üretim alanlarında uygulanmalı ve bu amaçla seçilecek pestisitler çabuk parçalanmayan, kalıcı etkisi olmayan etkili maddeleri içermelidir (Radcliffe vd., 2003).

7. Diğer Önlemler: Yukarıdaki mücadele metodlarının dışında afit ve virüslere dayanıklı çeşitlerin kullanılması, uygulanan tarım sisteminin virüs-vektör ve konukçu ilişkisi göz önünde bulundurularak değiştirilmesi ve tohumluk üretim alanlarında virüslere özgü semptom gösteren bitkilerin imha edilmesi önerilebilir. Ülkemizde tohumluk üretimi için uygun alanlar ise afit çeşitliliği (özellikle *M. persicae* türünün bulunup bulunmayışı), afitle için ara ve ana konukçuların mevcut olup olmaması ve yaygınlığı ile iklim faktörleri gibi kriterler değerlendirilerek seçilmelidir.

KAYNAKLAR

- Alyokhin, A., S. Gary., G. Eleanor, 2002. Aphid abundance and potato virus Y transmission in imidacloprid-treated Potatoes. *Amer. J. of potato.* 79:225-262.
- Bantari, E.E., P.J. Ellis, S.M.P. Khurana, 1993. Management of diseases caused by viruses and viruslike pathogens. *In: Rowe, R.C. (ed), Potato Health Management. American Phytopathological Society (APS) Press, St. Paul, MN. 127-133.*
- Barker, H., J.A.T. Woodford, 1992. Spread of potato leafroll virus is decreased from plants of potato clones in which virus accumulation is restricted. *Ann Appl Biol.*, 121:345-354.
- Barker, H., K.D. Webster, B. Reavy, 1993. Detection of potato virus Y in potato tubers: a comparison of polymerase chain reaction and enzyme-linked immunosorbent assay. *Potato Res.*, 36, 13-20.
- Blackman, R.L., 1974. Life-cycle variation of *Myzus persicae* (Sulz.) (Horn., Aphididae) in different parts of the world, in relation to genotype and environment. *Bull Ent Res.*, 63:595-607.
- Blackman, R.L., 1984. Species, sex and parthenogenesis in aphids. *In: Forey, P.L (ed), The Evolving Biosphere. Cambridge University Press, Cambridge, 75-85.*
- Blanc, S., V. Valerian, V. Dolja, C. Lave, P. Thomas, 1999. Histidine-tagging and purification of tobacco etch potyvirus helper component protein. *J. Virol. Methods*, 77:11-15
- Bostan, H., K. Haliloğlu, 2004. Distribution of PLRV, PVS, PVX and PVY (PVY^N, PVY^o, and PVY^c) in the seed potato tubers in Turkey. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7 (7):1140-1143.
- Brunt, A.A., 2001. The main viruses infecting potato crops, *In: Loebenstein, G., P.H. Berger, A.A. Brunt, and R.H. Lawson (eds), virus and virus-like diseases of potatoes and production of seed-potatoes. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 65-67.*
- Canning, E.S.G., M.J. Penrose, L. Barker, D. Coates, 1996. Improved detection of barley yellow dwarf virus in single aphids using RT-PCR. *J. Virol. Methods*, 56:191-197.
- Cortbaoui, R., 1984. Roguing Potatoes. Technical Information Bulletin 5, International Potato Center (CIP), Lima, Peru, 13p.
- DiFonzo, C.D., D.W. Ragsdale, E.B. Radcliffe, N.C. Gudmestad, G.A. Secor, 1996. Crop borders reduce potato virus Y incidence in seed potato. *Ann Appl Biol.*, 129:289-302.
- Drucker, M., R. Froissart, E. Hebrard, M. Uzest, M. Ravallec, P. Esperandieu, J.C. Mani, M. Pugnieri, F. Roquet, A. Fereres, S. Blanc, 2002. Intracellular distribution of viral gene products regulates a complex mechanism of cauliflower mosaic virus acquisition by its aphid vector. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 99:2422-2427.
- Escrui, F., K.L. Perry, F. Garcia-Arenal, 2000. Transmissibility of Cucumber mosaic virus by *Aphis gossypii* correlates with viral accumulation and is affected by the presence of its satellite RNA. *Phytopath.*, 90:1068-1072.

- Eskandari, F., E.S. Sylvester, J. Richardson, 1979. Evidence for lack of propagation of potato leafroll virus in its aphid vector, *Myzus persicae*. *Phytopathol.*, 69:45-47.
- Esmenjaud D., P. Abad, 1994. Detection of a region of the Coat Protein gene of grapevine fanleaf virus by RT-PCR in the nematode vector *Xiphinema index*. *Plant Dis.*, 187-193.
- Froissart R., Y. Michalakakis, S. Blanc, 2002. Helper Component-Transcomplementation in the vector transmission of plant viruses. *The American Phytopathological Society*, 2:576-580.
- Ghanim, M., S. Morin, 2000. H Rate of *Tomato yellow leaf curl virus* Translocation in the circulative transmission pathway of its vector, the whitefly *Bemisia tabaci* *Virology*, 11:24-33.
- Gildow, F. E., B. Reavy, M.A. Mayo, G.H. Duncan, J.A.T. Woodford, W.J. Lamb, R.T. Hay, 2000. Aphid acquisition and cellular transport of *Potato leafroll virus-like* particles lacking P5 read through protein. *The American Phytopathological Society*, 90:1153-1159.
- Givanna, M., R. Piero, T. Luciana, 2003. Detection of *Tomato spotted wilt virus* in its vector *Frankliniella occidentalis* by reverse transcription-polymerase chain reaction. *J. Virol. Methods*, 109:69-73.
- Gutbrod, O.A., A.R. Mosley, 2001. Common seed potato certification schemes. *In: Loebenstein, G., P.H. Berger, A.A. Brunt, and R.H. Lawson (eds), virus and virus-like diseases of potatoes and production of seed-potatoes*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 421-438.
- Halbert, S.E., J. Connelly, L.E. Sandvol, 1993. Suction trapping of aphids in western North America (emphasis on Idaho). *Acta Phytopathol Entomol Hungarica*, 25:411-422.
- Hanafi, A., E.B. Radcliffe, D.W. Ragsdale, 1995. Spread and control of potato leafroll virus in the Souss Valley of Morocco. *Crop Protect.*, 14:145-153.
- Harrington, R., N. Katis, R.W. Gibson, 1986. Field assessment of the relative importance of different aphid species in the transmission of potato virus. *Y. Potato Res.*, 29:67-76.
- Harrington, R., R.W. Gibson, 1989. Transmission of potato virus Y by aphids trapped in potato crops in southern England. *Potato Res.*, 32:167-174.
- Heimbach, U., T. Thieme, H.L. Weidemann, R. Thieme, 1998. Transmission of potato virus Y by aphid species which do not colonise potatoes. *In: Nieto Nafria, J.M., and A.F.G. Dixon (eds), Aphids in Natural and Managed Ecosystems*. Universidad de Leon, Leon, Spain, pp. 555-559.
- Hooker, W.J., 1986. compendium of potato diseases. *American Phytopathological Society Press.*, St. Paul, Minnesota, 125p.
- Kassanis. B., D.A. Govier, 1971. A virus-induced component of plant sap needed when aphids acquire potato virus Y from purified preparations. *Viol.*, 61:420-426.
- Korschineck, I., G. Himmler, R. Sagl, H. Steinkellner, H. Katinger, 1991. A PCR membrane spot assay for the detection of plum pox virus RNA in bark of infected trees. *J. Virol. Methods*, 31:139-146.
- Legendre, P., M.J. Fortin, 1989. Spatial pattern and ecological analysis. *Vegetatio*, 80:107-138.
- Lobenstein, G., F. Akad, V. Filatov, G. Sadvakasova, A. Manadilova, H. Bakelman, E. Teverovsky, O. Lachmann, A. Davida, 1997. Improved detection of potato leafroll luteovirus in leaves and tubers with a digoxigenin-labelled cRNA probe. *Plant Dis.*, 81:489-490.
- MacGillivray, M.E. 1981. Aphids. *In: Hooker, W.J. (ed), Compendium of Potato Diseases*. American Phytopathological Society, St. Paul. pp' 101-103.
- Maloney, P.E., 2000. Topics in forest pathology and ecology in the Sierra Nevada and the Sierra San Pedro Martir, Baja. Ph.D. diss. University of California, Davis.
- Matthews, R.E.F., 1992. *Fundamentals of Plant Virology*, Academic Press, NY. 396 p.
- Moran, N.A., 1992. The evolution of aphid life cycles. *Annu Rev Entomol.*, 37:321-348.
- Naidu, R.A., H. Bottenberg, P. Subrahmanyam, F. Kimmins, D.J. Robinson, J.M. Thresh, 1998. Epidemiology of groundnut rosette disease: current status and future research needs. *Ann. Appl. Biol.*, 132, 525-548.
- Nault, L. R., 1997. Arthropod transmission of plant viruses: A new synthesis. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 90:521-541.
- Novy, R.G., A. Nasruddin, D.W. Ragsdale, E.B. Radcliffe, 2002. Genetic resistances to potato leafroll virus, potato virus Y, and green peach aphid in progeny of *Solanum tuberosum*. *Am. J. Potato Res.*, 79:9-18.
- Perry, K. L., L. Zhang, P. Palukaitis, 1998. Ammo acid changes in the coat protein of cucumber mosaic virus differentially affect transmission by the aphids *Myzus persicae* and *Aphis gossypii*. *Viol.*, 242:204-210.
- Pirone, T.P., D.W. Thornbury, 1998. Quantity of virus required for aphid transmission of a potyvirus. *Phytopathol.*, 78:104-107.
- Pollard, D.G., 1973. Plant penetration by feeding aphids (Hemiptera:Aphidoidea): a review. *Bull Entomol Res.*, 62:631-714.
- Radcliffe, E.B., D.W. Ragsdale, R.A. Suranyi, 2003. IPM case studies potato, *in: van emden, H.F., and R. Harrington (eds), aphids as crop pests*. CABI Publ, Wallingford (submitted).
- Ragsdale, D.W., E.B. Radcliffe, C.D. DiFonzo, 2001. Epidemiology and field control of PVY and PLRV. *In: Loebenstein, G., P.H. Berger, A.A. Brunt, and R.H. Lawson (eds), Virus and Virus-like Diseases of Potatoes and Production of Seed-potatoes*. Huwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 237-270.
- Raman, K.V., E.B. Radcliffe, 1992. Pest aspects of potato production. part 2, insect pests. *in: Harris, P.M. (ed), the potato crop, the scientific basis for improvement*, 2nd edition. Chapman & Hall. London, pp. 476-506.
- Remaudiere, G., M. Remaudiere, 1997. *Catalogue des Aphididae du Monde Homoptera Aphidoidea*. Institut National de la Recherche Agronomique, Versailles. 478 pp
- Remy F., Y. Michalakakis, S. Blanc, 2002. Helper component-transcomplementation in the vector transmission of plant viruses. *Phytopathol.*, 92:576-579.
- Rowhani, A., M.A. Maningas, L.S. Lile, S.D. Daubert, D.A. Galino, 1995. Development of a detection system for viruses of wood plants based on PCR analysis of immobilized virions. *Phytopathol.*, 85:347-352.
- Russo, P., L. Miller, R.P. Singh, A.A. Slack, 1999. Comparison of PLRV and PVY deduction in potato seed samples tested by Florida winter field inspection and RT-PCR. *Am. J. Potato Res.*, 76:313-316.
- Salazar, L.F., 1996. *Potato Viruses and Their Control*. CIP, Lima. 214 pp.
- Singh, R.P., T.H. Somerville, 1992. Evaluation of the enzyme-amplified ELISA for the deduction of potato viruses A, M, S, X, Y and leafroll. *Am. Potato J.*, 69: 21-30.
- Singh, M., R.P. Sing, 1996. Factors affecting detection of PVY in dormant tubers by reverse transcription polymerase chain reaction and nucleic acid spot hybridization. *J. Virol. Methods*, 60:47-57.
- Singh, R.P., J. Kurz, G. Boiteau, G. Bernard, 1996. Detection of potato leafroll virus in single aphids by the reverse transcription polymerase chain reaction and its potential epidemiological application. *J. Virol. Methods*, 55:133-143.
- Singh, R.P., J. Kurz., 1997. Potato leafroll virus detection by RT-PCR in field-collected aphids. *Am. Potato J.*, 74:305-313.
- Singh, M.N., S.M.P. Khurana, B.B. Nagaich, H.O. Agrawal, 1997a. Environmental factors influencing aphid transmission of potato virus Y and potato leafroll virus. *Potato Res.*, 31:501-509.
- Singh, R.P., J. Kurz, G. Boiteau, L.M. Moore, 1997b. Potato leafroll virus detection by RT-PCR in field-collected aphids. *Am. J. Potato Res.*, 74:305-313.
- Singh, R.P., 1998. Reverse-transcription polymerase chain reaction for the detection of viruses from plant and aphids. *J. Virol. Methods*, 74:125-128.
- Singh, R.P., 1999. A solvent-free, rapid and simple virus RNA-release method for potato leafroll virus detection in aphids and plants by reverse transcription polymerase chain reaction. *J. Virol. Methods*, 83:27-33.

- Singh, M., R.P. Singh, L. Moore, 1999. Evaluation of NASH and RT-PCR for the detection of PVY in dormant tubers and its comparison with visual symptoms and ELISA in plants. *Am. J. Potato Res.*, 75:61-66.
- Slack, S.A., 1995. Potato viruses with some implications for production and processing in the United States: a history of problems and solutions. *Summa. Phytopathol.*, 21:273-275.
- Spiegel, S., R.P. Martin, 1993. Improved detection of potato leafroll virus in dormant potato tubers and micro tubers by the polymerase chain reaction and ELISA. *Ann. Appl. Biol.*, 121:493-500.
- Stary, P., 1988. Natural enemies. Parasites. Aphidiidae. *In: Minks, A.K., and P. Harrewyn (eds), Aphids: Their Biology, Natural Enemies and Control*, 2B, World Crop Pests. Elsevier, Amsterdam, pp., 171-184.
- Stevens, M. R. Hull, H.G. Smith, 1997. comparison of ELISA and RT-PCR for the detection of beet yellows closterovirus in plants and aphids. *J. Virol. Methods*, 68:9-16.
- Syller, J., 1994. The effects of temperature on the availability and acquisition of potato leafroll luteovirus by *Myzus persicae*. *Ann Appl Biol.*, 125:141-145.
- Thomas, P.E., 1983. Sources and dissemination of potato viruses in the Columbia Basin of the Northwestern United States. *Plant Dis.*, 67:744-747.
- Thomas, P.E., W.K. Kaniewski, E.C. Lawson, 1997a. Reduced field spread of potato leafroll virus in potatoes transformed with the potato leafroll virus coat protein gene. *Plant Dis.*, 81:1447-1453.
- Thomas, P.E., K.S. Pike, G.L. Reed, 1997b. Role of green peach aphid flights in the epidemiology of potato leaf roll disease in the Columbia Basin. *Plant Dis.*, 81:1311-1316.
- Tomlinson, J.A., A.L. Carter, W.T. Dale, C.G. Simpson, 1970. Weed plants as sources of cucumber mosaic virus. *Ann. Appl. Biol.*, 66:11-16.
- van den Heuvel, J.F.J.M., J.A.A.M. Dirven, D. Peters, 1993. Acquisition of potato leafroll virus by *Myzus persicae* from secondarily-infected potato plants of different genotypes. *Potato Res.*, 36:89-96.
- van den Heuvel, J.F.J.M., C.N. de Blank, D. Peters, J.W.M. van Lent, 1995. Localization of potato leafroll virus in leaves of secondarily-infected potato plants. *Eur. J. Plant Pathol.*, 101:567-571.
- Van Regenmortel, M.H.V., C.M. Fauquet, D.H.L. Bishop, E.B. Carstens, M.K. Estes, S.M. Lemon, J. Moniloff, M.A. Mayo, D.J. McGeoch, C.R. Pringle, R.B. Wickner, 2000. Virus taxonomy. Pages 599-621 in: *Seventh Report of the ICTV*. Academic Press, New York.
- Vunsh, R.A., A. Roster, A. Stein, 1990. The use of the polymerase chain reaction (PCR) for detection of bean yellow mosaic virus in gladiolus. *Ann. Appl. Biol.*, 117:561-569.
- Walkey, D.G.A., 1991. *Applied Plant Virology*. St. Edmundsbury Press, Bury St. Edmunds, Suffolk, USA, 338p.
- Woodford, J.A.T. 1988. The impact of cropping policy on methods to control potato leafroll virus. *Aspects Appl Biol.*, 17:163-171.
- Woodford, J.A.T., C.A. Jolly, C.S. Aveyard, 1995. Biological factors influencing the transmission of potato leafroll virus by different aphid species. *Potato Res.*, 38:133-141.
- Zhang, X.S., J. Holt, J. Colvin, 1999. mathematical models of host plant infection by helper-dependent virus complexes: why are helper viruses always avirulent. *Analytical and Theoretical Plant Pathol.*, 90:85-93.