

Gestione sostenibile di *Xylella fastidiosa* subsp. *pauca* su olivo: una mini review

G.L. Bruno, F. Tommasi

Riassunto – Nella Penisola salentina (Puglia) le cultivar Ogliarola di Lecce ('Ogliarola salentina') e 'Cellina di Nardò' di *Olea europaea* rappresentano un importante patrimonio paesaggistico, economico e sociale. Entrambe le cultivar sono devastate da *Xylella fastidiosa* subsp. *pauca*, l'agente eziologico della "Sindrome del declino rapido dell'olivo" (in inglese "Olive Quick Decline Syndrome": OQDS). Questo lavoro vuole essere una rassegna, "minireview", per riassumere le caratteristiche del patogeno, la diffusione dell'epidemia e le strategie più promettenti per contrastarne l'avanzata distruttiva ritenuta da molti inarrestabile. In particolare, NuovOливо® (brevetto n. 102017000109094 Ministero dello Sviluppo Economico, Italia), un detergente naturale a base di oli vegetali ed estratti di specie botaniche, è risultato efficace e promettente. Sugli alberi trattati di 'Cellina di Nardò' e 'Ogliarola salentina', l'indice di malattia, dall'iniziale 85-95% è stato ridotto al 2-4% e le piante hanno prodotto drupe. Le piante di entrambe le cultivar hanno mostrato una ridotta concentrazione del DNA di *X. fastidiosa*, basso contenuto in fenoli totali e nessun danno alle membrane.

Parole chiave: batterio da quarantena, detergente naturale, Olive Quick Decline Syndrome, terapia

Il patogeno

Il batterio xilematico *Xylella fastidiosa* Wells, Raju, Hung, Weisburg, Parl & Beemer (*Gammaproteobacteria*, *Xanthomonadales*, *Xanthomonadaceae*) è uno dei patogeni delle piante più dannosi al mondo. Descritto nel 1987 e agli onori della cronaca dal 1880 con la comparsa in California di una malattia della vite con effetti esiziali descritta nel 1892 come "Malattia di Pierce". Nelle Americhe, *X. fastidiosa* è oggi associata ad oltre 500 piante forestali e agrarie incluse essenze altamente redditizie (Almeida e Nunney, 2015).

Sebbene considerata un'unica specie, *X. fastidiosa* possiede varianti molecolari che si differenziano per origine geografica, ospiti, sintomi, resistenza ad antibiotici, caratteristiche in coltura e sierologiche. Le sottospecie formalmente accettate sono tre (*fastidiosa*, *pauca* e *multiplex*), mentre *tashke*, *sandvi* e *morus* sono sottospecie proposte e non ancora ben definite. Inoltre, sono note ricombinazioni tra le diverse sottospecie (Schaad et al. 2004, Randall et al. 2009, Nunney et al. 2014).

Nella Penisola salentina, *X. fastidiosa* subsp. *pauca* è l'agente eziologico della "Sindrome del declino rapido dell'olivo" (in inglese "Olive Quick Decline Syndrome": OQDS) sulle cultivar Ogliarola di Lecce (≡ 'Ogliarola salentina') e 'Cellina di Nardò' di *Olea europaea* L. (Saponari et al. 2013, Cariddi et al. 2014, Martelli et al. 2015). La malattia è stata inizialmente denominata "Complesso del disseccamento rapido dell'olivo (Co.Di.R.O.) perché gli olivi colpiti mostravano: i) gallerie causate da larve di *Zeuzera pyrina* L. (Saponari et al. 2013); ii) necrosi del legno associata a specie fungine dei generi *Phaeoacremonium*, *Phaeomoniella*, *Pleumostomophora* e *Neofusicoccum* (Carlucci et al. 2013, Nigro et al. 2013); iii) sequenze del DNA di *X. fastidiosa* subsp. *pauca* (Saponari et al. 2013). Il batterio è stato poi isolato (Cariddi et al. 2014) e l'intero genoma sequenziato (Giampetruzzi et al. 2015, 2017). Studi successivi hanno dimostrato che *X. fastidiosa* è il responsabile della sindrome. Dopo gli esiti positivi di prove di patogenicità che hanno riprodotto i sintomi di "leaf scorch", l'acronimo CoDiRO è utilizzato per identificare il ceppo di *X. fastidiosa* subsp. *pauca* agente di OQDS nel Salento (Martelli et al. 2015).

Sintomatologia

Le piante di olivo colpite da OQDS presentano disseccamenti della chioma che riguardano, nelle prime fasi dell'infezione, ramoscelli e rami nella parte superiore della chioma. Con il progredire della malattia, i disseccamenti interessano l'intera chioma. Caratteristici sono i sintomi di bruscatura ("leaf scorch") che interessano l'apice e i margini delle foglie che diventano marrone scuro. Le drupe mummificano. Le foglie con bruscatura e le drupe mummificate rimangono attaccate ai rami (EPPO, 2018). Rami e tronco mostrano uno scolorimento irregolare dei vasi xilematici (Nigro et al. 2013).

X. fastidiosa vive e si moltiplica solo all'interno del tessuto xilematico della pianta invasa e limita il movimento della linfa grezza con l'occlusione dei vasi causata da aggregati di cellule e biofilm polimerici prodotti dal batterio e le reazioni istologiche della pianta (Tyson et al. 1985).

Analisi istologiche evidenziano un numero maggiore di occlusioni nello xilema delle cv. sensibili Ogliarola salentina e Cellina di Nardò rispetto alla più tollerante 'Leccino' (De Benedictis et al. 2017). Cellule di *X. fastidiosa* sono presenti negli elementi xilematici del picciolo fogliare (Cariddi et al. 2014).

Negli areali salentini, *Philaenus spumarius* L. (Hemiptera, Aphrophoridae), noto come "sputacchina media" è il vettore principale che trasmette il batterio da un albero all'altro (Cornara et al. 2016).

Al momento della prima segnalazione in Puglia, la malattia è stata riscontrata su 8.000-10.000 ettari in un'area intorno a Gallipoli. Alla fine del 2017 interessava oltre 53.500 ha, diventati 750.000 nel 2019. Nel 2020, il ceppo

CoDiRO è stato ritrovato anche in piante di olivo nei territori di Monopoli e Polignano a Mare in provincia di Bari e nell'arbusto *Dodonaea viscosa* Jacq. cv *purpurea* in un centro vivaistico di Canosa di Puglia nella provincia BAT.

Dopo la sua prima segnalazione in Puglia su olivo, altre 30 specie sono risultate ospiti di *X. fastidiosa* subsp. *pauca* (<http://www.infoxylella.it/specie-ospiti-xylella-fastidiosa/>). Tra queste *Acacia saligna* (Labill.) Wendl., *Asparagus acutifolius* L., *Cistus creticus* L., *Dodonaea viscosa* Jacq., *Laurus nobilis* L., *Myrtus communis* L., *Nerium oleander* L., *Phillyrea latifolia* L., *Polygala myrtifolia* L., *Prunus avium* L., *Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb, *Rosmarinus officinalis* L., *Spartium junceum* L. e *Westringia fruticosa* (Willd.) Druce.

Contrastare l'implacabile avanzata di *X. fastidiosa* tra gli olivi pugliesi si è rivelata un'impresa non facile. Al momento della prima segnalazione in Puglia, la malattia interessava già oltre un milione di olivi (Cariddi et al. 2014). All'interno di questo scenario, l'eradicazione (cioè la completa eliminazione dell'agente patogeno dalla zona infetta) risulta impossibile. Infatti, il successo dell'eradicazione richiede una rapida identificazione dell'agente, una zona infetta limitata, l'abbattimento immediato delle piante ospiti e una biologia del microrganismo che ne garantiscano la completa eliminazione (Sosnowsky et al. 2009). In questo scenario l'unica via perseguibile è quella del limitare la popolazione del vettore nelle aree infette e in quelle confinanti. Nel 2013 l'area "infetta" è stata opportunamente limitata e segnalata con cartellonistica. Ciononostante, il batterio e il suo vettore hanno varcato questo limite, e così l'area "infetta" da Gallipoli e dintorni si è spostata sempre più verso nord e, da dicembre 2020 (Fig. 1), comprende le province di Lecce e Brindisi, una parte della provincia di Taranto e Locorotondo (provincia di Bari).

Strategie di controllo

In generale, evitare l'introduzione di un batterio nella coltivazione è sicuramente la più importante strategia di prevenzione. Per contro, quando il batterio è già presente in un dato areale, la gestione della malattia prevede un approccio integrato che potrebbe limitarne la diffusione mediante l'utilizzo di piante resistenti o tolleranti, contenimento dell'inoculo, trattamenti contro l'eventuale vettore e opportune pratiche colturali (Sundin et al. 2016). In California e Brasile, la gestione di *X. fastidiosa* su vite (malattia di Pierce) e agrumi (Clorosi Variegata) si basa sulla prevenzione dell'introduzione del patogeno nelle aree indenni, mediante l'impiego di varietà resistenti e opportune pratiche igienico-colturali e su strategie atte a contenere le popolazioni dei vettori. Endofiti microbici, prodotti di origine fungina, batteriofagi e ceppi debolmente virulenti e avirulenti di *X. fastidiosa* sono risultati promettenti nella difesa della vite (Rolshausen et al. 2018, Bragard et al. 2019). Attualmente sono diffuse tra ricercatori e agricoltori affermazioni come "Non esistono cure contro *Xylella fastidiosa*", "La *Xylella* non si cura" e simili (Scortichini 2020).

I prodotti contenenti rame sono da lungo tempo utilizzati per controllare oomiceti, funghi e batteri tra cui *X. fastidiosa*. In particolare, lo ione cuprico (Cu^{++}) mostra azione multisito: denatura proteine strutturali ed enzimatiche, blocca l'attività respiratoria, inibisce la divisione cellulare e altera la permeabilità di membrana (La Torre et al. 2018).

L'azione di controllo del vettore, eseguita nel rispetto degli organismi utili, con strategie integrate, liberando il terreno dalle infestanti potenziali ospiti di *X. fastidiosa*, permette di ridurre la presenza degli stadi giovanili di *P. spumarius* nel periodo primaverile.

L'applicazione di tecniche agronomiche mirate al mantenimento delle piante in "buono stato di salute" ha, forse, rallentato lo sviluppo della malattia, ma tali pratiche non sono state sufficienti a curare le piante infette. Le operazioni di potatura ordinaria, attraverso l'asportazione delle porzioni con disseccamenti, portano alla riduzione della popolazione del patogeno nella pianta. Le piante di olivo potate vigorosamente per rimuovere i rami morti e trattate con composti bioattivi e induttori di resistenza mostrano un aumento della vegetazione e una diminuzione dei sintomi della malattia (Carlucci et al. 2016).

Circa 100 diversi genotipi di olivo e specie del genere *Olea* provenienti da diverse aree olivicole del mediterraneo sono stati saggiati per verificarne la resistenza. Due cultivar, Leccino e FS-17® (portainnesto clonale, utilizzata

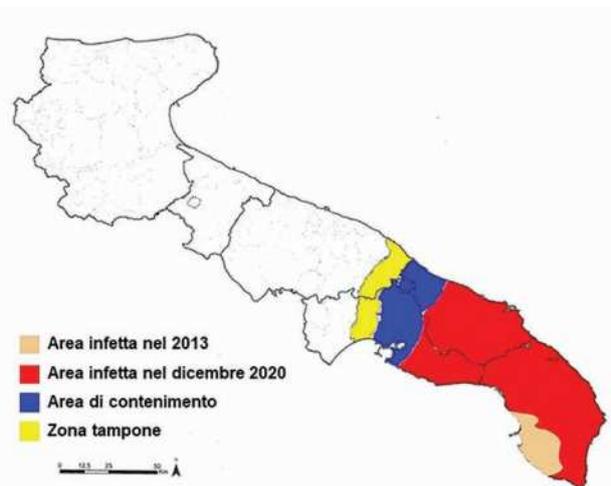


Fig. 1
Mappa dell'estensione delle aree delimitate alla *Xylella fastidiosa* sottospecie *pauca* ST53 ai sensi della determina n. 179 del 14 dicembre 2020 del Dipartimento Agricoltura, Sviluppo Rurale e Ambientale sezione osservatorio fitosanitario.

per la produzione di olive da olio nota come Favolosa), sono risultate asintomatiche e con bassa presenza di *X. fastidiosa* nello xilema (Boscia et al. 2017). Oltre 400 genotipi di olivo sono stati innestati su alberi infetti con l'intento di evidenziarne rapidamente la suscettibilità/tolleranza. L'innesto con cultivar resistenti è stato proposto anche per ricostituire la chioma degli alberi centenari infetti (Boscia et al. 2017, Saponari et al. 2019). L'innesto ha permesso di ricostruire la chioma e, dopo tre anni, di produrre drupe e olio, ma le piante hanno conservato al loro interno cellule batteriche utili per avviare nuove infezioni mediate da *P. spumarius*. Non poche, però, sono state le piante su cui gli innesti non hanno attecchito, sortendo l'effetto sperato, come ad esempio è avvenuto per l'olivo presente in piazza Sant'Oronzo a Lecce.

Particolarmente sostenuta da contributi finanziari della Regione Puglia (Misura 5.2 del Programma italiano di sviluppo rurale) è la strategia del reimpianto delle cultivar di olivo tolleranti a *X. fastidiosa* (al momento Leccino e FS-17). Interessanti, sembrano anche 'Coratina', 'Pendolino', 'Bella di Cerignola' e 'Cipressino' che, nonostante la presenza del batterio killer degli olivi, non presentano, ad oggi, sintomi di disseccamento.

Dal punto di vista fitoiatrico diverse sono le sperimentazioni condotte e le molecole saggiate.

Attivatori dei meccanismi di difesa come fosetyl alluminio e acibenzolar S-methyl (Carlucci et al. 2016), COS-OGA, proteine di Harpin $\sigma - \beta$, cerevisane (Dongiovanni et al. 2017) hanno portato, negli oliveti trattati, un incremento del rigoglio vegetativo, riduzione delle foglie con bruscatura, aumento del contenuto in clorofilla e della conduttanza stomatica. Non è stato possibile evidenziare, però, fenomeni di attenuazione o remissione dei sintomi di disseccamento, o riduzione dell'incidenza delle infezioni. Applicazioni con N-acetilcisteina in endoterapia e/o al terreno anche adsorbita sul concime pollina, hanno indotto un miglioramento dell'habitus vegetativo delle piante trattate e una riduzione della gravità dei sintomi (Dongiovanni et al. 2017). Inoltre, Kopper® (Menfin, srl) concime in sospensione a base di rame idrossido e un formulato contenente argento nitrato sono risultati efficienti nel contenere *in vitro* lo sviluppo di *X. fastidiosa*. L'idrossido di rame inibisce la cresta del batterio a concentrazione di 0,05 ppm, mentre il nitrato di argento è risultato efficace sino a 0,005 ppm. Sono necessari, però, almeno nove trattamenti alla chioma da aprile a settembre per ridurre (Fig. 2) l'intensità della malattia (Bruno et al. 2018).

Anche lo stress termico con CO₂ liquida, associato con trattamenti alle radici a base di antiparassitario biologico, è stato sperimentato, ma i risultati, benchè depositati presso un notaio, non risultano ad oggi oggetto di pubblicazioni scientifiche (<https://xylellareport.it/2020/01/24/xylella-scoperta-la-cura-il-freddo-uccide-il-batterio/>). Sono stati effettuati anche studi su composti in grado di inibire la crescita *in vitro* di *X. fastidiosa* (Bleve et al. 2018) e l'applicazione di batteri endofiti dell'olivo e specie di *Bacillus* (Zicca et al. 2020).

La manipolazione dello stato minerale della pianta ospite è stata proposta come strategia di controllo di questo batterio (Navarrete, De La Fuente 2015).

Sei trattamenti (da aprile a luglio e a settembre) con Dentamet® (Diagro srl), bio-stimolante a base di zinco (4% w/w) e rame (2% w/w) complessati con acido citrico, hanno ridotto la gravità dei sintomi di OQDS e la concentrazione di *X. fastidiosa* (Scortichini et al. 2018).

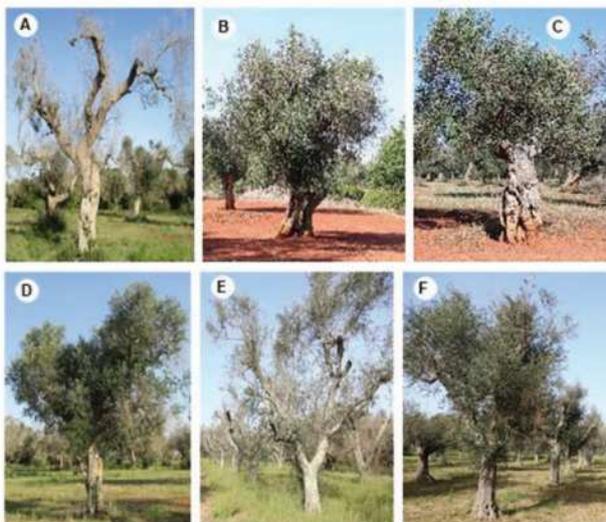


Fig. 2
Piante di 'Ogliarola Salentina' (A-D) e 'Cellina di Nardò' (E-F) trattate con idrossido di rame (B), argento nitrato (C), NuovO-livo (D, F). Piante utilizzate nelle tesi di controllo (A, E). Foto adattata da Bruno et al. 2018, 2021.

Partendo dal presupposto che gli estratti vegetali siano un'alternativa sicura per il controllo delle malattie batteriche delle piante (El-Hefny et al. 2017, Salem et al. 2018), è stato preparato il NuovO-livo® (brevetto n 102017000109094, Ministero dello Sviluppo Economico, Italia). Questo prodotto è un detergente naturale a base di oli vegetali e infusi acquosi di origine vegetale, ottenuti da specie botaniche esterificati in presenza di idrossido di sodio (Bruno et al. 2021). Su piante di 70-75 anni 'Cellina di Nardò' e 'Ogliarola salentina' di 60-65 anni con indice di malattia dell'85-95%, i migliori risultati sono stati ottenuti eseguendo trattamenti all'inizio di aprile e all'inizio di ottobre. Ogni pianta è stata spruzzata con 10 litri di acqua contenente il 2% di NuovO-livo e, aggiunto al momento dell'utilizzo, l'1% di bicarbonato di sodio (Bruno et al. 2021). Con questi trattamenti, la gravità dei sintomi fogliari di OQDS è stata ridotta sino al 2-4% e le piante hanno prodotto nuova vegetazione, fiori e drupe. Per contro, le piante delle tesi di controllo hanno continuato a mostrare evidenti sintomi di bruscatura fogliare e disseccamento della chioma (Fig. 2).

Nelle prove che hanno interessato il NuovOливо (Tab. 1), rispetto alle tesi di controllo, le piante trattate presentano una maggiore superficie fogliare, minore contenuto in fenoli totali. Anche il contenuto in Malondialdeide, indice della perossidazione dei lipidi e quindi dell'integrità delle membrane, risulta più bassa nelle piante trattate rispetto a quelle di controllo. Allo stesso modo, analisi molecolari di qRT-PCR indicano una ridotta presenza del DNA di *X. fastidiosa* nelle piante trattate.

Tabella 1

Superficie, contenuto in fenoli totali, concentrazione in Malondialdeide e livello del DNA di *X. fastidiosa* in foglie di piante delle cultivar 'Ogliarola salentina' e 'Cellina di Nardò' trattate e non trattate con NuovOливо (modificata da Bruno et al. 2021).

Parametro ^a	'Cellina di Nardò'		'Ogliarola salentina'	
	Trattato	Controllo	Trattato	Controllo
Superficie fogliare (mm ²)	1096-1251	680-720	732-794	355-375
Fenoli totali (mmol di AGE g ⁻¹ PF)	3-6	55-58	88-9	64-69
Malondialdeide (nmol g ⁻¹ PF)	12-22	142-143	16-23	126-129
DNA <i>X. fastidiosa</i> (ng mg ⁻¹ PF)	8-9	1127-1251	13-13	1591-1731

^a AGE = Acido Gallico Equivalenti; PF = Peso fresco.

I dati ottenuti suggeriscono che questo detergente a base di estratti botanici funzioni in due direzioni: sullo sviluppo dei batteri, come parzialmente dimostrato dalle analisi di qRT-PCR, e sul metabolismo delle piante, come si può dedurre dalle risposte fisiologiche ottenute nelle piante trattate.

L'azione del NuovOливо è probabilmente correlata ai suoi diversi ingredienti fitochimici e, tra questi, a metaboliti vegetali primari e secondari e fitormoni attivi come inibitori enzimatici, microbici, promotori della crescita, induttori di difese e con azione protettiva dell'integrità della membrana cellulare.

Al momento, questi dati rappresentano lo "stato dell'arte" di una malattia complessa e in forte evoluzione ed espansione e che sta mettendo progressivamente in ginocchio l'olivicoltura della Penisola Salentina. Sarebbe, però, che il futuro dell'olivicoltura salentina basata sulle cv. 'Ogliarola Salentina' e 'Cellina di Nardò' non sia completamente distrutta dall'avanzare imperioso di *X. fastidiosa* e che qualche messaggio di speranza possa venire da pratiche colturali e dall'uso di prodotti naturali in una visione anche di pratiche ecosostenibili

Letteratura citata

- Almeida RPP, Nunney L (2015) How do plant diseases caused by *Xylella fastidiosa* emerge? Plant Disease 99: 1457-1467.
- Bleve G, Gallo A, Altomare C, Vurro M, Maiorano G, Cardinali A, D'Antuono I, Marchi G, Mita G (2018) In vitro activity of antimicrobial compounds against *Xylella fastidiosa*, the causal agent of the olive quick decline syndrome in Apulia (Italy). FEMS Microbiology Letters 365 (5). 10pp.
- Boscia D, Altamura G, Ciniero A, Di Carolo M, Dongiovanni C, Fumarola G, Giampetruzzi A, Greco P, La Notte P, Loconsole G, Manni F, Melcarne G, Montilon V, Morelli M, Murrone N, Palmisano F, Pollastro P, Potere O, Roseti V, Saldarelli P, Saponari A, Saponari M, Savino VN, Silletti MR, Specchia F, Susca L, Tauro D, Tavano D, Venerito P, Zicca S, Martelli GP (2017) Resistenza a *Xylella fastidiosa* in diverse cultivar di olivo. L'Informatore Agrario 11: 59-63.
- Bragard C, Dehnen-Schmutz K, Di Serio F, Gonthier P, Jacques MA, Fejer JA, MacLeod A, Magnusson CS, Milonas P, Navas-Cortés JA, Potting R, Reignault PL, Thulke HH, Van der Werf W, Civera AV, Yuen J, Zappalà L, Makowski D, Delbianco A, Maiorano A, Muñoz Guajardo I, Stancanelli G, Guzzo M, Parnell S (2019) Effectiveness of in planta control measures for *Xylella fastidiosa*. EFSA J 17: 1-17.
- Bruno GL, Cariddi C, Botrugno L (2021) Exploring a sustainable solution to control *Xylella fastidiosa* subsp. *pauca* on olive in the Salento Peninsula, Southern Italy. Crop Protection 139: 105288.
- Bruno GL, Vizzino AA, Gabrieli Tommasi Cariddi C (2018) Prove di lotta contro *Xylella fastidiosa* su Ogliarola. In: Convegno "Xylella fastidiosa: obiettivi, metodi e strategie". Lecce, 13 giugno 2018 (poster).
- Cariddi C, Saponari M, Boscia D, De Stradis A, Loconsole G, Nigro F, Porcelli F, Potere O, Martelli GP (2014) Isolation of a *Xylella fastidiosa* strain infecting olive and oleander in Apulia, Italy. Journal of Plant Pathology 96: 425-429.
- Carlucci A, Ingrosso F, Faggiano S, Raimondo ML, Lops F (2016) Strategie per contenere il disseccamento degli olivi. L'Informatore Agrario 8: 58-63.
- Carlucci A, Raimondo ML, Cibelli F, Phillips AJL, Lops F (2013) *Pleurostomophora richardsiae*, *Neofusicoccum parvum* and *Phaeoacremonium aleophilum* associated with a decline of olives in southern Italy. Phytopathologia Mediterranea 52: 517-527.
- Cornara D, Saponari M, Zeilinger A, De Stradis A, Boscia D, Loconsole G, Bosco D, Martelli GL, Almeida RPP, Porcelli F (2016) Spittlebugs as vectors of *Xylella fastidiosa* in olive orchards in Italy. Journal of Pest Science 90: 521-530.
- De Benedictis M, De Caroli M, Baccelli I, Marchi G, Bleve G, Gallo A, Ranaldi F, Falco V, Pasquali V, Piro G, Mita G, Di Sansebastiano GP (2017) Vessel occlusion in three cultivars of *Olea europaea* naturally exposed to *Xylella fastidiosa* in open field. Journal of Phytopathology 165: 589-594.
- Dongiovanni C, Di Carolo M, Fumarola G, Ciniero A, Tauro D, Palmisano F, Silletti MR, Pollastro P, Altamura G, Cavaliere V, Morelli M, Saldarelli P, Boscia D, Saponari M, Faretra F (2017) Recenti sperimentazioni per il controllo di *Xylella*. Olivo e Olio 20: 25-29.

- El-Hefny M, Ashmawy NA, Salem MZM, Salem AZM (2017) Antibacterial activities of the phytochemicals-characterized extracts of *Callistemon viminalis*, *Eucalyptus camaldulensis* and *Conyza dioscoridis* against the growth of some phytopathogenic bacteria. *Microbial Pathogenesis* 113: 348-356.
- EPP0 (2018) PM 7/24 (3) *Xylella fastidiosa*. Bulletin OEPP/EPP0 Bulletin 48: 175-218.
- Giampetruzzi A, Chiumenti M, Saponari M, Donvito G, Italiano A, Loconsole G, Boscia D, Cariddi C, Martelli GP, Saldarelli P (2015) Draft genome sequence of the *Xylella fastidiosa* CoDiRO strain. *Genome Announcements* 3(1): e01538-e14.
- Giampetruzzi A, Saponari M, Almeida RPP, Essakhi S, Boscia D, Loconsole G, Saldarelli P (2017) Complete Genome Sequence of the Olive-Infecting Strain *Xylella fastidiosa* subsp. *pauca* De Donno. *Genome Announcements* 5(27): e00569-e17.
- La Torre A, Iovino V, Caradonia F (2018) Copper in plant protection: current situation and prospects. *Phytopathologia Mediterranea* 57: 201-236.
- Martelli GP, Boscia D, Porcelli F, Saponari M (2015) The olive quick decline syndrome in south-east Italy: a threatening phytosanitary emergency. *European Journal of Plant Pathology* 144: 235-243.
- Navarrete F, De La Fuente L (2015) Zinc detoxification is required for full virulence and modification of the host leaf ionome by *Xylella fastidiosa*. *Molecular Plant Microbe Interactions* 28: 497-507.
- Nigro F, Boscia D, Antelmi I, Ippolito A (2013) Fungal species associated with a severe decline of olive in Southern Italy. *Journal of Plant Pathology* 95(3): 668.
- Nunney L, Schuenzel E, Scally M, Bromley RE, Stouthamer R (2014) Large-Scale intersubspecific recombination in the plant-pathogenic bacterium *Xylella fastidiosa* is associated with the Host Shift to Mulberry. *Applied and Environmental Microbiology* 80: 3025-3033.
- Randall JJ, Goldberg NP, Kemp JD, Radionenko M, French JM, French JM, Olsen MW, Hanson SF (2009) Genetic analysis of a novel *Xylella fastidiosa* subspecies found in the southwestern United States. *Applied and Environmental Microbiology* 75: 5631-5638.
- Rolshausen P, Roper C, Maloney K (2018) Greenhouse evaluation of grapevine microbial endophytes and fungal natural products for control of Pierce's disease. Final report of CDFA Agreement Number 16-0512-SA.
- Salem MZM, EL-Hefny M, Ali HM, Elansary HO, Nasser RA, El-Settawy AAA, El Shanhorey N, Ashmawy NA, Salem AZM (2018) Antibacterial activity of extracted bioactive molecules of *Schinus terebinthifolius* ripened fruits against some pathogenic bacteria. *Microbial Pathogenesis* 120: 119-127.
- Saponari M, Boscia D, Nigro F, Martelli GP (2013) Identification of DNA sequences related to *Xylella fastidiosa* in oleander, almond and olive trees exhibiting leaf scorch symptoms in Apulia (Southern Italy) *Journal of Plant Pathology* 95: 668.
- Saponari M, Giampetruzzi A, Loconsole G, Boscia D, Saldarelli P (2019) *Xylella fastidiosa* in Olive in Apulia: where we stand. *Phytopathology* 109: 175-186.
- Schaad NW, Postnikova E, Lacy G, Fatmi M'B, Chang CJ (2004) *Xylella fastidiosa* subspecies: *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* subsp. nov., *X. fastidiosa* subsp. *multiplex* subsp. nov., and *X. fastidiosa* subsp. *pauca* subsp. nov. *Systematic and Applied Microbiology* 27(3) 290-300.
- Scortichini M (2020) The multi-millennial olive agroecosystem of Salento (Apulia, Italy) threatened by *Xylella fastidiosa* subsp. *pauca*: a working possibility of restoration. *Sustainability* 12(17): 6700.
- Scortichini M, Chen J, De Caroli M, Dalessandro G, Pucci N, Modesti V, L'aurora A, Petriccione M, Zampella L, Mastrobuoni F, Migoni D, Del Coco L, Girelli CR, Piacente F, Piacente F, Cristella N, Marangi P, Laddomada F, Di Cesare M, Cesari G, Fanizzi FP, Loreti S (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.
- Sosnowsky MR, Fletcher JD, Daly AM, Rodoni BC, Viljanen-Rollinson SLH (2009) Techniques for the treatment, removal and disposal of host material during programmes for plant pathogen eradication. *Plant Pathology* 58: 621-635.
- Sundin GW, Castiblanco LF, Yuan X, Zeng Q, Yang CH (2016) Bacterial disease management: challenges, experience, innovation and future prospects. *Mol Plant Pathol* 17(9): 1506-1518.
- Tyson GE, Stojanovic BJ, Kuklinski RF, Di Vittorio TJ, Sullivan ML (1985) Scanning electron microscopy of Pierce's disease bacterium in petiolar xylem of grape leaves. *Phytopathology* 75: 264-269.
- Zicca S, De Bellis P, Masiello M, Saponari M, Saldarelli P, Boscia D, Sisto A (2020) Antagonistic activity of olive endophytic bacteria and of *Bacillus* spp. strains against *Xylella fastidiosa*. *Microbiological Research* 236:126467.

AUTORI

Giovanni Luigi Bruno (giovanniluigi.bruno@uniba.it), Dipartimento di Scienze del Suolo, della Pianta e degli Alimenti (Di.S.S.P.A.), Università degli Studi di Bari Aldo Moro, Via G. Amendola 165/A, 70126 Bari
Franca Tommasi (franca.tommasi@uniba.it), Dipartimento di Biologia, Università degli Studi di Bari Aldo Moro, Via Orabona 4, 70125 Bari

Autore di riferimento: Giovanni Luigi Bruno