

Xylella fastidiosa: il patogeno, le malattie e l'attuale situazione fitosanitaria

EMILIO STEFANI

Università di Modena e Reggio Emilia, Dipartimento di Scienze della Vita, Reggio Emilia

DONATO BOSCIA

CNR, Istituto per la Protezione Sostenibile delle Piante, Bari

Xylella fastidiosa è un batterio fitopatogeno Gram negativo che appartiene alla famiglia delle Xanthomonadaceae. È l'agente causale di numerose malattie d'importanti colture arboree, erbacee, forestali e ornamentali e, a differenza di quanto molta parte dell'opinione pubblica crede, non è un problema di recente comparsa, ma ha una lunga storia che affonda le sue radici ancora alla fine del diciannovesimo secolo. L'etimologia e la semantica del nome assegnato al patogeno da parte dei ricercatori che per primi lo isolarono in coltura pura svelano due aspetti fondamentali della sua biologia: *Xylella* rivela la nicchia biologica del patogeno all'interno delle sue piante ospiti, cioè lo xilema; *fastidiosa* indica la grande difficoltà che il batteriologo incontra durante il processo d'isolamento e purificazione della coltura pura.

Aspetti storici

Negli ultimi anni dell'800, Newton Barris Pierce (1856-1916), agente dell'United States Department of Agriculture (USDA), descrisse una grave malattia che colpiva la vite nella contea di Anaheim, nella California meridionale, poco distante da Los Angeles. La malattia fu chiamata "Anaheim Disease" oppure "California Vine Disease" (Pierce, 1892). Nonostante che per molti anni la malattia fosse stata studiata per individuarne l'agente causale, nessun microrganismo poté essere isolato in coltura pura dal tessuto di vite ammalato; inoltre, in successivi esperimenti, si notò che la malattia era trasmissibile per innesto. Pertanto, nel 1936, s'ipotizzò un'eziologia virale: tale ipotesi era ulteriormente suffragata dall'evidenza che esistevano insetti, come le cicaline, che

potevano fungere da vettore. Durante il corso del ventesimo secolo altre malattie a eziologia ignota, ma con aspetti sintomatologici ed epidemiologici molto simili alla "California Vine Disease", furono descritte da altri ricercatori: per esempio la bruscatura fogliare dell'olmo, che causa avvizzimenti fogliari e deperimento della pianta ospite, la "Phony Peach Disease" che si manifesta sul pesco (ma anche su altre drupacee) con un lento ma progressivo deperimento delle piante, che rimangono improduttive e di taglia ridotta per anni, fino a esito letale. Oppure la "Citrus Variegated Chlorosis" che colpisce tutti gli agrumi con evidenti e progressivi sintomi di clorosi e deformazioni molto accentuate delle foglie, malformazioni dei frutti, deperimento delle piante e, infine, morte. Infine il "Coffee Leaf Scorch", che colpisce in modo molto grave il caffè con sintomi

di clorosi, bruscatura e necrosi fogliari fino al completo defogliamento della pianta infetta, che infine muore. Nel 1971 i ricercatori scoprirono che, trattando le viti ammalate con tetracicline, si osservava un rallentamento della progressione della malattia, fino ad avere viti asintomatiche e, apparentemente, guarite. Pertanto fu ipotizzato un micoplasma quale agente di malattia. Nel 1973 furono pubblicati degli studi d'istologia e ultrastruttura del tessuto ammalato di vite: fu allora evidente che la malattia era associata alla presenza di microrganismi colonizzanti lo xilema e assenti nel floema. Poiché i micoplasm (oggi chiamati fitoplasm) colonizzano il floema, i microrganismi osservati nello xilema furono ritenuti essere delle rickettsie, pertanto procarioti non

isolabili in coltura pura. Solamente nel 1978 si arrivò all'isolamento in coltura pura dell'organismo causale della malattia di Pierce e, nel 1987, alla caratterizzazione e inquadramento tassonomico di *X. fastidiosa*. Dal 1980 in poi, numerose malattie a eziologia ignota, studiate con l'approccio e le metodiche usate per identificare l'agente infettivo della malattia di Pierce, si rivelarono causate dallo stesso patogeno: *X. fastidiosa*.

In Europa, il primo allarme sulla possibilità che *X. fastidiosa* potesse essere presente sul nostro continente fu dato da alcuni ricercatori francesi nel 1989, quando osservarono lo sviluppo di clorosi e necrosi fogliari su viti importate dall'Emilia Romagna. Immediatamente fu attivata un'azione di monitoraggio dell'intero

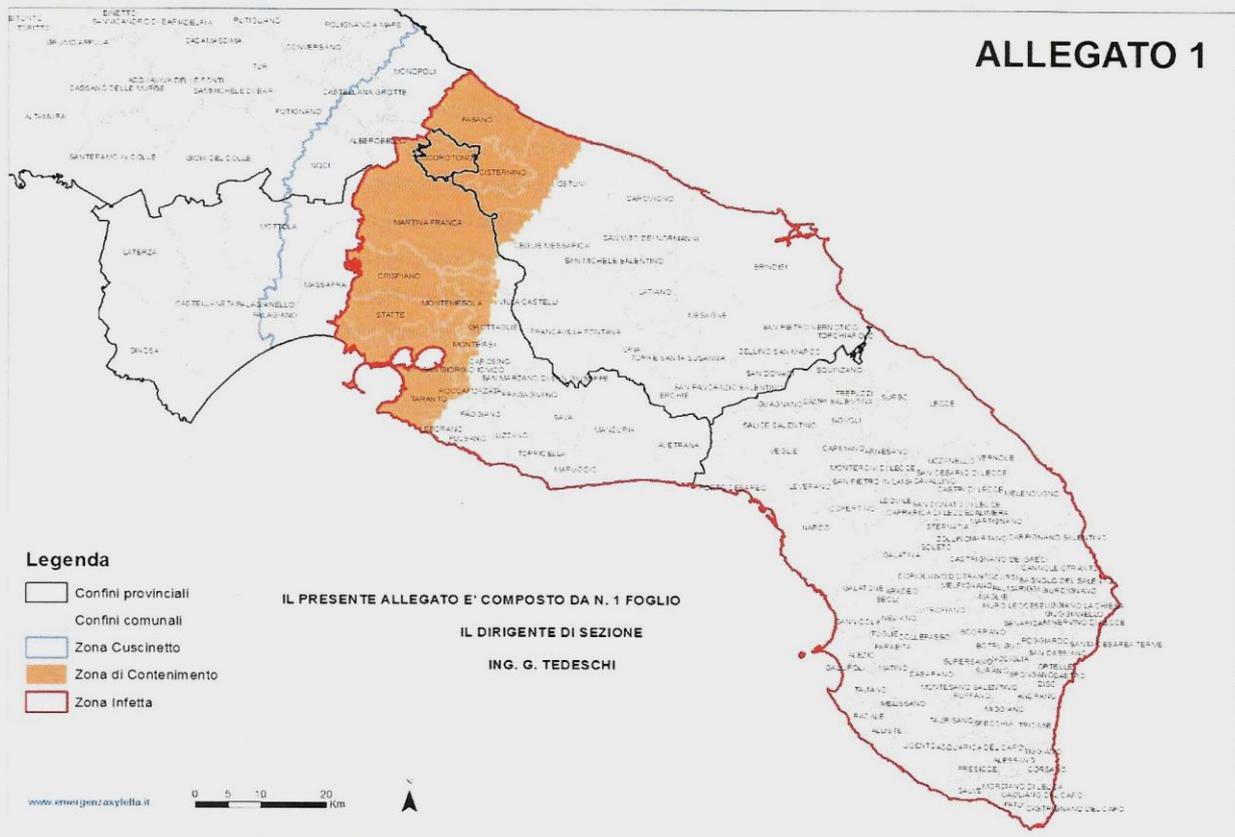


Fig. 1 – Cartografia fitosanitaria relativa alla presenza di *Xylella fastidiosa* in Puglia. La zona infetta comprende un'area, in bianco, dove il patogeno si è stabilmente insediato e una zona in colore arancione di 20 km di larghezza, chiamata zona di contenimento, dove il patogeno, pur essendo presente, è soggetto a controlli e interventi molto più rigidi per impedirne la disseminazione verso nord. L'area di colore azzurro, una fascia di 10 km di larghezza chiamata zona cuscinetto, rappresenta una situazione fitosanitaria di massima allerta e, pur essendo ancora indenne dal patogeno, deve essere effettuato un costante e intenso monitoraggio e, in caso di ritrovamento di un focolaio, esso deve essere immediatamente eradicato.

territorio regionale che portò all'evidenza che il temibile patogeno era assente dai nostri vigneti (Bazzi *et al.*, 1990). Nel frattempo i ricercatori francesi ammisero l'errore diagnostico. In seguito, *X. fastidiosa* fu rilevata e isolata in Francia da alcune piante di caffè importate dall'America latina. Una successiva segnalazione fu fatta da un ricercatore kosovaro che, analizzando alcune viti sintomatiche prelevate in una piccola valle viticola del paese balcanico, pubblicò una nota scientifica sul ritrovamento del patogeno (Berisha *et al.*, 1998); tale segnalazione non fu mai confermata e, pertanto, si ritiene che la segnalazione non sia affidabile. Nell'ultimo decennio ci sono state nuove segnalazioni nel Mediterraneo orientale come Turchia (Güldür *et al.*, 2005), Libano, Iran, ma solamente in quest'ultimo paese i ricercatori hanno pubblicato il ritrovamento e la caratterizzazione del patogeno (Amanifar *et al.*, 2014). Nell'ottobre 2013 l'Italia ha notificato il ritrovamento di *X. fastidiosa* in Puglia, precisamente in agro di Gallipoli, Salento (Saponari *et al.*, 2013; Cariddi *et al.*, 2014). Nel luglio del 2015 la Francia ha notificato il ritrovamento del patogeno in Corsica su *Polygala myrtifolia* (EPPO, 2015), seguita dalla Spagna nel 2016, che ha comunicato la presenza del batterio sull'isola di Maiorca su ciliegio (Anonymous, 2017). Infine, nel 2018 *X. fastidiosa* è stata ritrovata su mandorlo in Israele (EPPO, 2019b) e nell'ottobre 2019 in Portogallo su lavanda (EPPO, 2019a).

L'attuale situazione sulla presenza confermata e ufficializzata di *X. fastidiosa* in Europa è la seguente: in Italia il patogeno è presente nelle province di Lecce, Brindisi e Taranto, con la demarcazione ufficiale dell'area infetta comprendente anche un primo lembo della provincia di Bari (Fig. 1). Un focolaio è stato individuato anche nel comune di Monte Argentario, in provincia di Grosseto: in quel caso è stata trovata una pianta sintomatica di ginestra comune (*Spartium junceum*) e, una volta accertata l'eziologia, un'azione di monitoraggio nell'area ha permesso di rintracciare altre 72 piante infette. Tali piante erano identificate come: poligala (*Polygala myrtifolia*), ginestra comune (*Spartium junceum*), cisto (*Cistus spp.*), alaterno (*Rhamnus alaternus*), calicotome (*Calicotome spinosa* e *Calicotome*



Fig. 2 – Foglia di mandorlo con evidente necrosi della lamina che, partendo dalla parte apicale, progressivamente si è sviluppata in senso basipeto, fino a interessare oltre la metà dell'organo colpito.

sp.), mandorlo (*Prunus amygdalus*), lavanda (*Lavandula spp.*), albero di giuda (*Cercis siliquastrum*), eleagno (*Eleagnus angustifolia*), fico (*Ficus carica*) e rosmarino (*Rosmarinus officinalis*). Il focolaio è stato estirpato (Regione Toscana, 2019). In Francia il patogeno è diffuso in Corsica e nella regione meridionale Provenza-Alpi-Costa Azzurra (PACA). In Spagna è presente nelle isole Baleari, nella provincia di Alicante e nell'area metropolitana di Madrid. In Portogallo esiste un focolaio nel comune di Vila Nova de Gaia, distretto di Porto. Intercettazioni e ritrovamenti di *X. fastidiosa* sono avvenuti in Germania, Paesi Bassi, Repubblica ceca, Svizzera, Belgio ma, in quei casi, i materiali infetti sono stati distrutti e il patogeno eradicato.

La distribuzione geografica di tutti i ritrovamenti, la diversità delle piante ospiti colpite da malattia, le analisi filogenetiche e l'inquadramento tassonomico di tutti i ceppi batterici isolati e caratterizzati indicano che *X. fastidiosa* è presente sul territorio europeo da oltre un decennio; tale presenza è possibilmente dovuta a introduzioni multiple del patogeno da diverse aree di provenienza, come uno studio francese ha messo chiaramente in luce (Denancé *et al.*, 2017). Non ci sono indicazioni a supporto della teoria che *X. fastidiosa* sia sempre stata presente in Europa come innocuo microrganismo endofita di numerose essenze erbacee e arboree, anche se in forma asinto-

matica, e che solamente pratiche agronomiche scorrette e non sostenibili (vedi l'eccessivo uso di prodotti diserbanti) abbiano indebolito le colture e permesso l'esplosione epidemica delle diverse malattie.

Sintomatologia

L'infezione da *X. fastidiosa* nelle sue piante ospiti, coltivate e spontanee, può essere inizialmente latente (ciò anche per lungo tempo); in seguito si sviluppano sintomi di diversa gravità, che portano alla morte della pianta colpita in tempi più o meno brevi. I sintomi maggiormente caratterizzanti le infezioni da *X. fastidiosa* e che accomunano la maggior parte delle piante ospiti del patogeno si osservano sulle foglie: esse mostrano necrosi marginali e/o apicali, che si sviluppano successivamente verso la nervatura principale (Fig. 2). Clorosi fogliari più o meno pronunciate si sviluppano successivamente e, in molti casi, le foglie cadono prematuramente. I sintomi fogliari appaiono inizialmente localizzati in parti della chioma, per poi svilupparsi in porzioni sempre più ampie fino a interessare tutta la parte aerea della pianta. Questi sintomi fogliari sono del tutto aspecifici e, spesso, sono confusi con alterazioni fungine o da fattori abiotici, come carenze o eccessi minerali, oppure a stress ambientali. La progressione dei sintomi, stagione dopo stagione, e la distribuzione



Fig. 3 – Sintomi di clorosi variegata su arancio; si notino le chiazze clorotiche e necrotiche che si sviluppano sulle foglie, nelle aree internervali.

spaziale e temporale delle piante ammalate nel frutteto, vigneto, oppure in aree boschive suggeriscono, infine, una malattia infettiva. Di seguito una descrizione più dettagliata dei sintomi che si osservano sulle principali piante ospiti di rilevante interesse agrario.

Sintomi su vite. La malattia della vite – oggi conosciuta come “Malattia di Pierce” – si palesa in piena estate, con i sintomi fogliari sopra descritti e distacco della lamina fogliare (filloptosi), con la peculiarità che il picciolo rimane attaccato al tralcio. I tralci colpiti tendono a non lignificare a fine estate, oppure lignificano a zone; con il passare delle stagioni i cordoni e i tralci infetti producono gemme sempre più deboli, dalle quali si sviluppano tralci clorotici, affastellati e non produttivi. Infine la vite muore.

Sintomi su agrumi. La malattia è chiamata “Clorosi Variegata degli Agrumi” ed è evidente sia sulle foglie sia sui frutti. Le foglie mostrano ampie e intense clorosi settoriali, con distorsione delle stesse e malformazioni che rammentano una fisiopatologia legata alla carenza di zinco. In seguito, in corrispondenza delle aree clorotiche, compaiono nella pagina inferiore delle foglie lesioni necrotiche sviluppano gommosi (Fig. 3). I frutti, quando presenti, sono di pezzatura inferiore, spesso deformi e di consistenza coriacea. Col progredire della malattia le piante di agrumi vanno incontro a defogliazione e necrosi degli apici vegetativi che, pian piano, in senso basipeto (*dieback*). Infine l'intera pianta muore nel giro di alcune stagioni.

Sintomi su caffè. La malattia è chiamata “Avvizzimento Fogliare del Caffè” e si palesa con clorosi e deformazioni delle foglie, accompagnate da necrosi marginali sempre più ampie. Le foglie cadono prematuramente e i frutti sono di dimensioni molto ridotte. La progressione della malattia è veloce e porta a una defogliazione completa della pianta, che infine va incontro a morte (Fig. 4).

Sintomi su drupacee. La malattia più caratteristica delle drupacee è il nanismo del pesco (Phony Peach Disease). Il nome della malattia deriva da un errore di stampa: l'aggettivo “phony” (falso) è stato usato al posto di “pony” (nano), poiché in Georgia (USA), dove la malattia compare, gli agricoltori definivano



Fig. 4 – Esito di una grave infezione da *X. fastidiosa* su un giovane impianto di caffè; le giovani piante ammalate sviluppano clorosi e necrosi fogliari che portano a una rapida e completa defogliazione. Successivamente la pianta muore.

gli alberi ammalati “pony trees”, per la loro taglia ridotta. Il pesco appare molto più suscettibile di altre drupacee alle infezioni da *X. fastidiosa* ed è l'unica drupacea che sviluppa nanismo, affastellamento della chioma, fioritura prematura, aborti dei frutticini oppure frutti di pezzatura ridotta: ciò è dovuto a un raccorciamento dei rami, che rendono la pianta colpita di struttura quasi arbustiva. Per le altre drupacee, soprattutto mandorlo, ciliegio e susino, il sintomo più caratteristico è quello a carico delle foglie che, come sopra descritto, mostrano necrosi marginali, clorosi e filloptosi (Fig. 5).

Sintomi su olivo. La malattia sull'olivo inizia a manifestarsi con alcune necrosi marginali o apicali delle foglie, che si ampliano colpendo l'intera lamina fogliare, e con disseccamenti localizzati di rami e piccole branche (Fig. 6). Le foglie non presentano clorosi di ampiezza significativa: tutt'al più un sottile alone clorotico può interpersi tra area fogliare necrotizzata e tessuto sano. Le foglie non cadono fino alla stagione delle piogge (autunno inoltrato) e i rami colpiti, inizialmente pochi e isolati, disseccano e sono ben visibili sugli olivi ammalati e tendono ad aumentare di numero e dimensione, fino a interessare ampie porzioni della chioma (Fig. 7). Di stagione in stagione lo sviluppo dell'intera pianta rallenta, i germogli e i rami si sviluppano con scarso vigore. Al



Fig. 5 – Porzione di chioma di un ciliegio ammalato; sono molto evidenti le foglie che mostrano necrosi apicali che tendono a sviluppare verso il picciolo.

taglio, il legno di rami, branche e fusto mostrano imbrunimenti più o meno intensi, rassomiglianti ad alterazioni cromatiche dovute a tracheomicosi e, infine, gli olivi deperiscono rapidamente e muoiono. La malattia dell'olivo osservata in Salento è stata chiamata “Complesso del Disseccamento Rapido dell'Olivo”, per la quale è stato coniato l'acronimo CoDiRO (Fig. 8).

L'agente infettivo

X. fastidiosa è una delle due specie batteriche appartenenti al genere *Xylella* (solo recentemente, nel 2016, è stata classificata una seconda specie, *X. taiwanensis*). Attualmente vengono riconosciute quattro sottospecie del patogeno: *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa*, subsp. *multiplex*, subsp. *pauca*, subsp. *sandyi*. Una quinta sottospecie, subsp. *morus*, è probabilmente frutto di una recente ricombinazione omologa: in effetti, la diffusione globale del patogeno, l'ampia varietà degli ospiti vegetali, l'elevato numero d'insetti vettori colonizzati suggerisce l'elevata capacità di ricombinazioni inter-subspecifiche. Nelle collezioni internazionali esistono poi dozzine d'isolati appartenenti a *X. fastidiosa* che non hanno trovato una più precisa collocazione tassonomica. Attraverso il sequenziamento di alcuni *loci* specifici è possibile distinguere le diverse sottospecie in sub-popolazioni con alcune caratteristiche genetiche diverse: tali distinzioni raffigurano da un lato un'incredibile plasticità genetica del patogeno, dall'al-



Fig. 6 – Alcuni rametti di olivo con foglie, in parte o *in toto*, necrotiche. Le necrosi fogliari iniziano dall’apice o, più di rado, dal margine, progredendo rapidamente verso il picciolo.

tro alcune caratteristiche biologiche peculiari dei diversi ceppi, come la patogenicità su ospiti specifici, oppure il rapporto privilegiato con diversi insetti vettori. La sottospecie “*fastidiosa*” è l’agente causale della malattia di Pierce della vite: gli studi filogenetici hanno individuato che questa sottospecie è originaria dell’America centrale, poi introdotta negli Stati Uniti a fine 800. La presenza endofita della sottospecie “*fastidiosa*” è stata anche documentata per almeno 164 specie diverse di piante, a volte in forma latente, a volte associata a sintomi più o meno gravi: tra le altre, è stata ritrovata su quercia, platano, magnolia, caffè e numerose rosacee e poacee. La sottospecie “*multiplex*”, come lascia sospettare il nome assegnatole, è po-



Fig. 7 – Porzione di chioma di un olivo pugliese infettato da *X. fastidiosa*, dove una branca appare disseccata, mentre le altre sono asintomatiche.

Tab. 1 – Elenco delle 33 specie vegetali che, oltre all’olivo, possono essere infettate da *Xylella fastidiosa* subsp. *pauca*, l’agente del Complesso del Disseccamento Rapido dell’Olivo (CoDiRO).

Specie	Nome comune
<i>Acacia saligna</i> (Labill.)	Mimosa a foglie strette
<i>Amaranthus</i> spp.	Amaranto
<i>Asparagus acutifolius</i> L.	Asparago selvatico
<i>Catharanthus</i> spp.	Pervinca del Madagascar
<i>Chenopodium album</i> L.	Farinello comune
<i>Cistus creticus</i> L.	Cisto
<i>Dimorphoteca fruticosa</i> L.	Dimorforteca
<i>Dodonaea viscosa</i> Jacq.	Dodonea
<i>Eremophila maculata</i> F. Muell.	Eremofila
<i>Erigeron sumatrensis</i> Retz.	Saepcola di Sumatra
<i>Erigeron bonariensis</i> L.	Saepcola di Buenos Aires
<i>Euphorbia terracina</i> L.	Euforbia di Terracina
<i>Euphorbia chamaesyce</i> L.	Euforbia fico-per-terra
<i>Grevillea juniperina</i> L.	Grevillea
<i>Heliotropium europaeum</i> L.	Eliotropio (Erba porraia)
<i>Hebe</i> spp.	Hebe
<i>Laurus nobilis</i> L.	Alloro
<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.	Lavanda officinale
<i>Lavandula stoechas</i> L.	Lavanda selvatica
<i>Myrtus communis</i> L.	Mirto
<i>Myoporum insulare</i> R. Br.	Mioporo australiano
<i>Nerium oleander</i> L.	Oleandro
<i>Olea europaea</i> L.	Olivo
<i>Pelargonium x fragrans</i>	Geranio odoroso
<i>Phillyrea latifolia</i> L.	Ilatro
<i>Polygala myrtifolia</i> L.	Mirtifoglio
<i>Prunus avium</i> (L.) L.	Ciliegio
<i>Prunus dulcis</i> (Mill.) D.A.	Mandorlo
<i>Rhamnus alaternus</i> L.	Alaterno
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	Rosmarino
<i>Spartium junceum</i> L.	Ginestra odorosa
<i>Vinca</i> spp.	Pervinca
<i>Westringia fruticosa</i> (Willd.)	Rosmarino australiano
<i>Westringia glabra</i> L.	Westringia glabra

lifaga ed è suddivisa in numerosi gruppi filogenetici; attacca asteracee, betulacee, fagacee, rosacee, rutacee, sapindacee, ulmacee, gelso e platano. Al contrario, la sottospecie “*pauca*” ha un numero più ridotto di ospiti, i più importanti dei quali sono l’olivo, il caffè e gli agrumi. La sottospecie “*sandyi*” è poco



Fig. 8 – Oliveto salentino con gli ulivi gravemente affetti dalla sindrome denominata CoDiRO (Complesso del Disseccamento Rapido dell’Olivo).

studiata e colpisce poche specie vegetali, tra cui l’oleandro e la magnolia.

La malattia degli ulivi in Salento è causata da un genotipo di *X. fastidiosa* subsp. *pauca* che, oltre l’olivo, può infettare altre 33 specie (Tab. 1) (Figg. 9 e 10). Non sono presenti altre sottospecie in Puglia. Il focolaio della malattia, oggi eradicato, ritrovato nel comune di Monte Argentario è stato causato da *X. fastidiosa* subsp. *multiplex*: pertanto, non c’è alcuna connessione tra la malattia degli ulivi e i sintomi ritrovati in Toscana su specie perlopiù spontanee.

La vigente normativa europea sull’inquadramento fitosanitario degli organismi dannosi alle piante indica *X. fastidiosa* quale organismo da quarantena, contro il quale la lotta è obbligatoria (Commissione Europea, 2016). Eccezion fatta per gli Stati Uniti, dove il batterio è endemico in numerosi Stati dell’Unione, *X. fastidiosa* è regolamentato quale organismo da quarantena globale praticamente in ogni Paese laddove possono esistere le condizioni di rischio infettivo (EPPO, 2019). L’estrema pericolosità del batterio per le produzioni agricole e le risorse naturali hanno indotto il governo degli Stati Uniti a promulgare un decreto che classifica *X. fastidiosa* quale agente di bioterrorismo (USDA, 2002; Ancona *et al.*, 2010).

Biologia del patogeno

I vettori. La trasmissione di *X. fastidiosa* alle sue piante ospiti avviene con l’ausilio di numerosi insetti vettori, che sono sputacchine (Emitteri, ordine *Rhynchota*) del sottordine *Homoptera*, sezione *Auchenorrhyncha*, infraordine *Cicadomorpha*). In particolare due famiglie, *Cicadellidae* e *Aphrophoridae*, contengono gli insetti vettori di *X. fastidiosa*: tali vettori sono degli xilemomizi, cioè sono insetti che attingono il loro nutrimento dai vasi conduttori – trachee e tracheidi – attraverso punture del tessuto vegetale che raggiungono il vaso xilematico con il relativo flusso di linfa. Gli omotteri menzionati hanno come caratteristica comune quella di possedere un apparato boccale pungente-succhiante, del quale si servono per penetrare il tessuto vegetale fino a raggiungere il vaso conduttore. Durante la puntura di suzione, il vettore può acquisire il batterio eventualmente presente nel vaso xilematico: tale acquisizione implica l’ingresso del batterio nell’apparato boccale del vettore fino a raggiungere la parte anteriore del pre-cibario, dove il batterio si lega inizialmente a siti proteici specifici emagglutinina-simili, senza quindi proseguire lungo il canale digerente dell’insetto. Nel sito di attacco il patogeno sviluppa densi biofilm di natura polisaccaridica che ne garantiscono la

sopravvivenza e la moltiplicazione. Pertanto, *X. fastidiosa* è l'unico esempio di un procariote trasmesso da artropodi che non entra nel circolo emolinfatico del suo vettore, ma rimane circoscritto in una zona precisa. Ciononostante, la trasmissione del patogeno è di tipo persistente nell'insetto adulto. Questo si spiega con l'osservazione che *X. fastidiosa* forma delle dense popolazioni nel sito di attaccamento, che si rigenerano e rimangono presenti per tutta la vita dell'insetto vettore. Se l'acquisizione del batterio da parte del vettore avviene in uno stadio pre-immaginale, l'infettività dell'insetto cessa con la muta, poiché l'epitelio che riveste il pre-cibario viene perso: in questo caso la trasmissione del patogeno è di tipo semi-persistente.

X. fastidiosa colonizza lo xilema delle sue piante ospiti, lì si moltiplica e, attraverso il tessuto xilematico, può diffondersi in ampie porzioni delle sue piante ospiti, arboree e erbacee. Il movimento endofita del batterio è sia acropeto, sia basipeto: è pertanto possibile rintracciare il patogeno in ogni parte della pianta, incluse le radici. La moltiplicazione di *X. fastidiosa* nelle sue piante ospiti e la comparsa della malattia avvengono a temperature mediamente alte, dai 18 ai 32°C: ciò è abbastanza tipico per batteri fitopatogeni appartenenti alla famiglia delle Xanthomonadaceae, che si pensa di origine tropicale o sub-tropicale. Nell'olivo, la colonizzazione dei vasi xilematici da parte del batterio porta alla loro occlusione, compromettendo in tal modo il trasporto di acqua e soluti (Sabella et al., 2019). L'occlusione dei vasi e la conseguente embolia avvengono sia per la produzione di biofilm da parte del patogeno, sia per la formazione di gomme e tilosi da parte del tessuto vegetale come risposta all'infezione batterica.

Aspetti epidemiologici

La sorgente di inoculo primario di *X. fastidiosa* può essere duplice: *in primis*, le piante ospiti infette, che svolgono un importante ruolo nella epidemiologia delle malattie, siano esse sintomatiche, oppure portatrici di infezione latente e, pertanto, asintomatiche. I dati sulle intercettazioni europee di materiali vegetali infetti, seppur in forma latente, sono allarmanti:



Fig. 9 – Sintomi evidenti di infezione da *X. fastidiosa* su oleandro: caratteristiche sono la necrosi apicale e la clorosi marginale del lembo fogliare.

nell'ultimo decennio sono state intercettate numerose spedizioni di piante a infezione latente, soprattutto caffè: ciò ha portato nell'anno 2015 al blocco delle importazioni nell'Unione Europea di tali piante – che in Europa sono considerate ornamentali – da Costa Rica e Honduras, dove *X. fastidiosa* è endemica. Ciononostante, in considerazione delle numerose specie ospiti di *X. fastidiosa*, le attività di controllo non sono facili: le ultime intercettazioni europee su materiali vegetali in importazione risalgono al 2018, quando tre lotti di *Rubus* spp. infettati dal batterio furono rintracciati dai servizi di controllo fitosanitari di frontiera. In aree focolaio o di insediamento della malattia, le piante ospiti infette forniscono inoculo primario per perpetuare i processi infettivi e disseminare il patogeno con l'ausilio degli insetti vettori. L'inoculo primario può essere presente anche negli insetti vettori, che in tal modo danno inizio a nuovi cicli infettivi della malattia in aree sempre diverse: in Puglia, è stato verificato che gli insetti vettori già infettati da *X. fastidiosa* in alcuni casi possono sopravanzare anche di oltre 20 km il fronte della malattia (F. Nigro, comunicazione personale). In particolare, insetti vettori come le sputacchine sono note per essere "autostoppisti", cioè insetti che frequentemente si spostano da un territorio all'altro mediante lo spostamento di persone o cose con veicoli di ogni tipo. Gli insetti vettori di *X. fastidiosa* sono perlopiù polifagi: pertanto hanno un notevole ruolo epidemiologico le cosiddette piante serbatoio, cioè vegetali di ogni tipo presenti in contesti agro-produttivi che possono albergare, spesso in forma laten-



Fig. 10 – Pianta di rosmarino ritrovata in Salento e parzialmente disseccata a causa di un'infezione di *X. fastidiosa* subsp. *pauca*, la stessa sottospecie agente causale del CoDiRO.

te, il patogeno, e dai quali il vettore, come la sputacchina, può prelevarlo e trasmetterlo alle sue piante ospiti. In Puglia, i vettori che più efficientemente trasmettono *X. fastidiosa* sono gli Afroforidi: *Philaenus spumarius* (Figg. 11 e 12), *P. italosignus* e *Neophilaenus campestris*. Le tre specie hanno sviluppo post-embrionale emimetabolo e le forme giovanili vivono perlopiù su specie erbacee, immerse nella spuma da loro prodotta durante la suzione, mentre gli adulti vivono liberi nell'ambiente. *P. spumarius* e *N. campestris* sono specie polifaghe: la prima preferisce le dicotiledoni mentre la seconda le monocotiledoni. I vettori svernano da uova e, dopo uno sviluppo post-embrionale di circa due mesi, vivono come adulti per altri sette mesi circa. Lo sviluppo post-embrionale è stato osservato da febbraio ad aprile e termina con la metamorfosi che avviene fra metà aprile e giugno. Neanidi e ninfe si trovano prevalentemente su piante erbacee mentre, da fine aprile a novembre, gli adulti si spostano in massa fra diverse piante ospiti erbacee o legnose. Pertanto, dal punto di vista epidemiologico, la inoculazione del patogeno e la sua evasione e disseminazione a breve e media distanza sono strettamente legate alla biologia e al comportamento degli insetti vettori.

Difesa fitosanitaria

X. fastidiosa è un patogeno regolamentato, pertanto oggetto di lotta obbligatoria. In Italia, il DM n. 4999 del 13 febbraio 2018, che segue il

DM 7 dicembre 2016, successivamente modificato con il DM del 5 ottobre 2018, stabilisce quali siano le misure di emergenza da attuare per la prevenzione, il controllo e l'eradicazione di *X. fastidiosa* nel territorio della Repubblica italiana (Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, 2018); ciò in ottemperanza alla decisione in esecuzione (UE) 2015/789 della Commissione Europea, aggiornata con una successiva decisione in esecuzione (UE) 2017/2352, concernente le misure per impedire l'introduzione e la diffusione del patogeno nei territori dell'Unione. Il complesso e articolato corpus legislativo costituito dalle autorità fitosanitarie competenti indica quanto sia difficile la gestione di questo patogeno. Pertanto ogni aspetto della difesa fitosanitaria deve considerare: i) la certificazione genetico-sanitaria dei materiali di propagazione al fine di garantire l'assenza di infezioni latenti in tali materiali; ii) la definizione e delimitazione di aree territoriali a diverso rischio fitosanitario in cui attuare interventi mirati alla effettiva situazione fitosanitaria riscontrata *in loco*; iii) il monitoraggio del territorio per il rilevamento tempestivo del patogeno attraverso visite ispettive, raccolta e analisi dei campioni; iv) misure di eradicazione quando vengono scoperti focolai della malattia per rallentare o fermare l'avanzamento del patogeno; v) misure di contenimento nelle aree in cui il patogeno sia stabilmente insediato e, pertanto, non può più essere eradicato.

Con riferimento agli interventi necessari per contenere efficacemente *X. fastidiosa* negli impianti produttivi (oliveti nell'esperienza italiana, ma anche vigneti, frutteti e altre realtà produttive estere) è necessario considerare il rapporto patogeno-vettore-ambiente poiché, a tutt'oggi, non esistono sostanze attive registrate in grado di svolgere un'attività antibatterica diretta sulle popolazioni endofite di *X. fastidiosa*. Pertanto è fondamentale la lotta ai vettori del patogeno, assieme a una corretta gestione agronomica del cotico erboso e all'applicazione di tecniche agronomiche specifiche nella gestione degli impianti con lo scopo di rendere l'ambiente meno idoneo agli insetti che trasmettono il batterio. Le lavorazioni superficiali del terreno allo scopo di ridurre la presenza dei vettori, come la trinciatura delle erbe spontanee e il pirodiserbo, non hanno un impatto ne-

gativo nell'agro-ecosistema; l'uso di erbicidi e di insetticidi può, al contrario, dare problemi di residualità dei fitofarmaci usati e portare a contaminazioni dell'ambiente e dei prodotti vegetali. In particolare, la lotta ai vettori deve essere impostata avendo ben presente la biologia e l'ecologia dell'insetto rapportata al contesto agro-produttivo: per esempio, al fine di ridurre le popolazioni giovanili degli insetti vettori, come *P. spumarius*, l'eliminazione delle erbe spontanee negli oliveti deve essere fatta nei mesi di marzo e aprile, mentre gli interventi insetticidi devono essere fatti tra maggio e giugno (Deliberazione della Giunta Regionale Pugliese n. 1890 del 24 ottobre 2018).

Le sostanze attive maggiormente impiegate per il controllo di *P. spumarius* su olivo sono l'acetamiprid e deltametrina, appartenenti rispettivamente alla famiglia dei neonicotinoidi e dei piretroidi. Acetamiprid agisce prevalentemente, per ingestione, sul sistema nervoso centrale dell'insetto come antagonista dei recettori nicotinici dell'acetilcolina. Ha attività citotropica-translaminare, ed elevata sistemica prevalentemente acropeta. Ha un'azione insetticida anche nei confronti di due importanti fitofagi dell'olivo: la mosca (*Bactrocera oleae*, Diptera, Tephritidae) e la tignola (*Prays oleae*, Lepidoptera, Praydidae). Deltametrina, agisce per contatto e per ingestione nei confronti sia di forme giovanili che di adulti, sul sistema nervoso centrale e periferico, determinando alterazione della permeabilità della membrana dei neuroni ed immediata paralisi dell'insetto. Su olivo, come l'acetamiprid, oltre ad agire nei confronti della sputacchina, ha attività nei confronti della mosca e della tignola ed anche nei confronti della cocciniglia mezzo grano di pepe (*Saissetia oleae*, *Rhynchota*, Coccidae). In considerazione della presenza di aziende olivicole che producono seguendo disciplinari di lotta biologica, è importante considerare possibili alternative alla lotta chimica con strategie diverse per il controllo dei vettori. Una proposta per gli oliveti pugliesi è stata quella studiare e proporre il lancio di un predatore della sputacchina, lo *Zelus renardii*, un emittero originario dell'America settentrionale appartenente alla famiglia dei Reduviidae. La produzione massale e il lancio di una specie già presente, ma comunque aliena nei nostri ambienti, hanno



Fig. 11 – Forma adulta del cicadellide *Philenus spumarius*, principale vettore di *X. fastidiosa* in Puglia.

sollevato ampie discussioni, sia sull'efficienza del predatore (sputacchine e altri possibili vettori di *X. fastidiosa* sono estremamente abbondanti nelle nostre aree), sia sulla sua biosicurezza: in effetti, *Z. renardii* è conosciuta come specie invasiva e predatore generalista, senza alcun antagonista conosciuto nel nostro continente. Inoltre, esso è noto come "intra guild predator", cioè predatore di altri predatori o parassitoidi, come le larve campodeiformi dei Coccinellidi e il neurottero *Crysoperla carnea* (entrambi formidabili predatori di afidi). Pertanto, l'impatto che può avere sull'entomofauna naturale presente nelle nostre aree può essere inaspettatamente negativo: occorrono ulteriori e accurati studi prima di rilasciare tale predatore in massima sicurezza.

La letteratura scientifica internazionale riporta numerosi articoli, nei quali i ricercatori propongono metodi di lotta diretta a *X. fastidiosa*, cioè trattamenti da effettuarsi su piante ammalate con lo scopo di ridurre o eliminare il patogeno endofita. Innanzitutto l'uso di metalli, come lo zinco e il rame, complessati



Fig. 12 – Ultima muta di *P. spumarius* avvenuta su una pianta ospite; si noti l’abbondante schiuma in cui è ancora immersa l’esuvia del cicadellide, da cui il nome volgare “sputacchina”.

in modo da poter essere traslocati all’interno dei fasci xilematici (Scortichini *et al.*, 2018): il concetto è di impedire in quel tessuto la formazione del biofilm da parte del patogeno (zinco), oppure di permettere allo ione Cu^{++} contenuto nel complesso di raggiungere le colonie batteriche e uccidere i germi per la nota azione battericida del rame. Molto interessanti i risultati ottenuti da Muranaka *et al.* (2013) in agrumi, che propongono infiltrazioni di N-acetilcisteina per rompere i legami disolfuro presenti nel biofilm batterico, impedendo in questo modo al patogeno di svilupparsi in macrocolonie endoxilematiche. Purtroppo, allo stato attuale delle ricerche, queste proposte di lotta chimica diretta non sono ritenute applicabili in modo efficiente in campo.

La lotta biologica a *X. fastidiosa* ha trovato una prima applicazione in California per il control-

lo della malattia di Pierce della vite mediante l’uso di un ceppo di *Paraburkholderia phytofirmans*, un batterio Gram negativo appartenente al microbiota del suolo. *P. phytofirmans* ha la capacità di interagire in più modi con il patosistema *X. fastidiosa* - vite, in particolare, come promotore della crescita e induttore di resistenza endogena della pianta e come efficiente colonizzatore endofita dello xilema dell’ospite. Queste interazioni si riflettono negativamente sulle popolazioni di *X. fastidiosa* presenti nell’ospite, portandole a un progressivo calo e a una remissione dei sintomi su vite. *P. phytofirmans* è, al momento, oggetto di sperimentazione nel controllo del CoDiRO in Puglia. Infine, ancora nel controllo della malattia di Pierce, è stata sperimentata la terapia fagica, cioè la selezione e l’uso di batteriofagi specifici che infettano *X. fastidiosa* minandone la vitalità e la capacità colonizzatrice del tessuto vascolare dell’ospite (Bhowmick *et al.*, 2016). Il controllo di *X. fastidiosa* può essere fatto anche agronomicamente, ad esempio, mediante l’impianto di varietà di olivo resistenti o tolleranti al batterio. Già da alcuni anni i ricercatori pugliesi hanno avuto messo in luce che non tutte le varietà di olivo mostrano la stessa suscettibilità al patogeno: la cultivar Leccino e la selezione clonale FS-17 si sono mostrate parzialmente resistenti a *X. fastidiosa*, cioè con uno sviluppo della popolazione batterica sensibilmente più contenuto e, conseguentemente, uno sviluppo dei sintomi molto più rallentato rispetto a altre varietà pugliesi, come Ogliarola salentina e Cellina di Nardò, due cultivar molto comuni, ma anche molto sensibili all’infezione batterica (Boscia *et al.*, 2017) (Fig. 13). Sebbene non siano disponibili dati sperimentali ottenuti in molti anni di ricerca, un’analisi trascrittomica comparativa tra le due varietà Leccino e Ogliarola salentina ha messo in luce una differente espressione genica delle due cultivar a seguito di un’infezione da *X. fastidiosa*; tale risposta differenziale interessa struttura e funzionalità della parete vegetale, in particolare rimodellandone le proteine costituenti (Giampetruzzi *et al.*, 2016). Infine, nel tessuto vegetale della cv. Leccino è stata osservata un’elevata quantità di acido chinico, un precursore della lignina; inoltre, è stata osservata una sovra-espressione della cinnamoil-



Fig. 13 – Raffronto varietale in agro salentino: a sinistra filari di olivo della varietà Ogliarola quasi totalmente disseccati a seguito di un’infezione da *X. fastidiosa*. A destra, nello stesso oliveto, pertanto soggetto alla stessa pressione dell’inoculo, filari di olivo della cultivar Leccino praticamente indenni.

CoA riduttasi e della polifenolossidasi: questa documentata attività biosintetica nel tessuto di olivo può spiegare la capacità della cv. Leccino di contrastare l’infezione da *X. fastidiosa*. Più di recente, durante la conferenza su *X. fastidiosa* tenutasi ad Ajaccio (Corsica) il 29 e 30 ottobre 2019, sono stati presentati ulteriori dati sulla suscettibilità differenziale di varietà di olivo: tali dati indicano che ci sono altre varietà tolleranti in ambito mediterraneo, come pure varietà estremamente sensibili, come la cv. Kalamata greca. Tutto ciò porta a ripensare il parco varietale dell’olivo nelle sue aree di coltivazione, fino a oggi legato a cultivar tradizionali e tipiche: l’avvento di *X. fastidiosa* impone di saggiare il comportamento agronomico e produttivo di tali varietà tolleranti anche al di fuori delle loro aree tradizionali di coltivazione. A tutt’oggi, il miglioramento genetico e la selezione varietale per ottenere varietà resistenti o tolleranti a *X. fastidiosa* ha prodotto buoni risultati in vite: in California, già dalla fine degli anni ’80, la specie *Vitis rotundifolia* è stata riconosciuta resistente o tollerante al batterio e usata in programmi di selezione di vitigni poco suscettibili al patogeno (Fry e Milholland,

1989). Anche nelle diverse specie di agrumi è possibile trovare fenomeni di tolleranza o resistenza a *X. fastidiosa*: alcune varietà di limone e mandarini, per esempio, non mostrano sintomi anche se albergano elevate popolazioni del patogeno, facendo supporre che *X. fastidiosa* possa rimanere sotto controllo da risposte fisiologiche dell’ospite (Garcia *et al.*, 2012). In Brasile si sono ottenute selezioni di susino con resistenza parziale o totale al patogeno (Dalbò *et al.*, 2016). Per l’olivo, la selezione FS-17, conosciuta anche col nome di “Favolosa” e nata come portainnesto clonale attraverso la selezione massale di semenzali della varietà Frantoio, ha mostrato una decisa tolleranza a *X. fastidiosa* in Salento ed è stata proposta, insieme alla Leccino, come varietà atta a sostituire gli impianti ormai in declino nelle aree di insediamento del patogeno.

Conclusioni

Esporre in poche pagine e in maniera esauriente e comprensibile tutti gli aspetti, a volte drammatici, legati a *X. fastidiosa* e alle ma-



Fig. 14 – Esito di gravi infezioni da *X. fastidiosa* in un oliveto secolare in Salento: come è evidente, la sindrome denominata CoDiRO non solo distrugge una importante sorgente di reddito nel comparto agro-industriale, ma determina un drammatico impatto sul valore paesaggistico e naturalistico nelle aree colpite.

lattie da essa causate non è possibile. Facendo riferimento alla situazione pugliese, non ci si è soffermati sull'impatto ecologico e socio-culturale che il patogeno ha e potrà avere sul paesaggio naturale e urbano, sui rischi di riduzione del turismo presente nelle aree d'insediamento della malattia, sul disagio sociale indotto dalla minore produttività delle colture che riduce i posti di lavoro, e sullo stato di conflitto tra autorità e cittadini che, con opinioni diverse e (a volte) mal informati, perdono la fiducia nei loro rappresentanti politici, come molti agricoltori mostrano scetticismo nei confronti di chi (scienza e servizi tecnici all'agricoltura) dovrebbe essere un punto di riferimento nella gestione delle emergenze fitosanitarie. Una prima valutazione dell'impatto economico e paesaggistico causato da *X. fastidiosa* in Puglia è stata tentata da Sardaro *et al.* (2015): gli autori, nella loro analisi, rilevano l'ampia portata che sta avendo la malattia, non solo in termini di perdita di produzione lorda vendibile, ma anche la necessità di tutelare

il paesaggio caratterizzato dagli olivi monumentali, che spesso hanno molte centinaia di anni di vita (Fig. 14). La stima del danno alla collettività per la perdita dei benefici paesaggistici generati dall'olivicoltura è molto elevata, per la sensibilità del cittadino verso tale bene non di mercato; pertanto, gli autori sollecitano il decisore pubblico a compiere ogni sforzo necessario per il mantenimento di tale ambiente plurisecolare.

In questo panorama, facendo riferimento alla situazione pugliese, c'è chi millanta soluzioni fantasiose al problema, chi propaganda improbabili "teorie del complotto". Come pure coloro che, purtroppo, continuano a sostenere che *X. fastidiosa* non esiste! Infine, è confortante riconoscere che la Commissione Europea, le autorità nazionali e regionali stiano finanziando grandi progetti di ricerca locali e internazionali che ci permettono di conoscere sempre più a fondo il patogeno e le malattie da esso causate, in modo da sperare che molto presto con *X. fastidiosa* si possa convivere anche in Europa, come già si fa nelle Americhe.

Lecture consigliate

- AMANIFAR N., THAGAVI S.M., IZADPANAH K. E BABAEI G., 2014 – Isolation and pathogenicity of *Xylella fastidiosa* from grapevine and almond in Iran. *Phytopathologia Mediterranea* 53(2): 318-327.
- ANONYMOUS, 2017 – El gobierno de Baleares reconoce 92 positivos por *Xylella fastidiosa* y confirma la presencia la bacteria en las islas desde 2012. *Phytoma España* no. 286, p. 12.
- BAZZI C., STEFANI E., PADOVAN F. E MAZZUCCHI U., 1990 – *Xylella fastidiosa* Wells *et al.* is not associated with “Mal dell’esca” of grapevine in the Emilia Romagna Region. *Phytopathologia Mediterranea* 29(1): 56-58.
- BOSCIA D., ALTAMURA G., CINIERO A. *et al.*, 2017 – Resistenza a *Xylella fastidiosa* in diverse cultivar di olivo. *Informatore Agrario* 73: 59-63.
- CARIDDI C., SAPONARI M., BOSCIA D., DE STRADIS A., LOCONSOLE G., NIGRO F., PORCELLI F., POTERE O. E MARTELLI G.P., 2014 – Isolation of a *Xylella fastidiosa* strain infecting olive and oleander in Apulia, Italy. *Journal of Plant Pathology* 96: 425-429.
- COMMISSIONE EUROPEA, 2016 – Regolamento (UE) 2016/2031 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 26 ottobre 2016 relativo alle misure di protezione contro gli organismi nocivi per le piante, che modifica i regolamenti (UE) n. 228/2013, (UE) n. 652/2014 e (UE) n. 1143/2014 del Parlamento europeo e del Consiglio e abroga le direttive 69/464/CEE, 74/647/CEE, 93/85/CEE, 98/57/CE, 2000/29/CE, 2006/91/CE e 2007/33/CE del Consiglio. *Gazzetta Ufficiale della Unione Europea* L 317/4.
- DENANCÉ N., LEGENDRE B., BRIAND M., OLIVIER V., DE BOISSESON C., POLIAKOFF F. E JACQUES M.-A., 2017 – Several subspecies and sequence types are associated with the emergence of *Xylella fastidiosa* in natural settings in France. *Plant Pathology* 66(7): 1054-1064.
- EPPO, 2019c – EPPO Global Database. Disponibile online in: www.https.eppo.int/gddesktop/
- GIAMPETRUZZI A., MORELLI M., SAPONARI M. LOCONSOLE G., CHIUMENTI M., BOSCIA D., SAVINO V.N., MARTELLI G.P., SILDARELLI P., 2016 – Transcriptome profiling of two olive cultivars in response to infection by the CoDiRO strain of *Xylella fastidiosa* subsp. *pauca*. *BMC Genomics* 17, doi:10.1186/s12864-016-2833-9.
- MINISTERO DELLE POLITICHE AGRICOLE, ALIMENTARI E FORESTALI, 2018 – Decreto n 4999 del 13/02/2018 relativo a: “Misure di emergenza per la prevenzione, il controllo e l’eradicazione di *Xylella fastidiosa* (Wells *et al.*) nel territorio della Repubblica italiana”. *Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana* n. 80, 6 aprile 2018.
- MURANAKA L.S., GIORGIANO T.E., TAKITA M.A., FORIM M.R., SILVA L.F.C., COLETTA-FILHO H.D., MACHADO M.A. E DE SOUZA A.A., 2013 – N-Acetylcysteine in agriculture, a novel use for an old molecule: focus on controlling the plant-pathogen *Xylella fastidiosa*. *PLoS ONE* 8, e72937. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0072937>
- PIERCE N.B., 1892 – The California vine disease: a preliminary report of investigations. *US Government Printing Office*, Washington D.C.
- REGIONE TOSCANA, 2019 – Monte Argentario: alcune piante colpite dal batterio “*Xylella fastidiosa*”. Comunicazione del Servizio Fitosanitario Regionale. In: <http://www.regione.toscana.it/-/monte-argentario-alcune-piante-colpite-dal-batterio-xylella-fastidiosa->, visitato il 10 ottobre 2019.
- SABELLA E., APRILE A., GENGA A. *et al.*, 2019 – Xylem cavitation susceptibility and refilling mechanisms in olive trees infected by *Xylella fastidiosa*. *Scientific Reports* 9: 9602 doi: 10.1038/s41598-019-46092-0.
- SARDARO S., ACCIANI C., DE GENNARO B., FUCILLI V. E ROSELLI L., 2015 – Valutazione dell’impatto economico e paesaggistico causato da *Xylella fastidiosa* sull’olivicoltura del Salento. In: Il danno: Elementi giuridici, urbanistici e economico-estimativi. *XLIV Incontro di Studi Ce.S.E.T.* Editrice Universitas Studiorum, Mantova, pp. 335-362.
- SCORTICHINI M., CHEN J., DE CAROLI M. *et al.*, 2018 – A zinc, copper and citric acid biocomplex shows promise for control of *Xylella fastidiosa* subsp. *pauca* in olive trees in Apulia region (southern Italy). *Phytopathologia Mediterranea* 57: 48–72.
- WELLS J.M., RAJU B.C., HUNG H.Y., WEISBURG W.G., MANDELCO-PAUL L. E BRENNER D.J., 1987 – *Xylella fastidiosa* gen. nov, sp. nov: Gram-negative, xylem-limited, fastidious plant bacteria related to *Xanthomonas* subsp. *International Journal of Systematic Bacteriology* 37:136-143.

Siti web:

<https://www.ponteproject.eu/>
<https://www.xfactorsproject.eu/>
<http://www.cure-xf.eu/>
<https://euroxanth.eu/>
http://www.emergenzaxylella.it/portal/portale_gestione_agricoltura

Contatto autore: emilio.stefani@unimore.it