STUDIO DI SERRA DELLA RESISTENZA AL DILAVAMENTO DI DIVERSI FORMULATI DI ZOLFO BAGNABILE

A. BRUNELLI, M. FABBRI, F. CASAGRANDI, M. PAGANELLI, M. COLLINA
Dipartimento di Scienze e Teconologie agroalimentari - Università degli Studi
Viale G. Fanin, 46, 40127 Bologna
agostino.brunelli@unibo.it

RIASSUNTO

In una serie di verifiche sperimentali condotte in condizioni controllate di serra su giovani piante di zucchino coltivate in vaso è stata studiata la resistenza al dilavamento di alcuni formulati bagnabili di zolfo, in sospensione concentrata (Heliosoufre S, Thiopron, Zolfo SC) o in granuli idrodisperdibili (Microthiol Disperss, Tiovit Jet). Le piante (una per vaso, mantenute allo stadio delle due foglie cotiledonari) venivano trattate una volta alle tre dosi di 200, 100 e 50 g di zolfo/hL, dopo 18-24 ore sottoposte o no a pioggia artificiale e successivamente inoculate con conidi di *Podosphaera xanthii*, agente dell'oidio delle cucurbitacee. Dopo la manifestazione evidente dei sintomi di oidio nelle piante non trattate si procedeva a rilevare il grado percentuale di attacco sulla pagina superiore delle due foglie cotiledonari. Sono state eseguite cinque prove. Fra i formulati saggiati Thiopron e Heliosoufre S hanno evidenziato la maggiore resistenza al dilavamento, con il primo che ha complessivamente mostrato una migliore tenuta all'abbassamento della dose.
Parole chiave: *Podosphaera xanthii*, oidio, cucurbitacee

SUMMARY

GREEN-HOUSE EVALUATION OF THE RAINFASTNESS OF SOME WETTABLE SULFUR FORMULATES

The rainfastness of some wettable sulfur formulates was tested in green-house on potted young plants of zucchini (*Cucurbita pepo*). Five products, formulated as suspension concentrate (Heliosoufre S, Thiopron, Zolfo SC) or in water dispersible granules (Microthiol Disperss, Tiovit Jet) were tested during five trials. The plants (one per plot, at the stage of two cotyledonal leaves) were sprayed, after 18-24 hours, subject or not to artificial rain, then inoculated with conidia of *Podosphaera xanthii,* causal agent of cucurbit powdery mildew. The sulfur formulates were applied in aqueous suspension at the same rate of a. i. (200, 100 and 50 g/hL). At the onset of powdery mildew symptoms, the severity of the disease was assessed on the upper surface of the two cotyledonal leaves. Among the tested formulates Thiopron and Heliosoufre S showed on the whole the best rainfastness, with the first one performing better at rate reductions.
Keywords: *Podosphaera xanthii*, powdery mildew, cucurbits

INTRODUZIONE

La resistenza al dilavamento, da parte della pioggia, del deposito dei formulati applicati in acqua che si crea sui tessuti vegetali dopo un trattamento fitoiatrico è uno degli aspetti che concorrono a determinare la durata della protezione di una coltura, specialmente nel caso dei fungicidi e degli insetticidi "di copertura". Tale caratteristica può derivare innanzitutto dalle proprietà chimico-fisiche della sostanza attiva, con particolare riferimento alla solubilità in acqua e alla affinità con le cere epicuticolari, ma può essere influenzata anche dalle sostanze utilizzate nella formulazione, per cui non è facilmente definibile in maniera oggettiva. Sperimentalmente essa può essere valutata attraverso analisi chimico-fisiche, volte a

quantificare il residuo del deposito dopo un evento dilavante naturale o artificiale, oppure per mezzo di saggi di natura biologica condotti sulla pianta utilizzando organismi-bersaglio sensibili alla sostanza attiva.

In tale seconda linea si inseriscono le verifiche di seguito riportate, condotte in condizioni controllate di serra allo scopo di valutare la resistenza al dilavamento di alcuni formulati bagnabili di zolfo, scelti come rappresentativi delle due categorie delle sospensioni concentrate (Heliosoufre S, Thiopron, Zolfo SC) e granuli idrodispersibili (Microthiol Disperss, Tiovit Jet). I primi sono stati selezionati partendo dalla considerazione che le sospensioni concentrate sono comunemente considerate più resistenti al dilavamento (e tale caratteristica è talvolta sottolineata anche nelle etichette, come nel caso di Heliosoufre S e Thiopron), gli altri sono stati scelti come standard di confronto fra quelli più rappresentativi in commercio.

MATERIALI E METODI

Le prove sono state condotte in serra di vetro termoigrocondizionata su piante di zucchino allo stadio delle foglie cotiledonari coltivate in vasetti cilindrici di plastica (diametro cm 8, altezza cm 6), sottoposte a dilavamento con pioggia artificiale dopo il trattamento e successivamente inoculate con l'agente del mal bianco delle cucurbitacee (*Podosphaera xanthii = fusca*).

Si è operato su giovani piante (una per vaso) della varietà Afrodite (molto sensibile all'oidio), mantenute artificialmente allo stadio delle due foglie cotiledonari, attraverso l'asportazione delle foglie vere in corso di sviluppo. Lo stadio delle foglie cotiledonari è stato scelto sulla base di esperienze precedenti, in quanto su zucchino esse sono molto sviluppate e hanno un portamento orizzontale, consentendo rispetto alle foglie vere una migliore standardizzazione della tecnica sperimentale (uniformità di trattamento, inoculazione e dilavamento). Questa è stata ulteriormente migliorata applicando ai vasi appositi telaietti di filo di ferro in grado di sostenere e mantenere in posizione orizzontale le due foglie cotiledonari.

Il trattamento veniva eseguito con nebulizzatore manuale a stantuffo, irrorando solo la pagina superiore delle foglie fino al limite dello sgocciolamento e 18-24 ore dopo il trattamento si procedeva a eseguire il dilavamento. A tale scopo veniva utilizzato un apposito sistema di riproduzione della pioggia costituito da una pistola plurigetto collegata all'impianto idrico, posizionata obliquamente a circa 60 cm di distanza dalle piante all'interno di una struttura in plexiglass dotata di un banco circolare rotante su cui erano collocati i vasi con le piantine. L'intensità della pioggia è stata regolata in modo da erogare per ciascuna pianta una quantità d'acqua di circa 10 mm, nel corso di 10 giri del banco rotante corrispondenti a una durata del dilavamento di circa 30 secondi per pianta.

L'inoculazione era effettuata 18-24 ore dopo il dilavamento, irrorando con un nebulizzatore manuale simile a quello utilizzato per i trattamenti, solo sulla pagina superiore delle foglie cotiledonari una sospensione acquosa di conidi di *Podosphaera xantii* prelevati da piante destinate al mantenimento del patogeno (concentrazione 100.000 conidi per mL).

Successivamente le piante venivano immesse in cella climatizzata (luce naturale, temperatura di 20-25 °C e U.R. 50-80%), asportando le foglie vere in corso di sviluppo.

Dopo la comparsa evidente dei sintomi di mal bianco nelle piante della tesi testimone (non trattate), si procedeva a valutare visualmente la percentuale di superficie sintomatica (sporulata) sulle singole foglie cotiledonari, mediando per ogni pianta i valori rilevati per le due foglie; solo nella prima prova è stato rilevato il numero di macchie sporulate per foglia.

Per ciascuna prova sono stati effettuati diversi rilievi (3-4) ma qui, per brevità, è riportato solo il rilievo intermedio.

I risultati dei rilievi sono stati elaborati attraverso l'analisi della varianza e le medie sono state confrontate con il test di Duncan (con $p \leq 0,05$). Sui valori medi si è, inoltre, calcolato il grado percentuale di efficacia secondo la formula di Abbott.

Sono state eseguite diverse prove, in ognuna delle quali per ciascuna tesi sono state allestite quattro ripetizioni, ognuna corrispondente a un vaso con una pianta. Di seguito si riportano i risultati delle cinque prove ritenute più significative.

I prodotti saggiati sono riportati in tabella 1. I formulati sono stati utilizzati a diversi dosaggi decrescenti, a partire dalla dose massima di 200 g/hL di zolfo, non sempre compresa nella dose di etichetta, ma, anche sulla base di verifiche precedenti, ritenuta in grado di consentire un confronto più probante della risposta protettiva dei prodotti. In particolare sono state saggiate le dosi di 200, 100 e 50 g/hL di zolfo.

In tutte le prove ciascuna dose (tesi), compresa quella testimone, è stata saggiata con e senza dilavamento. La resistenza al dilavamento è stata valutata confrontando, per ciascuna dose e ciascuna prova, il grado di attacco e la percentuale di efficacia nelle tesi dilavate e in quelle non dilavate. La percentuale di efficacia è stata calcolata (formula di Abbott) considerando per ciascuna delle tesi dilavate e non dilavate il rispettivo testimone dilavato o non dilavato.

Tabella 1. Formulati di zolfo utilizzati nelle prove

Formulato	Formu-lazione	Concentrazione zolfo	Dose etichetta formulato/hL	Dose massima/hL utilizzata = 200 g zolfo
Heliosoufre S	SC	51 % = 700 g/L	150 -300 mL	286 mL
Thiopron	SC	60 % = 825 g/L	500 mL	243 mL
Zolfo SC	SC	52 % = 717,6 g/L	100-150 mL	280 mL
Microthiol Disperss	WG	80 %	200-500 g	250 g
Tiovit Jet	WG	80 %	150-500 g	250 g

RISULTATI

Prova N. 1

In questa prova sono stati saggiati Thiopron, Heliosoufre S e Microthiol Disperss. A fronte di un discreto grado d'attacco nella tesi testimone (circa 40 macchie di oidio per pianta nel testimone non dilavato, circa 20 in quello dilavato) tutte le tesi trattate hanno assicurato alle tre dosi una buona protezione, che è risultata praticamente totale per Thiopron (solo alla dose di 50 g/hL di zolfo sottoposta a dilavamento si sono osservate tracce d'infezione, una macchia per pianta). Nel confronto fra tesi non dilavate e dilavate si può osservare sul piano numerico una gradualità nella perdita di protezione da Thiopron a Heliosoufre S a Microthiol Disperss, anche se senza differenze significative. Da notare anche la marcata differenza nel grado di attacco nella tesi testimone fra "non dilavato" e "dilavato", molto più elevato nel primo caso (tabella 2).

Prova N. 2

Oltre ai prodotti saggiati nella prima prova è stato inserito il formulato liquido Zolfo SC. L'intensità della malattia è risultata molto elevata, con la quasi totalità di superficie fogliare colpita nella tesi testimone, sia non dilavata che dilavata. In tali condizioni nelle tesi non dilavate i tre formulati liquidi hanno complessivamente garantito una maggiore protezione.

Tabella 2. Risultati delle prove N. 1 e 2: grado di attacco e % efficacia nel rilievo intermedio

Formulato	Dose g/hL zolfo	Dilava-mento	Prova N. 1		Prova N. 2	
			N° macchie/ pianta	Eff. %*	% sup. fogl. colpita (Int. %)	Eff. %
Thiopron	200	NO	0 d**	100	0 g	100
		SI'	0 d	100	0,44 g	99,5
	100	NO	0 d	100	0,25 g	99,7
		SI	0 d	100	1,31 g	98,7
	50	NO	0 d	100	4,13 fg	95,8
		SI	1 cd	95,4	6 efg	93,8
Heliosoufre S	200	NO	1 cd	97,6	0 g	100
		SI	1,25 cd	91,9	4 fg	95,9
	100	NO	0,75 cd	98,2	3,06 fg	96,9
		SI	1,75 cd	91,9	12,5 efg	87,1
	50	NO	1,5 cd	96,4	3,75 fg	96,2
		SI	3,75 cd	82,6	23,8 d	75,6
Zolfo SC	200	NO			0 g	100
		SI			0,63 g	99,4
	100	NO			0,75 g	99,2
		SI			24,4 d	74,9
	50	NO			7,75 efg	92,1
		SI			42,5 c	56,3
Microthiol Disperss	200	NO	0,75 cd	98,2	2,81 fg	91,1
		SI	2,5 cd	88,4	25,9 d	73,3
	100	NO	1,25 cd	97	4,69 fg	95,2
		SI	3,75 cd	82,6	26,3 d	73,0
	50	NO	3 cd	92,9	23,8 d	75,6
		SI	5,25 c	75,6	57,5 b	40,9
Testimone non trattato		NO	42 a	-	97,5 a	-
		SI	21,5 b	-	97,3 a	-

*l'efficacia % è stata calcolata sui valori medi considerando per le tesi non dilavate e dilavate il rispettivo testimone

** in tutte le tabelle i valori affiancati dalla stessa lettera nella stessa colonna non differiscono significativamente al test di Duncan ($p \leq 0,05$)

Tabella 3. Risultati delle prove 3, 4, 5: percentuale di superficie fogliare cotiledonare colpita (Int. %) e efficacia % nel rilievo intermedio

Formulato	Dose z. g/hL	Dilava-mento	Prova N. 3		Prova N. 4		Prova N. 5	
			Int. %	Eff. %	Int. %	Eff. %	Int. %	Eff. %
Thiopron	200	NO	0 e*	100	0 h	100	0 e	100
		SI	0 e	100	0 h	100	0 e	100
	100	NO	0 e	100	0 h	100	0 e	100
		SI	0 e	100	0,83 gh	99,1	0 e	100
	50	NO	0 e	100	0 h	100	0,94 e	98,9
		SI	0,31e	99,4	3,33 efgh	96,3	0,94 e	98,5
Heliosoufre S	200	NO	0 e	100	0 h	100	0 e	100
		SI	0 e	100	0 h	100	0 e	100
	100	NO	0 e	100	0,63 gh	99,4	0 e	100
		SI	0 e	100	3,13 efgh	96,5	0,31 e	99,5
	50	NO	0 e	100	1,25 fgh	98,7	2,81e	96,7
		SI	1,25 e	97,7	8,44 de	90,5	4,38 de	92,9
Zolfo SC	200	NO	0 e	100	0 h	100	0 e	100
		SI	0 e	100	2,50 efgh	97,2	0 e	100
	100	NO	0 e	100	0,94 fgh	99,0	0,63 e	99,3
		SI	0 e	100	8,13 def	90,8	1,25 e	98,0
	50	NO	0 e	100	0,94 fgh	99,0	4,38 de	94,9
		SI	1,25 e	97,7	16,6 c	81,3	20,9 c	66,2
Microthiol Disperss	200	NO	0 e	100	0 h	100	0 e	100
		SI	1,25e	97,7	2,81 efgh	96,8	2,50 e	96,0
	100	NO	0 e	100	0,94 fgh	99,0	0,94 e	98,9
		SI	9,06 d	83,1	5,63 efgh	93,7	3,13 e	94,9
	50	NO	0,31 e	99,5	2,50 efgh	97,4	1,88 e	97,8
		SI	7,81 d	85,5	13,1 cd	85,2	6,25 de	89,9
Tiovit Jet	200	NO	0 e	100	0 h	100	0 e	100
		SI	3,13 e	94,2	7,81 defg	91,2	4,38 de	92,9
	100	NO	0 e	100	0 h	100	5 de	94,2
		SI	9,69 d	82,0	9,06 de	89,8	10 d	83,8
	50	NO	0 e	100	1,25 fgh	98,7	4,38 de	94,9
		SI	16,3 c	69,8	13,9 cd	84,3	20,9 c	66,2
Testimone non trattato		NO	60,6 a	-	97,6 a	-	86,3 a	-
		SI	53,8 b	-	88,8 b	-	61,88 b	-

all'abbassamento della dose e la dose più bassa (50 g/hL) dilavata ha dimostrato una perdita di attività progressivamente maggiore da Thiopron a Microthiol Disperss (tabella 2).

Prova N. 3

Accanto ai prodotti saggiati nelle prime due prove, è stato inserito anche il formulato granulare Tiovit Jet. La malattia si è sviluppata in maniera meno intensa rispetto alla prova 2, raggiungendo comunque nelle due tesi testimoni non trattate un grado d'attacco notevole, (compreso fra circa il 50% nella tesi dilavata e 60% in quella non dilavata). Il rilievo ha evidenziato per tutte le tesi trattate e non dilavate un controllo totale dell'oidio a tutte le dosi. Nelle tesi dilavate la protezione è risultata nell'insieme migliore, anche statisticamente, nei prodotti liquidi (Thiopron, Heliosoufre S, Zolfo SC) rispetto a quelli granulari (Microthiol Disperss, Tiovit Jet), senza differenze sostanziali fra i formulati nell'ambito della stessa categoria (tabella 3).

Prova N. 4

In questa prova lo sviluppo della malattia è risultato regolare e progressivo, raggiungendo nelle due tesi testimone un livello molto elevato prossimo al 90-100%, rispettivamente nel dilavato e nel non dilavato. Con tali pressione infettiva, nelle tesi trattate non dilavate la dose di 200 g/hL di zolfo ha garantito per tutti i prodotti un controllo totale e anche le altre dosi hanno complessivamente svolto una soddisfacente attività, poco differenziata fra dosi e formulati. Con il dilavamento, una riduzione di protezione significativa è stata invece osservata alla dose più bassa per Zolfo SC, Microthiol Disperss e Tiovit Jet (tabella 3).

Prova N. 5

Anche in questa prova sono stati saggiati tutti i formulati oggetto delle verifiche. L'oidio si è sviluppato intensamente raggiungendo un grado d'attacco compreso circa fra 60 e oltre 80% nelle due tesi testimoni. Tutti i prodotti hanno evidenziato una soddisfacente protezione alle tre dosi in assenza di dilavamento mentre nelle tesi dilavate è emersa una certa perdita di efficacia, più evidente per Zolfo SC e Tiovit Jet alla dose di 50 g/hL di zolfo **(**tabella 3).

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Da un esame complessivo dei risultati emersi dalle varie prove si può, innanzitutto, osservare che la metodologia utilizzata (trattamento delle foglie cotiledonari, dosi decrescenti, tipo di dilavamento), messa a punto con saggi preliminari, si è dimostrata, pur con una certa variabilità, sufficientemente valida per evidenziare da un lato l'attività preventiva dei prodotti in assenza di dilavamento, dall'altro l'effetto del dilavamento sulla risposta protettiva degli stessi.

Allo scopo di agevolare la lettura dei risultati emersi dalle diverse verifiche effettuate è stata predisposta la tabella 4, in cui per ciascuna prova sono stati riportati i valori percentuali di riduzione del grado percentuale di efficacia, osservati per ciascuna delle tre dosi di zolfo saggiate (200, 100, 50 g/hL) nella tesi dilavata rispetto a quella non dilavata.

Analizzando in maniera comparata i diversi formulati in prova si può innanzitutto rilevare dalle tabelle 2 e 3 che tutti hanno assicurato in assenza di dilavamento un elevato grado di protezione, anche se i tre prodotti liquidi hanno evidenziato una maggiore costanza di risultati. Il confronto delle risposte fornite nelle condizioni di dilavamento, anche con l'ausilio della tabella 4, mostra invece la tendenza a un diverso comportamento, che può essere così sintetizzato: Thiopron ha, nell'insieme, evidenziato una maggiore capacità di mantenere inalterata l'attività antioidica anche all'abbassamento della dose (fino a 50 g/hL nelle

condizioni sperimentate); un comportamento molto vicino a quello del Thiopron è stato osservato per Heliosoufre S, che peraltro in qualche caso alla dose più bassa ha mostrato una leggera perdita di tenuta; su un livello complessivamente inferiore di resistenza al dilavamento è apparso l'altro formulato liquido (Zolfo SC), che solo alla dose più alta (200 g/hL) ha dimostrato di non risentire dell'effetto del dilavamento; i due formulati in granuli idrodispersibili (Microthiol Disperss e Tiovit Jet) hanno nell'insieme evidenziato a tutte le dosi una minore tenuta in presenza di dilavamento, senza differenze sostanziali fra di loro.

Tabella 4. Valori percentuali di riduzione del grado % di efficacia dopo il dilavamento rilevati per i diversi formulati alle diverse dosi di zolfo (200, 100, 50 g/hL) nelle cinque prove

Formulato	Dose zolfo g/hL	Numero prova e % riduzione di efficacia					Media
		1	2	3	4	5	
Thiopron	200	0	0,46	0	0	0	0,01
	100	0	1,09	0	0,94	0	0,41
	50	4,65	1,93	0,58	3,75	0,43	2,27
Heliosoufre S	200	5,76	4,12	0	0	0	1,98
	100	6,35	9,72	0	2,88	0,5	3,89
	50	7,87	20,6	2,33	8,23	3,82	8,57
Zolfo SC	200		0,65	0	2,82	0	0,87
	100		24,3	0	8,2	1,29	8,45
	50		35,8	2,33	17,7	28,8	21,1
Microthiol Disperss	200	9,84	23,8	2,33	3,17	4,04	8,63
	100	14,5	22,2	16,9	5,38	3,97	12,6
	50	17,3	34,7	14,0	12,2	7,92	17,2
Tiovit Jet	200			5,82	8,8	7,08	7,23
	100			18,0	10,2	10,4	12,9
	50			30,2	14,4	28,8	24,5

Un'ultima osservazione riguarda il comportamento della tesi testimone inoculato dopo il dilavamento, che quasi in tutte le prove ha evidenziato una minore gravità della malattia rispetto al testimone inoculato senza dilavamento, a volte anche in misura significativa. Tale fatto, di difficile spiegazione a meno di ipotizzare un'influenza del dilavamento sulla fisiologia e quindi sulla sensibilità della foglia, può comunque avvalorare ulteriormente le indicazioni delle prove sulla resistenza dei vari formulati al dilavamento.

Ringraziamenti
Si ringrazia la signora Giulia Toschi per la collaborazione prestata nella esecuzione delle prove.