

EFFICACIA E SELETTIVITÀ DEL SOLFATO DODECAIDRATO DI ALLUMINIO E POTASSIO NEI CONFRONTI DI *PSEUDOMONAS SYRINGAE* PV. *ACTINIDIAE*

S. CIOFINI¹, M. PRETI², E. BOMBARDINI², M. LANDI², M. COLLINA¹

¹ Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari, Alma Mater Studiorum
Università di Bologna - Viale G. Fanin, 42, 40127 Bologna (BO)

² Astra Innovazione Sviluppo srl - Via Tebano, 45, 48018 Faenza (RA)
michele.preti@astrainnovazione.it

RIASSUNTO

La principale fitopatia dell'actinidia è il cancro batterico, il cui agente eziologico è *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* (Psa). Nel biennio 2018-2019 sono stati condotti biosaggi in ambiente controllato e prove di campo per saggiare la selettività e l'efficacia del solfato dodecaidrato di alluminio e potassio (LMA 80% SP) contro Psa su varietà di kiwi a polpa gialla e verde. Gli screening in serra hanno valutato diverse concentrazioni di LMA 80% SP su kiwi giallo; in campo sono state validate delle strategie di impiego del prodotto in combinazione ai formulati rameici su kiwi verde. I risultati dello studio hanno dimostrato l'efficacia di LMA 80% SP nel contenere i sintomi di Psa sia in semicampo che in campo, saggiando al contempo la selettività colturale, che è risultata buona. Il prodotto sperimentale ha mostrato un'attività paragonabile ai prodotti rameici di riferimento con possibilità di un futuro inserimento in strategie di contenimento di Psa.

Parole chiave: LMA 80% SP, Psa, cancro batterico dell'actinidia, *Actinidia chinensis*, *Actinidia deliciosa*

SUMMARY

EFFICACY AND SELECTIVITY OF ALUMINUM AND POTASSIUM SULPHATE DODECAHYDRATE AGAINST *PSEUDOMONAS SYRINGAE* PV. *ACTINIDIAE*

The main disease of kiwi crop is the bacterial canker whose etiological agent is *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* (Psa). Over the period 2018-2019, bioassays in controlled conditions and in field to test the biological efficacy and crop selectivity of aluminum and potassium sulphate dodecahydrate (LMA 80% SP) were conducted against Psa, both on yellow and on green kiwi cultivars. The screenings performed in greenhouse evaluated different concentrations of LMA 80% SP on yellow kiwifruit; in the field, different strategies of LMA 80% SP, in combination with copper-based products, were evaluated on green kiwifruit. The results of this study demonstrated the efficacy of LMA 80% SP in containing Psa symptoms and also verified its good selectivity. The experimental product showed an activity comparable to the copper-based products and it can be considered within the plant protection strategies against Psa.

Keywords: LMA 80% SP, Psa, bacterial canker of kiwifruit, *Actinidia chinensis*, *Actinidia deliciosa*

INTRODUZIONE

La principale malattia dell'actinidia in grado di determinare ingenti perdite economiche è il cancro batterico, il cui agente eziologico è *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* (Psa). In Italia la prima segnalazione risale al 1992 in Lazio; progressivamente la malattia si è diffusa a livello nazionale in tutte le aree interessate alla coltivazione dell'actinidia (Donati et al., 2014). Dal 2008 al 2013 la malattia è stata considerata un'importante emergenza

fitopatologica contro la quale furono definite misure di lotta obbligatoria al fine di limitarne la diffusione.

Le misure preventive sono l'unica possibilità di contenere efficacemente il patogeno, con l'obiettivo di ridurre l'inoculo in campo, la sua diffusione e conseguentemente le nuove infezioni. In integrazione alle pratiche agronomiche, alla base della difesa chimica vi è l'impiego dell'induttore di resistenza acibenzolar-S-metile e di formulati rameici (Antoniacci et al., 2014; Valente et al., 2014). Attualmente quest'ultimi sono classificati, secondo il Regolamento CE 2009/1107, come sostanze candidate alla sostituzione ed è sempre più preoccupante il loro impatto ambientale: infatti il Regolamento di Esecuzione UE 2018/1981 ha stabilito la limitazione d'uso di tali prodotti a un valore massimo di 28 kg/ha di ione rame in 7 anni. Inoltre, l'impiego dei prodotti a base di rame dovrà essere ridotto anche a causa dell'alto rischio di acquisizione di resistenza da parte delle cellule batteriche. È fondamentale individuare nuovi composti ad azione battericida/batteriostatica e agenti di biocontrollo per migliorare la sostenibilità della difesa contro *Psa* (Donati et al., 2014; Collina et al., 2016).

Il solfato dodecaidrato di alluminio e potassio, noto come LMA 80% SP, è una sostanza attiva di proprietà della ditta Chevita GmbH, dal 2014 oggetto di numerose sperimentazioni per valutarne l'efficacia contro i principali batteri fitopatogeni attraverso prove *in vitro* (dati di laboratorio non pubblicati) e *in vivo* su pianta (Preti et al., 2018). È attualmente impiegato come "uso eccezionale" in Germania, Austria e Svizzera per il controllo di *Erwinia amylovora* sulle pomacee, in attesa del completamento della procedura registrativa europea; le caratteristiche chimico-fisiche del composto consentono di classificarlo come sostanza a basso rischio (in riferimento al Regolamento CE 2009/1107).

Scopo del presente lavoro è stato di approfondire le indagini sull'attività di LMA 80% SP per il contenimento della batteriosi dell'actinidia al fine di valutare la selettività e l'efficacia su *Actinidia chinensis* (kiwi giallo) in ambiente controllato di serra e confermare l'efficacia su *A. deliciosa* (kiwi verde) in campo, applicando il prodotto singolarmente e/o in strategia con formulati rameici.

MATERIALI E METODI

Prove in serra su actinidia a polpa gialla

Gli studi per valutare l'efficacia e la selettività di LMA 80% SP sono stati condotti nel 2019 sulle cv Jintao® (Jingold) e Pvr Zesy002® (Zespri) di *A. chinensis*. Sono state effettuate 4 prove, impiegando piante in vaso da 5 a 12 mesi d'età. Il prodotto è stato applicato una sola volta a diverse concentrazioni, confrontando un testimone trattato con acqua; le varie prove hanno previsto un numero diverso di tesi e repliche, costituite ciascuna da una pianta. Il trattamento è stato realizzato mediante spruzzatore manuale adeguatamente calibrato, distribuendo 500 mL di miscela per ciascuna tesi, fino al gocciolamento delle piante.

L'inoculazione artificiale di *Psa* avveniva 2 ore dopo l'applicazione del prodotto, a completa asciugatura delle foglie trattate; la concentrazione dell'inoculo era 10^8 UFC/mL. Per i primi 2 giorni le piante sono state mantenute in camera umida, successivamente in serra a 22-24 °C e con umidità relativa del 60-70%. I dettagli delle prove sono riportati in tabella 1.

I rilievi di selettività (prove 1, 2, 3, 4) hanno interessato tutte le foglie di ciascuna pianta; è stato assegnato un valore percentuale ai sintomi, manifestatisi come disseccamenti fogliari, rilevandone l'incidenza (n° di foglie con sintomi) e la severità (superficie fogliare sintomatica). Nei rilievi di efficacia (prove 2, 3, 4) è stata valutata l'incidenza, l'indice di malattia e l'efficacia Abbott. In particolare l'indice di malattia (IM) è stato stimato su tutte le foglie delle piante in prova, assegnando una classe di danno in base all'entità dell'infezione:

0 = assenza di sintomo; 1 = < 1% di area infetta; 2 = 1-2% di area infetta; 3 = 3-4% di area infetta; 4 = 5-9% di area infetta; 5 = > 10% di area infetta.

L'indice è poi stato calcolato con la seguente formula $\sum \left(\frac{N_{IR}}{N_T} * IR \right)$, dove: N_{IR} è il numero di foglie nelle singole classi di malattia (tasso di infezione); N_T è il numero totale di foglie; IR è la classe di valore del tasso di infezione.

Tutti i dati delle prove sono stati analizzati statisticamente mediante il Test della Varianza (Anova) e successivo Test di Duncan per la separazione delle medie (p value $\leq 0,05$).

Prove in campo su actinidia a polpa verde

Per lo studio di efficacia di LMA 80% SP in campo sono state condotte 2 prove nel biennio 2018-2019 su *A. deliciosa* cv Hayward. Entrambe le prove sono state realizzate nello stesso appezzamento, situato a Imola (BO) e impiantato nel 2000. LMA 80% SP è stato confrontato con un testimone non trattato e un prodotto cuprico di riferimento (solfato di rame neutralizzato con idrossido di calcio); inoltre il prodotto è stato applicato in strategia con il prodotto rameico, prima e/o in successione a questo. Il prodotto a base di rame è stato impiegato in formulazioni differenti nelle due prove: nel 2018 è stato applicato BordoFlow New (sospensione concentrata), nel 2019 Poltiglia Manica 20 WG (granuli idrodispersibili). I trattamenti sono stati realizzati con atomizzatore spalleggiato (mod. Sthil SR 420) a singolo ugello ($\varnothing = 2$ mm) da primavera a inizio estate, con un volume di bagnatura variabile in funzione dello stadio fenologico (500÷700 L/ha nel 2018; 400÷600 L/ha nel 2019). LMA 80% SP è stato applicato immediatamente dopo la pioggia per ovviare al dilavamento, mentre il rameico in previsione dell'evento piovoso.

La sperimentazione ha valutato 4 o 5 tesi, in funzione dell'annata, con 4 repliche/tesi, secondo il disegno sperimentale a blocchi completi randomizzati (RCB). Ogni parcella comprendeva 5 piante femminili su cui sono stati realizzati i rilievi di efficacia. I dettagli del protocollo sperimentale sono riportati in tabella 2.

I rilievi di efficacia sono stati eseguiti sia su bottoni fiorali che su foglie. Sono stati valutati 50 fiori/parcella verificando la presenza o meno di malattia (determinando incidenza della malattia ed efficacia Abbott) e 100 foglie/parcella, assegnando una classe di danno: 0 = assenza di sintomo; 1 = 0,1-5% di area sintomatica; 2 = 6-15% di area sintomatica; 3 = 16-40% di area sintomatica; 4 = 41-70% di area sintomatica; 5 = 71-100% di area sintomatica. Sono state determinate incidenza e severità della malattia ed efficacia Abbott.

I risultati delle prove sono stati elaborati statisticamente mediante il Test della Varianza (Anova) e successivo Test SNK per la separazione delle medie (p value $\leq 0,05$).

Tabella 1. Caratteristiche delle prove realizzate in ambiente controllato di serra

Prova	Cultivar	Età piante	Data di applicazione	N.° tesi	N.° repliche	Concentrazioni LMA 80% SP valutate (%)
1	Jintao	12 mesi	28/3	4	4	0; 1; 2; 4
2	Jintao	5 mesi	17/7	6	5	0; 1; 2; 2,5; 3; 4
3	Jintao	5 mesi	28/8	8	4	0; 0,1; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3
4	Pvr Zesy002	12 mesi	20/8	5	3	0; 1; 2; 3; 4

Tabella 2. Caratteristiche delle prove realizzate in campo

Prova	Cultivar	Tesi	Dosaggio	N.° applicazioni
1 (2018)	Hayward	Testimone non trattato	-	-
		LMA 80% SP	15 kg/ha	8*
		Bordoflow New	400 mL/100 L	5
		LMA 80% SP	15 kg/ha	2
		Bordoflow New	400 mL/100 L	7
2 (2019)	Hayward	Testimone non trattato	-	-
		LMA 80% SP	15 kg/ha	8
		Poltiglia Manica 20 WG	2 kg/ha	8
		Poltiglia Manica 20 WG	2 kg/ha	4
		LMA 80% SP	15 kg/ha	4
		LMA 80% SP	15 kg/ha	4
		Poltiglia Manica 20 WG	2 kg/ha	4

* La prima applicazione con Bordoflow New, a seguire 7 applicazioni con LMA 80% SP

RISULTATI

Prova 1 in serra – cv Jintao di 12 mesi

In questa prova è stata valutata esclusivamente la selettività di LMA 80% SP. I dosaggi saggiati sono stati espressi come concentrazione su volume: 2% (concentrazione solitamente utilizzata in campo, corrispondente a 15 kg/ha), 1% e 4%. I risultati sono riportati in tabella 3. Tutte le tesi, testimone trattato con acqua incluso, hanno mostrato aree necrotiche sulla superficie fogliare, parzialmente imputabili all'infezione causata da *Botrytis cinerea*. Considerando che inizialmente tale sintomatologia non era distinguibile dalla fitotossicità, nel rilievo sono state considerate tutte le macchie necrotiche, spiegando l'elevata incidenza (% foglie sintomatiche) registrata nella prova. La severità registrata nelle varie tesi in prova è al contrario molto contenuta e non sono emerse differenze significative tra le tesi. La gravità dei sintomi di fitotossicità delle tesi trattate con LMA 80% SP è pertanto simile a quella riscontrata nel testimone e del tutto trascurabile a livello di danno fogliare.

Tabella 3. Prova 1 in serra – cv Jintao 12 mesi. Risultati dei rilievi di selettività (media ± deviazione standard DS): incidenza (n° di foglie con sintomi) e severità (superficie fogliare sintomatica)

Tesi	1° rilievo (+6 gg)		2° rilievo (+7 gg)		3° rilievo (+15 gg)	
	Incidenza %	Severità %	Incidenza %	Severità %	Incidenza %	Severità %
Testimone	23 ± 7,8 a ⁽¹⁾	1,2 ± 0,7 a	30,5 ± 16,3 a	1,9 ± 1,6 a	43,8 ± 19,4 a	3,4 ± 3,4 a
LMA 1%	58,3 ± 10,8 b	3,6 ± 3,3 a	61,1 ± 7,7 b	4,2 ± 4,1 a	68,7 ± 6,4 b	6 ± 4,5 a
LMA 2%	65,9 ± 12,6 b	5,8 ± 5,2 a	67,1 ± 11,7 b	6,5 ± 6,1 a	66,6 ± 5,2 b	7,3 ± 3,5 a
LMA 4%	74,2 ± 9,5 b	4,8 ± 2,9 a	71,7 ± 12,7 b	5,3 ± 3,2 a	77,9 ± 8,9 b	6,3 ± 4,1 a

⁽¹⁾ A lettere diverse corrisponde una differenza statisticamente significativa ($p \leq 0,05$), Test Duncan

Prova 2 in serra – cv Jintao di 5 mesi

I risultati della selettività sono riportati in tabella 4, mentre quelli relativi all'efficacia in tabella 5. Per quanto riguarda la fitotossicità, l'incidenza è piuttosto elevata, mentre la severità (% superficie sintomatica) è contenuta, a conferma di quanto ottenuto nella prova 1. In questo caso, essendo piantine più giovani, allevate in vaso e mantenute in serra, la sensibilità delle foglie è enfatizzata, certamente rispetto alle condizioni di campo, ma anche nei confronti delle piante di età maggiore, utilizzate nella prova 1. A questo proposito, la presenza di sintomi

anche nel testimone è interpretabile come reazione fisiologica delle piante alla coltivazione in serra. La severità è molto contenuta nelle tesi a basse concentrazioni del prodotto, raggiungendo valori più elevati solo a quelle più alte (3% e 4%). I rilievi di efficacia mostrano nel testimone trattato con acqua, a circa 3 settimane dall'infezione artificiale, oltre il 70% di foglie sintomatiche (con evidenti macchie necrotiche contornate da alone clorotico), con un IM di 0,7; nell'arco di un'ulteriore settimana l'incidenza della malattia supera l'84%, con IM pari a 1. Nel primo rilievo tutte le tesi trattate si differenziano statisticamente dal testimone non trattato, sia in termini di incidenza che di IM. Tra le diverse concentrazioni le differenze sono solo numeriche e evidenziano un effetto-dose. I rilievi successivi confermano sostanzialmente questo andamento.

Tabella 4. Prova 2 in serra – cv Jintao 5 mesi. Risultati dei rilievi di selettività (media ± DS): incidenza (n° di foglie con sintomi) e severità (superficie fogliare sintomatica)

Tesi	1° rilievo (+6 gg)		2° rilievo (+8 gg)		3° rilievo (+15 gg)	
	Incidenza %	Severità %	Incidenza %	Severità %	Incidenza %	Severità %
Testimone	33,2 ± 17,8 a ⁽¹⁾	0,4 ± 0,3 a	45,1 ± 23,5 a	0,6 ± 0,4 a	52,3 ± 21,3 a	0,7 ± 0,5 a
LMA 1%	77,8 ± 17,5 b	1,9 ± 0,5 a	77,8 ± 17,5 b	2 ± 0,3 a	77,8 ± 17,5 b	2,4 ± 0,4 a
LMA 2%	62,5 ± 6,9 b	2 ± 0,3 a	92,5 ± 6,9 b	2,2 ± 0,5 a	95 ± 6,9 b	3,5 ± 2,2 a
LMA 2,5%	88,1 ± 12,1 b	2,7 ± 0,3 a	90,9 ± 8,3 b	3,2 ± 0,6 a	94,3 ± 7,8 b	3,7 ± 0,6 a
LMA 3%	90,5 ± 8,8 b	6,9 ± 2,6 b	93,8 ± 8,5 b	8,1 ± 3,3 b	93,8 ± 8,5 b	9,9 ± 4,3 b
LMA 4%	85,6 ± 18,3 b	8,3 ± 4,3 b	93,3 ± 9,9 b	9,8 ± 5,3 b	95,6 ± 6,1 b	14,9 ± 7,1 c

⁽¹⁾ A lettere diverse corrisponde una differenza statisticamente significativa ($p \leq 0,05$), Test Duncan

Tabella 5. Prova 2 in serra – cv Jintao 5 mesi. Risultati dei rilievi di efficacia (media ± DS)

Tesi	1° rilievo (+20 gg)		2° rilievo (+23 gg)		3° rilievo (+27 gg)	
	Incidenza %	Indice di malattia IM	Incidenza %	Indice di malattia IM	Incidenza %	Indice di malattia IM
Testimone	71,3 ± 7,9 a ⁽¹⁾ (-)	0,7 ± 0,1 a (-)	75,3 ± 15,2 a (-)	0,8 ± 0,2 a (-)	84,3 ± 15,1 a (-)	1 ± 0,1 a (-)
LMA 1%	25 ± 17,7 bc (64,9) ⁽²⁾	0,3 ± 0,2 b (57,9)	46,7 ± 7,5 b (38,1)	0,6 ± 0,2 a (32)	51,7 ± 14,9 b (38,7)	0,6 ± 0,2 ab (40,7)
LMA 2%	28,7 ± 7,9 bc (59,8)	0,4 ± 0,2 b (44,9)	44,3 ± 15,4 b (41,1)	0,6 ± 0,3 a (34)	48,3 ± 16,5 b (42,7)	0,6 ± 0,3 ab (43,3)
LMA 2,5%	33,3 ± 25,7 b (53,3)	0,4 ± 0,4 b (43,9)	48,3 ± 14,9 b (35,8)	0,6 ± 0,3 a (34)	48,3 ± 14,9 b (42,7)	0,6 ± 0,3 ab (42,3)
LMA 3%	9 ± 12,5 c (87,4)	0,1 ± 0,1 b (87,4)	14 ± 21,9 c (81,4)	0,1 ± 0,2 b (83,2)	20,7 ± 21,7 c (75,5)	0,3 ± 0,3 b (75,3)
LMA 4%	16,7 ± 15,6 bc (76,6)	0,1 ± 0,1 b (76,6)	23,3 ± 13,7 c (69)	0,2 ± 0,1 b (72)	23,3 ± 13,7 c (72,3)	0,2 ± 0,1 c (77,6)

⁽¹⁾ A lettere diverse corrisponde una differenza statisticamente significativa ($p \leq 0,05$), Test Duncan

⁽²⁾ Grado d'azione percentuale calcolato secondo Abbott

Prova 3 in serra – Jintao di 5 mesi

Questa prova su cv Jintao ha valutato concentrazioni di LMA 80% SP intermedie rispetto alle prove precedenti. I dati dei rilievi sono riportati nelle tabelle 6 e 7, rispettivamente per selettività ed efficacia. Fin dal primo rilievo di selettività l'incidenza dei sintomi di fitotossicità sono stati prossimi o pari al 100% per tutte le tesi trattate, ad eccezione di quella allo 0,1%. Anche in questa prova comunque la severità registrata è stata di modesta entità, mostrando una tendenziale relazione positiva effetto-dose. I rilievi di efficacia hanno mostrato un livello di malattia simile a quello ottenuto nella prova 2; in questo caso le tesi allo 0,1 e 0,5% non si sono differenziate dal testimone non trattato sia in termini di incidenza che di IM. Al contrario, le concentrazioni più alte hanno fornito un'efficacia crescente.

Tabella 6. Prova 3 in serra – cv Jintao 5 mesi. Risultati dei rilievi di selettività (media ± DS): incidenza (n° di foglie con sintomi) e severità (superficie fogliare sintomatica)

Tesi	1° rilievo (+6 gg)		2° rilievo (+9 gg)		3° rilievo (+13 gg)	
	Incidenza %	Severità %	Incidenza %	Severità %	Incidenza %	Severità %
Testimone	0 ± 0 a ⁽¹⁾	0 ± 0 a	0 ± 0 a	0 ± 0 a	0 ± 0 a	0 ± 0 a
LMA 0,1%	21,4 ± 18,4 b	0,2 ± 0,2 a	46,4 ± 18,4 b	0,6 ± 0,2 a	46,4 ± 18,4 b	0,6 ± 0,2 ab
LMA 0,5%	96,4 ± 7,1 c	1,6 ± 0,5 a	100 ± 0 c	1,7 ± 0,4 ab	100 ± 0 c	1,9 ± 0,4 abc
LMA 1%	96,4 ± 7,1 c	8,6 ± 3,9 b	96,4 ± 7,1 c	8,9 ± 4,2 c	100 ± 0 c	5,7 ± 2,3 bcd
LMA 1,5%	96,4 ± 7,1 c	4,9 ± 4,3 ab	96,4 ± 7,1 c	5,6 ± 4,9 abc	96,4 ± 7,1 c	5,1 ± 3,5 abcd
LMA 2%	100 ± 0 c	8,5 ± 8,8 b	100 ± 0 c	9,5 ± 9,7 c	100 ± 0 c	8,4 ± 7,7 d
LMA 2,5%	100 ± 0 c	9,0 ± 3,9 b	100 ± 0 c	7,1 ± 3,3 abc	100 ± 0 c	6,0 ± 2,8 bcd
LMA 3%	100 ± 0 c	8,3 ± 2,9 b	100 ± 0 c	8,5 ± 2,9 bc	100 ± 0 c	7,2 ± 2,6 cd

⁽¹⁾ A lettere diverse corrisponde una differenza statisticamente significativa ($p \leq 0,05$), Test Duncan

Tabella 7. Prova 3 in serra – cv Jintao 5 mesi. Risultati dei rilievi di efficacia (media ± DS)

Tesi	1° rilievo (+19 gg)		2° rilievo (+22 gg)		3° rilievo (+26 gg)	
	Incidenza %	IM	Incidenza %	IM	Incidenza %	IM
Testimone	73,9 ± 22,9 a ⁽¹⁾ (-)	0,9 ± 0,4 a (-)	85,8 ± 18,9 a (-)	1 ± 0,3 a (-)	95 ± 10 a (-)	1,3 ± 0,3 a (-)
LMA 0,1%	70,2 ± 11,9 a (4,9) ⁽²⁾	0,9 ± 0,2 a (0)	85,1 ± 11,7 a (0,8)	1,1 ± 0,2 a (0)	89,3 ± 13,7 ab (6)	1,3 ± 0,2 a (0)
LMA 0,5%	70,1 ± 13,5 a (5,2)	0,7 ± 0,1 ab (19,1)	79,3 ± 23,9 ab (7,6)	0,8 ± 0,2 ab (19,5)	87,9 ± 14,5 ab (7,5)	0,9 ± 0,1 ab (28,9)
LMA 1%	30,4 ± 30,6 b (58,9)	0,3 ± 0,3 c (66,7)	50,6 ± 24,7 bc (41,1)	0,5 ± 0,3 bc (50,9)	54,2 ± 31,6 bc (42,9)	0,5 ± 0,3 bc (57,2)
LMA 1,5%	42,9 ± 30,9 ab (42)	0,4 ± 0,3 bc (52,9)	50 ± 37,8 bc (41,8)	0,5 ± 0,4 bc (51,4)	57,1 ± 40,4 bc (39,9)	0,6 ± 0,4 bc (52)
LMA 2%	33,8 ± 4,7 b (54,3)	0,3 ± 0,1 c (62,9)	42,4 ± 12,6 c (50,6)	0,4 ± 0,1 c (58,8)	47,4 ± 22,2 c (50,1)	0,5 ± 0,2 c (62,6)
LMA 2,5%	27,5 ± 22,2 b (62,8)	0,3 ± 0,2 c (69,8)	27,5 ± 22,2 c (67,9)	0,3 ± 0,2 c (73,3)	27,5 ± 22,2 c (71,1)	0,3 ± 0,2 c (78,3)
LMA 3%	18,5 ± 6,8 b (75)	0,2 ± 0,1 c (79,7)	18,5 ± 6,8 c (78,5)	0,2 ± 0,1 c (82,1)	22,0 ± 13,9 c (76,8)	0,2 ± 0,1 c (82,6)

⁽¹⁾ A lettere diverse corrisponde una differenza statisticamente significativa ($p \leq 0,05$), Test Duncan

⁽²⁾ Grado d'azione percentuale calcolato secondo Abbott

Prova 4 in serra – Pvr Zesy002 di 12 mesi

Un'unica prova in condizioni controllate è stata realizzata sulla cv Pvr Zesy002, dell'età di 12 mesi. I rilievi di selettività sono riportati in tabella 8, mentre quelli di efficacia in tabella 9. Analogamente a quanto osservato sulla cv Jintao, anche in questo caso sono stati registrati sintomi di fitotossicità (incidenza prossima o pari al 100%). La severità è correlata positivamente con la concentrazione impiegata. Per quanto concerne i rilievi di efficacia, l'infezione artificiale ha permesso di ottenere, a 3 settimane di distanza, un'incidenza della malattia del 70%, con un IM pari a 1,2 a carico del testimone trattato con acqua. A 4 settimane dall'inoculazione, sempre sul testimone non trattato, i sintomi di Psa sono incrementati, raggiungendo un'incidenza del 96% e un IM di 1,7. Tutte le tesi trattate si differenziano dal testimone come IM, con un'efficacia soddisfacente delle concentrazioni maggiori all'1%; la concentrazione del 2% ha raggiunto il 57% di efficacia in termini di incidenza e il 75% in termini di severità, mentre le applicazioni al 3% e 4% hanno mostrato attività migliore.

Tabella 8. Prova 4 in serra – cv Pvr Zesy002 12 mesi. Risultati dei rilievi di selettività (media \pm DS): incidenza (n° di foglie con sintomi) e severità (superficie fogliare sintomatica)

Tesi	1° rilievo (+6 gg)		2° rilievo (+9 gg)		3° rilievo (+13 gg)	
	Incidenza %	Severità %	Incidenza %	Severità %	Incidenza %	Severità %
Testimone	0 \pm 0 a ⁽¹⁾	0 \pm 0 a	0 \pm 0 a	0 \pm 0 a	0 \pm 0 a	0 \pm 0 a
LMA 1%	100 \pm 0 b	2,1 \pm 0,4 ab	100 \pm 0 b	2,7 \pm 0,3 ab	100 \pm 0 b	2,8 \pm 0,3 a
LMA 2%	100 \pm 0 b	5,9 \pm 2,1 b	100 \pm 0 b	8,4 \pm 3,5 b	100 \pm 0 b	10,4 \pm 4,2 b
LMA 3%	94,4 \pm 9,6 b	12,8 \pm 5,2 c	100 \pm 0 b	16,7 \pm 5,5 c	100 \pm 0 b	21,3 \pm 5,8 c
LMA 4%	100 \pm 0 b	12,2 \pm 1,9 c	100 \pm 0 b	14,9 \pm 2,8 c	100 \pm 0 b	19,2 \pm 5,7 c

⁽¹⁾ A lettere diverse corrisponde una differenza statisticamente significativa ($p \leq 0,05$), Test Duncan

Tabella 9. Prova 4 in serra – cv Pvr Zesy002 12 mesi. Risultati dei rilievi di efficacia (media \pm DS)

Tesi	1° rilievo (+20 gg)		2° rilievo (+24 gg)		3° rilievo (+27 gg)	
	Incidenza %	IM	Incidenza %	IM	Incidenza %	IM
Testimone	69,6 \pm 6,4 a ⁽¹⁾ (-)	1,2 \pm 0,5 a (-)	82,7 \pm 6,8 a (-)	1,5 \pm 0,5 a (-)	95,8 \pm 7,2 a (-)	1,7 \pm 0,4 a (-)
LMA 1%	37,3 \pm 11,3 b (46,6) ⁽²⁾	0,4 \pm 0,1 b (67,9)	57,9 \pm 8,4 b (29,9)	0,6 \pm 0,1 b (56,6)	73,8 \pm 8,6 a (22,9)	0,8 \pm 0,1 b (52,9)
LMA 2%	23,4 \pm 6,1 b (66,4)	0,2 \pm 0,1 b (79,8)	32,3 \pm 13,8 c (60,9)	0,3 \pm 0,1 bc (77,9)	41,3 \pm 21,6 b (56,9)	0,4 \pm 0,2 bc (75,5)
LMA 3%	6,7 \pm 11,6 c (90,4)	0,1 \pm 0,1 b (94,3)	20 \pm 20 c (75,8)	0,2 \pm 0,2 bc (86,3)	25,6 \pm 12,6 bc (73,3)	0,3 \pm 0,1 c (84,8)
LMA 4%	0 \pm 0 c (100)	0 \pm 0 b (100)	7,4 \pm 12,8 c (91,1)	0,1 \pm 0,1 c (94,9)	12,9 \pm 11,6 c (86,5)	0,1 \pm 0,1 c (92,3)

⁽¹⁾ A lettere diverse corrisponde una differenza statisticamente significativa ($p \leq 0,05$), Test Duncan

⁽²⁾ Grado d'azione percentuale calcolato secondo Abbott

Prova 1 in campo – anno 2018, cv Hayward

Le applicazioni sono iniziate a rottura gemme-inizio germogliamento (30 marzo) applicando su tutte le tesi trattate il formulato Bordoflow New. Le tesi si sono differenziate nei trattamenti successivi: LMA 80% SP in linea efficacia è stato applicato in seguito agli eventi piovosi o con turni bisettimanali in assenza di piogge il 5-13-30 aprile e 4-7-11-18 maggio; Bordoflow New sempre in efficacia è stato applicato a cadenza settimanale in previsione di pioggia oppure ogni due settimane il 5-13-30 aprile e 4-11-18 maggio; la strategia “mista” ha previsto l’applicazione di Bordoflow New (5-16 aprile, 4-18 maggio) o LMA 80% SP (30 aprile, 11 maggio) in base all’andamento meteorologico.

A causa delle condizioni ambientali sfavorevoli allo sviluppo della malattia, nel 2018 non sono stati ottenuti risultati utili per valutare l’attività di LMA 80% SP. Le elevate temperature primaverili (con picchi di 29°C ad aprile), combinate con piogge scarse, hanno sfavorito le infezioni di Psa, comportando un basso attacco in tutti gli actinidieti dell’areale; nel testimone non trattato a metà maggio l’incidenza della malattia sui bottoni fiorali era dello 0,5%, mentre a inizio giugno sulle foglie era del 6,8% (con una severità media di 0,2%). I risultati non sono pertanto riportati nel presente lavoro.

Prova 2 in campo – anno 2019, cv Hayward

Le applicazioni sperimentali sono iniziate il 27 marzo. La tesi 2 (LMA 80% SP in linea efficacia) ha ricevuto 8 applicazioni a 24-48 ore post-evento piovoso o con turni bisettimanali, il 27 marzo, 5-11-15-23-30 aprile e 6-14 maggio. La tesi 3 (Poltiglia Manica 20 WG in linea efficacia) ha ricevuto, analogamente, 8 applicazioni, con interventi in previsione di pioggia (24-48 ore pre-evento piovoso) o ogni due settimane: 27 marzo, 3-9-15-23-30 aprile e 6-14 maggio. Per le altre tesi (strategie combinate di Poltiglia Manica e LMA) sono state seguite le stesse tempistiche di intervento: 4 applicazioni con Poltiglia Manica 20 WG seguite da 4 con LMA 80% SP (tesi 4) o viceversa (tesi 5). I risultati sono riportati in tabella 10. La presenza di necrosi batteriche sui bottoni fiorali ha permesso di differenziare tutte le tesi dal testimone non trattato, che presentava in media il 41% di fiori colpiti. Anche per i sintomi fogliari, le tesi trattate si differenziano dal testimone ma non tra loro. L’incidenza rilevata al momento del 2° rilievo nel testimone non trattato è stata pari al 62,5%, con una superficie fogliare sintomatica del 9,1%. L’efficacia (come riduzione dell’incidenza) delle tesi trattate si attesta al 70-80% nel 1° rilievo e diminuisce al 50-60% al 2° rilievo (complici le piogge del 26-27 maggio, non coperte da applicazioni); per quanto riguarda la severità sulle foglie, l’efficacia è prossima al 90%.

Tabella 10. Prova 2 in campo – cv Hayward. Risultati dei rilievi di efficacia (media ± DS)

Tesi	Fiori: 22/5	Foglie, 1° rilievo: 22/5		Foglie, 2° rilievo: 7/6	
	Incidenza %	Incidenza %	Severità %	Incidenza %	Severità %
1. Testimone Non Trattato	41 ± 9,9 a ⁽¹⁾ (-)	73,5 ± 7,9 a (-)	7,4 ± 3,2 a (-)	62,5 ± 6,6 a (-)	9,1 ± 4,8 a (-)
2. LMA 80% SP	17 ± 8,2 b (58,5) ⁽²⁾	21,3 ± 4,8 b (71,1)	0,9 ± 0,3 b (88,6)	29,8 ± 10,5 b (52,4)	1,2 ± 0,6 b (86,8)
3. Poltiglia 20 WG	24,5 ± 16,1 b (40,2)	23,5 ± 7,4 b (68)	1 ± 0,5 b (86,2)	27,8 ± 5,7 b (55,6)	1,1 ± 0,5 b (88,5)
4. Poltiglia 20 WG LMA 80% SP	16,5 ± 6 b (59,8)	17,3 ± 6,7 b (76,5)	0,6 ± 0,3 b (91,3)	27,3 ± 14,2 b (56,4)	1 ± 0,6 b (88,7)
5. LMA 80% SP Poltiglia 20 WG	14,0 ± 4,9 b (65,9)	13,3 ± 7,9 b (82)	0,4 ± 0,2 b (95)	27,0 ± 3,6 b (56,8)	1 ± 0,1 b (89,3)

⁽¹⁾ A lettere diverse corrisponde una differenza statisticamente significativa ($p \leq 0,05$), Test SNK

⁽²⁾ Grado d'azione percentuale calcolato secondo Abbott

CONCLUSIONI

Le prove condotte nel biennio 2018-2019 hanno permesso di ampliare le conoscenze relative all'attività del solfato dodecaidrato di alluminio e potassio, valutando gli aspetti di selettività ed efficacia contro *Psa* sulle attuali cv commerciali di *A. chinensis* in serra. Parallelamente sono state condotte prove di efficacia su *A. deliciosa* in campo.

Con il presente lavoro è stata confermata la buona efficacia di LMA 80% SP nel contenere i sintomi di *Psa*.

A carico di actinidia a polpa gialla il prodotto in prova non ha causato gravi problemi di fitotossicità, ottenendo i medesimi risultati registrati in passato nelle prove sperimentali in ambiente controllato su kiwi verde (dati non pubblicati). In particolare, la fitotossicità registrata è relativamente alta in termini di incidenza, enfatizzata dalla condizione di serra e dall'età delle piantine in prova, ma comunque è decisamente trascurabile in termini di severità (soprattutto alle concentrazioni più basse) e non comporta un reale problema di selettività colturale. Le prove di efficacia in serra hanno confermato l'interessante attività di LMA 80% SP nel contenere la sintomatologia fogliare dovuta a *Psa* sia per la cv Jintao che per Pvr Zesy002, con una relazione positiva tra efficacia e concentrazione impiegata. Indicativamente la concentrazione al 2-2,5% è il giusto compromesso che garantisce una soddisfacente protezione dalla batteriosi senza determinare danni di fitotossicità alla coltura (medesima concentrazione applicata in campo su kiwi verde). Tali risultati costituiranno la base per proseguire gli studi dell'attività del formulato in campo su *A. chinensis*.

Le prove di strategia su *A. deliciosa* hanno permesso di valutare l'efficacia di LMA 80% SP applicato non solo a confronto con formulati rameici ma soprattutto, più realisticamente, in strategia con essi. I dati utili ai fini dello studio sono del 2019: il prodotto in prova è in grado di ridurre significativamente i sintomi su fiori e foglie della cv Hayward rispetto al testimone non trattato. Inoltre non sono emerse differenze tra le strategie e i prodotti applicati in linea efficacia: LMA 80% SP ha un'attività analoga al rame e qualora inserito nelle linee di difesa potrebbe ridurme l'utilizzo, a parità di efficacia.

I dati ottenuti sono importanti poiché, considerate le notevoli potenzialità della molecola, in futuro potranno essere alla base di nuove analisi per verificare l'efficacia di LMA nei confronti di altri batteri fitopatogeni.

LAVORI CITATI

- Antoniacci L., Bugiani R., Rossi R., Cavazza F., Franceschelli F., Scannavini M., 2014. Impiego di prodotti di sintesi e naturali nella difesa dal cancro batterico del kiwi (*Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*). *Atti Giornate Fitopatologiche*, 2, 173-180.
- Collina M., Donati I., Bertaccini E., Brunelli A., Spinelli F., 2016. Greenhouse assays on the control of the bacterial canker of kiwifruit (*Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*) *Journal of Berry Research*, 6, 407-415.
- Donati I., Buriani G., Cellini A., Mauri S., Costa G., Spinelli F., 2014. New insights on the bacterial canker of kiwifruit (*Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*). *Journal of Berry Research*, 4, 53-67.
- Preti M., Montanari M., Franceschelli F., Cavazza F., Nardini E., Tamburini E., Manucci F., Pelliconi F., Allegrì A., Fagioli L., 2018. Efficacia di LMA 80% SP (solfato dodecaidrato di alluminio e potassio) nei confronti di *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* in Emilia-Romagna. *Atti Giornate Fitopatologiche*, 2, 319-328.
- Valente M., Ortugno C., Tosi L., Scannavini M., Pelliconi F., Fagioli L., Scortichini M., Vittone G., Fiorillo E., Pradolesi G., Donati G., 2014. Bion 50 WG (acibenzolar-s-methyl), induttore delle autodifese della pianta: efficacia nella prevenzione di *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* su actinidia. *Atti Giornate Fitopatologiche*, 2, 147-156.