



Figura 4:  
Infezione di Psa da lenticelle

## La batteriosi dell'actinidia strategie di contenimento in Piemonte

■ Matteo Monchiero - *Agroinnova*  
 ■ Luca Giordani, Luca Nari, Graziano Vittone - *CRESO*  
 ■ Chiara Morone, Silvio Grosso, Giovanna Mason, Elena Ortalda - *Settore Fitosanitario Regione Piemonte*

La batteriosi causata da *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* (PSA) provoca, su diverse specie di actinidia (*Actinidia deliciosa*, *A. chinensis* e *A. arguta*), cancri sul tronco e sui rami che producono un essudato di colore variabile, maculature fogliari angolari di colore marrone scuro circondate da un alone clorotico e imbrunimento e cascola dei fiori (Scortichini, 1994).

### Attitudini prevalente di Psa

La diffusione di *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* sta compromettendo la coltivazione di kiwi nelle più importanti aree di produzione, rendendone problematica la coltivazione. Il Piemonte, in qualità di regione italiana più fredda tra quelle in cui si coltiva l'actinidia, risulta ulteriormente danneggiata dalla documentata sinergia tra il batterio e gli sbalzi termici. Non sono le temperature estreme di  $-20^{\circ}\text{C}$  a favorire il batterio perché in questo caso il danno del gelo ai tessuti è diretto (foto 1).

La pericolosa sinergia tra batterio e basse temperature si instaura con temperature poco sotto lo zero ma altalenanti (come spesso si presentano in Piemonte a fine inverno). In questa situazione, l'effetto spugna del gelo-disgelo trasloca più velocemente in corteccia le cellule batteriche che con le piogge autunnali si sono dislocate sulle ferite fogliari, sui peduncoli e sulle lenticelle (foto 2, 3, 4).

Tali sintomi che a fine gennaio risultavano così iniziali a metà febbraio si sono evoluti in 70 centimetri di necrosi corticale. Le condi-

zioni autunno-invernali del Piemonte sono così predisponenti alla diffusione e alla manifestazione del batterio sugli organi legnosi da rendere ininfluenza la presenza o meno del batterio sulle foglie vale a dire che alla ripresa vegetativa PSA si è manifestato in tutta la sua gravità sia nel 2011 preceduto da un 2010 in cui erano evidenti numerose macchie fogliari sia nel 2013 preceduto invece dal 2012 in cui le macchie fogliari sono state rare.

### L'efficacia dei prodotti

Le difficoltà incontrate nel contenimento degli attacchi di questo batterio sono legate soprattutto alla mancanza di prodotti dotati di specifica attività battericida e alla ridotta disponibilità di principi attivi registrati sulla coltura. Nella pratica di campo la lotta per via chimica è affidata quasi esclusivamente ai prodotti rameici, molti dei quali sono da tempo autorizzati per l'impiego sul kiwi (Spadaro et al., 2011). Alcuni di questi prodotti sono stati ammessi, in deroga per il 2011 e il 2012, anche per un numero limitato di trattamenti sul verde, da effettuare ogni volta che si creino ferite sulla pianta causate da grandinate e da operazioni di potatura verde (Vittone et al., 2011). Le limitazioni d'uso dei prodotti rameici sono legate alla possibile fitotossicità, benché l'actinidia tolleri abbastanza bene le nuove formulazioni a basso contenuto di rame, e al rischio di selezione di ceppi del patogeno resistenti al rame (Scortichini et al., 2012).

In questi ultimi anni, sono stati offerti numerosi nuovi prodotti a base di rame formulato in combinazione con acidi umici o aminoacidi e a base di batteri antagonisti come *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* e *Bacillus subtilis*. Accanto a questi sono stati proposti preparati ad azione disinfettante a base di acido acetico, perossido di idrogeno e acido cloridrico e altri ad azione ricoprente come chitosano e zeoliti. Sono inoltre oggetto di attenzione e verifiche prodotti considerati in grado di stimolare la resistenza della pianta, come il fosetyl Al e l'acibenzolar-S-methyl, già registrati e utilizzati su altre colture.

**Tabella 1** - Prodotti impiegati

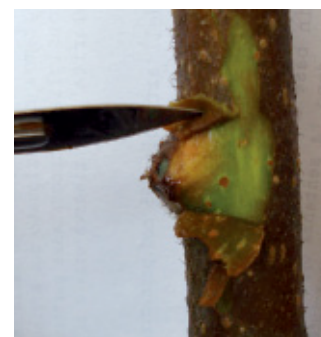
	Principio attivo	g/ha p.c.
1	-	-
2	Ossicloruro rameico	3000
3	Rame idrossido	2000
4	Cu ossicloruro + Cu idrossido	1100
5	Cu ossicloruro + Cu idrossido	1000
6	Cu ossicloruro + Cu idrossido	3000
7	Acibenzolar-S-metile	200
8	Acibenzolar-S-metile	400
9	Glutatione+Sali di K+Cu	3000
10	Fosetyl Al	2000
11	Olio di santoreggia	1000
12	Olio di timo	1000
13	Propoli	2000
14	Silicato di Na	100
15	Solfato di zinco, Ipcolorito di sodio, Ac. peracetico	2500
16	<i>Bacillus subtilis</i>	4000
17	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	1500
18	Glucumati per via fogliare	6000
19	Glucumati per via radicale	6000
20	Glucumati per via fogliare e radicale	5000+5000
21	Silicato di K	100
22	Chelato di rame	400
23	Zeolite sintetica	10.000
24	Miscela di terriccio e compost 1 (20%)	-
25	Miscela di terriccio e compost 2 (20%)	-

**Prove in ambiente protetto.** Per verificare l'efficacia di questi prodotti e di altri, nel 2011 e nel 2012 sono state condotte presso il Centro Agroinnova, in ambiente protetto, prove su piante in

vaso, nelle quali sono stati messe a confronto 25 tesi diverse (Tab. 1). Sulle piante sono state effettuati due trattamenti con i diversi formulati a distanza di sette giorni e poi è stato inoculato artificialmente il batterio distribuendo sulle foglie una miscela di ceppi diversi contenente  $1 \times 10^8$  CFU. Dopo 7 giorni dall'inoculazione, alla comparsa dei primi sintomi fogliari, i trattamenti sono stati ripetuti e poi sono proseguiti con interventi ogni 2 settimane fino all'inizio dell'estate, quando a causa del forte innalzamento delle temperature, i trattamenti sono stati sospesi. Nel corso delle prove sono stati valutati la diffusione e la gravità dei sintomi, l'effetto del prodotto sullo sviluppo delle piante e l'eventuale fitotossicità.



**Foto 1:** Gemma annerita colpita da gelo invernale



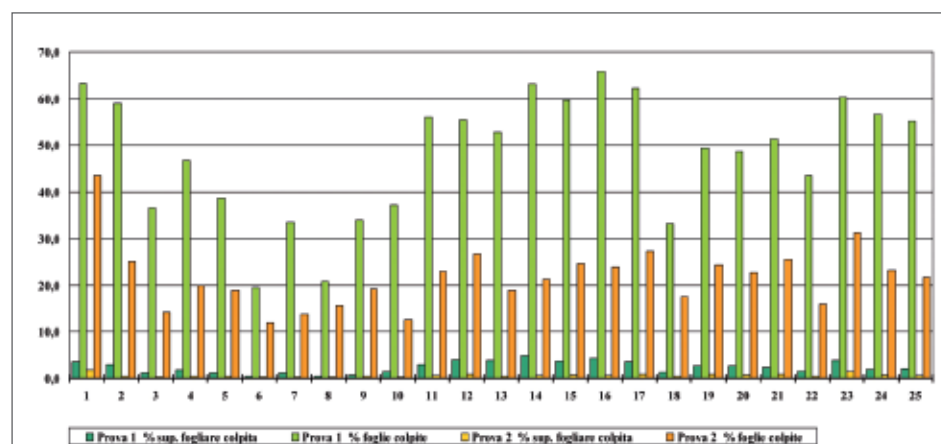
**Foto 2:** Infezione di Psa da cicatrice fogliare



**Foto 3:** Infezione di Psa da peduncolo

In queste prove, i migliori risultati nel contenimento della malattia sono stati ottenuti con un nuovo formulato a base di rame e da acibenzolar-S-metile. Quest'ultimo prodotto, però, ha mostrato una forte attività depressiva sullo sviluppo delle piante causandone la quasi completa defogliazione. Buoni risultati sono stati ottenuti

anche utilizzando idrossido di rame, da solo e in miscela con ossicloruro, con fosetyl Al, con un chelato di rame e con un induttore di resistenza a base di glutazione, sali di potassio e rame. Questi due ultimi prodotti hanno dato però evidenti sintomi di fitotossicità. Sufficiente è stato anche il risultato ottenuto da un nuovo prodotto a base di glucumati distribuito per via fogliare, sia per quanto riguarda il contenimento della malattia, sia per l'effetto favorevole sullo sviluppo delle piante. Risultati meno interessanti sono stati ottenuti con lo stesso prodotto distribuito per via radicale, con ossicloruro di rame, *Bacillus subtilis* e B.



**Figura 1:** Efficacia di differenti strategie nei confronti di *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* a circa 60 giorni dalla inoculazione artificiale (2012).

amyloliquefaciens e con diversi prodotti disinfettanti e di copertura, di origine naturale e di sintesi chimica, che sono riusciti a limitare solo in parte la diffusione e la gravità della malattia rispetto al testimone non trattato (fig. 1).

**Prove di semicampo.** A seguito degli screening effettuati in laboratorio sui prodotti più promettenti ad azione preventiva, si è proceduto a testarne alcuni in condizioni di semi-campo. Sono state quindi costituite due batterie di prove in modo da valutare l'efficacia dei prodotti nel contenimento dell'infezione batterica in quegli stage di sviluppo della pianta che ad oggi sembrano essere cruciali per l'ingresso del Psa nei tessuti. La prima batteria, composta da 36 astoni di actinidia varietà Hayward, 18 maschi e 18 femmine provenienti da materiale vivaistico sano, è stata inoculata allo stadio fenologico 08 della scala BBCH (apertura gemme: primo apice del

germoglio visibile), mentre la seconda composta da 72 astoni, 36 maschi e 36 femmine è stata inoculata alla fase 19 della BBCH scale (sviluppo fogliare: prima foglia completamente sviluppata). I prodotti saggati sono stati suddivisi in due gruppi in base al meccanismo d'azione. Il primo gruppo comprende tutti i prodotti caratterizzati da un meccanismo d'azione basato sull'attivazione di difese di tipo SAR (systemic activated resistance) della pianta, mentre il secondo gruppo è composto dai prodotti che grazie all'azione batteriostatica, filmante e battericida delle molecole utilizzate

hanno un meccanismo di azione di tipo preventivo, vale a dire che impediscono l'ingresso del batterio negli stomi (tab. 2).

Il momento dell'applicazione dei prodotti è stato definito in base al meccanismo di azione. Infatti per permettere una adeguata diffusione nei tessuti dei prodotti induttori di resistenza e allo stesso tempo la completa attivazione dei meccanismi SAR si è proceduto ad applicare i prodotti induttori di resistenza una settimana prima dell'inoculazione, mentre i prodotti ad azione preventiva sono stati applicati 24 h prima. Le inoculazioni sono state effettuate per mezzo di una nebulizzazione sulla pianta di una sospensione di 108 cellule batteriche in soluzione fisiologica allo 0.9%. Come consigliato dalla letteratura neozelandese si è proceduto a mantenere le piante in condizioni di umidità prossime al 100% per 3 giorni, in modo da creare le condizioni ideali per l'ingresso del batterio negli stomi.

Successivamente le piante sono state messe in pieno campo e monitorate ogni due giorni in modo da registrare e quantificare l'entità dell'infezione tramite la comparsa dei caratteristici macchie fogliari. Per completare la valutazione dei prodotti utilizzati si è proceduto, inoltre a monitorare l'eventuale comparsa di fitotossicità sulle foglie.

**Tabella 2:** prodotti saggati nelle prove di semi-campo, dosaggio e meccanismo d'azione

Principio attivo	g o ml/ha di formulato commerciale	Meccanismo di azione
Acibenzolar-S-metile	100	Induttore di resistenza
Estratti naturali ad azione battericida	3000	Batterioida
Induttore di resistenza con fosfito di K	6000 a pH 5,5 (soluzione acidificata con acido citrico)	Induttore di resistenza
Laminarina	750	Induttore di resistenza
Bacillus amyloliquefaciens	1500	Antagonista
Ossido di rame 75%	700 (525 g di rame metallo)	Batterioida
Ossido di rame 75% +		
Zeolite sintetica	700 (525 g di rame metallo) +	
1000	Batterioida/Filmante	
Chelato di rame + microelementi	3000	Batterioida
Zeolite sintetica	1000	Filmante

Per l'inoculazione effettuata nella fase fenologica 08 BBCH scale, i risultati hanno evidenziato come dal 21 marzo sia stata rilevata su quasi tutte le tesi la comparsa di macchie fogliari mostrando come nessun prodotto sia stato in grado di prevenire completamente l'ingresso del batterio nelle piante. La PCR effettuata sulle foglie sintomatiche ha confermato che le macchie fogliari corrispondevano effettivamente alla presenza del patogeno all'interno della pianta. Nella tesi trattata con il solo ossido di rame (Nordox), invece, alcune

piante che non mostravano sintomi; le successive analisi PCR hanno evidenziato che in queste piante l'infezione non era avvenuta.

Per l'inoculazione effettuata in fase fenologica 19 BBCH scale, i risultati hanno evidenziato come il 29 maggio siano state rilevate su tutte le tesi, ad eccezione di quella trattata con acibenzolar-S-metile la comparsa delle caratteristiche macchie fogliari con una percentuale di germogli colpiti a fine prova abbastanza elevata (fig. 2). Come nella prova precedente si è proceduto a prelevare i campioni vegetali in tutte le tesi e, grazie alle successive analisi PCR, è stato possibile confermare l'avvenuta infezione. Ad eccezione delle tesi trattate con ossido di rame, ossido di rame più zeoliti sintetiche e acibenzolar-S-metile, il 100% delle piante hanno evidenziato sintomi fogliari. Il monitoraggio della fitotossicità ha evidenziato come nelle tesi in cui si sono utilizzati prodotti dotati attività sistemica, come l'acibenzolar-S-metile e il chelato di rame + microelementi, si sia determinato un elevato grado di stress nelle piante, i prodotti rameici hanno causato una leggera/media fitotossicità, mentre le altre tesi sono state caratterizzate da una ridotta fitotossicità.

## Discussione

Dalle prove condotte, si possono trarre delle indicazioni importanti che permettono di gettare le basi di una strategia di difesa contro il Psa. In entrambi gli ambienti (ambiente protetto e semi-campo) i prodotti rameici sono riusciti a contenere l'infezione degli stomi facendo registrare una percentuale di germogli colpiti relativamente bassa. Per quanto riguarda le zeoliti sintetiche, caratterizzate da un'azione filmante, si è evidenziato che da sole non riescono a creare una barriera impermeabile al batterio (numero medio di macchie per pianta di 6 rispetto alle 9,6 del testimone, non differente statisticamente) tuttavia, l'applicazione con prodotti rameici crea una sinergia positiva tra i due prodotti

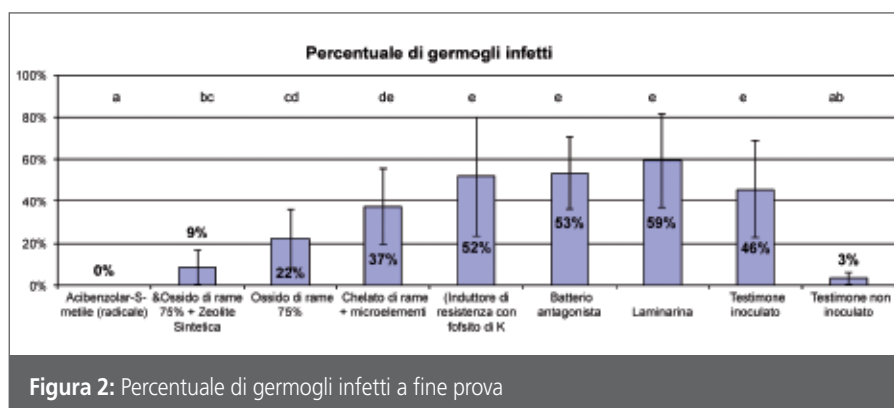


Figura 2: Percentuale di germogli infetti a fine prova

tale da ridurre sia la percentuale di piante infette sia il numero di germogli infetti rispetto all'applicazione del solo prodotto rameico (fig. 2). L'acibenzolar-S-metile ha dato ottimi risultati evidenziando la potenzialità di questo prodotto. In aggiunta il prodotto, o la resistenza da esso indotta, hanno mostrato un'ottima persistenza nel tempo: a tre settimane dal trattamento il testimone non inoculato mostrava il 3% di germogli colpiti dovuti ad una probabile infezione secondaria, mentre le piante trattate con acibenzolar-S-metile continuavano a non presentare sintomi di infezione batterica. Per quanto riguarda l'efficacia degli altri prodotti saggati, purtroppo si è osservata un'infezione del 100% delle piante trattate, sottolineando come nelle condizioni sperimentali in oggetto essi non si siano differenziati statisticamente dal testimone.

Un ultimo commento è tuttavia necessario sull'effetto fitotossico dei prodotti. Tralasciando le tesi che non hanno evidenziato un interesse nel contenimento del patogeno, bisogna sottolineare che l'acibenzolar-S-metile ha mostrato non solo un'ottima efficacia nel contenere il patogeno, ma anche causato sintomi di fitotossicità sia a livello fogliare che di sviluppo della pianta. I prodotti a base di ossido di rame invece sono stati caratterizzati, come peraltro è noto, da una fitotossicità media evidenziata da uno stress dei tessuti fogliari, mentre lo sviluppo dei germogli è stato in linea con quello del testimone. Concludendo, la sperimentazione in oggetto getta delle ottime basi per la definizione di prodotti validi nel contenimento della malattia; tuttavia, la variabilità delle condizioni climatiche e dei cicli infettivi del batterio nell'agroecosistema rendono necessaria una sperimentazione in pieno campo in grado di definire una strategia di difesa efficace.

## Ringraziamenti

Lavoro svolto con un contributo della Fondazione Cassa di Risparmio di Torino e della Regione Piemonte.