

XYLELLA FASTIDIOSA: VETTORI ACCERTATI E POTENZIALI IN AMERICA E IN EUROPA

DOMENICO BOSCO (*)

(*) Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Università degli Studi di Torino, Largo Paolo Braccini, 2 – 10095 Grugliasco (TO); e-mail: domenico.bosco@unito.it
Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda “Insetti vettori di agenti fitopatogeni”. Seduta pubblica dell’Accademia – Firenze, 14 novembre 2014.

Xylella fastidiosa: vectors and potential vectors in America and Europe.

The recent introduction of *X. fastidiosa* (*Xf*) in the Apulian Region of Italy, where it is associated with a severe dieback syndrome of olive trees, prompted research on the insect vectors of the bacterium in the new infected area. *X. fastidiosa* is a xylem-restricted bacterium transmitted by xylem-sap feeding insects. These latter belong to the order Hemiptera, families Cercopidae and Aphrophoridae (spittlebugs), Cicadidae and Tibicinidae (cicadas) and Cicadellidae (sharpshooters). The transmission of *Xf* by insects is peculiar in that it does not require a latent period, yet the bacteria are persistently transmitted. Bacteria are restricted to the alimentary canal and do not infect systemically the insect body. They adhere to and multiply in the pre-cibarium. Although *Xf* transmission is restricted to xylem-sap feeding insects, there is no species-specificity and all xylem-sap feeders should be considered potential vectors. Transmission efficiency varies substantially depending on insect species, host plant, and *Xf* genotype. The main vector species of *Xf* in North America, associated with the Pierce’s Disease of grapevine, and in South America, associated with Citrus Variegated Chlorosis, are listed. The potential insect vectors in Europe are discussed according to their reported presence by the Fauna Europaea database. So far, among the potential vector species, only the spittlebug *Philaenus spumarius* has been identified as a vector of the olive strain of *Xf* in Apulia. It is concluded that, while in Northern and Southern America sharpshooter vectors have been primarily associated with *Xf* epidemics, in Europe xylem-sap feeders other than sharpshooters might play a more important role in the spread of *Xf*.

KEY WORDS: *Xylella fastidiosa*, transmission, spittlebugs, sharpshooters, cicadas.

INTRODUZIONE

Xylella fastidiosa (*Xf*) è un gammaproteobatterio della famiglia Xanthomonadaceae che rappresenta l’unica specie del genere. *Xf* è caratterizzata da una grande variabilità genetica che ha portato alla descrizione di almeno quattro sottospecie, ssp. *fastidiosa*, ssp. *pauca*, ssp. *multiplex* e ssp. *sandyi* (SCHAAD *et al.*, 2004; SCHUENZEL *et al.*, 2005). Inoltre sono presenti varianti genetiche non ascrivibili con certezza alle sottospecie, tali genotipi sono presumibilmente generati da ricombinazione omologa tra ceppi di diverse sottospecie e testimoniano della grande plasticità genetica di questo batterio. La sottospecie più conosciuta è *fastidiosa*, l’unica capace di infettare la vite, a cui causa la malattia di Pierce (Pierce’s Disease; PD) in Nord America (NUNNEY *et al.*, 2010); questa sottospecie è stata recentemente introdotta a Taiwan dove infetta la vite (SU *et al.*, 2013). Isolati della ssp. *pauca*, prevalentemente presenti nell’America del Sud e centrale, sono responsabili della malattia degli agrumi conosciuta come citrus variegated chlorosis (CVC) diffusa in Brasile, gli isolati della sottospecie *multiplex* sembrano avere

un’ampia gamma di piante ospiti e sono presenti in Nord e Sud America mentre gli isolati della sottospecie *sandyi*, identificati soltanto negli Stati Uniti, sono poco caratterizzati e la loro biologia poco conosciuta. L’isolato di *Xf* recentemente identificato in olivo in Puglia e associato al complesso del disseccamento rapido, CoDiRO, appartiene alla ssp. *pauca* (CARIDDI *et al.*, 2014). Sebbene la distinzione in sottospecie sia molto utile per fini pratici è però più corretto, alla luce della capacità di ricombinazione omologa e di generazione di genotipi non chiaramente ascrivibili alle sottospecie descritte, considerare *Xf* in quanto specie piuttosto che come sottospecie chiaramente distinte. Globalmente *Xf* presenta una gamma di piante ospiti eccezionalmente ampia, più di 300 specie, arboree ed erbacee (EFSA, 2015) ed è presente prevalentemente in aree subtropicali, tropicali e temperate con inverni miti.

INSETTI VETTORI E TRASMISSIONE

X. fastidiosa colonizza esclusivamente i vasi xilematici delle piante ospiti ed è trasmessa da insetti

succhiatori dello xilema, detti xilemomizi. Gli insetti xilemomizi sono Emitteri Cicadoidei, Cercopoidei e Cicadellidi. Mentre le specie delle prime due superfamiglie (cicale e sputacchine) hanno tutte comportamento nutrizionale xilemomizo, tra i Cicadellidi (cicaline) soltanto le specie della sottofamiglia Cicadellinae sono xilemomize. La trasmissione di *Xf* ad opera degli insetti vettori è del tutto peculiare e riunisce caratteristiche della trasmissione persistente e non persistente. I vettori di *Xf* sono capaci di inoculare il patogeno immediatamente dopo la nutrizione infettante, senza la necessità di un periodo di incubazione (come nella trasmissione non persistente), l'infettività può essere mantenuta per tutta la vita (come nella trasmissione persistente), ma non attraverso la muta (come nella trasmissione non persistente). Questa anomala modalità di trasmissione si spiega con il fatto che, nonostante l'infezione sia persistente, il batterio si localizza soltanto nella prima parte del digerente, di origine ectodermica e quindi non è circolativo. In particolare le cellule batteriche, dopo essere state acquisite dal vettore, aderiscono alle pareti del precibario, dove sono in grado di moltiplicarsi e possono essere ritenute per tutta la vita dell'insetto (ALMEIDA *et al.*, 2005). Poiché la specificità di trasmissione di *Xf* sembra limitata al comportamento nutrizionale xilemomizo, tutti gli insetti che si nutrono della linfa grezza contenuta nei vasi xilematici (sputacchine, cicaline, cicale) sono da considerarsi potenziali vettori (PURCELL, 1989; ALMEIDA *et al.*, 2005). Le relazioni tra *Xf* e il vettore sono complesse e implicano la capacità del batterio di sondare l'ambiente in cui vive ed effettuare un drastico cambiamento nell'espressione genica tra l'ospite vegetale e animale. In particolare nell'ospite vegetale il batterio esprime attivamente geni che facilitano la mobilità e la colonizzazione di nuovi elementi xilematici in modo da invadere sistematicamente la pianta mentre nell'ospite insetto esprime attivamente geni responsabili per la produzione di sostanze gomose e adesive, che portano ad una adesione alle pareti del precibario e alla formazione di biofilm (CHATTERJEE *et al.* 2008). E' stato infatti dimostrato che l'insetto vettore è in grado di acquisire e successivamente trasmettere il patogeno se si nutre su una pianta preventivamente inoculata meccanicamente a partire da cellule di *Xf* in coltura axenica usando la tecnica della "needle inoculation". Al contrario, se il vettore si nutre direttamente di cellule di *Xf* da coltura axenica aggiunte al substrato artificiale di nutrizione, è incapace di trasmetterle. Questo fenomeno testimonia il ciclo "dioico" di *Xf*, che deve necessariamente passare da una fase infettante il vegetale ad una fase infet-

tante il vettore per compiere il suo ciclo (KILLINY e ALMEIDA, 2009). Inoltre, l'epidemiologia di *Xf* è regolata da fattori ecologici e comportamentali che influenzano la probabilità di incontro tra il vettore e il batterio per l'acquisizione e la successiva inoculazione a piante sane. Tra i fattori comportamentali del vettore è importante la preferenza di pianta ospite e, all'interno della stessa pianta, di tessuto (germogli apicali o basali) (DAUGHERTY *et al.*, 2011) e il numero di punture di nutrizione (DAUGHERTY *et al.*, 2009). Tra le caratteristiche della pianta ospite giocano un ruolo importante nella trasmissione il titolo con cui il batterio infetta la pianta e l'abbondanza di elementi xilematici "saturi" di cellule di *Xf* che contengono cellule in fase di "aggregazione-adesione" (HILL e PURCELL, 1997; ALMEIDA *et al.*, 2005). L'epidemiologia delle malattie causate da *Xf* è perciò molto variabile ed è il risultato di complesse interazioni biotiche e abiotiche che coinvolgono la specie vettrice (in relazione al ciclo biologico e al voltinismo, al comportamento nutrizionale, alla capacità di spostamento attivo), il genotipo del batterio (in relazione allo specifico "host-range" dei diversi genotipi, anche all'interno della stessa sottospecie e alla capacità di ricombinazione omologa tra ceppi differenti), le piante ospiti coltivate e spontanee (in relazione alla loro permissività alla moltiplicazione del batterio e alla loro attrattività per il vettore). Tutte queste interazioni rendono difficilmente prevedibile l'epidemiologia delle fitopatie associate a *Xf* in nuove situazioni geografiche/climatiche/agronomiche e le conoscenze acquisite nelle associazioni batterio-vettore-pianta ospite conosciute hanno un valore limitato.

INSETTI VETTORI NELLE AMERICHE

Le specie vettrici di *Xf* sono ben conosciute in America, continente che rappresenta l'area di originale distribuzione di *Xf* e dove i vettori principali sono gli "sharpshooter" (Cicadellidae Cicadellinae), mentre gli altri xilemomizi hanno un ruolo secondario. Le più importanti specie vettrici di *Xf* in Nord America sono i cicadellidi *Graphocephala atropunctata* (Signoret) e *Homalodisca vitripennis* (Germar). Ambedue le specie svernano come adulto ma mentre la prima è monovoltina (poche femmine possono dare una parziale seconda generazione ma la maggior parte di esse necessita di un periodo di freddo per maturare le uova), la seconda compie due generazioni per anno, almeno nelle condizioni della California meridionale e raggiunge livelli di popolazioni estremamente elevati. Ambedue le specie sono vettrici di PD a vite ma sostengono una diversa

diffusione della fitopatìa. In California settentrionale e centrale le infezioni, dovute principalmente a *G. atropunctata*, sono di tipo primario, cioè dovute a cicaline che infettatesi su piante ripariali si trasferiscono successivamente su vite, soprattutto nei bordi dei vigneti (PURCELL, 1974). Nella California meridionale *H. vitripennis*, oltre a svolgere due generazioni l'anno, sverna negli agrumeti adiacenti ai vigneti raggiungendo perciò livelli di popolazione elevatissimi in vigneto (COVIELLA *et al.*, 2006) e sostenendo probabilmente anche la diffusione secondaria da vite a vite (PERRING *et al.*, 2001). Le più importanti specie vettrici in Sud America sono i cicadellini *Bucephalagonia xanthophis* (Berg), *Dilobopterus costalimai* Young, *Acrogonia citrina* (Marucci e Cavichioli) e *Oncomeopia facialis* (Signoret), tutti riconosciuti vettori del "citrus variegatus chlorosis" (CVC) degli agrumi. L'epidemiologia di CVC in Brasile è dovuta principalmente a infezioni secondarie, da *Citrus* a *Citrus*, ad opera dei cicadellidi citati. Le specie vettrici di *Xf* sono state elencate nella quasi totalità da REDAK *et al.* (2004) che annovera 37 cicadellini e 5 sputacchine tra i vettori noti. Esistono inoltre due contributi che riportano la capacità delle cicale (Hemiptera Cicadoidea) di trasmettere *Xf* (PAIAO *et al.*, 2002; KRELL *et al.*, 2007). Il ruolo delle cicale deve però ancora essere verificato. I principali vettori di *Xf* nelle Americhe sono elencati in tabella 1.

INSETTI POTENZIALI VETTORI IN EUROPA

La recente segnalazione in Italia, in provincia di Lecce, di *Xf* associata alla sindrome del complesso del disseccamento rapido dell'olivo (CoDiRO) (CARIDDI *et al.*, 2014), che si è diffusa epidemica-

mente negli oliveti salentini con esiti drammatici, ha scatenato, oltre a un enorme impatto mediatico, anche l'immediata ricerca delle specie vettrici responsabili della diffusione epidemica. A questo proposito è importante notare come in Europa i cicadellini siano estremamente poco rappresentati, mentre molto più numerose sono le specie degli altri gruppi di xilemomizi potenziali vettori, sputacchine e cicale (DE JONG, 2013). Infatti tra i cicadellini l'unica specie ampiamente diffusa e localmente abbondante in Europa è *Cicadella viridis* (L.), e complessivamente l'intera sottofamiglia non conta più di nove specie originarie o introdotte in Europa. Al contrario, tra le sputacchine si annoverano 26 specie della famiglia Aphrophoridae (tra cui alcune estremamente comuni e abbondanti, come *Philaenus spumarius* L.) e sette specie di Cercopidae (DE JONG, 2013). Ancora più rappresentate sono le specie di cicale, con una cinquantina di specie nella famiglia Tibicinidae e 11 specie nella famiglia Cicadidae, tra cui specie estremamente comuni e abbondanti come *Cicada orni* L., la cui densità, in particolare su pino e olivo, è stata stimata in migliaia di individui ad ettaro nella Maremma Toscana (PATTERSON *et al.*, 1997) e può quindi essere localmente anche più elevata. In indagini di campo svolte recentemente negli oliveti del Salento sono state identificate quattro specie xilemomize candidate vettrici, le sputacchine *P. spumarius*, *Neophilaenus campestris* Fallen, *Cercopsis sanguinolenta* Scopoli e la cicala *C. orni* (ELBEAINO *et al.*, 2014; CORNARA *et al.*, 2014). Ad oggi soltanto per *P. spumarius* è stata provata la capacità di trasmettere *Xf* del ceppo CoDiRO (SAPONARI *et al.*, 2014). I principali potenziali vettori di *Xf* in Europa sono elencati in tabella 2.

Tabella 1 – Vettori di *Xylella fastidiosa* nelle Americhe.

Gruppo tassonomico	Specie più importanti	Distribuzione geografica	Ruolo nella diffusione di <i>X. fastidiosa</i>
Cicadellidae Cicadellinae (38 specie)	<i>Bucephalagonia xanthophis</i>	Argentina, Bolivia, Brasile, Paraguay	Associata a epidemie di CVC negli agrumeti
	<i>Dilobopterus costalimai</i>	Brasile	Associata a epidemie di CVC negli agrumeti
	<i>Graphocephala atropunctata</i>	Stati Uniti e America Centrale	Associata a epidemie di PD nei vigneti della California settentrionale e centrale
	<i>Homalodisca vitripennis</i>	Stati Uniti meridionali, Messico, Polinesia Francese, Haway, Isola di Pasqua	Associata a epidemie di PD nei vigneti della California meridionale
Cercopoidea (6 specie)	<i>Philaenus leucophthalmus</i>	Stati Uniti	Non associato a fitopatie epidemiche
Cicadoidea (2 specie)	<i>Diceroprocta apache</i>	Stati Uniti meridionali, Messico	Ruolo non confermato
	<i>Dorisiana viridis</i>	Stati Uniti meridionali, Messico	Ruolo non confermato

Tabella 2 – Potenziali vettori di *Xylella fastidiosa* in Europa.

Gruppo tassonomico	Specie più importanti	Distribuzione geografica	Ruolo potenziale nella diffusione di <i>X. fastidiosa</i>
Cicadellidae Cicadellinae (7 specie)	<i>Cicadella viridis</i>	Ubiquitaria in Europa	Molto comune, polifaga ma limitata ad ambienti umidi
Cercopoidea (34 specie)	<i>Aphrophora alni</i>	Ubiquitaria in Europa	Comune, polifaga
	<i>Aphrophora salicina</i>	Ubiquitaria in Europa	Comune, oligofaga
	<i>Philaenus spumarius</i>	Ubiquitaria in Europa	Molto comune, polifaga*
	<i>Cercopis vulnerata</i>	Assente nel Nord Europa	Comune, associata principalmente a piante erbacee
Cicadoidea (54 specie)	<i>Cicada orni</i>	Assente nel Nord Europa	Nessuna informazione sulla capacità di trasmissione
	<i>Cicadatra atra</i>	Balcani, Italia e Francia	Nessuna informazione sulla capacità di trasmissione
	<i>Lyristes plebejus</i>	Assente nel Nord Europa	Nessuna informazione sulla capacità di trasmissione
	<i>Cicadivetta tibialis</i>	Assente nel Nord Europa	Nessuna informazione sulla capacità di trasmissione
	<i>Tibicina haematodes</i>	Assente nel Nord Europa	Nessuna informazione sulla capacità di trasmissione

* *P. spumarius* è vettore accertato del ceppo di *Xf* identificato nel Salento (Saponari et al., 2014)

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

È molto probabile che *P. spumarius* sia il vettore principale del ceppo CoDiRO epidemico in Salento, ma non si può certo escludere il ruolo di altre specie, in particolare di *N. campestris*. Finora tutte le specie di xilemomizi catturate nell'agroecosistema oliveto appartengono al gruppo delle sputacchine (Aphrophoridae e Cercopidae) e i cicadellini sembrano essere assai rari, confermando l'ipotesi che, a differenza delle Americhe, dove i cicadellini sono associati a tutte le epidemie di *Xf*, nel Salento (ma anche nel resto d'Europa se sarà contaminata) le sputacchine siano i principali vettori. In conclusione molte ricerche devono essere condotte sia per caratterizzare meglio le modalità di trasmissione del ceppo di *Xf* associato al disseccamento dell'olivo sia per accertare un eventuale ruolo delle cicale. Lo studio dell'ecologia e della dinamica di popolazione della/e specie vettrice/i nel Salento è altrettanto indispensabile al fine di poter predisporre un razionale piano di controllo integrato dei vettori e della batteriosi, poiché l'eradicazione di *Xf* dall'area di introduzione non è verosimilmente realizzabile.

RIASSUNTO

La recente introduzione di *Xylella fastidiosa* (*Xf*) nel Salento, dove il batterio è associato al complesso del disseccamento rapido dell'olivo (CoDiRO), ha portato alla ricerca degli insetti vettori nella nuova zona infetta. *X. fastidiosa* è un batterio xilematico trasmesso da insetti xilemomizi che appartengono all'ordine degli Emitteri, famiglie Cercopidae e Aphrophoridae (sputacchine), Cicadidae e Tibicinidae (cicale) e Cicadellidae (cicaline). La trasmissione di *Xf* ad opera degli insetti vettori è del tutto peculiare e riunisce caratteristiche

della trasmissione persistente e non persistente. Infatti il batterio è trasmesso in modo persistente anche in assenza di un periodo di latenza. I batteri colonizzano soltanto lo stomodeo, in particolare il pre-cibario, dove si moltiplicano, e non infettano sistemicamente l'insetto. Sebbene soltanto gli insetti succhiatori di succo xilematico possano trasmettere *Xf*, non è conosciuta una specificità di trasmissione e perciò tutti gli insetti xilemomizi sono da considerarsi potenziali vettori. Vengono elencate le principali specie vettrici di *Xf* in Nord America, associate alla malattia di Pierce della vite, e quelle del Sud America, associate alla clorosi variegata degli agrumi. I potenziali vettori di *Xf* in Europa sono discussi in relazione alla loro presenza e distribuzione come riportata dalla Fauna Europaea. Fino ad ora soltanto la sputacchina *Philaenus spumarius* è stata accertata come vettore del ceppo CoDiRO di *Xf*. Si conclude che, mentre in America le cicaline sono i principali vettori di *Xf*, nel Salento (e in altre aree del continente se contaminate) le sputacchine rappresentano i più importanti vettori potenziali.

BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA R.P.P., BLUA M.J., LOPES J.R., PURCELL A.H., 2005 - *Vector transmission of Xylella fastidiosa: Applying fundamental knowledge to generate disease management strategies*. - Ann. Entomol. Soc. Am., 98: 775-786.
- CARIDDI C., SAPONARI M., BOSCIA D., DE STRADIS A., LOCONSOLE G., NIGRO F., PORCELLI F., POTERE O., MARTELLI G.P., 2014 - *Isolation of a Xylella fastidiosa strain infecting olive and oleander in Apulia, Italy*. - J. Plant Pathol., 96(2): 425-429.
- CHATTERJEE S., ALMEIDA R.P.P., LINDOW S., 2008 - *Living in two worlds: the plant and insect lifestyles of Xylella fastidiosa*. - Annu. Rev. Phytopathol., 46: 243-71.
- CORNARA D., LOCONSOLE G., BOSCIA D., DE STRADIS A., YOKOMI R.Y., BOSCO D., PORCELLI F., SAPONARI M., 2014 - *Survey of the Auchenorrhyncha in the Salento peninsula searching for vectors of Xylella fastidiosa pauca codiro strain*. Proc. Int. Symp. European outbreak of *Xylella fastidiosa* in Olive. Gallipoli, Locorotondo, Italy 21-24 October 2014, p. 31.
- COVIELLA C.E., GARCIA J.F., JESKE D.R., REDAK R.A., LUCK R. F., 2006 - *Feasibility of tracking within-field movements of Homalodisca coagulata (Hemiptera: Cicadellidae) and*

- estimating its densities using fluorescent dusts in mark-release-recapture experiments. - J. Econ. Entomol., 99(4): 1051-1057.
- DAUGHERTY M.P., BOSCO D., ALMEIDA R.P.P., 2009 - Temperature mediates transmission efficiency: inoculum supply and plant infection dynamics. - Ann. Appl. Biol., 155: 361-369.
- DAUGHERTY M.P., RASHED A., ALMEIDA R.P., PERRING T.M., 2011 - Vector preference for hosts differing in infection status: sharpshooter movement and *Xylella fastidiosa* transmission. - Ecol. Entomol., 36(5): 654-662.
- DE JONG YSDM, 2013 - *Fauna Europaea version 2.6. Ed. de Jong YSDM*. Web Service. Available online: <http://www.faunaeur.org>
- ELBEAINO T., YASEEN T., VALENTINI F., MOUSSA I.E.B., MAZZONI V., D'ONGHIA A.M., 2014 - Identification of three potential insect vectors of *Xylella fastidiosa* in southern Italy. - Phytopath. Medit., 53(2): 328-332.
- EFSA PLH PANEL (EFSA PANEL ON PLANT HEALTH), 2015 - Scientific Opinion on the risks to plant health posed by *Xylella fastidiosa* in the EU territory, with the identification and evaluation of risk reduction options. - EFSA J. 2015;13(1):3989, 262 pp., doi:10.2903/j.efsa.2015.3989.
- HILL B.L., PURCELL A.H., 1997 - Populations of *Xylella fastidiosa* in plants required for transmission by an efficient vector. - Phytopathology, 87(12): 1197-1201.
- KILLINY N., ALMEIDA R.P.P., 2009 - *Xylella fastidiosa* afimbrial adhesins mediate cell transmission to plants by leafhopper vectors. - Appl. Environ. Microbiol., 75(2): 521-528.
- KRELL R.K., BOYD E.A., NAY J.E., PARK Y.L., PERRING T.M., 2007 - Mechanical and Insect Transmission of *Xylella fastidiosa* to *Vitis vinifera*. - Am. J. Enol. Vitic., 58: 211-216.
- NUNNEY L., YUAN X., BROMLEY R.E., STOUTHAMER R., 2010 - Population genomic analysis of a bacterial plant pathogen: novel insight into the origin of Pierce's disease of grapevine in the U.S. PLoS One 5: e15488.
- PAIAO F.G., MENEGUIM A.M., CASAGRANDE E.C., LEITE R.P., 2002 - Envolvimento de cigarras (Homoptera, Cicadidae) na transmissão de *Xylella fastidiosa* em cafeeiro. - Fitopatol. Brasileira, 27: 67.
- PATTERSON I.J., MASSEI G., GENOV P., 1997 - The density of cicadas *Cicada orni* in Mediterranean coastal habitats. - Ital. J. Zool., 64(2): 141-146.
- PERRING T., FARRAR C., BLUA M., 2001 - Proximity to citrus influences Pierce's disease in Temecula Valley vineyards. - California Agric., 55(4): 13-18.
- PURCELL A.H., 1974 - Spatial patterns of Pierce's disease in the Napa Valley. - Am. J. Enol. Vitic., 25: 162-167.
- PURCELL A.H., 1989 - Homopteran transmission of xylem-inhabiting bacteria. In: Advances in disease vector research, Vol. 6, Harris K.F. Ed., Springer, New York, pp. 243-266.
- REDAK R.A., PURCELL A.H., LOPES J.R.S., BLUA M.J., MIZELL III R.F., ANDERSEN P.C., 2004 - The biology of xylem fluid-feeding insect vectors of *Xylella fastidiosa* and their relation to disease epidemiology. - Ann. Rev. Entomol., 49: 243-270.
- SAPONARI M., LOCONSOLE G., CORNARA D., YOKOMI R.K., DE STRADIS A., BOSCIA D., BOSCO D., MARTELLI G.P., KRUGNER R., PORCELLI F., 2014 - Infectivity and Transmission of *Xylella fastidiosa* by *Philaenus spumarius* (Hemiptera: Aphrophoridae) in Apulia, Italy. - J. Econ. Entomol., 107(4): 1316-1319
- SCHAAD N.W., POSTNIKOVA E., LACY G., FATMI M., CHANG C.J., 2004 - *Xylella fastidiosa* subspecies: *X. fastidiosa* subsp. *piercei*, subsp. nov., *X. fastidiosa* subsp. *multiplex* subsp. nov., and *X. fastidiosa* subsp. *pauca* subsp. nov. - Syst. Appl. Microbiol., 27(3): 290-300.
- SCHUENZEL E.L., SCALLY M., STOUTHAMER R., NUNNEY L., 2005 - A multigene phylogenetic study of clonal diversity and divergence in North American strains of the plant pathogen *Xylella fastidiosa*. - Appl. Environ. Microbiol., 71: 3832-3839.
- SU C.C., CHANG C.J., CHANG C.M., SHIH H.T., TZENG K.C., JAN F.J., KAO C.W., DENG W.L., 2013 - Pierce's Disease of grapevines in Taiwan: isolation, cultivation and pathogenicity of *Xylella fastidiosa*. - J. Phytopathol., 161: 389-396.