

I viroidi delle colture ornamentali: emergenze fitosanitarie e misure di controllo

INTRODUZIONE

Il termine viroide fu proposto agli inizi degli anni '70 del secolo scorso da T.O. Diener per designare l'agente infettivo della malattia del tubero fusiforme della patata (*potato spindle tuber*), da lui stesso identificato in un piccolo RNA circolare con proprietà infettive (Diener, 1972). La necessità di utilizzare un nuovo termine nasceva dal fatto che tale agente infettivo divergeva per numerose e fondamentali caratteristiche strutturali e biologiche dai virus noti, anche i più piccoli, e da tutti gli altri patogeni conosciuti. Quando, negli anni successivi, altre malattie delle piante a eziologia fino ad allora sconosciuta, quali l'exocortice degli agrumi (Semancik e Weathers, 1972) e il nanismo del crisantemo (Diener e Lawson, 1973), furono attribuite a patogeni simili a quello descritto da Diener, il termine viroide fu generalmente accettato dalla comunità scientifica per designare questo gruppo di agenti infettivi costituiti da RNA circolari, a singola elica e di piccole dimensioni (246-401 nt), privi di un involucro proteico di protezione (capside) e in grado di replicarsi e diffondersi negli ospiti vegetali.

Oltre che per le dimensioni e la struttura circolare, gli RNA viroidali si distinguono da quelli virali soprattutto per la loro incapacità di codificare proteine. Nonostante ciò, i viroidi danno luogo a processi infettivi che determinano l'invasione sistemica degli ospiti, spesso accompagnata dall'insorgenza di sintomi gravi, in grado di compromettere le rese di importanti colture sia erbacee che arboree (Hadidi et al., 2003). Benché i meccanismi che consentono a un RNA non codificante di replicarsi, muoversi e causare malattie negli ospiti infetti comincino a essere compresi nei loro dettagli molecolari,

* *Istituto Virologia Vegetale, CNR UOS, Bari*

essi rimangono ancora in gran parte sconosciuti. In ogni caso, in assenza di proteine codificate dal patogeno, l'infettività dei viroidi necessariamente dipende da meccanismi cellulari di trascrizione e movimento degli acidi nucleici preesistenti all'infezione. Gli RNA viroidali, probabilmente grazie a caratteristiche strutturali che imitano segnali molecolari contenuti anche in alcuni RNA cellulari, sono in grado di utilizzare tali meccanismi a proprio vantaggio. Pertanto, oltre che patogeni, i viroidi sono un valido modello di studio per svelare le relazioni struttura-funzione di RNA sia patogenici che cellulari (Flores et al. 2005a; Ding, 2010).

Le oltre trenta specie viroidali a tutt'oggi caratterizzate sono state raggruppate nelle famiglie *Pospiviroidae* (specie tipo *Potato spindle tuber viroid*, PSTVd) e *Avsunviroidae* (specie tipo *Avocado sunblotch viroid*, ASBVd), i cui membri si replicano e si accumulano nel nucleo e nei cloroplasti, rispettivamente (Flores et al., 2005b).

Come la maggior parte dei virus, i viroidi possono essere sperimentalmente trasmessi da ospiti infetti a quelli sani mediante inoculazione meccanica o innesto. A differenza di molti virus, invece, l'importanza degli insetti vettori nella trasmissione naturale della maggior parte dei viroidi risulta, fino a oggi, di scarso o dubbio rilievo epidemiologico. Non si può, comunque, escludere che, in alcuni casi specifici, gli insetti possano effettivamente contribuire alla diffusione di alcuni viroidi, come evidenziato dalla capacità di alcuni afidi di trasmettere PSTVd a ospiti sani dopo aver acquisito questo viroide da piante contemporaneamente infette anche da *Potato leafroll virus* (PLRV) la cui proteina capsidica è in grado di incapsidare eterologamente l'RNA viroidale (Querci et al., 1997; Singh e Kurz, 1997; Syller e Marczewski, 2001). La trasmissione per seme e polline di alcuni viroidi, quali PSTVd e ASBVd nei rispettivi ospiti naturali, è nota da tempo (Singh, 1970; Wallace e Drake, 1962; Singh et al., 1992) e studi recenti mostrano che anche altre specie viroidali possono utilizzare queste vie di diffusione, che appaiono più comuni di quanto ritenuto in passato (Flores et al., 2011). È addirittura probabile che da semi infetti abbiano avuto origine infezioni al pomodoro quali, ad esempio, quelle causate da *Columena latent viroid* (CLVd) e *Tomato chlorotic dwarf viroid* (TCDVd), recentemente segnalate in Europa (Candresse et al., 2010; EFSA, 2011). In sostanza, dai dati disponibili, appare evidente che è il materiale di moltiplicazione a svolgere un ruolo determinante nella diffusione a lunga distanza dei viroidi, soprattutto nel caso di colture propagate vegetativamente mediante parti di pianta su cui le infezioni viroidali non sono evidenti. La diffusione a breve distanza, tanto in campo come in serra, è invece frequentemente determinata dalla trasmissione meccanica mediata dalle

manipolazioni degli operatori o dagli attrezzi utilizzati nelle varie operazioni colturali (Flores et al., 2011).

LE INFEZIONI VIROIDALI CAUSANO PERDITE ECONOMICHE

I viroidi, come altri patogeni, possono incidere negativamente in termini qualitativi e quantitativi sulle produzioni delle colture interessate, ma possono anche determinare danni indiretti, quali l'aumento di suscettibilità a stress biotici e abiotici e l'incremento dei costi di produzione, soprattutto ove si renda necessario il reimpianto o l'uso di materiale risanato, ovvero quando sia obbligatoria l'eradicazione del patogeno, come nel caso dei viroidi da quarantena. L'impatto economico delle infezioni può variare, anche di molto, in funzione del ceppo viroidale, della suscettibilità dell'ospite, dell'andamento climatico, della modalità di trasmissione e dell'importanza economica della coltura. In alcuni casi le infezioni sono devastanti, come testimonia la morte di milioni di palme da cocco causata dal *Coconut cadang cadang viroid* nelle Filippine (Randles e Imperial, 1984). Al contrario, le infezioni di CLVd (Hammond et al., 1989) e di *Eggplant latent viroid* (ELVd) (Fadda et al., 2003) rimangono assolutamente latenti nei rispettivi ospiti. Tra questi due estremi, numerosi sono gli esempi di interazione ospite-viroide che hanno conseguenze, anche di rilievo, sulla salute e produttività di colture erbacee e arboree (Hadidi et al., 2003). Comunque, anche le infezioni latenti non sono scevre da pericoli perché gli ospiti asintomatici possono fungere da sorgente d'inoculo per specie suscettibili ed economicamente importanti. Recentemente, infatti, è stato dimostrato che le epidemie di *Hop stunt viroid* (HSVd), agente della malattia del nanismo del luppolo, scoppiate in Giappone a partire dagli anni '40 del secolo scorso, ebbero origine da infezioni latenti su vite (Kawaguchi-Ito et al., 2009). Una simile sorgente di inoculo era stata precedentemente ipotizzata anche per le infezioni agli agrumi di *Citrus exocortis viroid* (CEVd) e HSVd (Bar-Joseph, 1996). In tempi più recenti, come vedremo nel dettaglio in seguito, infezioni latenti di solanacee ornamentali hanno determinato l'ingresso e la diffusione di PSTVd e di altri viroidi dannosi alle solanacee eduli in diversi Paesi europei, inclusa l'Italia.

LE EPIDEMIE VIROIDALI SI POSSONO CONTROLLARE

Sebbene non siano disponibili efficienti terapie chimiche, il controllo delle malattie viroidali è possibile. Esso si basa su misure profilattiche che includono,

tra l'altro, la produzione e vendita di materiale di propagazione e semi esenti da questi patogeni. Pertanto, di particolare importanza è l'inclusione dei viroidi potenzialmente dannosi nelle liste di "proscrizione" recepite dai protocolli di certificazione del materiale di moltiplicazione di alcune specie vegetali. Infatti, lo scarso o, più comunemente, nullo rilievo degli insetti nella diffusione dei viroidi, rende efficace la certificazione, soprattutto in assenza di sorgenti di inoculo nelle immediate vicinanze di una coltura suscettibile. Pertanto, dovrebbe essere valutata caso per caso l'opportunità di limitare le misure preventive alle specie vegetali di interesse economico, oppure di estenderle anche a specie tolleranti alle infezioni viroidali ma che possano fungere da sorgente di inoculo per altre colture. Le misure di quarantena possono essere di aiuto nel caso di viroidi particolarmente pericolosi e ancora assenti in determinate aree geografiche, ma per essere risolutivi, gli interventi di eradicazione devono essere immediati e drastici. Queste misure, comunque, risultano applicabili con difficoltà nel caso di viroidi con una vasta gamma di ospiti naturali, ancor di più se essi non manifestano sintomi delle infezioni in corso. Infatti, la diagnosi certa delle infezioni e l'identificazione della specie viroidale coinvolta può richiedere analisi molecolari complesse che implicano il sequenziamento del genoma del patogeno.

Considerata l'elevata trasmissibilità per contatto, soprattutto nel caso in cui un pericoloso viroide sia diagnosticato in una serra, è necessario eliminare immediatamente le piante infette e realizzare interventi di decontaminazione delle strutture e degli attrezzi di lavoro con adeguati disinfettanti (per esempio soluzioni diluite al 2-3% di ipoclorito di sodio). La disponibilità di efficienti metodi di diagnosi molecolare e di protocolli di risanamento delle cultivar di particolare pregio contribuisce al controllo dei viroidi che, comunque, non può prescindere dalla approfondita conoscenza delle loro caratteristiche biologiche, molecolari ed epidemiologiche. In ogni caso, è auspicabile che le decisioni sulle più opportune strategie da mettere in campo siano, oltre che tempestive, concordate a livello europeo dopo un'attenta valutazione dei rischi connessi alle epidemie e alle misure di prevenzione/eradicazione da adottare. Un'analisi dettagliata dei rischi derivanti da alcuni viroidi delle solanacee e delle possibili strategie di intervento per ridurre la probabilità di ingresso e diffusione nel territorio europeo è stata recentemente pubblicata (EFSA, 2011).

INFEZIONI LATENTI DI PSTVD IN SOLANACEE ORNAMENTALI E MISURE DI INTERVENTO A LIVELLO EUROPEO

PSTVd (Diener, 1972; Gross et al., 1978), specie tipo del genere *Pospiviroid*

(famiglia *Pospiviroidae*), è un viroide particolarmente dannoso per patata e pomodoro (Owens, 2007). Nella patata induce la malattia del tubero fusiforme, il cui sintomo più grave è la riduzione del numero e delle dimensioni dei tuberi che si presentano deformati, allungati e cilindrici, con perdite di resa che possono superare il 60%. Nel pomodoro, invece, PSTVd determina accartocciamenti e clorosi delle foglie che possono evolvere in necrosi ed essere associati a nanismo. Come in altre combinazioni ospite-viroide l'intensità dei sintomi varia in funzione della virulenza del ceppo viroidale e di fattori ambientali. A causa della gravità di queste affezioni, PSTVd è tra gli organismi nocivi di cui è vietata l'introduzione e la diffusione in tutti gli stati membri dell'Unione Europea (UE) (Direttiva Europea 2000/29/EC, Annesso I, Parte A, Sezione I). Misure restrittive molto severe sono anche adottate in Canada, Australia e in altri Paesi (EFSA, 2011)

A partire dal 2006 furono identificate infezioni da PSTVd in piante di solanacee ornamentali (*Brugmansia* spp. e *Solanum jasminoides*), dapprima in Olanda (Verhoeven et al., 2008a) e, negli anni successivi, nelle stesse specie e in altre solanacee ornamentali, quali *S. rantonetti* (syn. *Lycianthes rantonetti*), *Streptosolen jamesonii*, *Cestrum* spp. e *Petunia* spp, in diversi Paesi europei, Italia inclusa (Di Serio 2007; Verhoeven et al., 2008b; Luigi et al., 2011). Tutte queste segnalazioni hanno riguardato piante apparentemente sane che, a causa dello stato di quarantena di PSTVd, sono state immediatamente distrutte, con pesanti ripercussioni economiche per i produttori. In Olanda, il costo delle operazioni di eradicazione è stato stimato pari a 3-5 milioni di euro nel 2007 (De Hoop et al., 2008). Gli sforzi per eradicare PSTVd hanno trovato giustificazione nella preoccupazione che il patogeno potesse essere trasmesso a patata e/o pomodoro, determinando epidemie in colture particolarmente importanti. Questo trasferimento può effettivamente verificarsi, come documentato nel 2009 in Italia, dove sono state reperite piante di pomodoro con nanismo e accartocciamento fogliare infette dalla stessa variante di PSTVd isolata da piante di *S. jasminoides* asintomatiche e coltivate nelle immediate vicinanze (Navarro et al., 2009). Inoltre, le risultanze di studi filogenetici suggeriscono fortemente che le infezioni di PSTVd nel pomodoro, segnalate in Europa negli anni passati, abbiano avuto origine da specie ornamentali che ospitavano il viroide in forma latente (Navarro et al., 2009; Verhoeven e Roenhorst, 2010).

La constatazione dell'esistenza di un'epidemia in atto nel territorio europeo da parte di un patogeno da quarantena (PSTVd), ha spinto la Commissione Europea ad adottare, nel luglio del 2007, misure di emergenza per ostacolarne l'introduzione e contenerne la diffusione (Decisione della

Commissione 2007/410/EC). Queste misure, indirizzate esclusivamente alle piante del genere *Brugmansia* e della specie *S. jasminoides*, nel regolamentano l'importazione da Paesi terzi e il movimento nel territorio Europeo. Questo è possibile solo se le piante in questione sono allevate secondo specifici standard fitosanitari e accompagnate da un passaporto fitosanitario conforme alla direttiva comunitaria 92/105/CEE.

Dalla valutazione di queste misure recentemente pubblicata dall'EFSA, si evince che esse hanno sortito un effetto significativo nel ridurre l'incidenza di PSTVd in *S. jasminoides* e *Brugmansia* spp. in Europa (EFSA, 2011). Allo stesso tempo, il rapporto evidenzia che, sebbene in alcuni Paesi europei PSTVd sia stato eradicato dai centri di propagazione industriale, esso è già largamente diffuso in Europa e la sua completa eliminazione da queste due specie vegetali non è stata ancora conseguita (EFSA, 2011).

In Italia, l'applicazione delle citate misure fitosanitarie ha comportato rilevanti perdite economiche per alcuni vivaisti. In alcuni casi, il rischio che interi lotti di queste specie ornamentali potessero essere distrutti a seguito delle infezioni da PSTVd ha condizionato le scelte di alcuni produttori, inducendoli a rinunciare alla loro coltivazione. Circa gli effetti delle misure UE adottate in Italia, i dati di uno studio finanziato dal Ministero dell'Agricoltura (DM194818/7643/08, acronimo del progetto: PSTVd-free,) mostrano che anche nel nostro Paese, in accordo con quanto riportato dall'EFSA, si è verificata una significativa diminuzione dell'incidenza di PSTVd in *S. jasminoides* e *Brugmansia* spp. Il problema è stabilire se questo risultato implichi una riduzione reale del rischio per le solanacee ortive, anche alla luce delle già ricordate segnalazioni della diffusione di altri viroidi in grado di generare gravi malattie in entrambe le specie.

PROBLEMATICHE EMERGENTI

Infezioni latenti di PSTVd e altri pospiviroidi in solanacee ornamentali

Come si è detto, negli ultimi anni, oltre a PSTVd, anche altri viroidi del genere *Pospiviroid* (pospiviroidi) sono stati diagnosticati in specie ornamentali apparentemente sane. In Italia, i gruppi di ricerca coinvolti nel citato progetto PSTVd-free finanziato dal MIPAAF hanno identificato, oltre a PSTVd in *S. jasminoides*, *L. rantonetti* e *Cestrum*, anche infezioni latenti di TASVd e di CEVd in *S. jasminoides* (Luigi et al., 2011; Torchetti et al., 2011a) e infezioni contemporanee di due viroidi in uno stesso ospite quali, ad esempio, PSTVd

e CEVd in *Cestrum* spp. (Luigi et al., 2011) e in *S. jasminoides* (Torchetti et al., 2011b), TASVd e PSTVd in *S. jasminoides* (Luigi et al., 2011), oppure TASVd e CEVd in *S. jasminoides* (Torchetti et al., 2011b). Questi dati testimoniano una situazione ben più complessa di quella attesa. In particolare, i dati attualmente disponibili se da un lato confermano che nel nostro Paese l'incidenza di PSTVd in *S. jasminoides* è drasticamente diminuita, dall'altro indicano che la diffusione di altri pospiviroidi, e in particolare di CEVd, risulta particolarmente elevata (Torchetti et al., 2011a). C'è da chiedersi se lo *status* di quarantena attribuito a PSTVd abbia, da una parte, consentito di contenere la sua diffusione ma, dall'altra, favorito la commercializzazione di piante di *S. jasminoides* e di altre specie ornamentali infette da pospiviroidi non soggetti a particolari controlli.

Sebbene, il ruolo delle specie ornamentali infette da questi pospiviroidi nell'insorgenza di infezioni naturali in pomodoro non sia stato ancora sperimentalmente dimostrato, dati molecolari ed esperimenti di trasmissione confortano l'ipotesi che, almeno in qualche occasione, TCDVd e TASVd siano stati trasferiti da piante ornamentali al pomodoro (Verhoeven, 2010; Verhoeven et al., 2010a), dando vita ai focolai registrati negli anni passati (Verhoeven et al., 2004; Antignus et al., 2007). Un'origine analoga è stata anche ipotizzata per le infezioni naturali di pomodoro da parte altri pospiviroidi segnalate in Europa negli ultimi anni, sebbene scenari alternativi non siano stati completamente esclusi (EFSA, 2011). Pur non essendo patogeni da quarantena in Europa, la maggior parte di questi pospiviroidi induce in patata e pomodoro sintomi paragonabili a quelli causati da PSTVd (Verhoeven et al., 2004; Verhoeven et al., 2009; EFSA 2011), e condivide con questo viroide molte caratteristiche epidemiologiche (EFSA, 2011; Flores et al., 2011). Pertanto, la diffusione in atto nel territorio europeo dei pospiviroidi diversi da PSTVd, dovrebbe essere tenuta in debita considerazione nella scelta delle strategie d'intervento volte a salvaguardare le solanacee ortive dalle malattie viroidali.

Alla luce di quanto riportato, la legislazione UE attuale, limitandosi a considerare e regolamentare in maniera particolarmente restrittiva uno solo dei pospiviroidi potenzialmente dannosi per le solanacee ortive, non sembra rispondere alla esigenza di una azione più incisiva e allargata. Probabilmente si rende necessaria una riconsiderazione generale di questa problematica che, vedendo coinvolte contemporaneamente molteplici specie vegetali e viroidali, andrebbe affrontata nella sua complessità alla luce anche dei risultati degli studi realizzati negli ultimi anni. In questa direzione sembra volersi muovere la Commissione Europea che ha recentemente incaricato l'EFSA di valutare il rischio per il territorio UE derivante da tutti i pospiviroidi che infettano le so-

lanacee e di identificare e valutare le misure di intervento disponibili (EFSA, 2011). Il punto chiave di questa valutazione, che sembra costituire il primo passo per una revisione organica della legislazione, si riferisce al fatto che i pospiviroidi vengono sostanzialmente considerati come un gruppo di agenti infettivi con simili caratteristiche biologiche ed epidemiologiche.

Altri aspetti di rilievo dello stesso documento si riferiscono all'identificazione del materiale di propagazione delle solanacee ornamentali come la più probabile via di entrata e diffusione nel territorio UE dei viroidi in questione, e al fatto che la loro diffusione nell'ambito della stessa specie vegetale sia considerata come "probabile". La diffusione tra specie diverse viene invece valutata solo come "moderatamente probabile", con l'eccezione della patata la cui contaminazione è considerata "improbabile" sia per la minore recettività della specie (Verhoeven et al., 2010b) che per le pratiche agricole che ne limitano il contatto con altre colture suscettibili. Inoltre, al contrario del pomodoro, non sono state mai segnalate infezioni naturali di patata da parte di altri pospiviroidi oltre PSTVd (EFSA, 2011).

*Gli ospiti asintomatici di *Chrysanthemum stunt viroid**

I rischi derivanti dalle infezioni viroidali asintomatiche di piante ornamentali non si limitano alla patata e al pomodoro, ma si estendono ad altre essenze, come testimonia la segnalazione (Verhoeven et al., 2006) di piante di *S. jasminoides*, ancora una volta senza sintomi apparenti ma risultate infette da *Chrysanthemum stunt viroid* (CSVd) (Diener e Lawson, 1973). È questo un viroide inserito nelle liste degli organismi nocivi di cui è vietata l'introduzione e la diffusione in tutti gli Stati membri dell'Unione Europea se presente in determinate specie vegetali, nel caso specifico in quelle del genere *Dendranthema* (crisantemo) (Direttiva Europea 2000/29/EC). CSVd è particolarmente dannoso per il crisantemo che reagisce con giallumi fogliari e deformazione dei fiori. Poiché sia l'ospite asintomatico (*S. jasminoides*) che quello visibilmente danneggiato dalla infezione (crisantemo) sono specie ornamentali, l'eventualità che CSVd passi dall'uno all'altro con rilevanti conseguenze economiche, è tutt'altro che remota.

Ciò vale anche per altre specie ornamentali ospiti asintomatici di CSVd, come evidenzia la segnalazione francese di infezioni latenti su diverse cultivar di margherite delle Canarie (*Argyranthemum frutescens*) (Marais et al., 2011) e da analoghi recenti reperti di origine nazionale (Torchetti et al., 2011c). In questi casi, poiché margherite e crisantemi sono spesso allevati in stretta vicinanza, il rischio di trasmissione di CSVd al crisantemo sembra particolarmente elevato.

Ulteriori accertamenti sono attualmente in corso in Italia per verificare se la segnalazione di Torchetti et al. (2011c) costituisca un caso isolato o sia invece il segnale di nuove epidemie asintomatiche in atto. Chiarire questo punto è particolarmente urgente, poiché l'intervento immediato su altri eventuali focolai di infezione potrebbe consentire la completa eradicazione del patogeno.

CONCLUSIONI

L'identificazione di specie ornamentali asintomatiche quali ospiti che favoriscono l'ingresso e diffusione nel territorio europeo di viroidi potenzialmente dannosi per le colture ortive, evidenzia come l'attenzione per le emergenze fitosanitarie non debba essere concentrata solamente sulle colture direttamente danneggiate. Una corretta azione di prevenzione deve basarsi su dati biologici ed epidemiologici dei patogeni che richiedono studi specifici e mirati, e su azioni rapide sui focolai di infezione. Questo richiede un monitoraggio attento del territorio e una capacità d'intervento immediato sia a livello locale che a livello europeo. Sembra pertanto non superfluo manifestare in questa sede l'auspicio che i Servizi fitosanitari regionali siano posti in condizione di affrontare con la necessaria determinazione le emergenze fitopatologiche di cui si è trattato e con le quali ci si confronta con sempre maggiore e allarmante frequenza. Inoltre i già attrezzati laboratori degli Organismi di istruzione e di ricerca presenti sul territorio dovrebbero essere dotati dei fondi necessari per affrontare in tempi rapidi le situazioni che le loro ricerche hanno, in larga misura, fatto emergere.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano il Prof. G.P. Martelli e il Prof. M. Conti per la lettura critica del manoscritto. Le attività di ricerca sui viroidi delle piante ornamentali svolte nel laboratorio del Dott. Di Serio sono supportate dal Progetto "PSTVd-free" finanziato dal MIPAAF.

RIASSUNTO

I viroidi sono agenti infettivi costituiti da un RNA di piccole dimensioni, circolare e che non codifica proteine. Le infezioni viroidali possono determinare malattie molto gravi in specie di notevole importanza economica, tanto che alcuni viroidi sono inclusi nelle

liste dei patogeni da quarantena. In alcuni ospiti le infezioni da parte di questi agenti infettivi rimangono latenti, ma anche gli ospiti asintomatici possono costituire un pericolo, soprattutto se dovessero fungere da sorgente d'inoculo per specie suscettibili ed economicamente importanti. Negli ultimi anni, a seguito della commercializzazione di solanacee ornamentali asintomatiche, ma infette, si è verificata la diffusione sul territorio europeo di *Potato spindle tuber viroid* (PSTVd), un viroide da quarantena dannoso per la patata e il pomodoro. Di conseguenza, le misure di controllo di questo patogeno sono state ulteriormente raccomandate dalla Commissione Europea. Studi recenti hanno, però, svelato che le solanacee ornamentali sono ospiti naturali asintomatici anche di molti altri viroidi potenzialmente dannosi per le solanacee ortive, evidenziando la necessità di riconsiderare, a livello europeo, le strategie di controllo di questi patogeni. Dopo una breve descrizione delle caratteristiche biologiche ed epidemiologiche dei viroidi e delle strategie di prevenzione, si prende spunto dai problemi causati dalle infezioni latenti nelle solanacee ornamentali, per evidenziare la necessità di azioni rapide e decise sui focolai di infezione, che dovrebbero essere confortati da interventi legislativi e fondi adeguati per le strutture di ricerca.

ABSTRACT

Viroids are infectious plant pathogens consisting of a small, circular and non-coding RNA, which may induce severe diseases affecting economically relevant crops. Therefore, some viroid is included in the EU list of quarantine pests. Viroid infections may also be latent in certain hosts, but this does not mean that they are not dangerous. Actually, symptomless viroid hosts may serve as source of inoculum for susceptible and economically relevant crops. In the last few years, *Potato spindle tuber viroid*, which is a quarantine pest in Europe due to its dangerousness to potato and tomato crops, has been unintentionally spread in Europe by commercialization of infected and symptomless ornamental solanaceous. As a consequence, specific emergency measures were recommended by the European Commission to contain the spread of this viroid. However, recent studies showed that symptomless ornamental solanaceous are also natural hosts of several other viroids potentially dangerous to potato and tomato crops. After briefly describing biological and epidemiological features of viroids, the implications of latent viroid infections of ornamental solanaceous hosts in Europe are discussed. Moreover, the need of fast and critical actions on the initial infections outbreaks, supported by adequate legislation and funds for specific research programs, is highlighted.

BIBLIOGRAFIA

- ANTIGNUS Y., LACHMAN O., PEARLSMAN M. (2007): *Spread of tomato apical stunt viroid (TASVd) in greenhouse tomato crops is associated with seed transmission and bumble bee activity*, «Plant Disease», 91, pp. 47-50.
- BAR-JOSEPH M. (1996): *A Contribution to the natural history of viroids*, in Proceedings of the 13th IOCV Conference, Graça J.V., Moreno P., Yokomi R.K., Eds, Riverside, U.S.A., pp. 226-229.

- CANDRESSE T., MARAIS A., TASSUS X., SUHARD P., RENAUDIN I., LEGUAY A., POLIAKOFF F., BLANCARD D. (2010): *First report of Tomato chlorotic dwarf viroid in tomato in France*, «Plant Disease», 94, p. 633.
- DE HOOP M.B., VERHOEVEN J.Th.J., ROENHORST J.W. (2008): *Phytosanitary measures in the European Union: a call for more dynamic risk management allowing more focus on real pest risks. Case study: Potato spindle tuber viroid (PSTVd) on ornamental Solanaceae in Europe*, «EPPO Bulletin», 38, pp. 510-515.
- DI SERIO F. (2007): *Identification and characterization of Potato spindle tuber viroid infecting Solanum jasminoides and S. rantonnetii in Italy*, «Journal of Plant Pathology», 89, pp. 297-300.
- 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, pp. 606-609.
- DIENER T.O., LAWSON R.H. (1973): *Chrysanthemum stunt viroid disease*, «Virology», 51, pp. 94-101.
- DING B. (2010): *Viroids: self-replicating, mobile, and fast-evolving noncoding regulatory RNAs*, «Wiley Interdiscip Reviews: RNA», 1, pp. 362-75.
- EFSA (2011): *Scientific Opinion on the assessment of the risk of solanaceous pospiviroids for the EU territory and the identification and evaluation of risk management options*, «EFSA Journal» 9:2330, 132 pp. doi:10.2903/j.efsa.2011.2330.
- FADDA Z., DARÒS J.A., FAGOAGA C., FLORES R., DURAN-VILA N. (2003): *Eggplant latent viroid, the candidate type species for a new genus within the family Avsunviroidae (hammerhead viroids)*, «Journal of Virology», 77, pp. 6528-32.
- FLORES R., HERNANDEZ C., MARTINEZ DE ALBA A.E., DAROS J.A., DI SERIO F. (2005a): *Viroids and viroid-host interactions*, «Annual Review of Phytopathology», 43, pp. 117-139.
- FLORES R., RANGLES J.W., OWENS R.A., BAR-JOSEPH M., DIENER T.O. (2005b): *Viroids*, in *Virus Taxonomy. Eighth Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses*, Fauquet C.M., Mayo M.A., Maniloff J., Desselberger U., Ball A.L., Eds, London, Elsevier/Academic Press, pp. 1145-1159.
- FLORES R., DI SERIO F., NAVARRO B., DURAN-VILA N., OWENS R.A. (2011): *Viroids and viroid diseases of plants*. In: *Studies in Viral Ecology*, in *Microbial and Botanical Host Systems (Volume One)*, Christon J. Hurst, U.S.A., Ed., John Wiley & Sons pp. 311-346.
- GROSS H.J., DOMDEY H., LOSSOW C., JANK P., RABA M., ALBERTY H., SÄNGER H.L. (1978): *Nucleotide sequence and secondary structure of potato spindle tuber viroid*, «Nature», 273, pp. 203-208.
- HADIDI A., FLORES R., RANGLES J.W., SEMANCIK J.S. (2003): *Viroids*, Csiro publishing, Collingwood, Australia, 370 pp.
- HAMMOND R.M., SMITH D.R., DIENER T.O. (1989): *Nucleotide sequence and proposed secondary structure of Columnea latent viroid: a natural mosaic of viroid sequences*, «Nucleic Acid Research», 17, pp. 10083-10094.
- KAWAGUCHI-ITO Y., LI S.F., TAGAWA M., ARAKI H., GOSHONO M., YAMAMOTO S., TANAKA M., NARITA M., TANAKA K., LIU S.X., SHIKATA E., SANO T. (2009): *Cultivated grapevines represent a symptomless reservoir for the transmission of Hop stunt viroid to hop crops: 15 years of evolutionary analysis*, «PLoS ONE», 4, e8386.
- LUIGI M., LUISON D., TOMASSOLI L., FAGGIOLI F. (2011): *Natural spread and molecular analysis of pospiviroids infecting ornamentals in Italy*, «Journal of Plant Pathology», 93, pp. 1-5.

- MARAIS A., FAURE C., DEOGRATIAS J.-M., CANDRESSE T. (2011): *First report of Chrysanthemum stunt viroid in various cultivars of Argyranthemum frutescens in France*, «Plant Disease», 95, p. 1196.
- NAVARRO B., SILLETTI M.R., TRISCIUZZI V.N., DI SERIO F. (2009): *Identification and characterization of potato spindle tuber viroid infecting tomato in Italy*, «Journal of Plant Pathology», 91, pp. 723-726.
- OWENS R.A. (2007): *Potato spindle tuber viroid: the simplicity paradox resolved?*, «Mol. Plant Pathology», 8, pp. 549-560.
- QUERCI, M., OWENS, R. A., BARTOLINI, I., LAZARTE, V., SALAZAR, L. F. (1997): *Evidence for heterologous encapsidation of potato spindle tuber viroid in particles of potato leafroll virus*, «Journal of General Virology», 78, pp. 1207-1211.
- RANDLES J.W., IMPERIAL J.S. (1984): *Coconut-cadang-cadang viroid*, in CMI/AAB Description of Plant Viruses N. 287.
- SEMANCIK J.S., WEATHERS L.G. (1972): *Exocortis virus: an infectious free-nucleic acid plant virus with unusual properties*, «Virology», 47, pp. 456-466.
- SINGH R.P. (1970): *Seed transmission of potato spindle tuber virus in tomato and potato*, «American Potato Journal», 47, pp. 225-227.
- SINGH R.P., BOUCHER A. AND SOMERVILLE T.H. (1992): *Detection of potato spindle tuber viroid in the pollen and various parts of potato plant pollinated with viroid infected pollen*, «Plant Disease», 76, pp. 951-953.
- SINGH R.P., KURZ J. (1997): *RT-PCR analysis of PSTVd aphid transmission in association with PLRV*, «Canadian Journal of Plant Pathology», 19, 418-424.
- SYLLER J. AND MARCZEWSKI W. (2001): *Potato leafroll virus-associated aphid transmission of potato spindle tuber viroid and potato leafroll virus-resistant potato*, «Journal of Phytopathology», 149, pp. 195-201.
- TORCHETTI E.M., NAVARRO B., DI SERIO F. (2011a): *First record of Citrus exocortis viroid infecting Solanum jasminoides in Italy*, «Journal of Plant Pathology», 93 (Suppl.) (in press).
- TORCHETTI E.M., NAVARRO B., TRISCIUZZI V.N., SILLETTI M. R., DI SERIO F. (2011b): *Mixed viroid infections of Solanum jasminoides in Italy*, Atti XVII Convegno Nazionale Società Italiana di Patologia Vegetale (SIPaV), Bologna, Italia, 12-14 Sept 2011, S1-25.
- TORCHETTI E.M., NAVARRO B., TRISCIUZZI V.N., SILLETTI M.E., DI SERIO F. (2011c): *Identification and characterization of Chrysanthemum stunt viroid infecting Argyranthemum frutescens in Italy*, Atti XVII Convegno Nazionale Società Italiana di Patologia Vegetale, Bologna (Italia), 12-14 Sept 2011. S5-13.
- VERHOEVEN J.Th.J. (2010): *Identification and epidemiology of pospiviroids*, Thesis Wageningen University, Wageningen, The Netherlands. ISBN 978-90-8585-623-8, 136 pp.
- VERHOEVEN J.Th.J., ROENHORST J.W. (2010): *High stability of original predominant pospiviroid genotypes upon mechanical inoculation from ornamentals to potato and tomato*, «Archives of Virology», 155, pp. 269-274.
- VERHOEVEN J.Th.J., JANSEN C.C.C., WILLEMEN T.M., KOX L.F.F., OWENS R.A., ROENHORST J.W. (2004): *Natural infections of tomato by Citrus exocortis viroid, Columnea latent viroid, Potato spindle tuber viroid and Tomato chlorotic dwarf viroid*, «European Journal of Plant Pathology», 110, pp. 823-831.
- VERHOEVEN J.T.J., JANSEN C.C.C., ROENHORST J.W. (2006): *First report of potato virus M and Chrysanthemum stunt viroid in Solanum jasminoides*, «Plant Disease», 90, pp. 1359-1359.

- VERHOEVEN J.T.J., JANSEN C.C.C., 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 Pathology», 57, p. 399.
- VERHOEVEN J.T.H.J., JANSEN C.C.C., ROENHORST J.W. (2008b): *Streptosolen jamesonii 'Yellow', a new host plant of Potato spindle tuber viroid*, «Plant Pathology», 57, p. 399.
- VERHOEVEN J.T.H.J., JANSEN C.C.C., ROENHORST J.W., FLORES R., DE LA PENNA M. (2009): *Pepper chat fruit viroid: Biological and molecular properties of a proposed new species of the genus Pospiviroid*, «Virus Research», 144, pp. 209-214.
- VERHOEVEN J.T.H.J., BOTERMANS M., JANSEN C.C.C., ROENHORST J.W. (2010a): *First report of Tomato apical stunt viroid in the symptomless hosts Lycianthes rantonnetii and Streptosolen jamesonii in the Netherlands*, «Plant Disease», 94, p. 791.
- VERHOEVEN J.T.H.J., HUNER L., VIRSCEK MARN M., MAVRIC PLESKO I., ROENHORST J.W. (2010b): *Mechanical transmission of Potato spindle tuber viroid between plants of Brugmansia suaveolens, Solanum jasminoides and potatoes and tomatoes.*, «European Journal of Plant Pathology», 128, pp. 417-421.
- WALLACE J.M., DRAKE R.J. (1962): *A high rate of seed transmission of avocado sun-blotch virus from symptomless trees and the origin of such trees*, «Phytopathology», 52, pp. 237-241.

